

Produção científica e alternativas para o Meio Ambiente – Diálogos

ORGANIZADORES

Cidoval Morais de Sousa,
Cristian José Simões Costa,
Edson Hely Silva,
Rozeane Albuquerque Lima



ISBN: 978-65-86901-10-8

CONSELHO EDITORIAL

Cidoval Morais de Sousa
Cristian José Simões Costa
Edson Hely Silva
Rozeane Albuquerque Lima



realize
Editora

Rua Aristides Lobo, 331, Bairro: São José,
Campina Grande - PB, CEP 58400-384
<http://www.editorarealize.com.br> | contato@portalrealize.com.br

Cidoval Morais de Sousa
Cristian José Simões Costa
Edson Hely Silva
Rozeane Albuquerque Lima

Produção científica e alternativas para o Meio Ambiente – Diálogos



realize
Editora

2020

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Produção científica e alternativas para o Meio Ambiente:
Diálogos / organizadores, Cidoval Morais de Sousa,
Cristian José Simões Costa, Edson Hely Silva, Rozeane
Albuquerque Lima. - Campina Grande: Realize eventos,
2020.

827 p. : il.

ISBN 978-65-86901-10-8

1. Meio ambiente. 2. Sustentabilidade. 3. Produção
científica. I. Sousa, Cidoval Morais de. II. Costa, Cristian José
Simões. III. Silva, Edson Hely. IV. Lima, Rozeane
Albuquerque.

21. ed. CDD 363.7

Elaborada por Giulianne M. Pereira CRB 15/714

SUMÁRIO

**MANGUEIRA MARANHÃO NO SERIDÓ PARAIBANO: HISTÓRIA,
CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E ATRIBUTOS DOS FRUTOS 15-31**

JOSÉ LUCÍNIO DE OLIVEIRA FREIRE, JANDEILSON ALVES DE ARRUDA

**DIVERSIDADE GENÉTICA DA ORQUÍDEA ENDÊMICA E AMEAÇADA CATTLEYA
GRANULOSA LINDLEY NA MATA ATLÂNTICA 32-49**

CRISTIANE GOUVEA FAJARDO, FÁBIO DE ALMEIDA VIEIRA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE MYRACRODRUON URUNDEUVA ALLEMÃO VIA
MICROPROPAGAÇÃO: UMA ALTERNATIVA PARA CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE**

..... 50-66

LINDOMAR MARIA DE SOUZA, CLÁUDIA ULISSES DE CARVALHO SILVA, MARTA RIBEIRO BARBOSA, LUIZ PALHARES NETO

**CONTRIBUIÇÃO DE POLEIROS ARTIFICIAIS NO BANCO DE SEMENTES DO SOLO
EM ÁREAS EM RESTAURAÇÃO NA CAATINGA 67-81**

MARIA DA PENHA MOREIRA GONÇALVES, LUCAS BENEDITO DA SILVA

**COBERTURA VEGETAL URBANA: PERSPECTIVAS PARA A CONSERVAÇÃO EX
SITU 82-98**

ORNELA SILVA GOMES, CRISTIANE GOUVEA FAJARDO

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE MEIOFAUNÍSTICA APÓS LONGO PERÍODO DE
ESTIAGEM EM UMA REGIÃO SEMIÁRIDA 99-113**

CÍCERO BATISTA DO NASCIMENTO FILHO, FREDIANO LUCAS DA SILVA, VICTOR MEDEIROS VIEGAS, JORGE FERREIRA DA SILVA JÚNIOR

BIODIVERSIDADE DE ALGAS E CIANOBACTÉRIAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

..... 114-128

JANIELE FRANÇA NERY

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA
NA BACIA DO RIO PARAÍBA E SUA RELAÇÃO COM O ESTADO TRÓFICO 129-143**

CAMILA FERREIRA MENDES, JULIANA DOS SANTOS SEVERIANO, JOSÉ ETHAM DE LUCENA BARBOSA, FLÁVIA MORGANA MONTEIRO

**MAPEAMENTO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE E DO ÍNDICE DE
VEGETAÇÃO EM ANOS DE EL NIÑO/LA NIÑA NO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB 144-157**

144-157

VIRGÍNIA DE FÁTIMA BEZERRA NOGUEIRA, FILIPE TAWÃ GOMES, DANIEL SOUSA ROCHA, JOSÉ DIOGENES ALVES PEREIRA

**MANEJO DE CACTÁCEAS ORNAMENTAIS PARA A PRODUÇÃO DE EMPREGO E
RENDA 158-173**

CRISTIAN JOSÉ SIMÕES COSTA, MARIA GABRIELA DE ARAUJO SILVA

FISIOLOGIA E CRESCIMENTO DA ALFACE CULTIVADA EM DESTINTOS AMBIENTES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO 174-190

DANIELE FERREIRA DE MELO, ADRIANA MARIA DOS SANTOS, FABIANA TEREZINHA LEAL DE MORAIS, DERMEVAL ARAUJO FURTADO

EFEITO DE BIOESTIMULANTE EM CULTIVARES DE FEJJOEIRO NAS CONDIÇÕES DO SUDOESTE GOIANO 191-207

ARIANA BERTOLA CARNEVALE, CLEIA SIMONE FERREIRA, LUIZ LEONARDO FERREIRA, PRISCILA FERREIRA BATISTA

MANEJO NUTRICIONAL COM FERTILIZANTE ORGANOMINERAL NA CULTURA DA SOJA PARA ALTOS RENDIMENTOS 208-222

CLEIA SIMONE FERREIRA, PRISCILA FERREIRA BATISTA, ARIANA BERTOLA CARNEVALE, LUIZ LEONARDO FERREIRA

SEMENTÁRIO DE ESPÉCIES DE ADUBOS VERDES DO CAMPUS IV DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA 223-242

ELAINE GONÇALVES RECH

RELAÇÕES DE CAUSA E EFEITO, ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA INOCULAÇÃO DE AZOSPIRILLUM BRASILENSE NO MILHO 243-260

PRISCILA FERREIRA BATISTA, LUIZ LEONARDO FERREIRA, ARIANA BERTOLA CARNEVALE, CLEIA SIMONE FERREIRA

MODELOS MULTIVARIADOS E CANÔNICOS APLICADO AO MILHO: BENEFÍCIOS DA ADUBAÇÃO VERDE COM VIGNA UNGUICULATA 261-276

LUIZ LEONARDO FERREIRA, PRISCILA FERREIRA BATISTA, ARIANA BERTOLA CARNEVALE, CLEIA SIMONE FERREIRA

VIABILIDADE ECONÔMICA DETERMINADA EM TRÊS CULTIVARES DA ALFACE CRESPA CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE 277-296

JOSILDA DE FRANÇA XAVIER, ANTONIO FERNANDES MONTEIRO FILHO, MÁRCIA REJANE DE QUEIROZ ALMEIDA AZEVEDO, CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO

CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS DO SISAL E DE SEUS DERIVADOS 297-311

GUSTAVO TEOTÔNIO DE OLIVEIRA CAVALCANTE, HERMES ALVES DE ALMEIDA

NOVO PARADIGMA DA SUSTENTABILIDADE DA PISCICULTURA EM AÇUDES DO NORDESTE BRASILEIRO 312-326

HÊNIO DO NASCIMENTO MELO JÚNIOR, CIBELE FIGUEIREDO CRUZ SARAIVA

REÚSO DE EFLUENTE DA PISCICULTURA COMO FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA 327-341

ANNA PAULA MARQUES CARDOSO, VANESSA DE BRITO ABRANTES

CONSERVAÇÃO DE PANTHERA ONCA (LINNAEUS, 1758) NO BRASIL: DESAFIOS, COMPORTAMENTO E VULNERABILIDADE 342-356

EDJA LILLIAN PACHECO DA LUZ, PATRÍCIA NAZARÉ FERREIRA DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM REGIÃO SEMIÁRIDA DA PARAÍBA, BRAZIL 357-371

FERNANDO MOREIRA DA SILVA, JULIANA RAYSSA SILVA COSTA

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO RIACHO DO MEIO, UNIDADE DE CONSERVAÇÃO PARQUE ESTADUAL MATA DO XEM-XÉM, BAYEUX – PB 372-386

CAMILA COSTA DA NÓBREGA, LUAN HENRIQUE BARBOSA DE ARAÚJO, RÔMULO HENRIQUE TEIXEIRA DO EGITO, BEATRIZ DE MORAES MENDES

MAPEAMENTO E DELIMITAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE MARANGUAPE – CE 387-402

EDER GUEDES FREITAS, VLÁDIA PINTO VIDAL DE OLIVEIRA

SELETIVIDADE DE ESPUMA POROSA HIDROFÓBICA DE POLIURETANO À BASE DE ÓLEO DE MAMONA PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EM MEIO AQUÁTICO 403-419

FERNANDA VIEIRA AMORIM, GLÓRIA MARIA VINHAS, YÊDA MEDEIROS BASTOS DE ALMEIDA, MARCIA RAMOS LUIZ

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS CORPOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CAUSADORES. 420-434

FRANCISCA KAMILA AMANCIO FRUTUOSO, RODRIGO DE ANDRADE BARBOSA, LORENA RAYSSA CUNHA FRANÇA, MONIQUE DA SILVA ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE AGENTES COAGULANTES QUÍMICO E NATURAL NO TRATAMENTO DO EFLUENTE DA LAVAGEM DE VEÍCULOS NO MUNICÍPIO DE SUMÉ-PB 435-450

BRUNO RAFAEL PEREIRA NUNES, CRISÓSTOMO HÊRMES SOARES TRAJANO DA SILVA, JOSÉ JEFFERSON BARROS PIRES, MAXSUEL DA COSTA LEAL

CONDIÇÕES HIDROCLIMÁTICAS DAS ÁREAS DE NASCENTES DO ALTO CURSO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIGUEIREDO/CEARÁ/BRAZIL 451-469

DIÊGO SOUZA ALBUQUERQUE, LARISSA SILVA QUEIROZ, MANOEL CIRICIO PEREIRA NETO, MARIA LOSÂNGELA MARTINS DE SOUSA

INFLUÊNCIA DA SECA NAS VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICA EM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO 470-483

MATEUS ROCHA RODRIGUES, JULIANA DOS SANTOS SEVERIANO, EDDLA KARINA GOMES PEREIRA

SIMULAÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO O EPANET 2.0 484-498

ANA ALICE QUINTANS DE ARAUJO, AMANDA RAQUEL BEZERRA DE LIMA, SABRINA HOLANDA OLIVEIRA

FILTRAÇÃO DIRETA DESCENDENTE: CONCEITO, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES NO TRATAMENTO DE ÁGUA 499-513

MARIA VIRGÍNIA DA CONCEIÇÃO ALBUQUERQUE, AMANDA DA SILVA BARBOSA CARTAXO, WILTON SILVA LOPES, VALDERI DUARTE LEITE

POTENCIALIDADES E OBSTÁCULOS DAS PRÁTICAS DE SANEAMENTO BÁSICO E ECOLÓGICO. OUTRA RACIONALIDADE É POSSÍVEL? 514-533

PAULA BRANDÃO MIQUELETTI, TAMARA SIMONE VAN KAICK, GIOVANNA CARLA BARRETO, ARIOSTO CÉLEO DE ARAÚJO

AVALIAÇÃO DO PODER ADORTIVO DA VAGEM DO FEIJÃO (PHASEOLUS VULGARIS L.) EM CORPOS D'ÁGUA CONTAMINADOS COM GASOLINA, UTILIZANDO A TÉCNICA DE ADSORÇÃO 534-548

LENILDE MÉRGIA RIBEIRO LIMA, EDGLEIGA DAISE ALVES FEITOZA SILVA, JOANNY LAYS BANDEIRA CRUZ DA SILVA, LAEDSON ENEAS CAVALCANTE

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE NAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE NATAL/RN: ESTUDO DE CASO NAS PRAIAS DO FORTE E REDINHA NO PERÍODO DE 2010 A 2016 549-568

JULIANA RAYSSA SILVA COSTA, FERNANDO MOREIRA DA SILVA

UMA REVISÃO SOBRE A EFICIÊNCIA DOS COAGULANTES NATURAIS COMPARADO AOS COAGULANTES QUÍMICOS NA REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ PRESENTES EM ÁGUAS SUPERFICIAIS 569-583

AMANDA DA SILVA BARBOSA CARTAXO, MARIA VIRGÍNIA DA CONCEIÇÃO ALBUQUERQUE

FERRAMENTA BASEADA EM TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINAS: QUAIS OS AVANÇOS PARA REABILITAÇÃO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS? 584-603

DANIELE JOVEM DA SILVA AZEVÊDO, MAGNÓLIA DE ARAÚJO CAMPOS PFENNING, JOSELINE MOLOZZI, EVALDO DE LIRA AZEVÊDO

AVICULTURA NO SEMIÁRIDO: PROJEÇÃO DO VOLUME D'ÁGUA CONSUMIDO NA FASE DE ENGORDA 604-618

JÚLIO CÉZAR GONÇALVES PÔRTO, HERMES ALVES DE ALMEIDA

SIMBIOSE INDUSTRIAL PARA OS RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE CACHAÇA 619-633

WANESSA DUNGA DE ASSIS, YÁSCARA MAIA ARAÚJO DE BRITO, HIGOR COSTA DE BRITO, LUISA EDUARDA LUCENA DE MEDEIROS

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DO PETRÓLEO POR MICRO-ORGANISMOS PARA RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES IMPACTADOS 634-648

PATRÍCIA NAZARÉ FERREIRA DOS SANTOS, EDJA LILLIAN PACHECO DA LUZ

USO DE FORRAGENS CONSERVADAS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE

649-665

NÁGELA MARIA HENRIQUE MASCARENHAS, LUANNA FIGUEIRÊDO BATISTA

MICROBIOLOGIA DE QUEIJO TIPO COALHO PRODUZIDO COM LEITE PASTEURIZADO RECOBERTO COM COBERTURA A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA E SORBITOL

666-682

KAROLINE MIKAELLE DE PAIVA SOARES, BÁRBARA CAMILA FIRMINO FREIRE, JOSÉ LUCAS GIRÃO RABELO, FLÁVIO ESTEFFERSON DE OLIVEIRA SANTANA

EMBALAGENS ATIVAS NA CONSERVAÇÃO DE QUEIJO COALHO: UMA ABORDAGEM BIBLIOGRÁFICA

683-699

RENATA CRISTINA BORGES DA SILVA MACEDO, LEÔNIA RÉGIA COSTA DA SILVA, BÁRBARA CAMILA FIRMINO FREIRE, KAROLINE MIKAELLE DE PAIVA SOARES

MICROBIOLOGIA EM AVES E OVOS

700-714

LEÔNIA RÉGIA COSTA DA SILVA, KAROLINE MIKAELLE DE PAIVA SOARES, RENATA CRISTINA BORGES DA SILVA MACEDO, FLÁVIO ESTEFFERSON DE OLIVEIRA SANTANA

INOVAÇÕES E ATUALIDADES EM TECNOLOGIA DE EMBALAGENS PARA ALIMENTOS: UMA REVISÃO

715-729

BÁRBARA CAMILA FIRMINO FREIRE, KAROLINE MIKAELLE DE PAIVA SOARES, JOSÉ LUCAS GIRÃO RABELO, RENATA CRISTINA BORGES DA SILVA MACEDO

SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS COMO CONSERVANTES NATURAIS EM ALIMENTOS

730-746

ALCINDA NATHALLY NOGUEIRA, LIDIANE PINTO DE MENDONÇA, JOSÉ LUCAS GIRÃO RABELO, RENATA CRISTINA BORGES DA SILVA MACEDO

ESTUDO FARMACOLÓGICO E TOXICOLÓGICO DE UM CANDIDATO À FÁRMACO DERIVADO DA D-GLICOSE

747-761

RODRIGO RIBEIRO ALVES CAIANA, FRANCISCO CARLOS DE MEDEIROS FILHO

MONITORAMENTO DAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DA ENZIMA ACETILCOLINESTERASE OBTIDAS NA PLATAFORMA PATENTINSPIRATION®

762-777

FRANCISCO CARLOS DE MEDEIROS FILHO, RODRIGO RIBEIRO ALVES CAIANA

TECNOLOGIA DE BIODIGESTORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

778-796

VANESSA ROSALES BEZERRA, CARLOS ANTÔNIO PEREIRA DE LIMA, VALDERI DUARTE LEITE

ANÁLISE TÉCNICA DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS POLIMÉRICOS NO SETOR DE PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

797-811

FÁBIO REMY DE ASSUNÇÃO RIOS, DALVA DAMIANA ESTEVAM DA SILVA

**ESTUDO DA MODIFICAÇÃO QUÍMICA DE BENTONITAS PARA USO EM
NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS 812-828**

EDILANE LARANJEIRA PIMENTEL, VERONICA EVANGELISTA DE LIMA, MARIA ROBERTA DE OLIVEIRA
PINTO

**ANÁLISE DO PLANO EMERGENCIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM SÃO
JOSÉ DE PIRANHAS-PB POR DIFERENTES METODOLOGIAS 829-843**

MONIQUE DA SILVA ALBUQUERQUE, THÂMARA MARTINS ISMAEL DE SOUSA

PREFÁCIO

Livro I – Produção científica e alternativas para o Meio Ambiente – Diálogos

Em uma sociedade vivenciando os efeitos de uma globalização em um sistema capitalista, garantir desenvolvimento e, ao mesmo tempo, preservação ambiental parece uma equação bastante difícil, notadamente se os diálogos forem postos refletindo sobre o consumo. Apesar de parecerem temas antagônicos, faz-se necessário e urgente debater e dialogar sobre as aproximações e distanciamentos existentes entre consumo, desenvolvimento e proteção ambiental com foco na sustentabilidade para que, avaliando as experiências passadas e presentes, possamos ter uma perspectiva global de cenários para as próximas gerações. Este foi o foco da para as discussões no Congresso Internacional de Desenvolvimento, Meio Ambiente e Sociedade e também no III Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, propostos com o objetivo de reunir várias áreas do conhecimento que possam contribuir para uma vida melhor e um ambiente mais equilibrado no cenário atual.

Apresentamos neste livro uma coletânea de textos de alunos de pós-graduação *strictu sensu* e de mestres e doutores avaliados pela comissão científica do I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade e III Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, realizado em Campina Grande, na Paraíba em novembro de 2019 com temática “Diálogos entre consumo, desenvolvimento e proteção ambiental”. Os artigos trazem, de uma forma geral, resultados parciais e finais de pesquisas realizadas no Brasil envolvendo a seara ambiental.

Trata-se de uma obra de caráter interdisciplinar abrangendo várias áreas do conhecimento. Para uma melhor apresentação dos textos dividimos o livro em cinco seções temáticas, a saber: Conhecimentos, manejos de espécie e do ambiente da flora: Semiárido e Mata Atlântica; Conhecimentos, manejos de espécies e do ambiente da fauna e da flora; Qualidade e usos das águas; Avaliação da produção e qualidade de alimentos e, por fim, Manejo de resíduos sólidos.

Na primeira seção: “Conhecimentos, manejos de espécies e do ambiente da flora: Semiárido e Mata Atlântica” foram abordados os temas: Mangueira Maranhão no Seridó paraibano: história, características botânicas e atributos dos frutos; Diversidade genética da orquídea endêmica e ameaçada *Cattleya granulosa lindley* na Mata Atlântica; Produção de mudas de *Myracrodruon urundeuva* alemão

via micropropagação: uma alternativa para conservação da espécie; Contribuição de poleiros artificiais no banco de sementes do solo em áreas em restauração na Caatinga; Cobertura vegetal urbana: perspectivas para a conservação ex situ; Estrutura da comunidade meiofaunística após longo período de estiagem em uma região semiárida; Biodiversidade de algas e cianobactérias no semiárido paraibano; Distribuição espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica na bacia do rio Paraíba e sua relação com o estado trófico; Mapeamento da temperatura da superfície e do índice de vegetação em anos de el niño/la niña no município de Coremas-PB, Manejo de cactáceas ornamentais para a produção de emprego e renda e, por fim, Fisiologia e crescimento da alface cultivada em distintos ambientes no semiárido brasileiro.

Na segunda seção: “Conhecimentos, manejos de espécies e do ambiente da flora”, os temas abordados foram: Efeito de bioestimulante em cultivares de feijoeiro nas condições do sudoeste goiano; Manejo nutricional com fertilizante organomineral na cultura da soja para altos rendimentos; Sementário de espécies de adubos verdes do campus IV da Universidade Estadual da Paraíba; Relações de causa e efeito, abordagem multivariada para inoculação de *Azospirillum brasilense* no milho; Modelos multivariados e canônicos aplicado ao milho: benefícios da adubação verde com *Vigna unguiculata*; Viabilidade econômica determinada em três cultivares da alface crespa cultivadas em sistema hidropônico com diferentes níveis de salinidade; Características e aplicações sustentáveis do sisal e de seus derivados; Novo paradigma da sustentabilidade da piscicultura em açudes do Nordeste brasileiro; Reúso de efluente da piscicultura como fertirrigação na produção de mudas: uma revisão de literaturae, por fim, Conservação de *Panthera onca* (linnaeus, 1758) no brasil: desafios, comportamento e vulnerabilidade.

A terceira seção do livro abordou a “Qualidade e usos das águas”. Os textos que a compõem são: Avaliação da evapotranspiração de referência em região semiárida da Paraíba, Brasil; Qualidade microbiológica da água do Riacho do Meio, Unidade de Conservação Parque Estadual Mata do Xexém, Bayeux/PB; Mapeamento e delimitação dos sistemas ambientais do município de Maranguape – CE; Seletividade de espuma porosa hidrofóbica de poliuretano à base de óleo de mamona para remoção de contaminantes em meio aquático; Avaliação da degradação da qualidade da água dos corpos hídricos do estado Paraíba e identificação de fatores causadores; Avaliação comparativa de agentes coagulantes

químico e natural no tratamento do efluente da lavagem de veículos no município de Sumé - PB; Condições hidroclimáticas das áreas de nascentes do alto curso da sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo/Ceará/Brasil; Influência da seca nas variáveis físicas, químicas e biológica em reservatório do semiárido brasileiro; Simulação de redes de abastecimento de água utilizando o EPANET 2.0; Filtração direta descendente: conceito, características e aplicações no tratamento de água; Potencialidades e obstáculos das práticas de saneamento básico e ecológico. Outra racionalidade é possível?; Avaliação do poder adortivo da vagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em corpos d'água contaminados com gasolina, utilizando a técnica de adsorção; Análise das condições de balneabilidade nas praias do município de Natal/RN: estudo de caso nas praias do Forte e Redinha no período de 2010 a 2016; Uma revisão sobre a eficiência dos coagulantes naturais comparado aos coagulantes químicos na remoção de cor e turbidez presentes em águas superficiais; Ferramenta baseada em técnicas de aprendizado de máquinas: quais os avanços para reabilitação de ecossistemas aquáticos?; Avicultura no semiárido: projeção do volume d'água consumido na fase de engorda; Simbiose industrial para os resíduos gerados na produção de cachaça e, por fim, Avaliação do potencial de degradação do petróleo por micro-organismos para recuperação de ambientes impactados.

A quarta seção do livro traz textos tratando da “Avaliação da produção e qualidade de alimentos”:

Uso de forragens conservadas no sistema de produção de leite; Microbiologia de queijo tipo coalho produzido com leite pasteurizado recoberto com cobertura a base de fécula de mandioca e sorbitol; Embalagens ativas na conservação de queijo coalho: uma abordagem bibliográfica; Microbiologia em aves e ovos; Inovações e atualidades em tecnologia de embalagens para alimentos: uma revisão; Substâncias bioativas como conservantes naturais em alimentos; Estudo farmacológico e toxicológico de um candidato à fármaco derivado da d-glicose e, por fim, Monitoramento das aplicações tecnológicas da enzima acetilcolinesterase obtidas na plataforma patentinspiration.

A quinta e última seção deste livro trouxe quatro artigos discutindo “Manejo de resíduos sólidos”.

São: Tecnologia de biodigestores de resíduos sólidos orgânicos; Análise técnica do aproveitamento dos resíduos poliméricos no setor de pavimentação rodoviária, Estudo da modificação química de bentonitas para uso em nanocompósitos poliméricos. e, por fim, Análise do plano emergencial de abastecimento de água em São José de Piranhas-PB por diferentes metodologias.

Agradecemos à EDUEPB pela importante e significativa parceria que viabilizou a publicação desse livro, possibilitando dessa forma o maior acesso a parte das discussões realizadas no Congresso Internacional de Desenvolvimento, Meio Ambiente e Sociedade e também no III Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, a partir dos textos que ora são disponibilizados.

À você, leitor, deixamos a provocação para mergulhar nas páginas seguintes e conhecer um pouco do que foi discutido sobre os temas ao longo do evento, e também sobre o que tem sido produzido nas academias e instituições de pesquisa brasileiras. Que a leitura seja leve e proveitosa!

Cristian José Simões Costa

Edson Hely Silva

Rozeane Albuquerque Lima

MANGUEIRA MARANHÃO NO SERIDÓ PARAIBANO: HISTÓRIA, CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E ATRIBUTOS DOS FRUTOS

José Lucínio de Oliveira Freire ¹

Jandeilson Alves de Arruda ²

RESUMO

A manga Maranhão é considerada uma das frutas mais expressivas e representativas das microrregiões do Seridó e Curimataú paraibano. Historicamente, relatos verbais indicam que os primeiros acessos foram implantados no município de Frei Martinho, PB, em meados do século 20, entretanto, até as primeiras pesquisas desenvolvidas no Instituto Federal da Paraíba, campus Picuí, não existiam informações de quaisquer naturezas sobre esta espécie. Com isto, este trabalho objetiva compor a história e apresentar as principais características botânicas e parte dos atributos dos frutos da mangueira Maranhão no Seridó Oriental paraibano compiladas de pesquisas realizadas por professores e discentes do Curso de Tecnologia em Agroecologia, do Instituto Federal da Paraíba, campus Picuí, membros do Grupo Paraibano de Estudos Socioambientais - GPES. A *práxis* metodológica utilizada foi através de uma compilação de dados biométricos das plantas e de atributos físicos e químicos dos frutos existentes e oriundos de cultivos esparsos e espontâneos no Seridó paraibano. A mangueira Maranhão apresenta características botânicas e biométricas distintas de variedades *crioulas* cultivadas no Seridó Paraibano. A mangueira Maranhão do semiárido paraibano é classificada como de porte baixo a médio. As plantas apresentam copa densa, com arquitetura caulinar de caule único, pecíolo curto e área foliar compatível com plantas de boa eficiência fotossintética. A manga Maranhão apresenta massa fresca total, massa de polpa, percentagem do endocarpo, rendimento de polpa e relação polpa/endocarpo e teores de sólidos solúveis (° Brix) como atributos qualitativos compatíveis com as exigências para o processamento industrial e consumo *in natura* no mercado consumidor interno.

Palavras-chave: Agroecologia, Biometria de plantas, Fruticultura, Mangicultura.

INTRODUÇÃO

O plantio de mangueiras no Seridó paraibano e potiguar é feito de forma espontânea, ou extrativista, nos leitos dos rios, em Neossolos ou aluviões. As mangas das variedades Maranhão, Espada e Rosa são as mais consumidas nessas microrregiões, com número de acessos reduzido, principalmente em virtude das estiagens prolongadas dos últimos anos.

Embora não possua os atributos qualitativos exigidos pelos mercados mais exigentes, como coloração atraente e inexistência de fibras, ou *fiapos*, a variedade Maranhão se consolida no mercado *in natura* local e está incutida na cultura dos residentes da microrregião do Seridó

¹ Professor Titular do Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia do Instituto Federal da Paraíba – IFPB – campus Picuí, prof.lucinio@gmail.com;

² Professor do Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia do Instituto Federal da Paraíba – IFPB – campus Picuí, Doutorando em Solos, UFERSA, jand_agro@hotmail.com

Paraibano, que a referenciam como de características marcantes com relação a tamanho, massa fresca, sabor e aroma.

A manga Maranhão tem ampla adaptação às condições edafoclimáticas locais, podendo, no contexto agroecológico, ser denominada de *crioula* ou *nativa*.

Mesmo sem uso de tecnologia inerente às outras variedades/cultivares de manga, os municípios de Picuí e Frei Martinho, PB, destacam-se na microrregião do Seridó paraibano na produção espontânea de manga Maranhão. Esta segue viés agroecológico, haja vista que não há aplicação de fertilizantes sintéticos, agrotóxicos e nem de indutores químicos de florescimento e se restringe a áreas de natureza familiar.

Poucos relatos há dessa cultura na literatura, destacando-se o pioneirismo dos estudos feitos por professores e discentes do Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia, do Instituto Federal da Paraíba, campus Picuí, quais sejam os realizados por Freire et al. (2012), Lima et al. (2012), Macedo et al. (2012), Lima (2013), Dantas (2013) e Lima et al. (2014), relatando o comportamento biométrico, pragas, doenças e atributos qualitativos dos frutos da manga Maranhão no Seridó paraibano.

O cultivo esparso e espontâneo, sem obediência a espaçamentos pré-definidos e nem tecnologias de manejo adequadas, além de ataques de fitopragas e doenças como o Mal do Recife, contribuem para minimizar o potencial biológico produtivo da mangueira Maranhão.

No semiárido paraibano, a manga Maranhão serve de importante referencial socioeconômico, como fonte empregatícia, direta e indireta, e promotora de renda sazonal a agricultores familiares, que a exploram de forma extensiva, em áreas esparsas, em quintais e nos aluviões dos rios locais.

O fato é que a mangueira Maranhão é desconhecida, o que, de *per si*, justifica a elaboração dos dados relativos à sua história, aspectos socioeconômicos e à produção de mudas, por se entender que haverá uma contribuição significativa para a sustentabilidade do mangicultor e o desenvolvimento socioeconômico regional. Mesmo assim, muito haverá de se aprimorar nas bases dessa atividade produtiva local, para que essas perspectivas se transformem em realidade sustentável. Elementos estruturais não faltam, como recursos humanos, solo, clima e luminosidade, fazendo-se necessário o conhecimento básico dos aspectos citados para se unir a esse conjunto de fatores positivos para melhoria da realidade.

Ante a inexistência de informações compiladas sobre a mangueira Maranhão, instiga pesquisadores a se deterem no conhecimento desta que é uma das principais fontes de renda para pequenos agricultores familiares do Seridó Paraibano.

Com isto, este artigo objetiva compor a história e apresentar as principais características botânicas e parte dos atributos dos frutos da mangueira Maranhão no Seridó Oriental paraibano compiladas de pesquisas realizadas por professores e discentes do Curso de Tecnologia em Agroecologia, do Instituto Federal da Paraíba, campus Picuí, membros do Grupo Paraibano de Estudos Socioambientais - GPES.

ESBOÇO HISTÓRICO DA MANGUEIRA MARANHÃO NO SERIDÓ PARAIBANO

Como ponto de partida para o conhecimento desta variedade, fez-se um resgate histórico sobre a manga Maranhão no município de Frei Martinho, PB, a partir de relatos, no ano de 2012, do agricultor e sindicalista Antônio Arnaldo de Araújo (Totô, *in memoriam*), ex-proprietário do Sítio Sacramento. A convite dos ora tecnolandos em Agroecologia, José Ranieri Santos Ferreira e Harisson Barros, bem como do professor da disciplina Fruticultura Topical, o professor José Lucínio de Oliveira Freire, o referido agricultor relatou sobre o pioneirismo dos seus ancestrais em plantar a primeira muda da mangueira Maranhão no Seridó paraibano.

Asseverou o agricultor que, “até então desconhecida neste território, foi no ano de 1943 que surgiu a primeira muda da manga Maranhão no município de Frei Martinho, PB”. Ainda conforme o agricultor, “o Sr. José Augusto — membro da família Garcia —, recebeu uma mudinha da manga procedente do Sítio Ingá, município de Acari, RN, do Sr. Manoel Avelino Dantas, então proprietário do sítio Timbaúba de Cima. A referida muda José Augusto doou ao seu irmão Antônio Liberalino e à sua irmã Raimunda Garcia. A mesma foi transplantada no sítio Sacramento, onde colheu seus primeiros frutos três anos depois, em 1946”.

“As mangas Maranhão angariaram a preferência dos consumidores locais por serem muito deliciosas, sobrepondo o interesse pelas mangas Rosa e Espada, até por serem mais graúdas que estas”, complementou o agricultor Antônio Arnaldo de Araújo.

A planta pioneira existiu até o ano de 2012 (Figura 1). “Nunca recebeu adubação, nem irrigação e dela foi colhido fruto com um quilo e setecentos gramas”, destacou Totô no seu relato.

Figura 1 - Mangueira Maranhão pioneira implantada no município de Frei Martinho, PB, em 1943.



Fonte: Dados dos autores.

Com 69 anos de idade, a planta-matriz, biometricamente, apresentou altura de 10,80 m, diâmetro da copa de 12,85 m, altura do tronco de 0,90 m, comprimento do caule de 2,70 m, 0,85 m de diâmetro do caule, seção transversal do caule de 0,58 m² e volume do caule 0,23 m³. À época, encontrava-se acometida da doença conhecida como seca-da-mangueira ou mal-do-Recife, cujo agente etiológico é o fungo *Ceratocystis fimbriata*. Nesta, constatou-se a murcha e seca dos galhos afetados, em contraste aos galhos saudáveis. Observaram-se diversos orifícios de onde escorria uma resina, resultante do ataque da coleobroca, *Hypocryphalus mangiferae*.

Continua o agricultor no seu relato histórico sobre a manga Maranhão, afirmando que “os seus tios colhiam os frutos, presenteavam os amigos e compadres, inclusive com mudas”. Com isso, presume-se que, deste acesso instalado no Sítio Sacramento, em 1943, procedeu-se à multiplicação, via semínifera, da manga Maranhão para outras comunidades de Frei Martinho e municípios circunvizinhos, inclusive os do Seridó potiguar, como Currais Novos, RN.

Na última safra registrada, a mangueira Maranhão pioneira no Seridó paraibano apresentou uma boa carga produtiva, com frutos grandes e de boa qualidade (Figura 2).

Figura 2 - Carga produtiva, no ano agrícola de 2012, da mangueira Maranhão pioneira implantada no município de Frei Martinho, PB.



Fonte: Dados dos autores.

Com isso, repita-se que relatos históricos indicam que a primeira mangueira Maranhão implantada no Seridó paraibano data de meados do ano de 1943 e foi erradicada, com 69 anos de idade, no ano de 2012.

CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DA MANGUEIRA MARANHÃO

No sistema de classificação de Cronquist (1988), a mangueira Maranhão se enquadra na seguinte taxonomia:

Reino: Plantae

Divisão: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Ordem: Sapindales

Família: Anacardiaceae

Gênero: *Mangifera*

Espécie: *M. indica* L.

A mangueira Maranhão pertence à Raça Filipínica ou Indochinesa, que é originária no centro Filipínico Timor Leste, caracterizada por produzir frutos alongados, com casca verde-amarelada quando maduro e sementes poliembriônicas.

Apresenta descritores botânicos comuns a outros tipos de mangueiras. O sistema radicial é do tipo axial, ou pivotante, bastante longo, com raízes e radículas laterais em pequenas quantidades. As raízes finas constituem mais de 70,0% do sistema radicular, concentrando-se entre 20 e 40 cm de profundidade (profundidade efetiva) e a até 60 cm do tronco.

O seu caule é do tipo tronco (Figura 3), lignificado, ereto, grosso, sem sulcos. A casca é rugosa, grossa ou espessa, algumas vezes com numerosas fissuras ou rupturas longitudinais, apresentando uma coloração que varia do cinza-escuro a quase preto, contendo resina de consistência leitosa ou aquosa. Os ramos são numerosos, grossos, com os inferiores esparramados horizontalmente em grande extensão e os superiores muito altos, em forma ereta no centro da planta.

Figura 3 – Detalhe do caule, tipo tronco, da mangueira Maranhão cultivada no Seridó paraibano.



Fonte: Dados dos autores.

As mangueiras Maranhão em cultivos esparsos nos aluviais do município de Frei Martinho, PB, apresentam troncos com crescimento regular e apical, seguindo um eixo (Figura 4A) ou com muitas ramificações próximas ao solo, espalhados horizontalmente (Figuras 4B e 4C). Em razão de não terem sido efetuadas podas de formação e de regeneração, algumas plantas apresentam ramos baixos e espalhados na área de projeção da copa, muitas vezes sendo necessário o auxílio de “escoras” para sua sustentação no período de frutificação (Figura 4D). No geral, caracterizam-se por apresentarem copa densa, de arquitetura intermediária globoso-arredondada (Figura 5) e comportamento de copa aberta, com alto índice foliar.

Figura 4 - Simetria do crescimento e sustentação do tronco da mangueira Maranhão: caule único, simpodial (A), com muitas ramificações (B, C) e uso de escoras (D).



Fonte: Dados dos autores.

Figura 5 - Arquitetura da copa da mangueira Maranhão adulta na microrregião do Seridó Paraibano.



Fonte: Dados dos autores.

Entre os anos de 2012 e 2013, o autor e colaboradores realizaram estudos para analisar algumas características botânicas e o comportamento biométrico de 200 (duzentas) plantas situadas nos territórios ou comunidades rurais de Caboré (35 plantas), Quinturaré (89 plantas), Sacramento (35 plantas) e Várzea Verde (41 plantas), onde se concentra a produção de mangas Maranhão no município de Frei Martinho, tidas como espontâneas ou exploradas sem tecnificação e com bom estado fitossanitário, independentemente da idade e estágio fenológico, foram obtidas informações inéditas sobre a cultura no Seridó Paraibano e que serão transcritas a seguir.

Na comunidade Caboré, as mangueiras Maranhão apresentaram alturas entre 4,6 e 9,0 m, enquanto que as da comunidade Quinturaré possuíam entre 2,2 e 9,9 m de altura.

As mangueiras Maranhão da comunidade Sacramento tinham idade entre 7 e 69 anos, alturas variando de 2,6 a 16,8 m e altura média de 8,1 m. Na comunidade Várzea Verde, 68,3% das plantas possuem entre 6,0 a 9,9 m. A amplitude das alturas das plantas se situa entre 3,5 a 10,6 m e altura média de 7,4 m, com idades das plantas entre 15 e 40 anos de implantadas.

No Brasil, a literatura cita que a mangueira comum apresenta porte de médio a alto, com altura entre 10,0 e 30,0 m. Com base nos dados de alturas de plantas apresentados, verificou-se

que a altura média das plantas foi de 7,4 m, o que caracteriza a mangueira Maranhão no Seridó Paraibano, levando-se em conta a altura de 16,8 m, como de porte baixo a médio.

Os diâmetros das copas variaram de 2,3 a 16,0 m (média de 9,2 m), enquanto os comprimentos das copas da mangueira Maranhão oscilaram de 7,3 a 50,4 m (média de 29,0 m). Com isso, a mangueira Maranhão é de copa densa, de arquitetura intermediária globoso-arredondada, com a relação altura média das plantas mensuradas e o diâmetro médio das copas próxima de 1,0.

As mangueiras apresentam folhas com forma e tamanhos variados, são simples, penadas, lanceoladas, oblongo-lanceoladas, ovoide-lanceoladas, acuminadas, com base cuneada, margens lisa ou levemente onduladas. A consistência é coriácea ou membranácea, de coloração verde-escuro nas folhas maduras e arroxeadas ou bronzeadas nas mais novas em crescimento. A idade da folha pode ser caracterizada pela cor da nervura central, que se apresenta amarelada, quando madura, e arroxeadas, quando está em crescimento. O comprimento e a largura da folha variam entre 15 – 40 cm x 1,5 – 6,5 cm de comprimento, respectivamente. O pecíolo é curto e possui as dimensões entre 1,5 a 10 cm de comprimento.

A folha da mangueira Maranhão é lanceolada, coriácea, com face adaxial de coloração oscilando de verde-clara a verde-escura. O pecíolo é curto, apresentando cor verde-clara característico e cutícula cerosa. Ocorre a formação de uma manta espessa sob as copas (Figura 4), em decorrência da acentuada abscisão foliar, depreendendo-se a possibilidade de elevada ciclagem de nutrientes em períodos do ano em que há condições climáticas favoráveis à decomposição desse material depositado.

Característica das anacardiáceas, a inflorescência da mangueira Maranhão é uma panícula terminal, muito ramificada, em forma piramidal e densamente florida (Figura 6). A sua ráquis tem forma cilíndrica e coloração verde, com eixos secundários cilíndricos, de coloração verde-amarelada. Na base da ráquis, os pedicelos são maiores e com maior quantidade de flores, com diminuição em ambos os sentidos até o ápice da panícula. A flor tem tonalidade amarela no início da floração, passando a rosada e atingindo uma cor amarronzada ao final do seu estágio.

Figura 6 - Inflorescência típica da mangueira Maranhão no semiárido paraibano.



Fonte: Dados dos autores.

Os comprimentos das panículas e dos eixos secundários florais das mangueiras Maranhão variaram de 30 a 62 cm (média de 45,1 cm) e de 0,1 a 25,5 cm (média de 6,1 cm), respectivamente.

O número de flores por panícula da mangueira Maranhão verificado se situou entre 1.043 e 4.015 flores, dentro da faixa de 400 a 17.000 flores encontradas em mangueiras comuns, conforme a literatura especializada, sendo que esta afirma que somente 0,1 % originam frutos. As flores são pequenas (6,0 mm) e rosadas, geralmente pentâmeras, com androceu composto de 4 a 6 estames, dos quais, apenas um é fértil.

Característica das mangueiras de um modo em geral, o número de flores hermafroditas é menor na parte superior da panícula. O tamanho das flores masculinas e hermafroditas varia de 6,0 a 8,0 mm de diâmetro.

As panículas das mangueiras Maranhão das comunidades Caboré, Quinturaré, Sacramento e Várzea Verde, nos comprimentos mínimo e máximo das ráquis florais, possuem

37 e 50 eixos secundários, 35 e 44 eixos secundários, 49 e 50 eixos secundários e 33 e 39 eixos secundários florais, respectivamente.

A duração do florescimento varia entre 18 e 23 dias e o secamento da panícula ocorre da base para o ápice. As ramificações secundárias, bem como o eixo principal, só permanecem verdes quando mantêm frutos em desenvolvimento. Quando os frutos caem, a panícula seca e, à medida que estes se desenvolvem, ela se inclina e, no final do ciclo, desempenha o papel de pedúnculo. Do surgimento da panícula ao amadurecimento da manga Maranhão decorre 120 dias.

A manga Maranhão é uma drupa carnosa, grande, climatérica, de forma oblonga ou ovalado-reniforme, com aroma e sabor característicos e marcantes, de cor verde (Figura 7).

Figura 7 – Manga Maranhão disposta na feira livre de Picuí, PB, no início do período climatérico e maturação plena.



Fonte: Dados dos autores.

Quando madura, a manga Maranhão apresenta casca de cor amarela (Figura 8), possuindo fibras ou fiapos (Figura 9).

Figura 8 - Formas e coloração da casca da manga Maranhão em estágio final de maturação fisiológica – safra 2013.



Fonte: Dados dos autores.

Figura 9 – Presença de fibras ou fiapos na manga Maranhão.



Fonte: Dados dos autores.

A casca é coriácea, envolve a polpa, rodeia um caroço (endocarpo) único, com um tecido muito duro, fibroso, de diferentes tamanhos e formas, que contém no seu interior uma única semente.

ATRIBUTOS QUALI-QUANTITATIVOS DA MANGA MARANHÃO

A Tabela 1 apresenta os atributos extrínsecos e intrínsecos de 55 frutos da mangueira (*Mangifera indica* L. var. Maranhão), no ponto do consumo *in natura* local, sem defeitos e infestação de fitopatologias aparentes, adquiridos em bancas da feira semanal de Picuí, PB, e procedentes dos campos produtivos espontâneos da comunidade rural Várzea Verde, no município de Frei Martinho, Estado da Paraíba (mesorregião da Borborema e microrregião do Seridó Oriental Paraibano).

Tabela 1 - Atributos qualitativos da manga Maranhão produzida na comunidade Várzea Verde, município de Frei Martinho, PB.

Atributos físicos	Mínimo	Máximo	Média ± DP	CV (%)
Massa total do fruto (g)	485,0	890,0	699,0 ± 130,0	18,6
Massa da casca (g)	45,0	100,0	64,0 ± 10,0	21,7
Massa do endocarpo (g)	30,0	55,0	48,0 ± 10,0	13,8
Massa da polpa (g)	440,0	820,0	640,0 ± 120,0	19,1
Porcentagem do endocarpo (%)	5,6	8,6	7,0 ± 1,2	16,8
Rendimento de polpa (%)	87,7	92,3	90,8 ± 1,4	1,6
Relação polpa/endocarpo	10,3	15,8	13,4 ± 2,1	16,2
Diâmetro longitudinal do fruto (cm)	12,5	17,3	14,9 ± 1,4	9,7
Diâmetro equatorial do fruto (cm)	9,5	11,7	10,8 ± 0,6	6,3
Atributo químico	Mínimo	Máximo	Média ± DP	CV (%)
Teor de sólidos solúveis (° Brix)	13,3	17,2	15,1 ± 1,3	8,9

*DP = desvio padrão; *CV coeficiente de variação

Com base na Tabela 1, percebe-se que a manga Maranhão apresentou uma massa fresca total média de 699,0 g, tendo-se obtido frutos de massa entre 485,0 g e 890,0 g; diâmetros longitudinal e equatorial respectivos de 14,9 cm e 10,8 cm e massa da polpa em torno de 640,0 g. Pelos resultados apresentados, a manga Maranhão, segundo Donadio et al. (1982), é considerada um fruto muito grande.

O rendimento médio de polpa superior a 90,0% qualifica a aludida variedade de manga como de classe alta, pois foi superior a 85,0% da massa do fruto. Frutos com elevada porcentagem de polpa são importantes para o seu aproveitamento industrial. A porcentagem de caroço variou de 5,6% a 8,6%, com média de 7,0%, inferior aos 10,0% da massa do fruto, qualificando-a como uma variedade que tem importância comercial.

A relação polpa/endocarpo oscilou de 10,3 a 15,8, com média de 13,4, o que, analisando-se conjuntamente com os resultados de rendimento de polpa, predispõe a manga Maranhão para fins industriais.

O teor médio de sólidos solúveis foi de 15,1 ° Brix, dentro de um intervalo de 13,3 a 17,2 ° Brix, valores que contribuem sobremaneira para a sua boa aceitação no mercado local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada região tem uma fruta que a representa. No caso da microrregião do Seridó paraibano, bem como o potiguar, a manga Maranhão é a representante-mor. Difícil frequentar as cidades que a compõem sem, ao menos uma vez, degustar dessa saborosa fruta, entretanto, até o início das pesquisas realizadas pelo autor e colaboradores, no ano de 2012, no Curso de Tecnologia em Agroecologia, do Instituto Federal da Paraíba – campus Picuí, não existiam informações descritivas sobre a mangueira Maranhão e sua fruta.

Hoje, os relatos indicaram que a mangueira Maranhão apresenta características botânicas e biométricas distintas de variedades *crioulas* cultivadas no Seridó Paraibano. Ela é uma planta exuberante, de copa densa, que povoa as beiras dos rios locais, e que possui um fruto muito valorizado pelos nativos e apreciadores e outros locais.

Sabe-se que, no Curimataú Ocidental e Seridó paraibano, a variedade Maranhão, ao lado das variedades Espada e Rosa, é a manga nativa mais comercializada e apreciada pelos consumidores locais. Muito embora não possua os atributos qualitativos exigidos pelos mercados mais exigentes, como coloração atraente e inexistência de fibras, a variedade Maranhão se consolida no mercado *in natura* local e está incutida na cultura dos residentes das microrregiões citadas, que a referenciam como de características marcantes com relação a tamanho, massa, sabor e aroma.

De tamanho maior, quando comparada às outras variedades, com pigmentação verde-clara, quando ainda está verde, e bem amarelada, quando madura, essa variedade de manga impressiona pelo tamanho, sabor adoçado e diversidade de usos. A sua exploração no semiárido paraibano segue viés agroecológicos, servindo de importante referencial socioeconômico, como fonte empregatícia, direta e indireta, e promotora de renda sazonal a agricultores familiares, que a desenvolvem de forma extensiva, em áreas esparsas, em quintais e nos aluviões dos rios locais.

Com atributos qualitativos importantes, a manga Maranhão merece estudos mais aprofundados com vistas ao processamento industrial e consumo *in natura* no mercado consumidor interno.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A. S.; MOUCO, M. A. C.; MEDINA, V.D.; VASCONCELOS; L. F. L. Sistemas de poda. In: GENÚ, P. J.; PINTO, A. C. A. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 243-257.

ASCENSO, J. C.; MILHEIRO, A. V.; MOTA, M. I.; CABRAL, M. Seleção preliminar da mangueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, n.3, p.417-429, 1981.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. 2^a ed. New York: The New York Botanical Garden, 1988. 555 p

CUNHA, G. A. P.; CASTRO NETO, M. T. Aspectos botânicos. In: MATOS A. P. (Ed.) **Manga. Produção: aspectos técnicos**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília: Embrapa CTI, 2000. 63p.

CUNHA, G. A. P.; PINTO, A. C. Q.; FERREIRA, F. R. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In: GENÚ, P. J.; PINTO, A. C. A. (Ed.) **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 31-36.

DANTAS, M. G. S. **Ocorrência da seca-da-mangueira no Seridó Paraibano**. Picuí, Instituto Federal da Paraíba, 2013. 38p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso Superior de Tecnologia em Agropecuária, Coordenação do Curso de Agroecologia, Picuí, 2013.

FREIRE, J. L. O.; LIMA, I. C. D. S.; AZEVEDO, T. A. O.; MACEDO, L. P. M.; ARRUDA, J. A.; FREIRE, M. M. B. O. Características qualitativas da manga Maranhão produzida no Seridó Oriental Paraibano. **Anais... VII CONNEPI**, Palmas, 2012.

GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454 p.

GONÇALVES, N.B.; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, J. R. A.; COELHO, S. R. M.; SILVA, T. G. Características físicas e químicas dos frutos de cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 2, n.1, p. 72 – 78, 1998.

LIMA, I. C. D. S.; FREIRE, J. L. O.; ARRUDA, J. A.; MACEDO, L. M.; FREIRE, M. M. B. O. Relato protagonista do comportamento biométrico da mangueira (*Mangifera indica* var. Maranhão) no semiárido paraibano. **Anais... VII CONNEPI**, Palmas, 2012.

LIMA, I. C. D. S. **Biometria de plantas e atributos qualitativos da manga Maranhão no Seridó Paraibano**. Picuí, Instituto Federal da Paraíba, 2013. 53p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso Superior de Tecnologia em Agropecuária, Coordenação do Curso de Agroecologia, Picuí, 2013.

LIMA, I. C. D. S.; FREIRE, J. L. O.; FREIRE, A. L. O.; MACEDO, L. P. M. Biometria das plantas e atributos qualitativos da manga Maranhão no Seridó paraibano. **Revista SODEBRAS**, v.9, n. 99, p. 9-14, 2014.

MACEDO, L. P. M.; ALVES, E. C.; DANTAS, J. F.; LIMA, I. C. D. S.; FREIRE, J. L. O.; ARRUDA, J. A. Ocorrência da seca-da-mangueira no Seridó Paraibano. In: **Anais... VII CONNEPI**, Palmas, 2012.

MANICA, I. Taxonomia – Morfologia – Anatomia. In: MANICA, I.; MALAVOLTA, E.; ICUMA, I. M.; CUNHA, M. M.; OLIVEIRA, M. E.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, V. H. V. **Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora, 2001, p. 27-43.

MATOS, A. P. **Manga: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA, 2000, 63 p.

PINTO, A. C. Q. Melhoramento genético da manga (*Mangifera indica* L.) no Brasil. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIN, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, p. 17-78, 2004.

PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: EMBRAPA, 2002. 452 p.

RUFINI, J. C. M.; GALVÃO, E. R.; PREZOTTI, L.; SILVA, M. B.; PARRELA, R. A. C. Caracterização biométrica e físico-química dos frutos de acessos de manga “Ubá”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 456-464, 2011.

RUFINI, J. C. M.; SILVA, M. B.; PREZOTTI, L.; COSTA, A. S. V. Manga (*Mangifera indica* L.). In: PAULA, J. T. J. E VENZON, M. **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 491-502.

SANTOS-SEREJO, J. A. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Eds.). **Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 15-17. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SILVA, A. C. Botânica da mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. UESB: Vitória da Conquista, p. 7-15, 1996.

SILVA, D. F. P.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, C. S.; SALOMÃO, L. C. C.; STRUIVING, T. B. Características de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata Mineira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, p. 783-789, 2009.

SIMÃO, S. **Tratado de Fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

SIQUEIRA, D. L.; SANTOS, D. Manga. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 264, p. 82-90, 2011.

DIVERSIDADE GENÉTICA DA ORQUÍDEA ENDÊMICA E AMEAÇADA *Cattleya granulosa* Lindley NA MATA ATLÂNTICA

Cristiane Gouvea Fajardo¹
Fábio de Almeida Vieira²

RESUMO

Cattleya granulosa é uma orquídea endêmica da Floresta Atlântica do litoral do Nordeste brasileiro. Atualmente, encontra-se ameaçada de extinção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade genética de *Cattleya granulosa*, a fim de subsidiar a implantação de planos de conservação da espécie. Foram amostrados 52 indivíduos em três populações, inseridos no bioma Mata Atlântica no Litoral Norte do RN, Nordeste do Brasil. Foram utilizados seis marcadores ISSR, e visualizados 88 locos, todos polimórficos. O valor de PIC para cada iniciador variou entre 0,29 e 0,48. A diversidade genética (h) variou entre 0,24 e 0,30 e o índice de Shannon (J) variou entre 0,36 e 0,45. A menor distância genética de Nei foi detectada entre as populações Rio do Fogo (RIO) e Maracajaú (MAR) (0,09) e a maior distância genética foi entre as populações de Pititinga (PIT) e Maracajaú (MAR) (0,14). A análise de variância molecular mostrou maior diversidade genética dentro das populações (72%) do que entre as populações (28%). Por meio do dendrograma (método UPGMA), utilizando os valores da identidade genética de Nei, observou-se que há maior semelhança genotípica entre as populações RIO e MAR (0,91). Os padrões de diversidade alélica sugerem que apenas a população PIT sofreu redução no tamanho efetivo populacional. Os resultados obtidos no estudo mostram que apesar da alta variação genética observada nas três populações de *C. granulosa*, a coleta predatória e a expansão imobiliária colocam em risco a integridade da espécie, justificando a necessidade de implantar estratégias de conservação urgentes.

Palavras-chave: variabilidade, Marcador ISSR, espécie vulnerável, nordeste brasileiro.

INTRODUÇÃO

Orchidaceae é uma família que apresenta elevado grau de especialização, e é reconhecida não apenas pelo elevado número de espécies de hábitos epifíticos, mas também pelas inúmeras adaptações à polinização que é predominantemente realizada por insetos (TREMBLAY et al., 2004). Apesar da família apresentar uma distribuição cosmopolita, a distribuição espacial da mesma não é uniforme, uma vez que a maioria das espécies ocorrem predominantemente nos Neotrópicos (PRIDGEON, 1995). As espécies com hábitos epifíticos distribuem-se majoritariamente em regiões tropicais e subtropicais (GIVNISH et al., 2015). Orchidaceae engloba 25.000 espécies (GIVNISH et al., 2015), e é entre as monocotiledôneas a família mais rica em número de espécies. Mesmo sendo abundante, Orchidaceae apresenta

¹ Doutora em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, genegoista00@gmail.com;

² Professor orientador: Doutor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, vieirafa@gmail.com;

elevado número de representantes em vias de extinção, apresentando cerca de 6% das espécies ameaçadas (HOPPER; BROWN, 2007). Assim, torna-se imprescindível investimento em pesquisas que possam auxiliar no controle da minimização de ameaças de tais espécies de orquídeas.

O gênero *Cattleya* possui cerca de 111 espécies, sendo 104 endêmicas do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2019). É um dos gêneros da família Orchidaceae que é encontrado exclusivamente em regiões Neotropicais (SOUZA; LORENZI, 2008; VAN DEN BERG et al., 2014), além de ser um dos mais importantes da família por seu alto valor ornamental (PINHEIRO et al., 2012). Devido às coletas predatórias, do crescimento urbano e fragmentação do Bioma Mata Atlântica ao qual o gênero *Cattleya* está inserido, muitas espécies estão ameaçadas de extinção (CÂMARA-NETO et al., 2007; RAMALHO; PIMENTA, 2010; FAJARDO et al., 2017).

A *Cattleya granulosa* é uma epífita, que também pode apresentar hábitos terrestres (FAJARDO et al., 2015). Seu caule possui altura média entre 40 e 60 cm e cresce horizontalmente, ou seja, tem caule rizomatoso com pseudobulbos, ereto e cilíndrico (COSTA, 2010). A espécie *Cattleya granulosa* ocorre na região do litoral brasileiro, é encontrada normalmente em áreas que estão entre 2 a 20 Km da orla marítima, e sua distribuição é restrita ao Bioma Mata Atlântica (CRUZ; BORBA; VAN DEN BERG, 2003). Devido ao estresse provocado por ações antrópicas ao longo dos anos a *Cattleya granulosa* encontra-se na Lista Vermelha da Flora do Brasil. Além disso, a espécie já consta nas listas oficiais de espécies ameaçadas pela CITES (Convenção Internacional sobre o Comércio de Espécies da Flora e Fauna Selvagem em Perigo de Extinção). Segundo a *International Union for Conservation of Nature*, IUCN, a espécie está incluída na categoria de “Vulnerável” (VU) (MARTINELLI; MORAES, 2013; MMA, 2008).

O conhecimento da variação e da estrutura genética têm sido utilizados para subsidiar programas de conservação e mostrar populações prioritárias para a preservação da espécie. Além disso, práticas conservacionistas devem ser feitas a partir de dados demográficos das populações (MARTINELLI; MORAES, 2013). Ramalho e Pimenta (2010) notaram que a destruição do habitat tem sido a maior ameaça para a perpetuação das populações naturais de *Cattleya granulosa*.

Dentre as populações da espécie alvo deste estudo, algumas estão sob ameaça direta de extinção, principalmente em função do isolamento das populações e redução do número de indivíduos, acarretado pelo extrativismo descontrolado e expansão imobiliária. A *Cattleya*

granulosa passa por um declínio populacional drástico resultado do alto grau de fragmentação da Floresta Atlântica, em virtude de ações antrópicas (MARTINELLI; MORAES, 2013).

A diversidade genética pode ser determinada através da variedade de alelos e genótipos encontrados dentro de uma população. Essa variabilidade se reflete em características fisiológicas e morfológicas, sendo a base do potencial evolutivo das espécies em resposta às perturbações humanas (MIMURA et al., 2017). Neste sentido, os marcadores moleculares baseados em PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) são ferramentas importantes na detecção de polimorfismo entre indivíduos, detectando inúmeras variações a níveis cromossômicos (ADHIKARI et al., 2017). Apesar da existência de estudos relacionados com a quantificação da diversidade genética para *Cattleya granulosa* (FAJARDO; VIEIRA, MOLINA, 2014; FAJARDO et al., 2017), esses ainda são incipientes, considerando a importância de mapear o maior número possível de populações de uma espécie ameaçada. Há necessidade de mais investigações para que se tenha uma visão mais ampla do status de conservação da espécie. Com isso, será possível a elaboração de estratégias preservacionistas, no sentido de assegurar a manutenção das populações remanescentes a longo prazo.

Para verificar a diversidade genética da *Cattleya granulosa* foi utilizado o marcador molecular ISSR (Inter Sequências Simples Repetitivas) que consiste em um método simplificado de caracterização de genótipos. Quando comparado a outros marcadores de DNA, o ISSR confere agilidade na obtenção de níveis elevados de polimorfismo a um menor custo, mantendo a repetibilidade e segurança na visualização do padrão de bandas (ADHIKARI et al., 2017). O objetivo do presente trabalho foi avaliar a diversidade genética dentro e entre populações naturais da *Cattleya granulosa* no litoral Norte do Rio Grande do Norte, a fim de subsidiar e manter planos de conservação genética.

METODOLOGIA

Área de estudo e amostragem

O estudo foi realizado em três populações no litoral Norte do Rio Grande do Norte: Pititinga (PIT), Rio do Fogo (RIO) e Maracajaú (MAR) (Figura 1) inseridas em áreas de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta de Restingas, pertencentes ao domínio Mata Atlântica (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA et al., 1991). PIT e RIO estão localizadas no município de Rio do Fogo e MAR está situada no município de Maxaranguape.

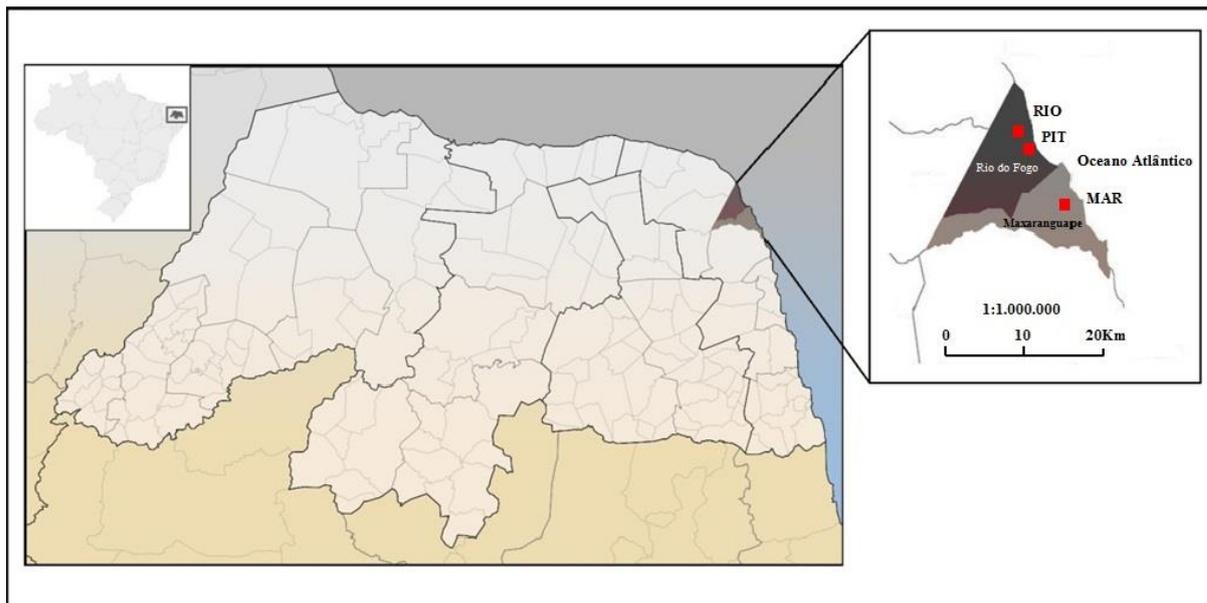


Figura 1. Localização geográfica das populações naturais da orquídea *Cattleya granulosa*, no Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Norte. Populações: Pititinga (PIT), Rio do Fogo (RIO) e Maracajaú (MAR).

Foram amostrados 52 indivíduos, sendo 18 pertencentes à população de PIT, 18 à RIO e 16 pertencentes à MAR (Tabela 1).

Tabela 1. Municípios, coordenadas geográficas e tamanho amostral das 3 populações de *Cattleya granulosa* no Estado do Rio Grande do Norte.

População	Município	Latitude/Longitude	<i>n</i>
Pititinga	Rio do Fogo-RN	5°22' S / 35°21' O	18
Rio do Fogo	Rio do Fogo-RN	5°21' S / 35°22' O	18
Maracajaú	Maxaranguape-RN	5°25' S / 35°19' O	16
Total			52

Como critério, amostraram-se os indivíduos que melhor representassem cada população, conforme a metodologia adotada para outras espécies da família Orchidaceae (CHUNG, 2009), onde não são coletados tecidos foliares de indivíduos menores que 20 centímetros, nem aqueles próximos espacialmente que possam ser propágulos vegetativos do mesmo indivíduo (clone). O acesso ao patrimônio genético pesquisado está cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) e identificados pelos números A38EF05.

Coleta, extração do DNA e PCR

Foram coletadas amostras de folhas jovens e saudáveis, acondicionadas em tubos de 2 mL contendo 10% de CTAB. As amostras foram armazenadas a -20°C no Laboratório de Genética e Melhoramento Florestal (LABGEM, www.labgem.com.br), até o momento da extração do DNA.

O processo de extração de DNA utilizado foi o método descrito por Doyle e Doyle (1987), com algumas adaptações, onde se utilizou: 100 mM de Tris pH 8,0; 1,4 M de NaCl; 20 mM de EDTA pH 8,0; 2% (p/v) CTAB; 1% (p/v) PVP-40 e 0,2% (v/v) de β -mercaptoetanol pré-aquecido a 60°C em banho-maria. Após a extração, o DNA foi diluído em TE (Tris-HCl 10 mM; EDTA mM pH 8,0) com concentração final para o uso de $50\text{ ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$.

A PCR foi realizada usando iniciadores moleculares ISSR da Universidade de British Columbia (UBC primer/iniciador set #9, Vancouver, Canadá). A temperatura de anelamento aplicada foi de 47°C e o mix de PCR foi composto de tampão (10 x), BSA ($1,0\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$), MgCl_2 (50 mM), dNTP (2,5 mM), iniciador (2 μM), Taq polimerase ($5,0\text{ U}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), DNA e água ultrapura. O volume final da reação foi de 12 μL . As PCRs foram processadas em Termociclador Veriti™, o programa de amplificação das amostras foi a 94°C (5 min), seguidas por 37 ciclos de amplificação, tendo cada ciclo submetido às amostras a 94°C (15 s) em seguida a 47°C (30 s) e, por fim, a 72°C (1 min). Após os ciclos, o processo encerrou-se a 72°C (7 min) e resfriamento a 4°C .

Os produtos da amplificação foram submetidos a eletroforese horizontal em gel de agarose 1,5% (p/v), em tampão TAE 1X (Tris-Acetato-EDTA) e corados com GelRed™. Foi utilizado o marcador de peso molecular (Ladder) de 1 kb e os géis foram fotografados sobre fonte de luz ultravioleta com auxílio do equipamento E-Box™ VX2. Foram selecionados os iniciadores com melhor resolução e maior número de fragmentos, excluindo os que apresentaram bandas com fraca intensidade ou pouca definição.

Análise dos dados

Valor de PIC

Os locos contidos nos géis foram genotipados e mediante os dados foi construída uma matriz binária de presença (1) e ausência (0) dos locos. Calculou-se o Conteúdo de Informação Polimórfica (PIC) para medir a eficiência dos iniciadores utilizados em mostrar o polimorfismo entre indivíduos, tendo como critério a ausência ou presença de locos. Para calcular o PIC utilizou-se a fórmula proposta por Anderson et al. (1993): $\text{PIC}_i = 1 - \sum_{j=1}^n P_{ij}^2$, onde P_{ij} é a frequência do alelo "j" no marcador "i".

Os parâmetros de variação genética foram avaliados através do software POPGENE versão 1.3 (YEH et al., 1997). Neste software foram calculados: a porcentagem de locos polimórficos (P), o número de alelos observados (N_a), número de alelos efetivos (N_e), diversidade genética de Nei (h) e Índice de Shanon (I), para cada população.

Estrutura genética populacional

O software ARLEQUIN 3.5.2 (EXCOFFIER; LISCHER, 2010) foi utilizado para obter a Análise de Variância Molecular (AMOVA) entre as três populações de *Cattleya granulosa*. Esta análise estima a diferenciação populacional com base nos dados moleculares e testes de hipóteses sobre tal diferenciação.

Para construção do dendrograma de similaridade genética, foi utilizado o software NTSYS (ROHLF, 1998), pelo método de agrupamento UPGMA (agrupamento não-ponderado aos pares utilizando médias aritméticas), correlacionando as três populações em relação à identidade genética de Nei (1978).

O teste de Mantel foi utilizado no software PC-Ord 4.14 (MCCUNE; MEFFORD, 1997), pelo método de Monte Carlo (1.000 permutações) para verificar a existência de correlação entre a distância genética de Nei e distância geográfica.

Detecção de gargalos genéticos

Para analisar se houve redução populacional nas populações do estudo, foi utilizado o software Bottleneck versão 1.2.02 (PIRY; LUIKART; CORNUET, 1999). Os testes de detecção do gargalo genético consideraram dois modelos, o IAM (Modelo de Alelos Infinitos) e o modelo SMM (Modelo de Passos de Mutação). Nesta análise, são obtidas as heterozigosidades esperadas dos locos nos respectivos modelos. A partir da frequência dos alelos foi utilizado o teste do sinal ($\alpha = 0,05$) para indicar gargalos genéticos recentes significativos (CORNUET; LUIKART, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Polimorfismo genético e Valor de PIC

Para os 52 indivíduos de *Cattleya granulosa* (Figura 2) oriundos das três populações foram selecionados seis iniciadores de ISSR por apresentarem melhor amplificação para esta espécie (Tabela 2).



Figura 2. Espécimes de *Cattleya granulosa* Lindl. (a, b) (Foto: Edson Mattos)

A quantidade de locos por iniciador variou de 11 a 18, e o número total de locos observados foi de 88, todos eles polimórficos. Com este resultado de 100% de polimorfismo nas três populações naturais de *Cattleya granulosa* é possível afirmar que os iniciadores selecionados possuem alta eficiência para detecção de polimorfismo para esta espécie.

Tabela 2. Iniciadores ISSR selecionados, sequência de nucleotídeos dos iniciadores, número de locos e o valor de PIC para cada iniciador.

Iniciador ISSR	Sequência (5' – 3')	Locos	PIC
UBC 808 (AG)8-C	AGA GAG AGA GAG AGA GC	11	0,48
UBC 842 (GA)8-YG	GAG AGA GAG AGA GAG AYG	16	0,47
UBC 857 (AC)8-YG	ACA CAC ACA CAC ACA CYG	15	0,36
UBC 859 (TG)8-RC	TGT GTG TGT GTG TGT GRC	13	0,29
UBC 880 (GGAGA)3	GGA GAG GAG AGG AGA	15	0,48
UBC 898 (CA)6-RY	CAC ACA CAC ACA RY	18	0,35
Média		15	0,40

R = purina (A ou G) e Y = pirimidina (C ou T)

Para duas outras espécies da família Orchidaceae, *Cattleya coccinea* e *Cattleya mantiqueirae*, Rodrigues et al. (2010) utilizaram 13 iniciadores ISSR e obtiveram o total de 295 locos, sendo 253 (86%) considerados polimórficos. Fajardo et al. (2017) avaliaram a diversidade genética da *Cattleya granulosa* e utilizaram 6 iniciadores ISSR, onde o número de locos por cada iniciador variou entre 11 a 18, detectando um total de 91 locos, todos polimórficos.

Os dados obtidos reforçam a afirmativa de Fajardo et al. (2017) sobre o alto nível de polimorfismo genético apresentado em populações naturais de *Cattleya granulosa*, e também sobre as espécies do gênero *Cattleya* apresentarem altas porcentagens de caracteres polimórficos (FAJARDO et al., 2014).

O valor de PIC define o grau de eficiência que o marcador molecular possui em relação à detecção de caracteres polimórficos entre indivíduos (PINHEIRO et al., 2017; FAJARDO et al., 2018). Para este estudo o valor de PIC foi calculado para cada iniciador e os valores variaram entre 0,29 e 0,48 (Tabela 2), dados que classificam os iniciadores como “mediamente informativos” para a espécie *Cattleya granulosa*.

Diversidade genética

Os índices de variabilidade genética das três populações de *Cattleya granulosa* são observados na Tabela 3, onde são expressos o tamanho amostral, o número de fragmentos polimórficos, a porcentagem destes fragmentos, o número de alelos observados, o número de alelos efetivos, o índice de diversidade de Nei (1973) e o índice de Shannon.

Tabela 3. Medidas de diversidade genética para populações naturais de *Cattleya granulosa*.

	n	L/%P	Na	Ne	h	I
PIT	18	77 / 88 %	1,88±0,33	1,52±0,35	0,30±0,175	0,45±0,24
RIO	18	63 / 72 %	1,72±0,45	1,40±0,37	0,24±0,19	0,36±0,27
MAR	16	65 / 74 %	1,74±0,44	1,47±0,39	0,27±0,20	0,39±0,28
Todos	52	88 / 100 %	2±0,00	1,56±0,319	0,33±0,15	0,50±0,19

Tamanho da amostra (**n**), locos polimórficos (**L**), porcentagem de locos polimórficos (**%P**), Número de alelos observados (**Na**), Número de alelos efetivos (**Ne**), Índice de Nei (**h**), Índice de Shannon (**I**). Os valores representam a média ± desvio padrão.

Entre as três populações em estudo, a que apresentou o maior índice de diversidade genética foi a PIT com 0,30 (**h**). A população PIT também apresentou a maior porcentagem de locos polimórficos de 88%. O menor índice de Nei foi observado na população RIO, com 0,24 (**h**), a menor porcentagem de locos polimórficos também foi detectada nesta população, 72%.

O índice de diversidade genética de Shannon mede o grau de proximidade genética entre os indivíduos, com variação entre 0 e 1. Quanto menor o valor encontrado através deste índice, menor será a variabilidade genética. Para o índice de Shannon a população que apresentou o menor valor de **I** foi RIO (**I** = 0,36), indicando menor diversidade genética nesta população. A população PIT se mostrou mais diversa, inclusive em relação ao número superior de alelos

observados (N_a) e no número de alelos efetivos (N_e), com 1,88 e 1,52, respectivamente. Portanto, a população com maior grau de diversidade genética é PIT, seguida por MAR e RIO, esta com menor variação genética.

Rodrigues et al. (2010), ao estudarem a diversidade genética das espécies *Cattleya coccinea* e *Cattleya mantiqueirae*, encontraram para o índice de Shannon e o índice de Nei, valores muito baixos e similares entre as oito populações em análise. O índice de Nei variou entre 0,06 e 0,12 (h) e o índice de Shannon variou de 0,09 a 0,18 (I), demonstrando baixa variabilidade genética entre indivíduos de uma mesma população, para as duas espécies do referente estudo.

Para a espécie *Cattleya elongata* foi encontrado índice de diversidade genética de Nei de 0,18 (h) (Cruz et al., 2011). Segundo Pinheiro et al. (2012), a *C. labiata* apresentou índices de Nei e de Shannon, respectivamente, de 0,17 (h) e 0,25 (I).

Em várias espécies do gênero *Cattleya*: *C. gaskelliana*, *C. lawrenceana*, *C. wallissi*, *C. warneri*, *C. warscewiczii*, *C. lueddemanniana*, *C. maxima*, *C. percivaliana*, *C. schroeder*, *C. trianae*, analisadas conjuntamente, identificaram-se os seguintes índices de Nei e Shannon, respectivamente: 0,22 (h) e 0,36 (I) (Pinheiro et al., 2012).

Em 2017, Fajardo e colaboradores encontraram valores de $h = 0,34$ e $I = 0,52$, para 12 populações de *Cattleya granulosa*, resultados esses próximos aos obtidos no presente estudo. Estes valores indicam que a maior parte das populações remanescentes da espécie *C. granulosa* possuem alto grau de diversidade genética.

Para a análise da distância genética entre as populações foi utilizado o método de distância genética de Nei (1978). Conforme Tabela 4, a menor distância genética detectada foi entre as populações RIO e MAR (0,09), e a maior distância genética encontrada foi entre as populações PIT e MAR (0,14).

Tabela 4. Estimativas de distâncias genéticas de Nei (1978), abaixo da diagonal, e distância geográfica (Km), acima da diagonal, entre as populações de *Cattleya granulosa*.

	PIT	RIO	MAR
PIT	0	2,5	7,9
RIO	0,13	0	10,4
MAR	0,14	0,09	0

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, as populações PIT e MAR possuem maior divergência entre os genótipos, pois à medida que os valores da distância genética de Nei (1978) aumentam, maior é a distinção genotípica entre as populações.

Nei (1978) classificou a distância genética em três tipos, “Baixa” quando for menor que 0,05, “Média” entre 0,05 e 0,15 e “Alta” quando for maior que 0,15. O valor médio para as três populações de *Cattleya granulosa* foi 0,12, que classifica como média a variabilidade genética entre as populações. Fajardo et al. (2017) encontraram para a mesma espécie, valor médio de distância genética de 0,18, classificada como alta variação genética, mas a amplitude amostral foi maior, incluindo populações dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Para a espécie *Zeuxine strateumatica* que é uma orquídea com hábitos terrestres e de distribuição restrita, Sun e Wong (2001) obtiveram o valor médio da distância genética de 0,92, identificando alta diversidade genética.

Hamrick e Godt (1996) aferiram para a família Orchidaceae um valor da distância genética média próximo a 0,09. No entanto, o valor obtido neste trabalho para a espécie *C. granulosa* foi de 0,12, superando o estimado para a família. Observou-se maior semelhança genética entre as populações RIO e MAR, sugerindo maior troca histórica de material genético entre elas. No entanto RIO e MAR possuem a maior distância geográfica (quando comparadas a PIT), sendo esperado menor troca de materiais genéticos entre estas duas populações. A distância genética de classificação “média” (Hamrick e Godt, 1996) entre as três populações do estudo, possivelmente está relacionada à distância geográfica, relativamente pequena, que há entre elas.

Estrutura genética

A AMOVA mostrou maior diversidade genética dentro das populações (72%) do que entre as populações (28%), conforme a Tabela 5. Este resultado indica alta variabilidade genética entre indivíduos de uma mesma população ($F_{st} = 0,28$).

Gomes et al. (2017), ao estudarem a diversidade genética da orquídea epífita *Cattleya lobata* observaram que a maior parte da diversidade genética encontrada está concentrada dentro das populações (93%) e não entre as populações (7%).

Tabela 5. Análise de variância molecular (AMOVA) entre populações e entre indivíduos dentro das populações de *Cattleya granulosa*.

Fonte de variação	GL	SQ	Componentes da variância	Porcentagem de variação
Entre populações	02	194,52	4,89	28
Dentro das populações	49	621,37	12,68	72
Total	51	815,89	17,57	
Índice de fixação F_{st} :	0,28			

GL: grau de liberdade, SQ: soma dos quadrados dos desvios.

De acordo com os resultados analisados no presente estudo, é possível afirmar que as populações naturais da espécie *Cattleya granulosa* possuem alta variabilidade genética, tanto entre, como dentro das populações.

A variabilidade genética da *C. granulosa* encontrada em estudos anteriores (Fajardo et al., 2017) também demonstraram uma maior proporção da variação genética ocorrendo dentro das populações (61%) do que a proporção detectada entre as populações (39%). Tais resultados indicam alta diferenciação genética entre e dentro das populações estudadas.

Em relação à análise de isolamento das populações, pode-se usar a correlação de matrizes por meio do teste de Mantel. Este teste é usado para constatar a presença de um padrão de isolamento por distância genética e geográfica entre as populações (DUARTE; CARVALHO; VIEIRA, 2015). O resultado inferido por meio do teste de Mantel revelou a presença de correlação negativa, porém não significativa ($r = -0,43$; $P > 0,05$) entre as distâncias genéticas e geográficas das populações. Apesar do isolamento espacial das populações nos fragmentos de floresta, a espécie alvo não apresentou segregação espacial de genótipos. Cruz et al. (2011) também verificaram correlação negativa e não significativa ($r = -0,07$; $P = 0,49$) para a espécie *Cattleya elongata*.

Resultados estes que diferem de Fajardo et al. (2017) que identificaram correlação positiva e significativa para *Cattleya granulosa* ($r = 0,79$; $P = 0,02$), e Pinheiro et al. (2012) que também observaram correlação positiva ($r = 0,56$; $P = 0,00$) para a orquídea *Cattleya labiata*. Ambos estudos possuíam o número superior de populações em relação ao presente trabalho. Portanto, sugere-se para futuros estudos sobre a diversidade genética de espécie florestais que seja ampliado a amostragem populacional, de forma a compreender melhor a distribuição espacial dos genótipos na paisagem.

A partir dos valores de identidade genética (NEI, 1978), foi feito um dendrograma pelo método UPGMA (Figura 3). Por meio dele é possível visualizar as populações com maior índice de similaridade genética, que são: Rio do Fogo e Maracajá, com valor de 0,91. A população de Pititinga apresentou maior distinção se comparada com as populações Rio do Fogo e Maracajá.

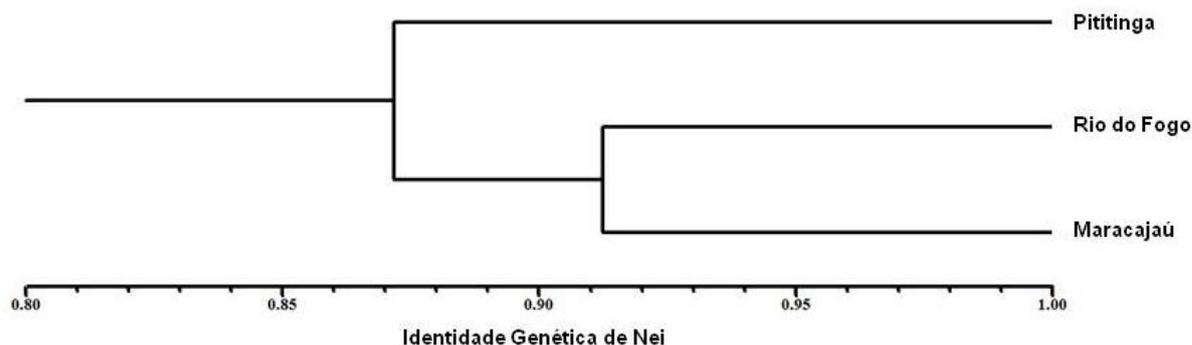


Figura 3. Dendrograma de UPGMA utilizando as identidades genéticas de Nei, entre três populações de *Cattleya granulosa*.

Testes de Gargalo Genético (Bottleneck)

Na Tabela 6 estão apresentados os valores para os testes de gargalo genético, em dois modelos IAM e SMM. Apesar de PIT ser a população mais diversificada geneticamente, se mostrou como a única população que sofre redução no tamanho efetivo populacional, conforme modelo IAM. Para o modelo SMM, as populações não apresentaram decréscimo populacional.

Tabela 6. Testes de equilíbrio entre mutação e deriva genética para as populações de *Cattleya granulosa* sobre os modelos IAM e SMM.

Populações	IAM			SMM		
	n	He	P	n	He	P
PIT	44,36	53	0,04*	44,10	50	0,12
RIO	44,69	41	0,25	44,34	39	0,15
MAR	42,67	49	0,11	42,16	46	0,24

n = número esperado de locos com excesso de heterozigiosidade sob o respectivo modelo; **He** = número de locos com excesso de heterozigiosidade; **P** = probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade.

Fajardo et al. (2017) ao estudarem doze populações da *Cattleya granulosa* observaram ocorrência de gargalos populacionais recentes para oito populações, utilizando os modelos IAM

e SMM. Contudo, apenas para duas das populações, localizadas no Estado de Pernambuco, o teste do sinal mostrou déficit de heterozigosidade altamente significativo.

A divergência dos resultados encontrados no presente estudo quando comparados aos aferidos por Fajardo et al. (2017) para mesma espécie deve-se, provavelmente, ao fato das populações se encontrarem em diferentes localidades, isto é, ao sul do presente trabalho. PIT, RIO e MAR são populações distribuídas no litoral Norte do RN, em faixa de maior conservação de habitat, e menor grau de perturbação, enquanto que as populações do estudo realizado pelos autores referenciados estão distribuídas no litoral Sul do RN, Estado da Paraíba e Pernambuco, com graus elevados de antropização. O déficit de heterozigosidade altamente significativo observado por Fajardo et al. (2017), em duas populações alocadas no Estado de Pernambuco, pode estar relacionado ao grau de perturbações ambientais presentes nesta região de amostragem.

Através dos trabalhos com a *Cattleya granulosa* realizados pela nossa equipe do Laboratório de Genética e Melhoramento Florestal/UFRN e colaboração com a Associação Orquidófila do Rio Grande do Norte (SORN) foi possível a elaboração da lei nº 10.508, de 16 de maio de 2019 que transformou a orquídea em flor símbolo do Estado do Rio Grande do Norte. Além disso, a nova lei estadual também institui a semana estadual de conservação, valorização e preservação da orquídea. No entanto, novas leis para a preservação e sobre educação ambiental necessitam ainda ser elaboradas com o intuito de valorizar e preservar os fragmentos florestais de Mata Atlântica, assim como demais espécies ameaçadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as três populações naturais de *Cattleya granulosa* a que possui maior variação genética é PIT.

A maior variação genotípica para *Cattleya granulosa* é observada dentro das populações.

Através dos testes de gargalo genético (*bottleneck*) foi verificado que apenas PIT sofreu redução do tamanho efetivo populacional, possivelmente em razão da conservação do habitat no qual as populações foram encontradas.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, Sinchan et al. Application of molecular markers in plant genome analysis: a review. **The Nucleus**, v. 60, n. 3, p. 283–297, 2017.

ANDERSON, 6J A. et al. Optimizing parental selection for genetic linkage maps. **Genome**, v. 36, p. 181-186, 1993.

CÂMARA-NETO, Clementino et al. Rescuing *Cattleya granulosa* Lindley in the wild. **Lankesteriana**, v. 7, n. 2, p. 243-246, 2007.

CHUNG, Mi Yoon. Lack of allozyme diversity in populations of the rare, endangered terrestrial orchids *Tipularia japonica* and *Epipactis papillosa* in Korea. **Plant Systematics and Evolution**, v. 278, p. 203–209, 2009.

CORNUET, Jean Marie; LUIKART, Gordon. Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. **Genetics**, v. 144, p. 2001-2014, 1996.

COSTA, Rosaly de Araújo. **Biologia floral e sistema reprodutivo de *Cattleya granulosa* Lindl., uma Orchidaceae ameaçada e endêmica do Nordeste do Brasil**, Dissertação de Mestrado da Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, Recife, 64 p. 2010.

CRUZ, D. T.; BORBA, E. L.; VAN DEN BERG, C. O gênero *Cattleya* no estado da Bahia. **Sitientibus**, v. 3, p. 28-36, 2003.

CRUZ, Daiane Trabuco et al. Genetic and morphological variability in *Cattleya elongata* Barb. Rodr. (Orchidaceae), endemic to the campo rupestre vegetation in northeastern Brazil. **Plant System Evolution**, v. 294, p. 87–98, 2011.

DOYLE, Jeff J.; DOYLE, Jane L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v. 12, n. 1, p. 13-15, 1987.

DUARTE, Jaqueline Fidelis; CARVALHO, Dulcinéia; VIEIRA, Fábio de Almeida. Genetic conservation of *Ficus bonijesulapensis* R. M. Castro in a dry forest on limestone outcrops. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 59, p. 54-62, 2015.

EXCOFFIER, Laurent; LISCHER, Heidi EL. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, v. 10, p. 564-567, 2010.

FAJARDO, Cristiane Gouvea et al. Negligence in the Atlantic forest, northern Brazil: a case study of an endangered orchid. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 5, p. 1047-1063, 2017.

FAJARDO, Cristiane Gouvea et al. Distribuição Espacial de *Cattleya granulosa* Lindl.: Uma Orquídea Ameaçada de Extinção. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 164-170, 2015.

FAJARDO, Cristiane Gouvea et al. Genetic diversity in natural populations of *Hancornia speciosa* Gomes: Implications for conservation of genetic resources. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 6, p. 623-630, 2018.

FAJARDO, Cristiane Gouvea; VIEIRA, Fábio de ALMEIDA; MOLINA, Wagner Franco Interspecific genetic analysis of orchids in Brazil using molecular markers. **Plant Systematics and Evolution**, v. 300, n. 8, p. 1825-1832, 2014.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB11329>. Acesso em: 21 outubro 2019.

GIVNISH, Thomas J. et al. Orchid phylogenomics and multiple drivers of their extraordinary diversification. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1814, p. 20151553, 2015.

GOMES, Patrícia Cristina Lemos et al. High genetic variability is preserved in relict populations of *Cattleya lobata* (Orchidaceae) in the Atlantic Rainforests inselbergs. **Brazilian Journal of Botany**, v. 41, n. 1, p. 185-195, 2017.

HAMRICK, J. L[†]; GODT, MJ W. Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. *Philosophical Transactions of The Royal Society of London Series, Biological Sciences*, v. 351, p. 1291–1298, 1996.

HOPPER, Stephen D.; BROWN, Andrew P. A revision of Australia's hammer orchids (*Drakaea*: Orchidaceae), with some field data on species-specific sexually deceived wasp pollinators. *Australian Systematic Botany*, v. 20, p. 252–285, 2007.

MARTINELLI, Gustavo; MORAES, Miguel Avila. **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2013.

MCCUNE, Bruce; MEFFORD, M. J. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 3.0. **MjM Software**, Gleneden Beach, Oregon, USA, 1997.

MIMURA, Makiko et al. Understanding and monitoring the consequences of human impacts on intraspecific variation. *Evolutionary applications*, v. 10, n. 2, p. 121-139, 2017.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa nº 6 de 23 de setembro de 2008. **Diário Oficial da União**, v. 185, n. Seção 1, 2008.

NEI, Masatoshi. Analysis of gene diversity in subdivided populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 70, n. 12, p. 3321–3323, 1973.

NEI, Masatoshi. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, v. 89, p. 583–590, 1978.

PINHEIRO, L. G. et al. Anthropization as a determinant factor in the genetic structure of *Copernicia prunifera* (Arecaceae). **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-14, 2017.

PINHEIRO, Lucas Rezende et al. Genetic diversity and population structure in the Brazilian *Cattleya labiata* (Orchidaceae) using RAPD and ISSR markers. **Plant Systematics and Evolution**, v. 298, p. 1-11, 2012.

PIRY, S.; LUIKART, G.; CORNUET, J. M. BOTTLENECK: a computer program for detecting recent reductions in the effective population size using allele frequency data. **Journal of heredity**, v. 90, p. 502-503, 1999.

PRIDGEON, Alec M. **The illustrated encyclopaedia of orchids**. Timber Press, Portland, 1995.

RAMALHO, Adriana; PIMENTA, Handson. Valoração econômica aplicada à extração ilegal da orquídea *Cattleya granulosa* no Parque Natural Dom Nivaldo Monte de Natal/RN. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 181-194, 2010.

RODRIGUES, Jucelene F. et al. Species delimitation of *Cattleya coccinea* and *Cattleya mantiqueirae* (Orchidaceae): insights from phylogenetic and population genetics analyses. **Plant systematics and evolution**, v. 301, n. 5, p. 1345-1359, 2015.

ROHLF, F. J. NTSYS-PC: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.1. **Applied Biostatistics**. Inc, New York, NY, 1998.

SOUZA, V. C.; LORENZI, Harri. **Botânica sistemática: guia ilustrativo para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

SUN, M.; WONG, K. C. Genetic structure of three orchid species with contrasting breeding systems using RAPD and allozyme markers. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 2180-2188, 2001.

TREMBLAY, Raymond L. et al. Variation in sexual reproduction in orchids and its evolutionary consequences: a spasmodic journey to diversification. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 84, n. 1, p. 1-54, 2004.

VAN DEN BERG, Cássio. Reaching a compromise between conflicting nuclear and plastid phylogenetic trees: a new classification for the genus *Cattleya* (Epidendreae; Epidendroideae; Orchidaceae). **Phytotaxa**, v. 186, n. 2, p. 075-086, 2014.

VELOSO, Henrique Pimenta; RANGEL-FILHO, Antonio Lourenço Rosa; LIMA, Jorge Carlos Alves. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, 1991. p. 124.

YEH, Francis C. et al. POPGENE, the user-friendly shareware for population genetic analysis. **Molecular biology and biotechnology centre**, University of Alberta, Canadá, v. 10, p. 295-301, 1997.

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Myracrodruon urundeuva* Allemão VIA MICROPROPAGAÇÃO: UMA ALTERNATIVA PARA CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE

Lindomar Maria de Souza¹
Marta Ribeiro Barbosa²
Luiz Palhares Neto³
Cláudia Ulisses⁴

RESUMO

Alternativas para o uso sustentável dos recursos vegetais são importantes para a conservação e nesse sentido, o cultivo *in vitro* de plantas é uma ferramenta imprescindível para ações de conservação, possibilitando a produção de mudas para reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. Diásporos de aroeira foram inoculados em meio MS e WPM com 100% e 50% da força iônica durante 45 dias. Na etapa de multiplicação, foi avaliada a influência das citocininas: 6-benzilaminopurina, thidiazuron e cinetina nas concentrações de 4,5 e 9 $\mu\text{mol.L}^{-1}$. Em outro experimento de multiplicação foi avaliada a influência do tipo de explante (apical, mediano e cotiledonar) e a vedação (total e parcial). Ao final dos experimentos avaliou-se o crescimento e o desenvolvimento das brotações. Os dados foram submetidos à ANOVA e comparados pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Maior percentual de germinação, número de folhas, gemas, altura da parte aérea e comprimento radicular foram observados nas plântulas cultivadas no meio WPM com 50% da força iônica. As concentrações das citocininas testadas não favoreceram a produção de mudas de aroeira *in vitro*, proporcionando apenas calogênese e oxidação dos explantes. Os explantes responderam de maneira diferente, sendo os explantes das regiões apical e mediana os mais promissores para a produção de mudas. A vedação parcial favoreceu o aumento do número de folhas e gemas. Diante dos resultados conclui-se que o meio $\frac{1}{2}$ WPM é indicado para o estabelecimento de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* e os segmentos apicais e medianos são mais responsivos na multiplicação *in vitro*.

Palavras-chave: Caatinga, cultivo *in vitro*, aroeira, citocininas, vedação.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm gerado impactos negativos sobre a estabilidade das florestas no Brasil, e neste cenário, a Caatinga, floresta tropical sazonalmente seca, corre sérios riscos de perda da biodiversidade. O alto grau de degradação na região semiárida brasileira sinaliza que a Caatinga está entre as florestas mais vulneráveis, devido ao cenário de

¹Doutora em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, lindomarsouza.ufrpe@gmail.com;

²Doutora em Melhoramento Genético de Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, martaribeiro21@hotmail.com;

³Doutorando no Curso de Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, netopalhares1@gmail.com;

⁴Professora Doutora em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, claulisses@gmail.com

aumento das temperaturas globais, o que coloca a região nordeste do Brasil em situação de alerta (Tavares et al. 2019; Nobre, 2011). Muitas espécies de plantas da Caatinga são amplamente conhecidas e utilizadas na medicina popular, bem como na produção comercial de produtos fitoterápicos, as quais são utilizadas pelas populações de maneira exploratória e não renovável (Gomes et al. 2018; Silva et al. 2012).

As comunidades da zona rural, ao contrário das pessoas das grandes cidades, dependem diretamente dos recursos naturais oferecidos pelo meio ambiente, com as mais diversificadas finalidades, por exemplo, na alimentação, construção de casas e cercas, tratamento de doenças, entre outras. E este é um dos aspectos mais positivos da riqueza natural local (Albuquerque et al. 2012). Entretanto, as atividades extrativistas não conservacionistas têm resultado em perda de espécies únicas, eliminação de processos ecológicos e formação de extensas áreas de desertificação (Alvarez e Kiill, 2014; Leal et al. 2003).

Alternativas para o uso sustentável dos recursos vegetais da Caatinga são de grande importância para conservação desta floresta e permite garantir qualidade de vida para as populações que utilizam esses recursos. O uso dos recursos naturais de maneira consciente tem como aliados o acesso à informação e a orientação do cultivo com manejo sustentável.

Entre as espécies utilizadas por comunidades na região semiárida brasileira, destaca-se a *Myracrodruon urundeuva* Allemão. Esta espécie pertence à família Anacardiaceae sendo popularmente conhecida como aroeira, aroeira-do-sertão, aroeira-do-campo, aroeira-da-serra, urundeúva, urindeúva e arindeúva (Machado e Oliveira, 2014).

M. urundeuva é uma espécie arbórea que apresenta grande valor econômico e se destaca devido aos múltiplos usos pelas comunidades, justificado pelas propriedades químicas da casca com elevado teor de taninos, sendo muito utilizada na medicina popular. O extrato de suas cascas é usado no tratamento de ferimentos, gastrites entre outras doenças, devido as suas propriedades antiinflamatória e cicatrizante, sendo a ação antimicrobiana a propriedade mais bem estudada até o momento. Além disso, o tronco é muito empregado na indústria da construção civil, devido à madeira apresentar grande resistência mecânica aos decompositores, sendo praticamente imputrescível (Souza et al. 2018; Machado e Oliveira, 2014; Lucena et al. 2011).

Devido aos múltiplos usos, a aroeira vem sofrendo um intenso processo de exploração, o que contribui com a destruição de suas populações naturais (Andrade et al. 2013; Nunes et al. 2008). Além da exploração desordenada, outros fatores podem interferir na manutenção de populações naturais da aroeira, por exemplo, a redução na frequência de visitantes florais,

justificado pela competição por polinizadores em comum com outras espécies, bem como a diminuição populacional de polinizadores. A *M. urundeuva* é uma espécie dióica e a redução no número de indivíduos em uma população consiste em riscos para a conservação da espécie (Kiil et al., 2010). Apesar de ser uma espécie que tolera bem a restrição hídrica, estudo recente indica que em cenários climáticos futuros, a falta de chuva afetará a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial da aroeira, independentemente do aumento de temperatura (Oliveira et al. 2019).

Portanto, ações que venham promover a propagação e conservação desta espécie, são importantes para a evitar o risco de extinção e assegurar que esse recurso natural esteja disponível para o uso sustentável pelas comunidades locais.

Nesse sentido, o cultivo *in vitro* de plantas é uma ferramenta imprescindível para ações de conservação, pois além da produção de mudas para reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (Souza et al. 2019), possibilita a conservação *in vitro* de médio a longo prazo, além do estabelecimento de bancos de germoplasma *in vitro* (Agrawal et al. 2019; Souza et al. 2017). O cultivo *in vitro* de plantas engloba várias técnicas que possibilitam manipular células, tecidos, órgãos e como resultado obtém-se a formação de plantas inteiras a partir de um único segmento, o explante (Watt, 2012). A micropropagação é uma das técnicas do cultivo *in vitro* de plantas que possibilita a rápida produção de mudas em um ambiente asséptico, sob condições nutricionais e ambientais controladas (Cruz et al. 2009; Jalaja et al. 2008; Watt, 2012).

No cultivo *in vitro*, os meios nutritivos fornecem ao tecido vegetal as substâncias essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos explantes. A regeneração e a multiplicação de brotos na micropropagação é afetada pelo tipo e concentração de reguladores de crescimento, especialmente as citocininas, devido à sua importância no processo de divisão celular e organogênese (Aremu et al. 2012). As citocininas são indispensáveis para a quebra da dominância apical e estão relacionadas com a diferenciação celular, sobretudo no processo de formação de gemas caulinares, das quais surgirão novos brotos (Machado et al. 2011). Portanto, a adequação das condições de cultivo e dos indutores da morfogênese é fundamental para garantir as taxas de multiplicação sem comprometer a qualidade fisiológica das plantas micropropagadas o que irá assegurar a aclimatização. Mesmo estimulando a multiplicação, o excesso ou a escolha inadequada da citocinina pode provocar a oxidação e por consequência a morte dos tecidos, bem como o surgimento de variações morfofisiológicas durante a fase de multiplicação, podendo comprometer o desenvolvimento normal das plantas (Fachinello et al. 1995). Dessa forma, objetivou-se estabelecer um protocolo de micropropagação para *M.*

urundeuva Allemão, uma espécie de importância ecológica e socioeconômica para comunidades do semiárido brasileiro.

METODOLOGIA

Local do estudo e material vegetal

Os experimentos e as avaliações foram realizados no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais (LCVT) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em Recife, Pernambuco.

Experimento I - Introdução e estabelecimento do cultivo “in vitro”

No experimento de estabelecimento foram utilizados diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão coletados na Estação Experimental José Nilson de Melo do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), localizado no município de Caruaru (PE) sob as coordenadas geográficas 8° 14' e 35° 55'. Os diásporos foram desinfestados em água corrente por 10 minutos, em seguida foram imersos em álcool (70%) por um minuto, seguido de hipoclorito de sódio (2,5%) por 15 minutos. Posteriormente, as unidades propagativas foram enxaguadas três vezes em água deionizada autoclavada e inoculadas em tubos de ensaio contendo 10ml de meio de cultura.

Foram testados dois tipos de meio de cultura: MS (Murashige & Skoog, 1962) e WPM (Wood Plant Medium, Lloyd & McCown, 1981), com 100% e 50% da força iônica. Os meios de cultura com 100% da força iônica foram suplementados com 30 g.L⁻¹ de sacarose, 0,1 g.L⁻¹ de inositol e vitaminas, enquanto que os meios com 50% da força iônica foram suplementados com metade dos valores supracitados de sacarose, inositol e vitaminas. O pH dos meios de cultura foram ajustados para 5,8 e gelificados com 6 g.L⁻¹ de ágar antes da autoclavagem.

Os tubos de ensaio contendo os diásporos foram mantidos em sala de crescimento a 25 ± 2 °C, sob luz branca fria (40 μmol m⁻² s⁻¹) e fotoperíodo de 16 horas, durante um período de 45 dias. Após esse período foi avaliado o percentual de germinação, o número médio de folhas/planta, número médio de gemas/planta, altura da parte aérea e o comprimento radicular.

Experimento II - Multiplicação “in vitro”

Com base nos resultados do experimento anterior, foi realizado o experimento de multiplicação, avaliando o efeito de diferentes tipos e concentrações das seguintes citocininas: 6-benzilaminopurina (BAP), thidiazuron (TDZ) e cinetina (KIN) nas concentrações de 4,5 e 9,0 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, tendo como tratamento controle o meio sem adição de citocininas.

Foram utilizados como explantes, segmentos nodais de plântulas de *M. urundeuva* germinadas *in vitro* em meio WPM como 50% da força iônica. Os segmentos foram inoculados em tubos de ensaio contendo 10 ml de meio WPM completo com diferentes tipos e concentrações de citocininas para indução da multiplicação *in vitro*. Os tubos de ensaio contendo os explantes permaneceram em sala de crescimento nas mesmas condições descritas no experimento I, e ao término dos 45 dias foram realizadas as avaliações de percentual de explantes responsivos (regeneração), altura dos brotos, número médio de folhas/ broto, percentual de formação de calo e de oxidação dos explantes.

Experimento III - Efeito do tipo de explante e da vedação na micropropagação

Referenciando o melhor resultado obtido no experimento de multiplicação com diferentes tipos e concentrações de citocininas, foi estabelecido outro experimento onde foi avaliada a influência do tipo de vedação e do tipo de explante nas respostas morfogênicas de *M. urundeuva* no cultivo *in vitro*.

Diásporos de *M. urundeuva* foram inoculados em meio $\frac{1}{2}$ WPM para a germinação e obtenção de plântulas. Após 45 dias, as plântulas foram seccionadas e foram obtidos três tipos de explante: segmento nodal contendo a gema apical (A), segmento mediano, abaixo do segmento apical região mediana (M) e segmento cotiledonar onde se inserem os cotilédones (C). Os segmentos foram inoculados em tubos de ensaio contendo 10 ml de meio WPM completo semissólido, suplementado com 30 g.L^{-1} de sacarose e 0,1 g.L^{-1} de inositol. Os tubos de ensaio foram vedados com tampa de polipropileno, vedação total (VT) ou com vedação parcial (VP), que consiste em uma tampa de papel alumínio com uma abertura central (6 mm) e nessa abertura continha papel de filtro quantitativo (faixa branca C40, porosidade entre 4 e 7 μm) para promover as trocas gasosas. Os tubos foram mantidos em sala de crescimento a 25 ± 2 °C, sob luz branca fria ($40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e fotoperíodo de 16 horas durante um período de 45 dias.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$) através do software SISVAR 5.6 (Ferreira et al. 2014). Os dados de porcentagem de explantes responsivos, formação de calo e de oxidação foram analisados pelo Teste Qui-quadrado (X^2) ($P \leq 0,01$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Introdução e estabelecimento do cultivo *in vitro*

A escolha do meio de nutritivo é um dos principais fatores que influenciam no processo de estabelecimento de plantas *in vitro*, visto que ele fornece as substâncias essenciais para o crescimento, sendo responsável, em grande parte, pelo padrão de desenvolvimento *in vitro*. Essas respostas morfogênicas dependem diretamente da interação dos tecidos com a composição do meio de cultura (Miranda et al. 2016; Grattapaglia e Machado 1988). No presente estudo foi observado que o meio WPM com a $\frac{1}{2}$ da força iônica foi o meio que influenciou positivamente na germinação *in vitro* de *M. urundeuva* (Figura 1).

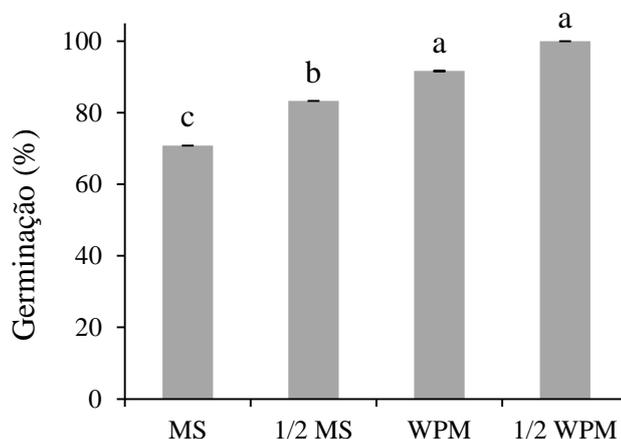


Figura 1. Percentual de germinação de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro* sob diferentes tipos e concentrações de meios de cultivo (Dados transformados por arco seno $\sqrt{x/100^{0,5}}$). Letras iguais não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O meio WPM apresenta uma redução de 45% da força iônica quando comparado ao meio MS (Golle et al. 2012). Segundo Araruna et al. (2017), a redução da força iônica dos sais do meio WPM resultam em melhor taxa de crescimento e desenvolvimento dos explantes. Isso pode ser justificado porque a concentração dos sais no meio de cultivo não exerce apenas um efeito nutricional, mas também um efeito osmorregulatório, podendo influenciar no crescimento e desenvolvimento das plantas, provavelmente devido a maior disponibilidade hídrica em consequência de menor concentração de sais no meio de cultivo, justificando assim a maior taxa de germinação no meio WPM seja com a força iônica completa, ou reduzida à metade (Figura 1).

No presente estudo, as plântulas germinadas em meio $\frac{1}{2}$ WPM apresentaram o melhor comprimento da parte aérea e do sistema radicular (Figuras 2 C, D; 3 C, D).

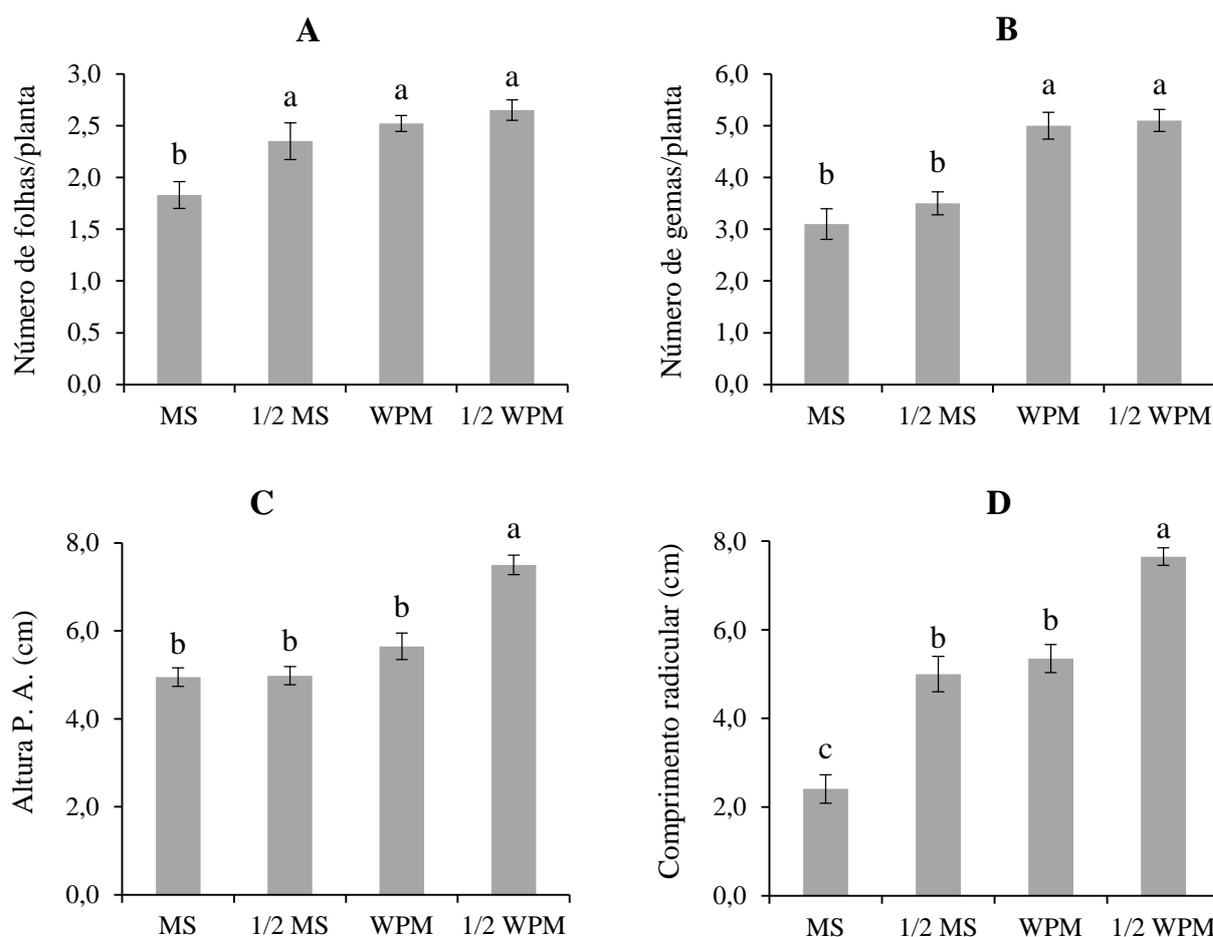


Figura 2. Parâmetros de crescimento e desenvolvimento em *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro* sob diferentes tipos e concentrações de meios de cultivo: A) Número de folhas; B) Número de gemas; C) Altura da parte aérea e D) Comprimento radicular.

Comprimento radicular. Letras iguais não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O meio $\frac{1}{2}$ WPM promoveu o melhor desenvolvimento da parte aérea das plântulas propiciando o maior número médio de folhas e gemas por plântula (Figuras 2 A, B; 3 D). Resultados semelhantes foram obtidos por Araruna et al. (2017) na germinação *in vitro* de *Dipteryx alata*, onde os melhores resultados obtidos para a parte aérea das plântulas e para o sistema radicular foram obtidos em meio WPM.

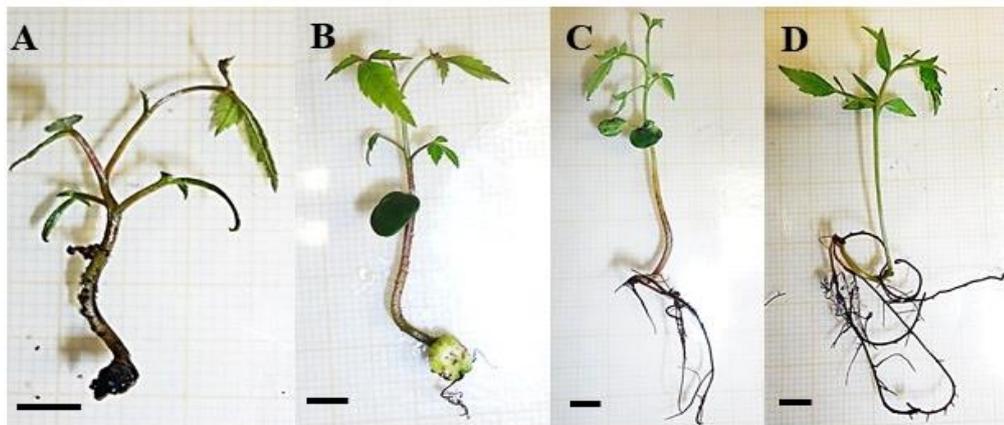


Figura 3. Plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro* em diferentes tipos e concentrações de meio de cultura: A) MS completo; B) MS com metade da força iônica; C) WPM completo e D) WPM com metade da força iônica (Barra = 0,5 cm).

Variações na composição do meio de cultivo, tais como a fonte de nitrogênio, o balanço entre os íons nitrato/amônio e o aumento na concentração da piridoxina, são aspectos importantes, que podem favorecer respostas morfogênicas em plantas cultivadas *in vitro* (Grattapaglia e Machado 1988). Na formulação do meio WPM a piridoxina está em maior concentração quando comparado ao meio MS (Quisen et al. 2008). Chen e Xiong (2005) constataram que a piridoxina é necessária para o desenvolvimento radicular pós-embriônico e na tolerância das plantas a estresses osmóticos e oxidativos, o que pode justificar a resposta rizogênica das plântulas do presente trabalho.

Efeito de diferentes tipos e concentrações de citocininas na multiplicação “in vitro”

Na etapa de multiplicação, os maiores percentuais de explantes responsivos foram vistos nos meios de cultura sem adição de citocininas e na menor concentração de BAP (Figura 4 A).

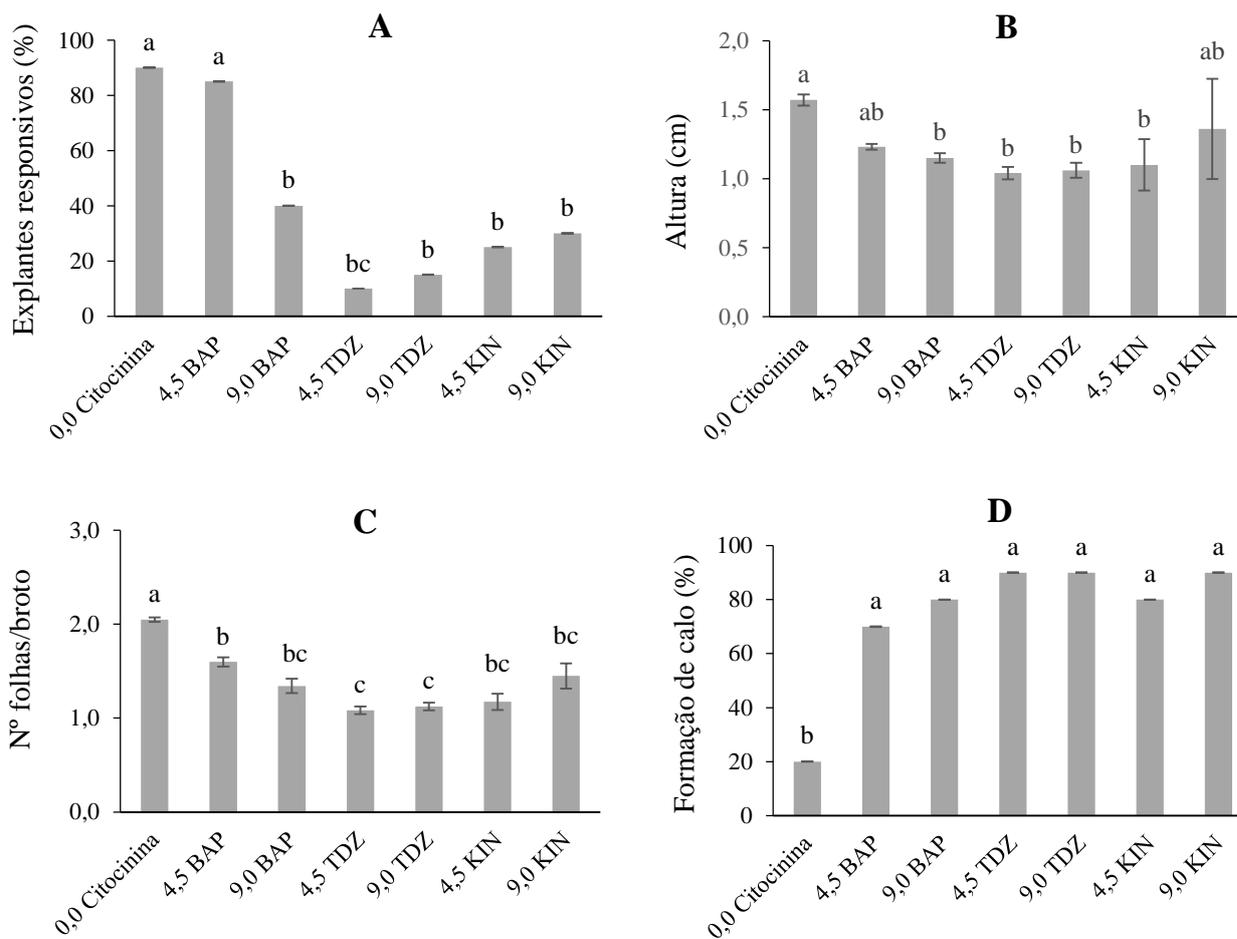


Figura 4. Parâmetros de crescimento e desenvolvimento em *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro* sob diferentes tipos e concentrações de citocininas ($\mu\text{mol.L}^{-1}$): A) Percentual de explantes responsivos; B) Altura de brotação; C) Número de folhas por broto e D) Percentual de formação de calo.

As taxas de crescimento e de multiplicação, bem como a qualidade dos brotos, dependem da espécie e da composição do meio de cultura, em especial, dos reguladores de crescimento, os quais têm influência sobre a morfogênese dos tecidos que crescem a partir do

explante inicial (Akin-Idowu et al. 2009). Nesse sentido, as citocininas desempenham importante papel na organogênese, como a formação de brotos, uma vez que estão relacionados com o processo de divisão celular (Chen et al. 2018; Aremu et al. 2016). Assim, o tipo e a concentração de citocininas na etapa de multiplicação, constitui um passo importante na micropropagação de plantas (Csabai et al. 2011).

Todavia, no presente estudo, a presença de citocininas no meio de cultivo não induziu o crescimento de brotações (Figura 5). Esses resultados podem estar atrelados às concentrações endógenas de fitorreguladores dessa espécie, em especial a relação citocininas/auxina.

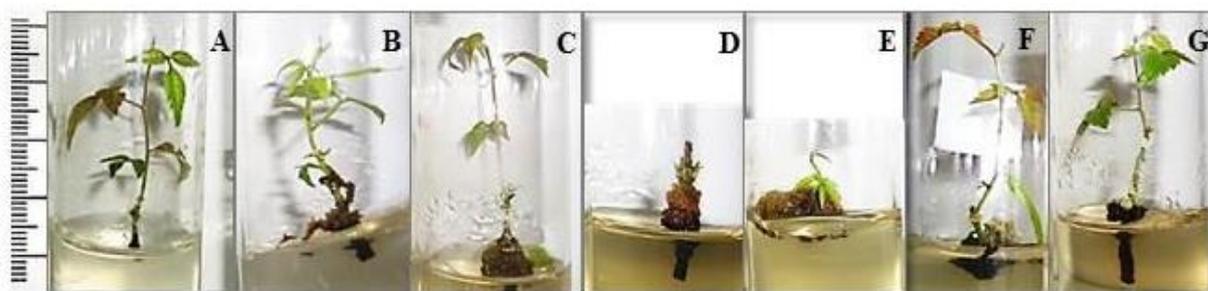


Figura 5. Explantes de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro* sob diferentes tipos e concentrações de citocininas: A) 0 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de citocinina; B) 4,5 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de BAP; C) 9 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de BAP; D) 4,5 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de TDZ; E) 9 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de TDZ; F) 4,5 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de KIN; G) 9 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de KIN.

Atrelado a essas respostas, esses explantes apresentaram um aumento expressivo na oxidação e na formação de calo na base dos explantes (Figuras 4 D; 5 B-G; 6), especialmente aqueles cultivados com TDZ (Figuras 4 D; 5 F, G).

Chen et al. (2018) reportam que o TDZ é uma das citocininas mais eficiente na indução da organogênese indireta, com formação de calos do tipo nodular, que são diferentes dos calos friáveis. Os autores reforçam que em altas concentrações, o TDZ pode reduzir as taxas de multiplicação e causar fitotoxicidade nos tecidos cultivados. As características relatadas por esses autores corroboram com os resultados encontrados na presente pesquisa com o uso do TDZ em explantes de *M. urundeuva*, onde a porcentagem de explantes

responsivos, a altura e o número de folhas foram menores, especialmente quando comparados ao controle (Figuras 4 A, B e C).

Quando foi avaliada a altura das brotações, os explantes cultivados nos tratamentos: ausência de citocininas, 4,5 de BAP e 9 de KIN, apresentaram brotações com maiores comprimentos em relação aos demais tratamentos. (Figura 4 B). Diante desse resultado seja preferível, principalmente a nível econômico, não fazer o uso das citocininas BAP, TDZ e KIN nas concentrações utilizadas nessa etapa da micropropagação de *M. urundeuva*, visto que na ausência dessas citocininas, observou-se maior crescimento das brotações.

Algumas pesquisas mostram que a necessidade de incorporação de fitorreguladores no protocolo de micropropagação vai depender da resposta morfogênica dos tecidos a esse estímulo externo. Reis et al. (2008) avaliando os efeitos do BAP na micropropagação de *Melissa officinalis* L. verificaram que as melhores respostas morfogênicas foram nos explantes cultivados sem adição dessa citocinina. Saeiahagh et al. (2019) avaliando o efeito do BAP e da auxina IBA no desenvolvimento de *Actinidia chinensis* verificaram melhor resposta morfogênica nas brotações cultivadas no meio sem adição de fitorreguladores. Por isso, a adequação das condições de cultivo e dos indutores da morfogênese é fundamental para garantir a produção de mudas sem comprometer a qualidade morfofisiológica das plantas micropropagadas. Volo et al. (2017) observaram que brotações de *Ficus carica* L cresceram mais na presença de $0,3\mu\text{molL}^{-1}$ de KIN quando comparados com a mesma concentração de BAP.

Os explantes cultivados no meio com citocininas apresentaram elevados percentuais de oxidação (Figura 6). As oxidações fenólicas constituem uma das principais causas de insucesso na propagação vegetativa *in vitro* em espécies lenhosas (Aragão et al. 2011). O excesso de BAP no cultivo de plantas *in vitro* pode acarretar em acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) desencadeando o estresse oxidativo (Souza et al. 2019). Em condições de estresse, compostos fenólicos presentes nos tecidos das plantas podem ser oxidados, originando a formação materiais que podem ser citotóxicos (Debergh & Read, 1991). Os mesmos autores recomendam omitir essa citocinina ao iniciar o cultivo *in vitro* e ressaltam os resultados encontrados por Nitsch & Strain (1969) os quais verificaram que as citocininas aumentavam a oxidação dos explantes.

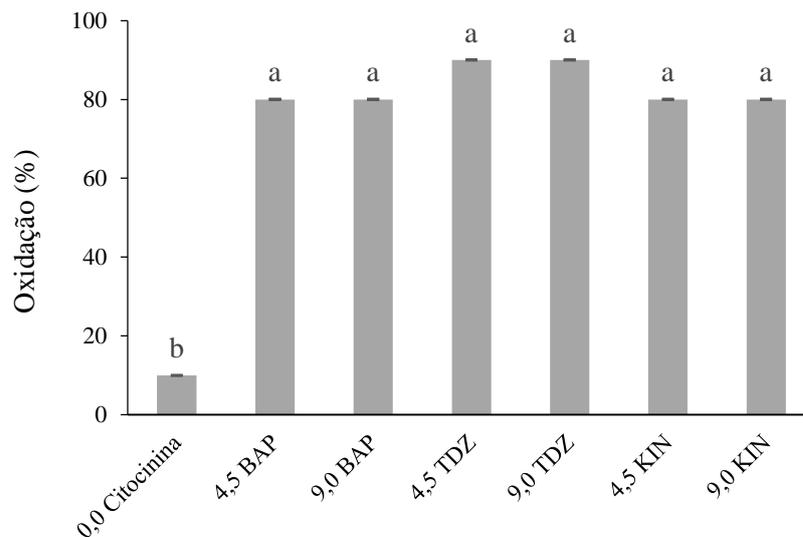


Figura 6. Percentual de oxidação em explantes de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro* sob diferentes tipos e concentrações de citocininas ($\mu\text{mol.L}^{-1}$).

Efeito de diferentes tipos de explantes e do tipo de vedação na multiplicação in vitro

No geral, os explantes localizados na região mediana (M) apresentaram os melhores resultados para o número de raízes, altura dos brotos e principalmente número médio de folhas, (Figuras 7 B, E; 8 A, E, G).

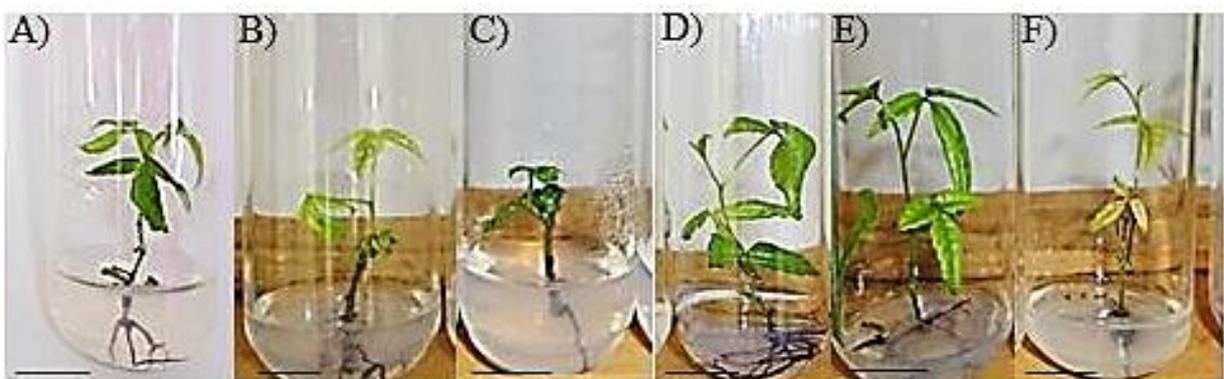


Figura 7. Crescimento e desenvolvimento de brotações de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro*. A) Vedação total + explante da região apical; B) Vedação total + explante da região mediana; C) Vedação total + explante cotiledonar; D) Vedação parcial +

explante da região apical; E) Vedação parcial + explante da região mediana; F) Vedação parcial + explante cotiledonar. (Barra = 1,0cm).

O explante da região apical (A) não diferiu estatisticamente da região mediana quanto ao número médio de raízes e altura dos brotos (Figuras 8 E e G).

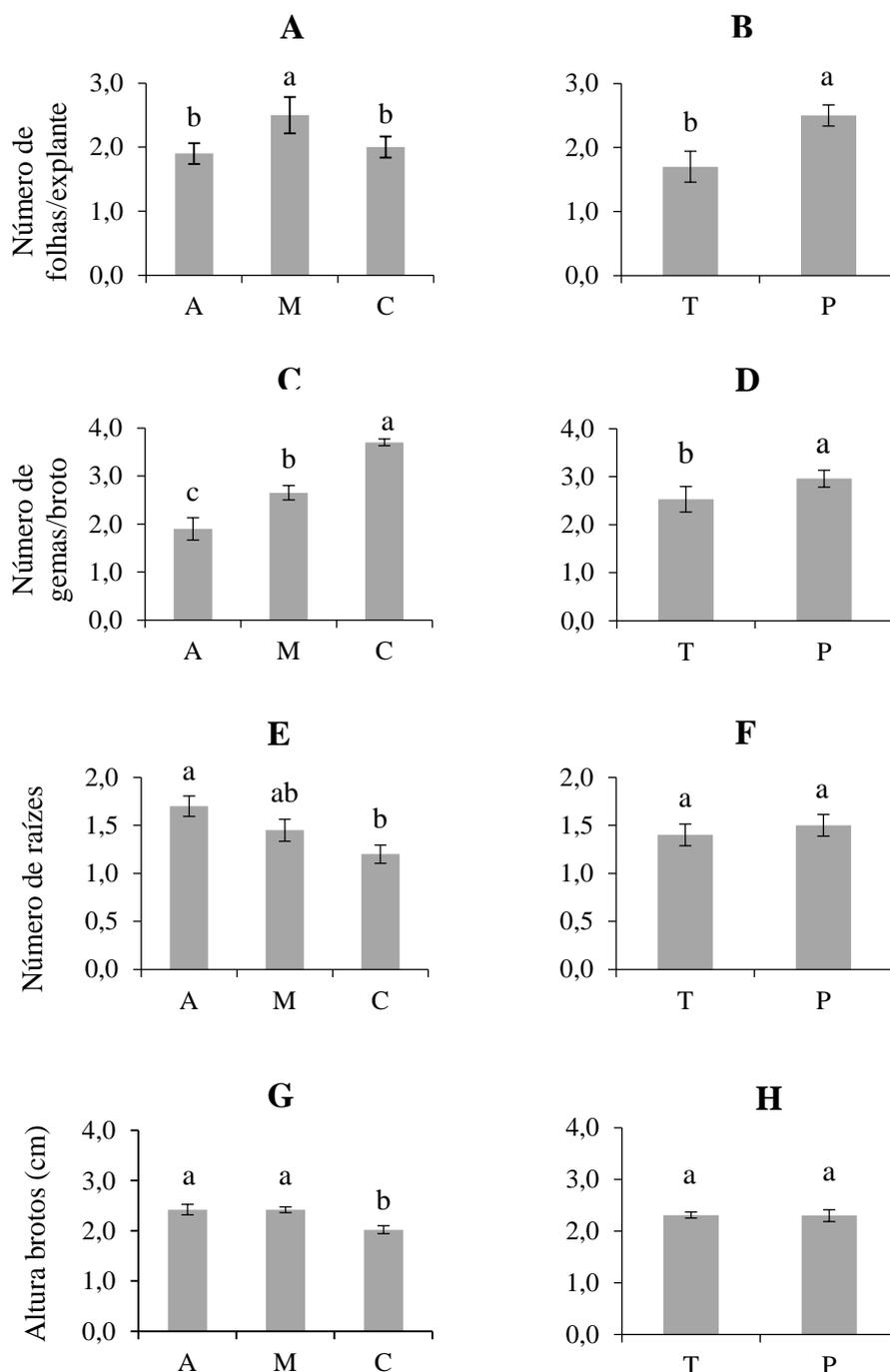


Figura 8. Parâmetros de crescimento e desenvolvimento de brotações de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 45 dias de cultivo *in vitro* utilizando diferentes explantes (A=

segmento apical; M = segmento mediano; C = segmento cotiledonar) e tipos de vedação (T= total; P= parcial). (A e B) = Número médio de folhas; (C e D) = Número médio de raízes; (E e F) = altura média de brotações *in vitro*. Letras iguais não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Dentre os fatores que podem determinar o sucesso e a qualidade das mudas micropropagadas, está a escolha do explante (Palhares Neto et al. 2018; Golle et al. 2012). Os resultados obtidos no presente estudo se assemelham a outros estudos (Abdi et al. 2013; Collantes et al. 2004; Vieitez et al. 1993). Ali e Mirza (2006) avaliando a influência de diferentes tipos de explantes na regeneração de *Citrus jambhiri* Lush, observaram que a regeneração direta da parte aérea foi observada apenas em explantes do caule e que poucas brotações foram obtidas a partir de explante cotiledonar. Mukhtar et al. (2012) não observaram nenhuma resposta morfogênica de explantes cotiledonares de *Clitoria ternatea in vitro*. A escolha do explante também depende do sistema a ser utilizado para a micropropagação. O sistema mais utilizado para a micropropagação de plantas é a proliferação de gemas axilares, utilizando como explantes iniciais o meristema ou o ápice caulinar, além das gemas laterais (Junghans e Santos Serejo, 2006).

Em relação aos sistemas de vedação, a vedação parcial (VP) influenciou positivamente o número médio de folhas e de gemas nos brotos de aroeira (Figuras 8 B e D; 7 D, E, F).

O número médio de raízes e a altura dos brotos (Figuras 8 F e H) não apresentaram influência significativa dos tipos de vedação testados. O ambiente *in vitro* é muito diferente do ambiente natural, devido à redução nas trocas gasosas e da alta umidade relativa dentro dos recipientes de cultivo. Além disso, o sistema fechado fornece baixas concentrações de CO₂ (Wiendi, 2018) necessário para a fotossíntese. O uso de filtros nos sistemas de vedação durante a micropropagação de plantas possibilita aumentar as trocas gasosas entre o ambiente de cultivo e o ambiente externo, aumentando a concentração de CO₂ e as taxas fotossintéticas, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Lazzarini et al. 2019; Wu et al. 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os meios avaliados, o meio ½ WPM favoreceu a germinação *in vitro* de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão.

Na micropropagação de *M. urundeuva* o uso de citocininas não se mostrou eficiente na regeneração, no crescimento e desenvolvimento das brotações.

O uso de vedação com filtros porosos promove o crescimento da parte aérea das plantas de *M. urundeuva in vitro*. Os explantes das regiões apical e região mediana promovem melhor crescimento e desenvolvimento no processo de micropropagação de *M. urundeuva*.

Diante do exposto, faz-se importante o desenvolvimento de pesquisas voltadas à produção de mudas e conservação de *M. urundeuva*, uma espécie com alto valor de uso.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, A.; SINGH S., MALHOTRA E.V., MEENA D.P.S., TYAGI R.K. *In Vitro* Conservation and Cryopreservation of Clonally Propagated Horticultural Species. In: Rajasekharan P., Rao V. (eds) Conservation and Utilization of Horticultural Genetic Resources. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3669-0_18. 2019

ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; EL-DEIR, A. C. A.; LIMA, A. L. A.; SOUTO, A.; BEZERRA, B. M.; FERRAZ, E. M. N.; FREIRE, E. M. X.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LAS-CASAS, F. M. G.; MOURA, G. J. B.; PEREIRA, G. A.; MELO, J. G.; RAMOS, M. A.; RODAL, M. J. N.; SCHIEL, N.; LYRA-NEVES, R. M.; ALVES, R. R. N.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; TELINO JÚNIOR, W. R.; SEVERI, W. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **The Scientific World Journal**, doi: 10.1100/2012/205182, p. 1-18. 2012.

ALVAREZ, I. A.; KIIL, L. H. P. Arborização, Floricultura e Paisagismo com Plantas da Caatinga. **Abrates**, v. 24, n. 3, p. 63-67. 2014.

ANDRADE, A. P.; BRITO, C. C.; SILVA JÚNIOR, J.; COCOZZA, F. D. M.; SILVA, M. A. V. Estabelecimento inicial de plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em diferentes substrato. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 737-745, 2013.

ARAGÃO, A. K. O.; ALOUFA, M. A. I.; COSTA, I. A. O efeito do BAP (6-benzilaminopurina) sobre a indução de brotos em explantes de Pau-Brasil. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 339-345, 2011.

AREMU, A. O., PLAČKOVÁ, L., PĚNČÍK, A., NOVÁK, O., DOLEŽAL, K., & VAN STADEN, J. (2016). Auxin-cytokinin interaction and variations in their metabolic products in the regulation of organogenesis in two *Eucomis* species. **New Biotechnology**, v. 33, n. 6, p. 883–890. doi:10.1016/j.nbt.2016.09.001

AREMU, A. O.; BAIRU, M. W.; DOLEŽAL, K.; FINNIE, J. F.; STADEN, J. V. Topolins: A panacea to plant tissue culture challenges? **Plant Cell Tiss Organ Cult**. v.108, p.1–16, 2012.

CHEN, J., WEI, X. Thidiazuron in micropropagation of aroid plants. In: Ahmad, N., Faisal, M. (Eds.), Thidiazuron: From Urea Derivative to Plant Growth Regulator. **Springer**, Singapore, p. 95–113, 2018.

CRUZ, M. A. L.; SILVA, A. D. C.; VEIGA, C. F. M.; SILVEIRA, V. Biofábricas para produção de mudas por micropropagação: estratégia para o aumento da produtividade de cana-de-açúcar no rio de janeiro. **Revista Científica Internacional**, ano 2, n. 05, 2009.

DEBERGH, P.C. AND READ, P.E. Micropropagation. In: DEBERGH, P.C. AND ZIMMERMAN, R.H., Eds., Micropropagation. **Technology and Application**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 1-14, 1991.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. **Pelotas: Editora e Gráfica Universitária da UFPel**, p. 178, 1995.

HUMA FATIMA¹, ANJUM PERVEEN² AND MUHAMMAD QAISER. Micropropagation to rescue endangered plant moringa *Concanensis nimmo* (moringaceae). **Pakistan Journal of Botany**, v. 48, n. 1, p. 291-294, 2016.

GOMES, D. L.; SILVA, A. P. L.; ARAUJO, K. D.; LIRA, E. S.; SANTOS, E. M. C.; COSTA, J. G. Exploração da Caatinga em assentamentos rurais do semiárido alagoano. **Revista Ra'eGa**, DOI: 10.5380/raega, v.45, p. 142 -152, 2018.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: **EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPq**, v. 1, p. 183-260, 1998.

JALAJA, N.C.; NEELAMATHI, D.; SREENIVASAN, T.V. Micropropagation for quality seed production in sugarcane in Asia and the Pacific. – **FAO -Food and Agricultural Organization of United States of America**. Bangkok. 46p, 2008.

KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. T. V. D.; SILVA, P. R. Biologia reprodutiva de duas espécies de Anacardiaceae da caatinga ameaçadas de extinção. In: ALBUQUERQUE, U. P.; MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L. Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos. Bauru, **Canal 6**, v. 2, 538p. 2010.

LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da Caatinga. **Ed. Universitária da UFPE**, 822p. 2003.

LLOYD, G. & MCCOWN, B. Woody Plant Medium: A mineral nutrient formulation for microculture of woody plant species. **HortScience**, v. 16, n. 453, 1981.

LUCENA, R. F. P.; FARIAS, D. C.; CARVALHO, T. K. N.; LUCENA, C. M.; VASCONCELOS NETO, C. F. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Uso e conhecimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) por comunidades tradicionais no Semiárido brasileiro. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v.11, n. 2, p. 255-264, 2011

MACHADO e OLIVEIRA, Medicamentos Fitoterápicos na odontologia: evidências e perspectivas sobre o uso da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.2, p. 283 – 289, 2014.

MACHADO, M. P.; SILVA, A. L. L.; BIASI, L. A. Effect of plant growth regulators on *in vitro* regeneration of *lavandula dentata* L. Shoot tips. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 2, n. 3, p. 28-31, 2011.

NITSCH, J. P; STRAIN, G. C. Effet de diverses cytokinines sur le brunissement d'explants de canne il sucre, **C R Acad Sci Paris**, v. 268, p. 806-809, 1969.

NOBRE, P. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. In: LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P. Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Instituto Nacional do Semiárido (INSA)**, Campina Grande - PB, p. 25-35, 2011.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H. S.; VELOSO, M. D. M. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão - Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 233-243, 2008.

OLIVEIRA, G. M.; SILVA, F. F. S.; ARAUJO, M. N.; COSTA, D. C. C.; GOMES, S. E. V.; MATIAS, J. R.; ANGELOTTI, F.; CRUZ, C. R. P.; SEAL, C. E.; DANTAS, B. F. Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Science**, v.41, n.1, p.032-043, 2019.

SAEIAHAGH, H., MOUSAVI, M., WIEDOW, C., BASSETT, H. B., & PATHIRANA, R. Effect of cytokinins and sucrose concentration on the efficiency of micropropagation of “Zes006” *Actinidia chinensis* var. chinensis, a red-fleshed kiwifruit cultivar. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**. doi:10.1007/s11240-019-01597-4. 2019.

SILVA, M. I. G.; MELO, C. T. V.; VASCONCELOS, L. F.; CARVALHO, A. M. R.; SOUSA, F. C. F. Bioactivity and potential therapeutic benefits of some medicinal plants from the Caatinga (semi-arid) vegetation of Northeast Brazil: a review of the literature. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 1, p. 193-207, 2012.

SOUZA, A. P.; COSTA, F. C. P.; ALENCAR, R. F.; LIMA, S. F. B. Exploração e utilização do potencial madeireiro da Caatinga no município de Aurora –Estado do Ceará. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, v. 2, n.2, p. 158–168. 2018.

SOUZA, L. M.; HOULLOU, L. M. Micropropagação de espécies arbóreas: Alternativa biotecnológica na recuperação de ambientes degradados. In: Giovanni Seabra; Mical de Melo Marcelino; Anderson Pereira Potuguez; Antônio de Oliveira Junior; Claudia Neu; Giovanni de Farias Seabra; Hélio Carlos Miranda de Oliveira; Leonor Franco de Araújo; Maria Izabel de Carvalho Pereira. (Org.). TERRA Mudanças Climáticas e Biodiversidade. **Editora Ituiutaba: Barvalento**, ISBN: 978-85-68066-56-0, v. 1, p. 837-847, 2019.

SOUZA, L. M.; SILVA, M. M. A. ; CAMARA, T. R. ; ULISSES, C. Cultivo *in vitro* de plantas: Alternativa para a conservação de espécies ameaçadas de extinção. In: Giovanni Seabra. (Org.). Educação ambiental: a sustentabilidade dos ambientes rurais e urbanos. **Editora Ituiutaba: Barvalento**, eISSN 2074-8647, RNPS: 2154. v. 1, p. 11-1255, 2017.

SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; ZÁRATE-SALAZAR, J. R.; LOZANO-ISLA, F.; CAMARA, T. R. Use of *meta*-Topolin, an unconventional cytokinin in the *in vitro* multiplication of *Opuntia stricta* Haw. **Biotecnología Vegetal**, v. 19, n. 2, p. 85 - 96, 2019.

WATT, M. P. The status of temporary immersion system (TIS) technology for plant micropropagation. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n76, p. 14025-14035, 2012.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

VOLO, P., PREECE, J. E., & CARUSO, T. The effect of explant cut and cytokinin type on micropropagation of fig (*Ficus carica* L.) “Brown Turkey.” **Acta Horticulturae**, (1173), 227-230. doi:10.17660/actahortic.2017.1173.3. 2017.

CONTRIBUIÇÃO DE POLEIROS ARTIFICIAIS NO BANCO DE SEMENTES DO SOLO EM ÁREAS EM RESTAURAÇÃO NA CAATINGA

RESUMO

A presente pesquisa objetivou avaliar a contribuição dos poleiros artificiais no componente florístico do banco de sementes do solo em duas áreas abertas inseridas em ambientes com distintos níveis de conservação na Caatinga. O estudo foi realizado em dois municípios, Quixadá e Ibaretama, Ceará, Brasil. Foi avaliado o banco de sementes do solo sob poleiros artificiais em duas áreas abertas inseridas em ambientes com distintos níveis de conservação do entorno. Os resultados da florística do banco de sementes revelaram que nas duas áreas, os indivíduos foram distribuídos em 20 famílias e 53 espécies, tendo como famílias de maior riqueza, Fabaceae, Poaceae, Malvaceae e Cyperaceae, onde o estrato herbáceo consistiu em 96% das espécies. Nas duas áreas houve maior número de espécies após instalação dos poleiros, tendo incrementos principalmente de espécies zoocóricas, porém foi encontrada maior diversidade sob os poleiros com entorno conservado. Pode-se concluir que a contribuição dos poleiros em ambientes abertos em caatinga mostra-se significativa, principalmente em áreas com proximidades de fragmentos bem conservados, com maior contribuição na riqueza de espécies zoocóricas e herbáceas nos 12 primeiros meses após instalação, podendo contribuir para acelerar ainda mais a recuperação desses ecossistemas.

Palavras-chave: Semiárido, floresta seca, regeneração, florística.

INTRODUÇÃO

A Caatinga, apesar das inúmeras restrições de ordem climática e das intensas modificações antrópicas, abriga uma biodiversidade das mais ricas quando comparadas a outras áreas semiáridas do mundo (DAVIES et al. 2012). Porém, nas últimas décadas a devastação dos ecossistemas desse bioma tem ocorrido de forma alarmante e acelerada, podendo culminar com a formação de extensas áreas desérticas, principalmente com as mudanças climáticas previstas para a região (CARVALHO et al. 2015; SOUZA et al. 2015).

A utilização sustentável da vegetação remanescente, bem como a restauração florestal das áreas perturbadas, mostra-se como alternativas viáveis na manutenção do equilíbrio ambiental. No entanto, a Caatinga ainda é profundamente carente de conhecimentos na área de conservação, não apenas relacionada às interações ecológicas entre suas espécies, como mais ainda no que diz respeito ao reestabelecimento dessas interações por meio de ações de restauração (SIQUEIRA-FILHO, 2012).

Nesse contexto, a geração de conhecimentos no âmbito da restauração florestal torna-se urgente e de fundamental importância, não apenas na reversão do quadro de degradação como também no aumento de habitats para a conservação da biodiversidade da Caatinga e

manutenção do equilíbrio local, contribuindo adicionalmente para mitigação dos efeitos das alterações no clima.

Uma técnica que vem sendo bastante utilizada na restauração florestal em outros biomas brasileiros são os poleiros artificiais (TOMAZZI et al. 2010; DIAS et al. 2014; BRAGA et al. 2015). Os poleiros são estruturas consideradas barata e de fácil implementação, mesmo para pequenos proprietários rurais, e que vem se mostrando promissora em acelerar o retorno da biodiversidade local de forma natural. Os poleiros artificiais são estruturas que podem ser construídas com galhos, madeira ou bambu, objetivando representar árvores secas na atração de dispersores e conseqüentemente aumento na chegada de propágulos na área (COSTA et al. 2012; REIS et al. 2003).

De acordo com o exposto a presente pesquisa objetivou avaliar a contribuição dos poleiros artificiais no componente florístico do banco de sementes do solo em duas áreas abertas inseridas em ambientes com distintos níveis de conservação na Caatinga.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em dois municípios, Quixadá e Ibaretama, Ceará, Brasil, em áreas destinadas a pesquisa pelo Projeto Biomas – Caatinga.

O experimento foi instalado em duas propriedades rurais, sendo a primeira, denominada área I, coordenadas 4°44'23,62''S e 38°45'05,25''O, com área total de 700 ha, marginal ao Rio Pirangi, em área de Vertissolo, sendo bastante perturbada por sucessivos processos antrópicos de exploração agropecuária, incluindo queimadas sucessivas. A segunda propriedade, denominada área II, coordenadas 4° 49'34" S, 38° 58'9" W, possui área total de 928 ha, apresentando-se em bom estado de conservação, abrigando uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN Não Me Deixes) de 300 ha de Caatinga arbórea, sendo instalado o experimento em área de Argissolo.

Em relação ao clima, o período de maior favorecimento hídrico em termos de pluviosidade na região de estudo, ocorre historicamente entre os meses de janeiro e junho com média histórica de 863,4 mm, temperatura média de 27,7 °C e com evapotranspiração de 1.893,5 mm (FUNCEME, 2016). Porém, no período de estudo a média de pluviosidade anual situou-se em torno de 500 mm, sendo considerados anos atípicos de seca na região.

O experimento foi instalado em abril de 2014, onde foi avaliado o banco de sementes do solo sob poleiros artificiais em duas áreas abertas (área I e área II), inseridas em ambientes

com distintos níveis de conservação do entorno. As duas propriedades distam entre si, em linha reta, aproximadamente 20 km.

Foram utilizados para análise do banco de sementes 24 poleiros artificiais, sendo 12 implantados na área I, em área aberta com entorno perturbado, e 12 implantados na área II, em área aberta com entorno conservado. O espaçamento utilizado entre os poleiros de cada área foi de cinco metros.

Em relação ao formato do poleiro, cada estrutura foi composta por duas varetas de madeira com um metro de comprimento cada, fixadas em forma de cruz no alto de um “poste” de madeira com dois metros de altura, sendo confeccionados com galhos de espécies nativas do entorno.

As coletas do banco de sementes do solo se deram em duas épocas: tempo 0, antes da instalação dos poleiros e tempo 1, 12 meses após instalação dos poleiros.

Para coleta do banco de sementes do solo foi utilizado um gabarito de 20 x 20 cm e coletado em profundidade de 05 cm, sendo retiradas 12 amostras por tratamento. As amostras foram acondicionadas individualmente em sacos de polietileno de cor preta, transportadas para a casa de vegetação do Viveiro Florestal do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE e acondicionadas em bandejas plásticas com dimensões 27 x 33 x 8 cm, e irrigadas, quando necessário, de modo a manter as condições de umidade adequadas à germinação.

A germinação foi dividida em duas etapas, sendo a primeira acompanhada durante 12 semanas. Ao final das primeiras 12 semanas, e após identificação e retirada dos indivíduos germinados, foi interrompida a irrigação durante oito semanas, quando o solo foi revolvido e novamente irrigado por mais 12 semanas, a fim de promover a germinação de sementes que eventualmente ficaram sem condições de germinar. Para identificações não confiáveis, as plântulas foram transplantadas para recipientes maiores, até o desenvolvimento de mudas para possibilitar o seu reconhecimento. A identificação das espécies foi realizada por consulta à bibliografia específica e por comparação com o material botânico depositado no Herbário Sérgio Tavares do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE.

Na comparação da composição florística das diferentes áreas e época de coleta foi utilizado o Índice de Similaridade (IS) de Sorensen, $IS = (2a / b + c) \times 100$, em que a = número de espécies comuns às duas áreas; e b e c = número total de espécies nas duas áreas comparadas. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey ($P < 0.05$) com uso do software Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As germinações das sementes dos diferentes tratamentos e diferentes épocas iniciaram entre o terceiro e quinto dia após a instalação da pesquisa, ocorrendo a maior parcela da germinação, em torno de 90%, até a segunda semana de acompanhamento.

A florística do banco de sementes do solo, bem como a quantificação de indivíduos por espécies para os diferentes tratamentos e épocas pode ser observado na Tabela 1, onde os indivíduos identificados nas duas áreas foram distribuídos em 20 famílias, uma indeterminada, e 53 espécies, tendo como famílias de maior riqueza a Fabaceae (11 espécies), Poaceae (8 espécies), Malvaceae (7 espécies) e Cyperaceae (6 espécies).

Tabela 1. Florística e número de indivíduos por espécie do banco de sementes do solo nos diferentes tratamentos e épocas de coleta em Ibaretama e Quixadá, Ceará, Brasil. Table 1. Floristic composition and number of individuals per species in the soil seed bank in different treatments and times of collection on Ibaretama and Quixadá, Ceará, Brazil.

Família / Espécie	Hábito	Dispersão	Nº de indivíduos				
			tempo 0		tempo 1		
			AI	AII	A1	AII	
AMARANTHACEAE							
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.	H	Ane	10	-	12	-	
ASTERACEAE							
Asteraceae 1	H	Ne	2	-	-	-	
BORAGINACEAE							
<i>Heliotropium</i> sp.	H	Zoo	-	-	-	1	
BURSERACEAE							
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	A	Zoo	-	-	-	12	
CAPARACEAE							
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	A	Zoo	-	-	-	6	
CONVOLVULACEAE							
<i>Evolvulus cordatus</i> Moric.	H	Aut	-	12	-	2	
<i>Evolvulus filipes</i> L.	H	Aut	-	-	14	-	
CYPERACEAE							
<i>Cyperus compressus</i> L.	H	Ne	-	-	1	-	
<i>Cyperus meyenianus</i> Kunth	H	Ne	4	-	10	4	
<i>Cyperus rotundus</i> L.	H	Ne	2	-	-	-	
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb	H	Ne	-	-	-	1	
<i>Cyperus</i> sp.	H	Ne	2	-	9	6	
<i>Eleocharis</i> sp.	H	Mista	2	-	-	-	
FABACEAE							
<i>Arachis dardanii</i> Krapov & W.C.Greg	H	Mista	4	4	6	2	
<i>Centrosema</i> sp.	H	Aut	4	10	-	7	
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	H	Aut	2	14	1	8	
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	H	Zoo	-	-	8	2	
<i>Mimosa quadrivalvis</i> L.	H	Zoo	-	2	-	2	
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.	H	Ne	-	-	-	-	
<i>Senna obtusifolia</i> L.	H	Aut	4	-	2	-	
<i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S.Irwin ; Barneby	H	Aut	6	-	2	-	
<i>Stylosanthes</i> sp.	H	Aut	-	20	-	13	

Família / Espécie	Hábito	Dispersão	Nº de indivíduos			
			tempo 0		tempo 1	
			AI	AII	A1	AII
<i>Zornia latifolia</i> Sm.	H	Zoo	2	4	-	15
Fabaceae 1	H	Zoo	-	14	-	-
LAMIACEAE						
<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	H	Mista	-	12	-	22
Lamiaceae 1	H	Ne	-	22	-	15
LYTHRACEAE						
<i>Ammannia latifolia</i> L.	H	Ne	2	-	2	-
LOGANIACEAE						
<i>Spigelia anthelmia</i> L.	H	Aut	-	-	3	-
MALVACEAE						
<i>Corchorus</i> sp.	H	Aut	2	-	2	-
<i>Gaya</i> sp.	H	Ne	-	-	-	-
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	A	Zoo	-	-	-	-
Malvaceae 1	H	Ne	2	-	2	-
<i>Sida</i> sp. 1	H	Aut	-	-	-	1
<i>Sida</i> sp. 2	H	Aut	-	-	2	-
<i>Waltheria</i> sp.	H	Aut	-	12	-	15
MOLLUGINACEAE						
<i>Mollugo verticillata</i> L.	H	Ne	2	428	3	326
ONAGRACEAE						
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	H	Aut	2	-	2	-
POACEAE						
<i>Dactyloctenium Aegyptium</i> (L.) Willd	H	Ane	-	180	1	100
<i>Digitaria</i> sp.	H	Ane	12	-	3	27
<i>Eragrostis tenella</i> (L.) P.Beauv.ex Roem.; Schult.	H	Ane	-	-	8	120
<i>Echinochloa colona</i> (L.)	H	Ane	-	-	6	-
<i>Panicum</i> sp.	H	Ane	2	-	2	-
Poaceae 1	H	Ne	-	320	-	402
Poaceae 2	H	Ne	-	-	4	-
Poaceae 3	H	Ne	-	-	23	-
PORTULACACEAE						
<i>Portulaca halimoides</i> L.	H	Ne	-	38	-	30
<i>Portulaca oleracea</i> L.	H	Ne	-	-	4	-
POLYGALACEAE						
Polygalaceae 1	H	Ne	-	-	4	-
RUBIACEAE						
<i>Spermacoce capitata</i> Ruiz Pav.	H	Zoo	-	-	-	3
<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl. (BOILF)	H	Zoo	-	42	-	31
TURNERACEAE						
<i>Turnera subulata</i> Sm.	H	Aut	-	3	-	4
INDETERMINADA						
Morfotipo 1	H	Ne	-	-	-	41
Morfotipo 2	H	Ne	-	-	-	1
TOTAL			68	1137	136	1219

Onde: AI (área I) = poleiros da com entorno perturbado; AII (área II) = poleiros com entorno conservado. Hábito: H= herbáceo; A = arbustivo-arbórea. Dispersão: Ane = Anemocórica; Zoo = Zoocórica; Aut = Autocórica; Mista = Autocórica e Zoocórica ou Anemocórica e Zoocórica; Ne = Não Especificada.

Nos poleiros com entorno conservado (área I) foram registradas 17 espécies pertencentes a nove famílias no tempo 0 e 29 espécies pertencentes a 14 famílias após 12 meses de

implantação dos poleiros. As famílias e espécies com maior quantidade de indivíduos foram Molluginaceae (*Mollugo verticillata*), Poaceae (*Dactyloctenium aegyptium*, *Eragrostis tenella*) e Rubiaceae (*Spermacoce latifolia*).

Nos poleiros com entorno perturbado (área II) foram registradas 19 espécies e nove famílias no tempo 0 e 26 espécies e 11 famílias 12 meses após instalação dos poleiros. Na primeira coleta as famílias mais representativas em termos de número de indivíduos, foram Poaceae (*Digitaria sp*), Amaranthaceae (*Alternanthera tenella*) e Fabaceae (*Senna uniflora*) e na segunda coleta além das duas primeiras famílias com suas respectivas espécies, foi observada Convolvulaceae, representada pela espécie *Evolvulus filipes*.

Na análise quantitativa do banco de sementes, nota-se diferença significativa em termos de número de sementes germinadas entre as duas áreas, com superioridade na área com poleiros com entorno conservado, nas duas épocas de coletas. Os maiores registros de germinações foram observados no banco de semente coletado na área II, em ambos os tempos, com 1.137 germinações na primeira coleta e 1.231 germinações na segunda coleta, enquanto na área I foi registrada apenas 68 germinações na primeira coleta e 136 sementes germinadas na segunda coleta.

Apesar da elevada densidade de indivíduos encontrada nas duas coletas realizadas na área sob poleiros com entorno conservado (2.369 ind.m² e 2.540 ind.m², respectivamente), esses foram representados por uma grande quantidade de indivíduos de poucas espécies, como por exemplo o *Mollugo verticillata* que apresentou densidade de 837 ind.m².

O índice de Sorensen do banco de sementes do solo entre as diferentes áreas e épocas de coleta (tempo 0 e 12 meses), apontou que todos os tratamentos foram considerados similares floristicamente, com maior similaridade para os banco de sementes coletados na área II entre a primeira e segunda coleta e menor similaridade entre a área I e área II (Tab. 2).

Tabela 2. Comparação da similaridade florística do banco de semente do solo entre os dois tempos de coleta nos diferentes poleiros, em Ibaretama e Quixadá, Ceará, Brasil.

Critério de comparação	Índice de similaridade %
AII tempo 0 x AII 12 meses	75,00
AI tempo 0 x AI 12 meses	66,67
AII tempo 0 x AI tempo 0	27,02
AII 12 meses x AI 12 meses	32,14

Onde: AI (área I) = Poleiros com entorno perturbado; AII (área II) = Poleiros com entorno conservado.

Analisando as síndromes de dispersão por tratamento (Fig. 1) observa-se que nos poleiros com entorno perturbado as síndromes abióticas (autocoria e anemocoria) foram bastante

expressivas nas duas épocas de coleta. Já nos poleiros com entorno conservado, a autocoria foi a síndrome predominante no tempo 0, porém 12 meses após instalação dos poleiros a zoocoria foi a síndrome de maior destaque, confirmando a eficiência dos poleiros no aumento da diversidade de espécies zoocóricas no ambiente.

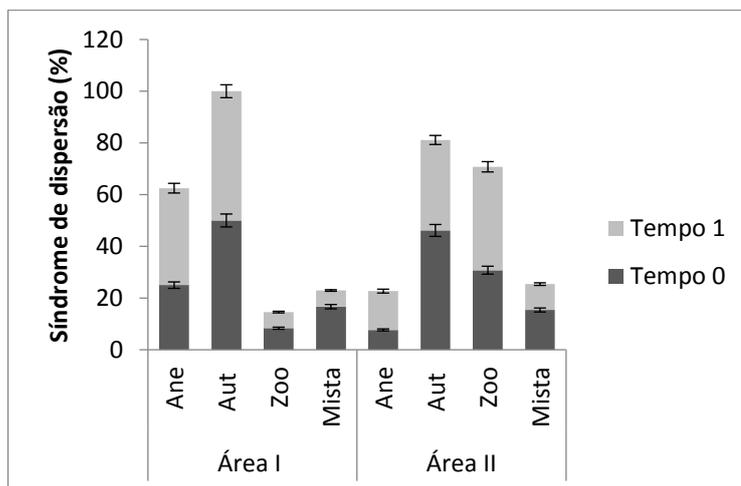


Figura 1. Síndromes de dispersão em banco de semente de solo em diferentes épocas e tratamentos com poleiros instalados em Ibaretama e Quixadá, Ceará, Brasil. Onde: Ane = Anemocórica; Aut = Autocórica; Zoo = zoocórica; Mista = apresenta mais de uma síndrome; Ne = Não especificada; Área I = Poleiros com entorno perturbado; Área II = Poleiros com entorno conservado.

Em banco de sementes do solo em Caatinga o maior volume de germinações, assim como observado na presente pesquisa, tem ocorrido após os primeiros dias de acompanhamento, sendo, provavelmente, um comportamento padrão para germinações de espécies no bioma (COSTA, ARAÚJO 2003; GONÇALVES et al. 2011; RIBEIRO et al. 2017).

Gonçalves et al. (2011), em pesquisa com banco de sementes em área de Caatinga, observaram que a germinação teve início já no quarto dia após instalação do experimento. Costa e Araújo (2003), estudando banco de sementes do solo sob vegetação arbórea de Caatinga, na RPPN Não Me Deixes, Quixadá, CE, observaram que a germinação de mais de 88% das sementes ocorreu nas primeiras quatro semanas nas diferentes camadas do solo pesquisadas. Esses autores salientam que o banco de sementes da Caatinga apresenta alta germinabilidade no início da estação chuvosa, germinando assim aos primeiros sinais de umidade no solo, principalmente as espécies herbáceas que, na sua maioria, são anuais, precisando desenvolver todas as fases da sua vida durante o curto período de chuvas do semiárido.

Em ambientes semiáridos o banco de sementes no solo é utilizado como estratégia de sobrevivência das espécies para manterem-se no ambiente durante os longos períodos secos, assim muitas espécies dispersam suas sementes e abastecem o banco de sementes do solo durante a época seca, germinando e se estabelecendo no período chuvoso (LIMA et al. 2008).

Em relação às famílias mais representadas em banco de sementes em caatinga, Gonçalves et al. (2011), em estudo de banco de semente do solo na Caatinga paraibana, também observaram que Fabaceae, Malvaceae e Poaceae se destacaram como famílias mais expressivas na riqueza florística.

No que diz respeito ao número de espécies encontradas na presente pesquisa, essa pode ser considerada superior as pesquisas de Ribeiro et al. (2017) estudando diferentes áreas manejadas de caatinga na Paraíba, onde encontraram 45 espécies. Pode ser considerada inferior aos estudos de Ferreira et al. (2014) que encontraram 94 espécies em banco de sementes do solo em caatinga em regeneração secundária na Paraíba e Parente et al. (2011), que encontraram 71 espécies em área de caatinga em perímetro irrigado em Pernambuco. Dessa forma, fica evidenciado que a riqueza de espécies no banco de sementes de solo em caatinga pode sofrer variações dependendo não apenas da região de estudo, mas também pode sofrer influência de fatores como proximidade de fontes de propágulos, tipo de manejo sofrido pela área, estágio sucessional do ambiente etc.

Foi possível observar, para as duas áreas, que houve aumento na diversidade em relação a famílias e espécies com apenas um ano após a instalação dos poleiros artificiais, podendo essas estruturas ter influenciado nessa flutuação positiva. O maior incremento em termos de espécies foi observado sob os poleiros da área com entorno conservado, com acréscimo de 41% na diversidade de espécies, sugerindo influência positiva dos poleiros em banco de sementes quando a área tem proximidade de ambiente com maior nível de conservação.

Famílias como Poaceae, Fabaceae e Asteraceae, vêm sendo citadas como características do processo natural de sucessão em áreas degradadas, sendo as famílias mais frequentes em levantamentos florísticos da regeneração natural nesse tipo de ambiente, inclusive em estudos com poleiros artificiais (REGENSBURGER et al. 2008; TOMAZZI et al. 2010). De acordo com Zimmerman et al. (2000), essas famílias possuem espécies bastante resistentes às condições adversas de áreas degradadas, tendo contribuição fundamental na atenuação dos fatores ecológicos físicos, melhorando a temperatura do solo por meio da interceptação da incidência solar direta e protegendo o solo contra erosão.

Silva et al. (2009) relatam que o componente herbáceo na caatinga apresenta importante papel ecológico, contribuindo para a manutenção da flora lenhosa local. Algumas das

contribuições das herbáceas, além do favorecimento da umidade do solo, diz respeito à capacidade que algumas espécies possuem de realizarem associações simbióticas com microrganismos benéficos nutricionalmente as plantas (fungos micorrizicos e bactérias fixadoras de nitrogênio), transferindo esse benefício ecológico as arbóreas.

As herbáceas dominaram a germinação do banco de sementes do solo das diferentes áreas, compreendendo 96 % das espécies. Em ambientes semiáridos, é no estrato herbáceo onde se encontra a maior diversidade, sendo que a riqueza dessas espécies pode ser até três vezes mais elevada que as arbustivo-arbóreas (COSTA et al. 2016). Costa e Araújo (2003), estudando o banco de sementes do solo em uma das áreas experimentais do presente estudo (RPPN Não Me Deixes), obteve como hábito predominante, entre as espécies germinadas, o herbáceo, mesmo tendo realizado as coletas em área sob dossel de Caatinga arbustiva densa. Esses mesmos autores obtiveram como famílias de maior riqueza Poaceae, Euphorbiaceae e Convolvulaceae.

Ribeiro et al. (2017) em pesquisa com banco de sementes do solo em diferentes áreas em Caatinga, obtiveram predominância na quantidade de indivíduos herbáceos sobre a de indivíduos lenhosos e enfatizam a importância das espécies herbáceas no possível favorecimento de outras espécies vegetais em áreas em recuperação. Esses mesmos autores encontraram densidades de indivíduos semelhantes a presente pesquisa, tendo área com 2.219 ind.m² sob plantio de espécie florestal e 1.967 ind.m² em área degradada.

O porcentual elevado de espécies herbáceas germinando no banco de sementes do solo da presente pesquisa pode estar relacionado, entre outras questões, ao fato das amostras terem suas coletas em ambientes abertos e antropizados, com históricos recentes de queimadas e cultivos agrícolas, sendo recente a renovação do estoque de sementes do solo, que nesses casos é, geralmente, composto pelas espécies com maior facilidade de colonização, as herbáceas. Outro fator em conjunto pode ser a ocorrência de dormência nas sementes das espécies arbustivo-arbóreas da caatinga, que poderia está subestimando a germinação do banco de sementes do solo em relação a essa categoria de espécie.

Espécies herbáceas dominantes na germinação em área aberta de Caatinga, como *M. verticillata*, podem conferir maior sucesso a ações de recuperação de ambientes degradados no bioma. Herbáceas não agressivas, como a supracitada, podem promover rapidamente a cobertura de solo exposto e manter umidade no solo por maior quantidade de tempo, favorecendo possíveis sementes de espécies arbóreas dispersas sob poleiros, ou mesmo mudas plantadas na área em recuperação.

As duas únicas espécies arbustivo-arbóreas que germinaram no banco de sementes, *Commiphora leptophloeos* e *Cynophalla flexuosa*, são espécies zoocóricas com características

recalcitrantes, evidenciando que tiveram dispersão recente na área, já que ainda estavam viáveis para germinação. Ambas foram encontradas apenas após 12 meses de implantação dos poleiros na área com entorno conservado, confirmando a importância dos poleiros na chegada de espécies lenhosas no ambiente, ainda na fase inicial de sucessão.

Fabricante et al. (2009), comentam que *C. flexuosa*, por ser uma espécie recalcitrante e de fácil predação o estabelecimento dos seus propágulos são dificultados no campo, justificando a baixa frequência desta em áreas de Caatinga. A predação de sementes em ambientes com escassez de recursos, como áreas degradadas, pode, ainda, colaborar com a baixa diversidade de espécies e quantidade de indivíduos encontrada para espécies lenhosas quando analisado o banco de sementes, podendo atuar de forma diferenciada dependendo do microhabitat analisado (PINHEIRO; GANADE, 2009).

Em relação à similaridade florística entre as áreas, duas ou mais áreas são consideradas similares em termos de composição florística quando apresentam pelo menos 25% de espécies comuns (MUELLER DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). A similaridade entre as diferentes épocas pode estar relacionada ao fato das sementes de espécies de Caatinga usar a dormência como estratégia para manter-se viável no solo, podendo necessitar de um tempo mais longo para expressar as mudanças na diversidade do ambiente, principalmente em relação as espécies lenhosas. Além disso, o incremento em espécies zoocóricas, com apenas 12 meses de instalação dos poleiros, provavelmente não apresentaria tempo suficiente para causar dissimilaridade florística entre as diferentes épocas de avaliação.

No que tange a similaridade das diferentes áreas, apesar da área II possuir maior nível de conservação do entorno, ambas as áreas onde se instalaram os poleiros são abertas, ou seja, com condições ambientais semelhantes para o estabelecimento do estrato herbáceo, que predominou na florística, justificando assim a similaridade encontrada. Em Caatinga, Andrade et al. (2009), observou maior riqueza e diversidade de espécies herbáceas em áreas com maior nível de conservação, porém algumas famílias como a Fabaceae, apresentaram maior número de espécies tanto em áreas abertas quanto fechadas, demonstrando a adaptação e persistência dessas espécies a mudanças no ambiente.

Gonçalves et al. (2011), estudando o banco de semente do solo em diferentes ambientes em Caatinga invadida, observou que todas as áreas estudadas na região possuíam similaridade florística. A similaridade entre bancos de sementes restritos a vegetação de uma região é geralmente elevada e maior do que estudos entre diferentes tipos de vegetação (HALL; SWANE, 1988).

Em termos de síndromes de dispersão, a maior ocorrência de espécies zoocóricas aos 12 meses após instalação dos poleiros, na área com entorno conservado, confirma a eficiência dos poleiros no aumento da diversidade de espécies zoocóricas no ambiente, fato que se tem constatado em outras pesquisas em diferentes Biomas (DIAS et al. 2014; BRAGA et al. 2015).

Em áreas perturbadas há maior tendência das espécies de síndromes abióticas tornarem-se mais abundantes, enquanto ocorre um declínio das espécies zoocóricas. Esse fato é justificado devido às sementes anemocóricas e autocóricas não dependerem da presença de outras espécies para serem dispersas e possuírem maior vantagem na colonização de ambientes abertos. Liebsch e Acra (2007) analisando as síndromes de dispersão em fragmentos florestais, concluíram em seu estudo que a anemocoria está relacionada à área de capoeira, onde predominam espécies pioneiras, pois áreas abertas favorecem diásporos que utilizam o vento como dispersor.

Aguirre (2012) avaliando o potencial da regeneração natural como técnica recuperadora de áreas perturbada, observou que foi encontrada maior abundância de espécies anemocóricas iniciando a colonização da área aberta, sendo as zoocóricas encontradas apenas nas proximidades dos fragmentos vizinhos, ou seja, onde encontravam estruturas para deslocamentos da avifauna. Assim, os poleiros artificiais ao atraírem as aves para pouso em suas estruturas, se apresentam como eficientes na introdução de espécies da flora de síndrome zoocórica, que ao se desenvolverem na área serão ainda mais atrativas a esse grupo da fauna, fortalecendo as relações ecológicas e a resiliência da área em restauração.

De uma forma geral, os poleiros artificiais em ambientes semiáridos terão sua contribuição direcionada ao incremento em espécies zoocóricas, e considerando que as sementes dessas espécies, geralmente, terão duração de apenas algumas semanas e se estabelecerão após as primeiras chuvas (MEIADO et al. 2012), os poleiros poderão ter sua contribuição mais direcionada ao banco de plântulas, em comparação ao banco de sementes.

Na Caatinga, as espécies arbustivo-arbóreas ao serem recrutadas ao banco de plântulas, com as primeiras chuvas, precisam desenvolver suas estruturas rapidamente, durante o pouco tempo de pluviosidade da região, a fim de conseguir manterem-se vivas durante os longos meses de total escassez hídrica. Assim, as espécies dispersas sob os poleiros artificiais tenderam a formar núcleos de vegetação mais rapidamente, facilitando o ambiente para a chegada de novas espécies mais sensíveis da sucessão ecológica. Marangon et al. (2013) observaram padrões de distribuição espacial agregado para espécies da Caatinga, o que pode colaborar na formação de núcleos naturais de vegetação na paisagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição dos poleiros em ambientes abertos em caatinga mostra-se significativa, principalmente em áreas com proximidades de fragmentos bem conservados, com maior destaque na riqueza de espécies zoocóricas e herbáceas nos 12 primeiros meses após instalação, podendo contribuir para acelerar a recuperação desses ecossistemas.

A aplicação do modelo de poleiro pesquisado é efetiva e portanto, recomendada na atração de dispersores em áreas degradadas na caatinga, porém, são necessárias maiores pesquisas para investigação em relação o estabelecimento dos regenerantes sob os mesmos em médio e longo prazos.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, A. G. **Avaliação do potencial de regeneração natural e o uso de semeadura direta e estaquia com técnicas de restauração**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 168p. 2012.

ANDRADE, M. V. M.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; BRUNO, R. L. A.; GUEDES, D. S. Levantamento florístico e estrutura fitossociológica do estrato herbáceo e subarbustivo em áreas de Caatinga no Cariri Paraibano. **Revista Caatinga**, v.22, n.01, p.229-237, 2009.

ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J.; BARROS, P. L. C. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes no solo e banco de plântulas em floresta estacional decidual ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, v.66, p.128-141, 2004.

Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 1998. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. **Academic Press**, New York. 666p.

BRAGA, N. C. C.; ROCHA, A. F. S. & COSTA, R. R. F. Eficiência de poleiros artificiais na recuperação de áreas degradadas. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v.4, p.26-38, 2015.

CARVALHO, C. A. C.; SILVA, E. O.; BEZERRA, M. A. Impact of climate change on plants, fruits and grains. **Revista Caatinga**, v.27, n.01, p.205-212, 2014.

COSTA, D. F. S.; SENA, V. R. R.; OLIVEIRA, A. M. & ROCHA, R. M. Análise da diversidade da vegetação herbácea em reservatório no semiárido brasileiro (açude Itans – RN).

Revista Biotemas, v.29, p.25-36, 2016.

COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo no final da estação seca, em uma área de Caatinga, Quixadá, CE. **Revista Acta Botanica**

Brasilica, v.17, n.02, p.259-264, 2003.

COSTA, R. R. G. F.; SILVA VALE, W.; COSTA, A. R. G. F. Uso da Nucleação em Programas de Recuperação Florestal. **Revista Científica da Faculdade Quirinópolis**, v. 2, p. 15-49, 2012.

DAVIES, J. POULSEN, L.; SCHULTE-HERBRÜGGEN, B.; MACKINNON, K.; CRAWHALL, N.; HENWOOD, W. D.; DUDLEY, N.; SMITH, J.; GUDKA, M. **Conserving dryland biodiversity**. International Union for the Conservation of Nature Publications, Nairobi. 84p. 2012.

DIAS, C. R.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. **Revista Ciência Florestal**, v.24, n.02, p. 501-507, 2014.

FABRICANTE, J.R.; ANDRADE, L.A.; OLIVEIRA, L.S.B. Fenologia de *Capparis flexuosa* L. (Capparaceae) no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.02, p.133-139. 2009.

FERREIRA, C. D. SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C. V.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.04, p.562-569, 2014.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Dados pluviométricos do Ceará. Disponível em:< <http://www.funceme.br>>. Acesso em 10 dezembro 2016.

GONÇALVES, G. S ANDRADE, L. A.; XAVIER, K. R. F.; OLIVEIRA, L. S. B. & MOURA, M. A. Estudo do banco de sementes do solo em uma área de Caatinga invadida por *Parkinsonia aculeata* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.9, p.428-436, 2011.

HALL, J. B.; SWAINE, M. B. Seed stocks in Ghanaian forest soil. **Revista Biotropica**, v.12, p.256-263, 1988.

LIEBSCH, D.; ACRA, L. A. Síndromes de dispersão de diásporos de um fragmento de floresta ombrófila mista em Tijucas do Sul, PR. **Revista Acadêmica**, v.5, n. 02, p.167-175, 2007.

LIMA, A. B.; RODAL, M. J. N.; SILVA, A. C. B. L. Chuva de sementes em uma área de vegetação de Caatinga no estado de Pernambuco. **Revista Rodriguésia**, v.59, p.649-658, 2008.

MARANGON, G. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; LIRA, D. F. S.; LIRA, E.; SILVA, E. A.; LOUREIRO, G. H. Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de Caatinga. **Revista Floresta**, v.43, n.01, p.83-92, 2013.

MEIADO, V. M.; SILVA, F. S. S.; BARBOSA, D. C. A.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Diásporos da Caatinga: Uma revisão. In: Siqueira-Filho, J. A. A. **Flora das Caatingas do Rio São Francisco: História Natural e conservação**. I Ed. Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro. 552p. 2012.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**.: John Wiley Sons, New York. 547p. 1974.

PARENTE, R. G.; BARBOSA, L. G.; SOUZA, O. C.; VILAR, F. C. R. Composição florística do banco de sementes do solo da caatinga em perímetro irrigado de Petrolina – Pernambuco. **Revista Semiárido de Visu**, v.01, n.01, p.18-31, 2011.

PINHEIRO, C. C.; GANADE, G. Influência do microhabitat no processo de predação de sementes em uma área degradada. **Neotropical Biology and Conservation**, v.04, n.01, p.20-27, 2009.

REGENSBURGER, B.; COMIN, J. J.; AUMOND, J. J. Integração de técnicas de solo, plantas e animais para recuperar áreas degradadas. **Revista Ciência Rural**, v.38, n.06, p.1773-1776, 2008.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPINDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação com base para incrementa os processos sucessionais. **Revista Natureza & Conservação**, v.01, n.01, p.28-36, 2003.

RIBEIRO, T. O.; BAKKE, I. A.; SOUTO, P. C.; BAKKE, O. A.; LUCENA, D. S. Diversidade do banco de sementes em diferentes áreas de Caatinga manejadas no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, v.27, n.01, p.203-213, 2017.

SILVA, K. A.; ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de Caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Revista Acta Botanica Brasilica**, v.23, n.01, p.100-110, 2009.

SOUSA, M. I. F.; BARBOSA, J. J.; COSTA, C. T. F. Uma reflexão sobre mudanças climáticas, saúde e meio ambiente no semiárido nordestino. **Revista Saúde Meio Ambiente**, v.04, p.61-77, 2015.

TOMAZI, A. L.; ZIMMERNANN, C. E.; LAPS, R. R. Poleiros artificiais como modelo de nucleação para restauração de ambientes ciliares: caracterização da chuva de sementes e regeneração natural. **Revista Biotemas**, v.23, p.125-135, 2010.

ZIMMERMAN, J. K.; WRIGHT, S. J.; CALDERÓN, O.; PAGAN, M. A. Flowering and fruiting phenologies of seasonal and aseasonal neotropical forests: the role of annual changes in irradiance. **Journal of Tropical Ecology**, v.23, p.231-251, 2007.

COBERTURA VEGETAL URBANA: PERSPECTIVAS PARA A CONSERVAÇÃO *EX SITU*

Ornela Silva Gomes¹
Cristiane Gouvea Fajardo²

RESUMO

A arborização promove benefícios imensuráveis às cidades, porém ela é negligenciada durante o planejamento urbano e a gestão pública, quanto ao seu potencial de contribuir na conservação *ex situ* da vegetação nativa. A falta de conhecimento técnico e sobre o potencial das espécies nativas são o motivo de muitas das cidades brasileiras não possuírem um diagnóstico florístico da arborização local. A conservação *ex situ* é uma das estratégias que auxiliam na conservação genética e a manutenção de espécies ameaçadas, já que a supressão da vegetação florestal é um evento contínuo, por meio dos processos de fragmentação. Os remanescentes quando bem manejados podem auxiliar na formação de corredores ecológicos, que ao conectarem-se com as áreas urbanas contribuem com a educação ambiental, lazer, entre outros. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo revisar sobre a implementação da cobertura vegetal urbana e sua relação com a conservação *ex situ* de áreas verdes, bem como as perspectivas atuais definidas pela literatura. Nas zonas urbanas o uso e introdução de espécies exóticas tem crescido, ocasionando grandes problemas econômicos, consequentemente a perda de biodiversidade de espécies nativas. Assim, é necessária uma avaliação minuciosa sobre a diversidade de espécies utilizadas no planejamento urbano, para compreender a disponibilidade dos recursos nas paisagens urbanas, bem como pesquisas que auxiliem na implementação de estratégias voltadas à conservação *ex situ* de espécies nativas nas áreas urbanas.

Palavras-chave: arborização, espécies invasoras, fragmentação florestal, nativas.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com extensão continental, e abriga grande parte da biodiversidade do planeta. Fato este que o coloca como o maior país em megadiversidade em relação à flora e a fauna, apresentando muitas espécies endêmicas e de importância econômica (MMA, 2019a). Apesar disso, observa-se que em nível global a degradação e a eliminação dos habitats têm ocorrido de maneira acelerada (RANKMORE; PRICE, 2004; LEWIS; PLANTINGA, 2009; GOULDIE, 2013). A expansão dos centros urbanos tem ocasionado grande pressão antrópica nos recursos naturais devido ao uso irracional desses. Na maioria das zonas urbanas e suburbanas, as áreas protegidas são pequenas e geralmente desconectadas (JOSHUA, 2016). Mesmo em paisagens fragmentadas e pequenas, inúmeras vezes, manchas

¹ Pós-Graduanda do Curso de Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN, ornelasilva@hotmail.com;

² Doutora em Curso de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN - UFRN, genegoista00@gmail.com.

florestais isoladas são valiosas para a conservação, pois representam o antigo habitat que era comum àquela área (VAN DER REE; BENNETT; GILMORE, 2004).

No entanto, pouca atenção é dada a essas áreas em relação ao planejamento urbano, resultando, assim, na introdução de espécies inadequadas, sendo a maioria delas exóticas. Estas plantas representam grande ameaça à biodiversidade dos ecossistemas naturais, e também riscos à saúde humana (MMA, 2019c). Além disso, por meio da competição de recursos, as espécies exóticas invasoras podem eliminar as espécies nativas, homogeneizando os ambientes e destruindo características peculiares ao habitat (MMA, 2019c).

Nesse sentido, é necessário que o processo de arborização utilize, preferencialmente, nativas, pois elas proporcionam a riqueza de espécies (KULCHETSCKI; QUAQUAREL; LIMA, 2006; BURIVALOVA et al., 2015). Logo, para a harmonia entre o ser humano e o ambiente é necessário que a floresta urbana seja um ambiente saudável (KOLBE et al., 2016).

Algumas estratégias tem sido adotadas visando o resgate e preservação de espécies em risco de extinção, dentre elas a conservação *ex situ* (NASCIMENTO; VIEIRA; MEIADO, 2015). Esta técnica refere-se à manutenção de uma porção representativa da biodiversidade, que seja de importância socioeconômica, auxiliando na conservação de espécies fora do seu habitat natural que são ameaçadas *in situ* (MMA, 2019b). Assim, esse trabalho tem como objetivo averiguar as perspectivas atuais sobre a implementação da conservação *ex situ* em áreas verdes urbanas, por meio de uma revisão de literatura.

METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa baseada na literatura para avaliar a compreensão sobre as perspectivas de conservação nas paisagens urbanas. Para isto, foram utilizados os termos de pesquisa que evidenciam áreas urbanas (1), conservação (2) e invasão de espécies exóticas (3) corredores ecológicos (4). A pesquisa foi realizada por tópico por meio do banco de dados ISI Web of Science e Google Acadêmico usando as seguintes palavras-chave em uma matriz de pesquisa: “alien plants”, “conservation”, “ecological corridors”, “forest fragments”, “green areas”, “urban areas”, “urban forest” e “plant blindness”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Arborização urbana

A urbanização causou impactos negativos globais sobre a biodiversidade, e prevê-se que cause cada vez mais (SETO; GUNERALP; HUTYRA, 2012). Assim, a silvicultura urbana desempenha um papel importante nas áreas urbanas, dado que fornece bens e serviços ambientais ao ser humano, e além disso, contribui com a preservação da vida silvestre.

Estudos revelam que o aumento do florestamento urbano melhora a qualidade de vida dos habitantes, visto que a vegetação fornece sombra para os transeuntes, reduz a poluição sonora e a temperatura do ambiente (DA SILVA FILHO et al., 2002; LOBODA; DE ANGELIS 2009; FARIA et al., 2019) e limita os níveis de poluentes atmosféricos (YLIPELKONEN; SETÄLÄ; VIIPPOLA, 2017). A carência da arborização no ambiente urbano pode ocasionar sérios danos à saúde, além da desestabilização da temperatura dos microclimas resultando em desconforto térmico (OLIVEIRA; ANDRADE; VAZ, 2011).

A arborização urbana oferta inúmeros benefícios às aves remanescentes nos centros urbanos, tais como alimento (néctar, frutos e sementes comestíveis), abrigo e local para nidificação (DE CASTRO PENA et al., 2017). A aves que vivem no ambiente urbano, em sua maioria, possuem alimentação generalista. No entanto, preferem algumas espécies de vegetais que atraem insetos e outros animais que podem ser consumidos. A presença dos pássaros no ambiente urbano é crucial, visto que eles atuam na polinização e na dispersão de sementes (DE TARSO SAMBUGARO-SANTOS; ROSA, 2013). As árvores também assumem papel importante ao desempenhar relevantes funções ecológicas, como a conservação de abelhas nativas (KERN; SCHMITZ, 2013; GONÇALVES, 2015; THRELFALL et al., 2015).

Além disso, a arborização urbana permite a diminuição do impacto das chuvas, auxilia no balanço hídrico, agrega valor à qualidade de vida da população e valor econômico das propriedades do local (CABRAL, 2013). A cobertura vegetal urbana ainda contribui para a retenção de poluentes da água e a criação de corredores ecológicos (MORELLI; LIMA; SOUSA, 2012; GALENIEKS, 2017).

Corredores ecológicos em áreas urbanas

Os corredores ecológicos são zonas onde as estratégias de preservação da biodiversidade devem ser adotadas, assim, protegendo-a de fatores externos, como a urbanização acelerada (LOPES et al., 2017). Garantir o deslocamento de organismos entre fragmentos de habitats, permitindo logo, o fluxo gênico de animais e vegetais são os principais objetivos dos corredores (SEOANE et al., 2010). Segundo a literatura, quanto

maior a largura dos corredores, maior a probabilidade que esses ecossistemas naturais cumpram a sua função ambiental garantindo benefícios sociais, econômicos, biológicos e físicos (KORMAN, 2013).

Portanto, os corredores ecológicos são alternativas promissoras para a redução das causas da fragmentação (MITTERMEIER et al., 1999; BOITANI et al., 2007; CARROLL et al., 2012). Com o crescente isolamento de fragmentos de florestas, as unidades de conservação e as suas zonas-tampão não conseguirão evitar que funções vitais ecológicas e sua biodiversidade atinjam à decadência, porém o uso racional dos corredores auxiliará na transformação de áreas em estado de mosaico de usos múltiplos da terra em áreas de paisagens manejadas. Dessa forma, os corredores ecológicos podem atuar de maneira eficazes para promover ações de manejo ambiental em diversos biomas (BRITO, 2012).

Fragmentos florestais

O processo de fragmentação florestal acontece quando a vegetação contínua é suprimida, e assim, são formadas manchas isoladas de vegetação nativa (CERQUEIRA et al., 2003). A extensão e intensidade dos fragmentos é influenciada pela dinâmica de uso e ocupação da terra feitos pelo homem (HADDAD et al., 2015). Os fragmentos sofrem com a perturbação e degradação por inúmeros fatores, como trilhas excessivas, lixo, invasões biológicas, extração de madeira, incêndios e uso da área para pastagem. Conseqüentemente, este evento aumenta os riscos de erosão, desertificação, assoreamento de cursos d'água, bem como afeta diretamente a biodiversidade (CALEGARI et al., 2010; ARAGÓN et al., 2015), resultando na perda de diversidade genética (HERO; RIDGWAY, 2006).

O emprego dos fragmentos como áreas de lazer, podem reduzir a ação destes fatores de perturbação, que, em geral, ocorrem nos fragmentos florestais fora da área urbana (SANTIN, 1999). A compreensão dos limites no tamanho dos fragmentos para alguns grupos de animais e plantas, ainda é escassa, o que dificulta os processos de conservação da biodiversidade como um todo (LEPCZYK et al., 2017). Todavia, a capacidade que os espaços verdes urbanos têm de proteger à biodiversidade das áreas verdes é intermediada pela intensidade e estrutura urbana (MATTHIES et al., 2017, MELLIGER et al., 2017).

Floresta urbana e qualidade de vida

O conceito de “urban forest” ou floresta urbana significa fragmentos de florestas e outras áreas verdes dentro ou ao redor das cidades. Em vista disso, o termo inclui áreas de

preservação, as árvores de ruas, avenidas, praças, parques, remanescentes de ecossistemas plantadas ou naturais (MAGALHÃES et al., 2006).

A floresta urbana representa um pré-requisito para um ambiente urbano saudável, essencial para a harmonia entre o ser humano e os ambientes nos quais ele está inserido (KOLBE et al., 2016). É notável que a arborização urbana proporcione grandes benefícios à população local, dado que as árvores promovem a melhoria da qualidade do ar pela absorção do gás carbônico, fixação de poeiras e resíduos de materiais. Além disso, mantém a permeabilidade, fertilidade e umidade do solo, e o protegem contra processos erosivos.

Dessa maneira, a floresta urbana possui função paisagística com a quebra de paisagens monótonas, fornecendo abrigo e alimento para os animais, principalmente para a avifauna, que contribuem para o bem-estar das pessoas (MASCARÓ; MASCARÓ, 2005; MEIRA et al., 2015). A arborização ainda é eficaz para amenizar o calor por meio da evaporação, fotossíntese e sombreamento, e embelezamento das cidades (DOICK, 2016).

Os frequentadores das praças e regiões arborizadas notam que há aspectos importantes em parques verdes urbanos na qualidade de vida, essencialmente, por serem locais onde são possíveis a prática de atividades físicas (BURIVALOVA et al., 2015). Outro benefício notável dos espaços verdes urbanos é a oportunidade dada aos cidadãos de se conectarem com a natureza, presenciarem processos ecológicos em ação, e permitir que a população tenha o potencial de tornar-se cientificamente mais informada e deliberar quanto a iniciativas e políticas conservacionistas (LEPCZYK et al., 2017).

Preservação em áreas urbanas

A conservação *ex situ* é uma estratégia de manutenção da biodiversidade que evita a extinção de espécies ameaçadas (PAVAJEAU, 2005). A principal característica da conservação *ex situ* é preservar genes, permitir a preservação do material genético de várias procedências em apenas um local, proteger a diversidade intraespecífica (MMA, 2019a).

As áreas verdes urbanas podem ser utilizadas para a conservação *ex situ*. São locais que apresentam cobertura vegetal composta de árvores, arbustos ou plantas herbáceas, que contribuem para o equilíbrio ambiental. Além disso, podem preservar os recursos hídricos e a biodiversidade, oferecendo estabilidade ecológica (ARRAIS et al., 2014). Dentro das paisagens urbanas são encontrados refúgios em áreas florestais, bem como parques e jardins urbanos, cujo valor depende de sua capacidade de fornecer recursos para flora e fauna nativa (GODEFROID; KOEDAM, 2003, HARPER et al., 2005a, ALVEY, 2006).

Riqueza de espécies na arborização urbana

A segunda maior causa de extinção de espécies no planeta é causada pela introdução de espécies exóticas e invasoras em áreas onde não há sua ocorrência natural, ocasionando ameaça aos ecossistemas, habitats ou a outras espécies, à biodiversidade, à economia e à saúde humana (MMA, 2019c).

Assim, algumas plantas exóticas cultivadas se transformam em espécies invasoras e são, portanto, pragas ambientais e devem ser evitadas. Os efeitos negativos ocasionados por elas são a alteração na composição florística resultando no declínio da abundância de espécies nativas e diminuição na biomassa das plantas nativas (DAVIES, 2011; FLORY; CLAY, 2010).

Por isso, é necessária ponderação ao selecionar espécies para o cultivo urbano. Por outro lado, as plantas nativas são seguras, quanto aos riscos bioinvasivos, e podem melhorar a qualidade ecológica dos ambientes urbanos, e, ao mesmo tempo, proporcionar benefícios estéticos (MORO et al., 2014; MORO; CASTRO, 2015) e além disso, promovem recursos para a fauna, como frutos, flores, néctar (BURIVALOVA et al., 2015).

O predomínio de espécies exóticas na maioria dos centros urbanos ocorre provavelmente pela carência de conhecimento técnico sobre as potencialidades das espécies nativas (GONG; CHEN; YU, 2013; VERSIEUX et al., 2015). A preferência pela introdução de exóticas, deve-se, principalmente, por apresentarem fácil adaptação a fatores ambientais diversos, rápido crescimento e beleza hipervalorizada, ocupando de forma rápida esses espaços, o que as tornam relevantes para fins ornamentais e econômicos (CUPERTINO; EISENLHOR, 2013).

Dessa forma, para permitir a maior eficiência no planejamento e gestão da arborização das cidades e avaliar a sustentabilidade do procedimento é necessário que a diversidade de espécies nativas que compõe a arborização urbana possa ser considerada um requisito do planejamento urbano (BOBROWSKI; BIONDI, 2016). Um dos fatores que apresentam correlação positiva entre riqueza e biodiversidade é chamado “efeito de luxo”, em que a gestão das áreas verdes é orientada por fatores socioeconômicos e culturais (GROVE; LOCKE; O’NEIL-DUNNE, 2014). Ou seja, quanto maior o poder aquisitivo da população em uma área, mais arborizado aquele local será.

Espécies Invasoras

Dentre as principais ameaças à conservação tem-se a sobre-exploração, tráfico de espécies, perda do habitat natural pela expansão agrícola e urbana, e a presença de espécies exóticas invasoras (MMA, 2019c). Normalmente, a introdução destas espécies pelo homem se dá pelo uso no paisagismo, como pastagem para animais e através da fruticultura (ICMBIO, 2019). Além do mais, as áreas urbanas são grandes pontos focais para comércio e transporte, isso auxilia a disseminação de espécies de plantas exóticas (MCKINNEY, 2004; VON DER LIPPE; KOWARIK, 2007; MAUREL et al., 2010).

Não obstante seja a vasta história de plantas invasoras no ambiente urbano, a parte significativa destes trabalhos menosprezaram os ecossistemas urbanos (CAVIN; KULL, 2017). Provavelmente, porque as invasões em áreas agrônômicas trazem grandes prejuízos à economia, tornando necessário o controle das invasoras, enquanto que nas áreas urbanas tornam-se cada vez mais negligenciadas (MARTIN; BLOSSEY; ELLIS, 2012).

As espécies invasoras são mais bem-sucedidas em termos de abundância e diversidade nas cidades, do que em áreas rurais, por causa dos altos níveis de perturbação e menor concorrência nas regiões urbanas (CADOTTE et al., 2017). Além disso, o sucesso reprodutivo está relacionado a alta produção de sementes, crescimento rápido, a presença raízes especializadas que permitem o acesso a águas superficiais e subterrâneas (FELKER 1979; SHIFERAW et al., 2004; NILSEN et al., 1983; DZIKITI et al., 2013). Assim, formam matas arbustivas impenetráveis, invadem de cursos d'água, e provocam abaixamento do lençol freático, retirando a umidade e nutrientes do ambiente inviabilizando a permanência de outras espécies, e atuando na formação dos “desertos verdes” (BOY; WITT, 2013).

Ainda apresentam efeitos alelopáticos e aleloquímicos negativos sobre outras espécies nativas (ELFADL; LUUKKANEN, 2006), e a habilidade de suportar extremos climáticos, como temperaturas muito altas e baixas chuvas, e não são limitadas por solos alcalinos, salinos ou não-estéreis (PASIECZNIK et al., 2001; SHIFERAW et al., 2004).

As invasoras prejudicam os serviços ecossistêmicos e causam toxicidade e reações alérgicas para humanos e animais. Ainda, influenciam no aumento de queimadas no gradiente urbano-rural e ameaçam as fazendas urbanas que passaram a ser muito valorizadas em áreas urbanas, principalmente, nos países desenvolvidos (CHARLES; DUKES, 2007; ERITJA et al., 2005; JULIANO; PHILIP LOUNIBOS, 2005; NENTWIG; MEBS; VILÀ, 2017; SHOCHAT et al. 2010; ZISENIS, 2015).

A dispersão destas espécies ocorre de maneira silenciosa, e ao encontrarem condições favoráveis, propagam-se. Em seguida, inviabilizam a sobrevivência das espécies nativas e endêmicas, por meio da competição de recursos, homogeneizando o ambiente e eliminando as características únicas pertencente a biodiversidade local (MMA, 2019c; ICMBIO, 2019).

Em muitas áreas, o manejo das invasoras é ineficiente devido à falta de conhecimento sobre os principais aspectos dessas. É essencial compreender as razões das introduções, usos, benefícios, custos, ecologia e escalas das invasões e possíveis problemas controversos ao criar planos de gerenciamento sustentáveis (KULL et al. 2011; VAN WILGEN; RICHARDSON 2014; WILSON et al. 2014).

Dessa forma, os prejuízos, custos de prevenção e erradicação de espécies exóticas invasoras indicam danos significantes para a economia e meio ambiente (MMA, 2019c). O grupo das Angiospermas apresentam o maior número de espécies criticamente em perigo em comparação com os demais grupos vegetais (Figura 1).

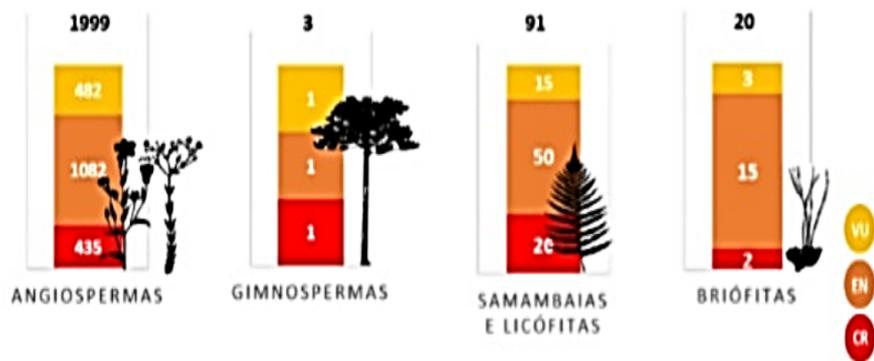


Figura 1 Número de espécies ameaçadas da flora e categorias de ameaça de cada grupo taxonômico. (CR: Criticamente em perigo, EN: em perigo, e VU: Vulnerável). Fonte MMA, 2019c.

Algumas plantas exóticas e invasoras que ocasionam tais prejuízos são as acácias (*Acacia longifolia*), algodão-de-seda (*Callotropis gigantea*), bambu (*Bambusa vulgaris*), capim-gordura (*Melinis minutiflora*), Mamona (*Ricinus communis*) comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia amoena*), mangueiras (*Mangifera indica*), mogno (*Swietenia macrophylla*) (ICMBIO, 2019).

O gênero *Prosopis* é também um exemplo de espécie invasora muito disseminada na maioria das regiões áridas e semiáridas quentes do mundo, e tornaram-se naturalizados, ou invasivos em muitos lugares (PASIECZNIK et al., 2001; REJMÁNEK; RICHARDSON, 2013). A espécie *Prosopis juliflora*, por exemplo, possui propriedades alelopáticas impedindo

o crescimento de outras espécies e capacidade de acidificar solos alcalinos por meio das reduções no pH (PASIECZNIK et al., 2001).

Cegueira Botânica

O termo “cegueira botânica” foi introduzido no final da década de 90 pelos autores Wandersee e Schussler seguidos anos de discussão, investigação e pesquisas na literatura (ALLEN, 2003). Eles sugerem que, como as plantas são fixas ao solo, crescem agregadas, muitas vezes têm cor uniforme, e se misturam visualmente, portanto, simplesmente não são vistas (WANDERSEE; SCHUSSLER, 2001).

Por esse motivo, cegueira botânica é a denominação dada à ausência de percepção e importância da presença das plantas, as quais observamos como pertencente a um cenário, plano de fundo no qual os animais se movem (SALATINO; BUCKERIDGE, 2016). Além disso, a classificação equivocada e antropocêntrica das plantas como inferiores aos animais, leva à conclusão errônea de que elas são indignas da consideração humana (WANDERSEE; SCHUSSLER, 1998).

As dificuldades de compreensão sobre as necessidades primordiais das plantas, ausência de experiências com espécies nativas, falta de percepção sobre as características singulares das plantas como suas cores, formas de distribuição da espécie, adaptações, cores, odores e sua relevância para os ciclos biogeoquímicos são algumas das características apresentadas por pessoas que possuem a cegueira botânica (KATON et al., 2012).

Se a maioria das pessoas não notarem o reino vegetal, e seus esforços para manutenção da vida, provavelmente, a sociedade não concordará que a conservação das plantas está entre as questões mais cruciais da humanidade, e pouca pesquisa e educação ambiental será realizada (ALLEN, 2003).

Inúmeras são as consequências causadas pela carência de percepção sobre as plantas, tais como a escassez de reconhecimento sobre a importância das florestas em áreas nativas e urbanas e o desinteresse pelo meio ambiente (BUCKERIDGE, 2015). A destruição progressiva dos biomas, a exploração irracional dos ecossistemas, à extinção dos animais e da própria existência humana, como consequência da desestabilização da biosfera que é resultado da cegueira botânica.

O olhar humano sobre as espécies e os ecossistemas têm inferências diretas para sua conservação, embora a cegueira às plantas tenha como base padrões de percepção e cognição baseados na biologia, nos fatores culturais que desempenham um papel significativo na

determinação se um dado indivíduo percebe, valoriza e preserva as plantas (BALDING; WILLIAMS, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, existem poucos locais, onde a conservação *ex situ* foi aplicada às áreas urbanas, isto permite que espécies exóticas invasoras se estabeleçam com êxito e se tornem ameaças silenciosas nesse local. Logo, é necessário o aprimoramento de técnicas e estudos que melhorem a eficiência de estratégias nas áreas urbanas, como refúgios para a biodiversidade. Bem como avaliações minuciosas sobre o planejamento urbano para compreender a disponibilidade dos recursos nas paisagens urbanas.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa de incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARRAIS, Aíla Maria Alves Cordeiro et al. Preservação das áreas verdes urbanas: um estudo sobre o Parque Ecológico das Timbaúbas. **NAU Social**, v. 5, n. 8, 2014.

ALLEN, William. Plant blindness. **BioScience**, v. 53, n. 10, p. 926-926, 2003.

ALVEY, Alexis A. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. **Urban Forestry & Urban Greening**, Philidelphia, v. 5, n. 4, p. 195-201, 2006.

ARAGÓN, Fernando M.; RUD, Juan Pablo. Polluting industries and agricultural productivity: Evidence from mining in Ghana. **The Economic Journal**, v. 126, n. 597, p. 1980-2011, 2015.

BALDING, Mung; WILLIAMS, Kathryn JH. Plant blindness and the implications for plant conservation. **Conservation Biology**, v. 30, n. 6, p. 1192-1199, 2016.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Comportamento de índices de diversidade na composição da arborização de ruas. **Floresta e Ambiente**. v. 23, n.4, p. 475-486, 2016.

BOITANI, Luigi et al. Ecological networks as conceptuais frameworks or operational tools in conservation. **Conservation biology**, v. 21, n. 6, p. 1414-1422, 2007.

BOY, G.; WITT, A. Invasive alien plants and their management in Africa. **Synthesis Report of the UNEP/GEF Removing Barriers to Invasive Plant Management in Africa** (RBIPMA) Project. 2013.

BRITO, Francisco. **Corredores ecológicos: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas**. Editora da UFSC, 2012.

BUCKERIDGE, Marcos. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 85-101, 2015.

BURIVALOVA, Zuzana et al. Relevance of global forest change data set to local conservation: case study of forest degradation in Masoala National Park, Madagascar. **Biotropica**, v. 47, n. 2, p. 267-274, 2015.

CABRAL, Pedro Ivo Decurcio; PERÍCIA, Auditoria; AMBIENTAL, Governança. Arborização urbana: problemas e benefícios. **Especialize on-line**, Goiânia, v.01, n.6, p. 15, 2013.

CADOTTE, M. W.; YASUI, S. L. E; LIVINGSTONE, S.; MACIVOR, J. S. Are urban systems beneficial, detrimental, or indifferent for biological invasion? **Biological invasions**, v. 19, n. 12, p. 3489-3503, 2017.

CALEGARI, Leandro et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34 n. 5, p. 871-880, 2010.

CARROLL, Carlos; MCRAE, BRAD H.; BROOKES, Allen. Use of Linkage Mapping and Centrality Analysis Across Habitat Gradients to Conserve Connectivity of Gray Wolf Populations in Western North America. **Conservation Biology**, v. 26, n. 1, p.78-87, 2012.

CAVIN, Joëlle Salomon; KULL, Christian A. Invasion ecology goes to town: from disdain to sympathy. **Biological invasions**, v. 19, n. 12, p. 3471-3487, 2017.

CERQUEIRA, Rui et al. Fragmentação: alguns conceitos. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003. p. 23-40.

CHARLES, Heather; DUKES, Jeffrey S. Impacts of invasive species on ecosystem services. In: **Biological invasions**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008. p. 217-237.

CUPERTINO, Mônica Aparecida; EISENLOHR, Pedro Vasconcellos. Análise florística comparativa da arborização urbana nos campi universitários do Brasil. **Revista Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 739-750, 2013.

DANTAS, Ivan Dantas et al. Arborização na cidade de Campina Grande-PB: inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 19p, 2004.

DA SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira et al. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p.

629-642, 2002.

DAVIES, Kirk W. Plant community diversity and native plant abundance decline with increasing abundance of an exotic annual grass. **Oecologia**, v. 167, n. 2, p. 481-491, 2011.

DE CASTRO PENA, Joao Carlos et al. Street trees reduce the negative effects of urbanization on birds. **PloS one**, v. 12, n. 3, p. e0174484, 2017.

DE TARSO SAMBUGARO-SANTOS, Paulo; ROSA, Talita Angélica De Oliveira. Arborização urbana como complemento de fontes alimentares para as aves. **Museu Dinâmico Interdisciplinar**, v.17, n.1, p.9-10, 2013.

DOICK, K. J. et al. Introducing England's Urban Forests.: **Urban Forestry and Woodlands Advisory Committee's Network**, 2016. Disponível em : [https://www.forestry.gov.uk/pdf/IntroducingUrbanForest_FINAL_Sept16.pdf/\\$FILE/IntroducingUrbanForest_FINAL_Sept16.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/IntroducingUrbanForest_FINAL_Sept16.pdf/$FILE/IntroducingUrbanForest_FINAL_Sept16.pdf). Acesso em: 7 junho 2019.

DZIKITI, Sebinasi et al. Water relations and the effects of clearing invasive *Prosopis* trees on groundwater in an arid environment in the Northern Cape, South Africa. **Journal of Arid Environments**, v. 90, p. 103-113, 2013.

ELFADL, M. A.; LUUKKANEN, Olavi. Field studies on the ecological strategies of *Prosopis juliflora* in a dryland ecosystem: 1. A leaf gas exchange approach. **Journal of Arid Environments**, v. 66, n. 1, p. 1-15, 2006.

ERITJA, Roger et al. Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain. **Biological invasions**, v. 7, n. 1, p. 87, 2005.

FARIA, José Luiz Guisard; MONTEIRO, Evoni Antunes; FISCH, Simey Thury Vieira. Arborização de vias públicas do município de Jacareí-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 4, p. 20-33, 2019.

FELKER, Peter. Mesquite: an all-purpose leguminous arid land tree. **New agricultural crops**, v. 38, p. 89-132, 1979.

FLORY, S. Luke; CLAY, Keith Non-native grass invasion alters native plant composition in experimental communities. **Biological Invasions**, v. 12, n. 5, p. 1285-1294, 2010.

GALENIEKS, Andrejs. Importance of urban street tree policies: a comparison of neighbouring Southern California cities. **Urban for Urban Green**. v. 22, p. 105-110, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.004>.

GODEFROID, Sandrine; KOEDAM, Nico. How important are large vs. small forest remnants for the conservation of the woodland flora in an urban context? **Global Ecology Biogeography**, v. 12, n.4, p.287-298, 2003.

GOMES, Maria Rosângela; MARTIN, Encarnita Salas. Degradação das praças públicas e os fatores de riscos para a população: Exemplos para a cidade de Natal/RN. **Geographia**, Niterói, v.19, n.4, p.107-122, 2017.

GONÇALVES, W. **Diagnose qualitativa de florestas urbanas**. Viçosa: o autor, 2015, 93p.

GONG, Chongfeng; CHEN, Jiquan; YU, Shixiao. Biotic homogenization and differentiation of the flora in artificial and near-natural habitats across urban green spaces. **Landscape and Urban Planning**, v.120, p. 158-169, 2013.

GOUDIE, Andrew S. **The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present and Future**. John Wiley & Sons, 2018.

GROVE, J. Morgan; LOCKE, Dexter H.; O'NEIL-DUNNE, Jarlath PM. An ecology of prestige in New York City: examining the relationships among population density, socio-economic status, group identity, and residential canopy cover. **Environmental Management**, v. 54, n. 3, p. 402-419, 2014.

GRIFFITHS, Richard A.; PAVAJEAU, Lissette. Captive breeding, reintroduction, and the conservation of amphibians. **Conservation Biology**, v. 22, n. 4, p. 852-861, 2008.

HADDAD, Nick M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.

HARPER, Karen A. et al. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

HERO, J. M.; RIDGWAY, T. **Declínio global de espécies**. Biologia da Conservação: Essências (CFD Rocha, HG Bergallo, MV Sluys & MAS Alves, orgs). Rima, São Carlos, p. 53-90, 2006.

ICMBIO, **Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade**. Manejo de espécies exóticas e invasoras em UCs. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/10265-guia-traz-manejo-de-especies-exoticas-e-invasoras-em-ucs>. Acesso em: 01 julho 2019.

JOSHUA, M. Conserving rare plants in locally-protected urban forest. **Ecology**, v. 48, p. 863-867, 2016.

JULIANO, Steven A.; PHILIP LOUNIBOS, L. Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. **Ecology Letters**, v. 8, n. 5, p. 558-574, 2005.

KATON, Geisly França; TOWATA, Naomi; SAITO, Luis Carlos. A cegueira botânica e o uso de estratégias para o ensino de botânica. III **Botânica no Inverno**, p. 179-82, 2013.

KERN, Deivid Ismael; SCHMITZ, José Antônio Kroeff. Arborização de vinte quarteirões amostrados na região central de Santa Cruz do Sul- RS. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 79-95, 2013.

KOLBE, Sarah E. et al. Effects of natural and anthropogenic environmental influences on tree community composition and structure in forests along an urban-wildland gradient in southwestern Ohio. **Urban ecosystems**, v. 19, n. 2, p. 915-938, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0531-7>.

KORMAN, Vânia. **Proposta de interligação das glebas do Parque Estadual de Vassununga** (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Piracicaba, 2003.

KULCHETSCKI, Luiz; QUAQUARELLI, César Augusto; LIMA, Pedro Ribeiro. A Guaçatonga (*Casearia sylvestris* Sw.) e seu uso potencial como fitoterápico: um resultado prático de trabalho extensionista no distrito de Itaiacoca. **Revista Conexão UEPG**, v. 2, n. 1, p. 16-22, 2006.

KULL, Christian A. et al. Adoption, use and perception of Australian acacias around the world. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 5, p. 822-836, 2011.

LEPCZYK, Christopher A. et al. Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. **BioScience**, v. 67, n. 9, p. 799-807, 2017.

LEWIS, David J.; PLANTINGA, Andrew J.; WU, JunJie. Targeting incentives to reduce habitat fragmentation. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 91, p. 1080-1096. 2009.

LOBODA, Carlos Roberto; DE ANGELIS, Bruno Luiz Domingues. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**, v. 1, n. 1, p. 125-139, 2009.

MAGALHÃES, Luís Mauro S. Arborização e florestas urbanas-terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Série Técnica Floresta e Ambiente, Seropédica**, v. 1, p. 23-26, 2006.

MARTIN, Laura J.; BLOSSEY, Bernd; ELLIS, Erle. Mapping where ecologists work: biases in the global distribution of terrestrial ecological observations. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 10, n. 4, p. 195-201, 2012.

MASCARÓ, Lucia; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. 2 ed. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2005.

MATTHIES, Sarah A. et al. Determinants of species richness within and across taxonomic groups in urban green spaces. **Urban ecosystems**, v. 20, n. 4, p. 897-909, 2017.

MAUREL, Noëlie et al. Does the invasive species *Reynoutria japonica* have an impact on soil and flora in urban wastelands? **Biological invasions**, v. 12, n. 6, p. 1709-1719, 2010.

MCKINNEY, Michael L. Do exotics homogenize or differentiate communities? Roles of sampling and exotic species richness. **Biological Invasions**, v. 6, n. 4, p. 495-504, 2004.

MEIRA, G. R. N. et al. Avaliação quali-quantitativa de espécies arbóreas no perímetro urbano da cidade de Corumbataí do Sul-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 10, n. 4, p. 36-49, 2015.

MELLIGER, Ramona Laila; RUSTERHOLZ, Hans-Peter; BAUR, Bruno. Habitat-and matrix-related differences in species diversity and trait richness of vascular plants, Orthoptera and Lepidoptera in an urban landscape. **Urban ecosystems**, v. 20, n. 5, p. 1095-1107, 2017.

MITTERMEIER, Russell A. et al. **Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC, 1999.

MMA, **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2019a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira.html>. Acesso em 07 junho 2019.

MMA, **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2019b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-e-promocao-do-uso-da-diversidade-genetica/agrobiodiversidade/conserva%C3%A7%C3%A3o-in-situ,-ex-situ-e-on-farm>. Acesso em 21 junho 2019.

MMA, **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2019c. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-de-especies/especies-exoticas-invasoras.html>. Acesso em 21 junho 2019.

MMA, **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2019 d. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/biodiversidade-flora>. Acesso em 21 junho 2019.

MORELLI, Fabiano; LIMA, Maryangela Geimba de; SOUSA JÚNIOR, Wilson Cabral de. Influência do ambiente natural sobre o ambiente construído: um estudo sobre o índice de chuva dirigida. **Ambiente & Sociedade**. v. 15, n. 1, p. 41-52, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2012000100004>.

MORO, Marcelo Freire; CASTRO, Antônio Sérgio Farias. A check list of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: where are the native species in the country of megadiversity? **Urban Ecosystems**, v. 18, n. 1, p.47-71, 28 maio 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-014-0380-1>.

MORO, Marcelo Freire; WESTERKAMP, Christian; DE ARAÚJO, Francisca Soares. How much importance is given to native plants in cities' treescape? A case study in Fortaleza, Brazil. **Urban forestry & urban greening**, v. 13, n. 2, p. 365-374, 2014.

NASCIMENTO, Joana PB; VIEIRA, Daniela CM; MEIADO, Marcos V. *Ex situ* seed conservation of Brazilian Cacti. **Revista Gaia Scientia**, v. 9, n.2, p. 111-116, 2015.

NENTWIG, Wolfgang; MEBS, Dietrich; VILÀ, Montserrat. Impact of non-native animals and plants on human health. In: *Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services*. Springer, Cham, 2017. p. 277-293.

NILSEN, Erika Tallak et al. Diurnal and seasonal water relations of the desert phreatophyte *Prosopis glandulosa* (honey mesquite) in the Sonoran Desert of California. **Ecology**, v. 64, n. 6, p. 1381-1393, 1983.

OLIVEIRA, Sandra; ANDRADE, Henrique; VAZ, Teresa. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. **Building and environment**, v. 46, n. 11, p. 2186-2194, 2011.

PASIECZNIK, Nick M. et al. **The 'Prosopis Juliflora'-'Prosopis Pallida' Complex: A Monograph**. Coventry: HDRA, 2001.

PASIECZNIK, N. M. et al. Implications of uncertain *Prosopis* taxonomy for biocontrol. **Biocontrol News and Information**, v. 27, n. 1, p. 1-2, 2006.

RANKMORE, B.; PRICE, O. Effect of habitat fragmentation on the vertebrate fauna of tropical woodlands, Northern Territory D. Lunney (Ed.). **Conservation of Australia's Forest Fauna, Royal Zoological Society of New South Wales**, Sydney, p. 452-471. 2004.

REJMÁNEK, Marcel; RICHARDSON, David M. Trees and shrubs as invasive alien species—2013 update of the global database. **Diversity and distributions**, v. 19, n. 8, p. 1093-1094, 2013.

RICHARDSON, David M.; REJMÁNEK, Marcel. Trees and shrubs as invasive alien species—a global review. **Diversity and distributions**, v. 17, n. 5, p. 788-809, 2011.

SALATINO, Antonio; BUCKERIDGE, MARCOS. "Mas de que te serve saber botânica?". **Estudos Avançados**. v. 30, n. 87, p.177-196, 2016. (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142016.30870011>.

SANTIN, Dionete Aparecida et al. **A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística, visando a conservação**. 1999.

SEOANE, Carlos Eduardo Sícoli et al. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 207, 2010.

SETO, Karen C.; GÜNERALP, Burak; HUTYRA, Lucy R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 40, p. 16083-16088, 2012.

SHIFERAW, Hailu et al. Some biological characteristics that foster the invasion of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. at Middle Awash Rift Valley Area, north-eastern Ethiopia. **Journal of Arid environments**, v. 58, n. 2, p. 135-154, 2004.

SHOCHAT, Eyal et al. Invasion, competition, and biodiversity loss in urban ecosystems. **BioScience**, v. 60, n. 3, p. 199-208, 2010.

THRELFALL, Caragh G. et al. The conservation value of urban green space habitats for Australian native bee communities. **Biological Conservation**, v. 187, p. 240-248, 2015.

VAN DER REE, Rodney; BENNETT, Andrew F.; GILMORE, D. C. Gap-crossing by gliding marsupials: thresholds for use of isolated woodland patches in an agricultural landscape. **Biology Conservation**, v. 115, n. 2, p. 241-249, 2004.

VAN WILGEN, Brian W. et al. An assessment of the effectiveness of a large, national-scale invasive alien plant control strategy in South Africa. **Biological Conservation**, v. 148, n. 1, p. 28-38, 2012.

VERSIEUX, L. M. et. al. A vegetação nativa no planejamento e no projeto paisagístico. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ e **Rio Books**, v.1 p.193–248, 2015.

VON DER LIPPE, Moritz; KOWARIK, Ingo. Long-distance dispersal of plants by vehicles as a driver of plant invasions. **Conservation Biology**, v. 21, n. 4, p. 986-996, 2007.

WANDERSEE, James H.; SCHUSSLER, Elisabeth E. Preventing plant blindness. **The American Biology Teacher**, v. 61, n. 2, p. 82-86, 1999.

WANDERSEE, James H.; SCHUSSLER, Elisabeth E. Toward a theory of plant blindness. **Plant Science Bulletin**, Columbus, 2001.

WILSON, John RU et al. A standardized set of metrics to assess and monitor tree invasions. **Biological Invasions**, v. 16, n. 3, p. 535-551, 2014.

YLI-PELKONEN, Vesa; SETÄLÄ, Heikki; VIIPPOLA, Viljami. Urban forests near roads do not reduce gaseous air pollutant concentrations but have an impact on particles levels. **Landscape and Urban Planning**, v. 158, p. 39-47, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.014>.

ZISENIS, Marcus. Alien plant species: A real fear for urban ecosystems in Europe? **Urban Ecosystems**, v. 18, n. 2, p. 355-370, 2015.

ESTRUTURA DA COMUNIDADE MEIOFAUNÍSTICA APÓS LONGO PERÍODO DE ESTIAGEM EM UMA REGIÃO SEMIÁRIDA

Cícero Batista do Nascimento Filho¹
Frediano Lucas da Silva²
Victor de Medeiros Viegas³
Jorge Ferreira da Silva Júnior⁴
Francisco José Victor de Castro⁵

RESUMO

O semiárido nordestino desde 2012 vem sofrendo um extenso período de seca, esse fator pode estar influenciando a estrutura das comunidades dos organismos de ambientes aquáticos. Com o objetivo de entender o processo de restabelecimento da fauna meiofaunística foi realizada coletas de sedimentos após o retorno das chuvas em um reservatório que chegou a colapso total hídrico. Utilizando dados pretéritos da meiofauna desse reservatório e de outro da região com características semelhantes como instrumentos de comparações para avaliação do processo de restabelecimento dessa fauna, assim entendendo a dinâmica desses organismos diante desse estresse ambiental. A comunidade meiofaunística foi bem representada no reservatório Boqueirão do Caís em ambos os períodos, apresentando 8 táxons no período I e II. No reservatório de Poleiros em meados do período de seca esse apresentou apenas 3 grupos da meiofauna. Com relação à frequência de ocorrência o grupo nematoda esteve presente em todos os períodos de coletas, porém foi constante em apenas dois períodos I e III das amostras, seguido por copépoda, ostracoda, oligochaeta e tuberculária, que estiveram presentes em dois períodos. A abundância relativa apontou que nematoda foi o grupo mais abundante em todas as amostras verificadas, sendo seguido por copépoda e ostracoda. Nematoda obteve a maior densidade entre os períodos, porém a mesma foi bem irregular. A diversidade, frequência, abundância e densidade da meiofauna entre os períodos foram diferentes, levando-se a concluir que um longo período de estiagem é fator determinante na composição e quantidade de organismos da meiofauna.

Palavras-chave: Meiofauna, Intersticial, Vermiforme, Açude, Semiárido.

¹ Mestrando do PPGB da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, eco.ciceronascimento@gmail.com;

² Graduando do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, fred.lucas24@gmail.com;

³ Graduando do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, viegas.m.v@hotmail.com;

⁴ Graduando do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, jorgeferreira99@outlook.com;

⁵ Professor Doutor (Orientador) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, castrofrancisco2@hotmail.com;

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos nas últimas décadas têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas (CALLISTO et al., 2001). Segundo Baptista (2008), áreas impactadas seriam aquelas onde a magnitude do impacto excederia a capacidade de regeneração dos ecossistemas levando a um processo de degradação. No semiárido nordestino, a escassez hídrica se tornou algo recorrente em virtude de alguns fatores como baixa precipitação, uso da água para atividades agrícolas e pouca influência de massas de ar úmidas e frias vindas do sul. Além de características de outras regiões áridas, o semiárido brasileiro apresenta características exclusivas como alta variação espaço-temporal de precipitação pluviométrica, baixa amplitude de temperatura durante o ano (temperatura média 25°C), grande potencial de evapotranspiração, solos pobres e rasos, drenagem das bacias proveniente de fluxo de rios e riachos e vegetação decidual típica, denominada caatinga (BARBOSA et al., 2012) que dá nome ao bioma.

A região Nordeste, conhecida principalmente pela escassez de água em algumas áreas e épocas do ano, apresenta poucos estudos para o levantamento de sua fauna, especialmente aquática. A falta de conhecimento aprofundado sobre ambientes dulcícolas e suas comunidades precisa ser vista com atenção, uma vez que o conhecimento da biodiversidade é importante para o melhor entendimento da natureza e de possíveis funções dos organismos vivos para a restauração de ambientes e para a humanidade. O conhecimento da biodiversidade de ecossistemas aquáticos continentais do semiárido brasileiro é necessário para que se aumente o conhecimento sobre a biodiversidade meiofaunística e, especialmente, os dados científicos sobre a biodiversidade da caatinga (LUCENA, 2015). Ao longo das últimas décadas atividades humanas tais como: mineração, construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação; exploração de recursos pesqueiros e introdução de espécies exóticas (Goulart & Callisto, 2003), vêm alterando de forma significativa os sistemas hídricos (Karr, 1999). Esses múltiplos impactos vêm deteriorando a qualidade ambiental de bacias hidrográficas de extrema importância para o território nacional. Os rios são receptores naturais de toda a sua bacia de drenagem, refletindo o uso e ocupação do solo nas áreas circunvizinhas (Callisto et al, 2002). A monitorização ambiental dessas regiões pode ser realizada através da utilização de indicadores biológicos, tais como diferentes características das comunidades bentônicas (macro e meiofauna) são sensíveis a perturbação em seu habitat.

Callisto et al. (2004) destacam que as amostragens de bentos são relativamente fáceis e baratas. Os bentos são variavelmente sensíveis às condições ambientais, são sedentários, podem integrar e acumular condições em um ambiente, oferecendo um adequado nível de diagnóstico, considerando a natureza dos efeitos observados, assim, validando e estimulando o uso de organismos da meiofauna para posteriores estudo de estresses ambientais. (Castro, 2003). A bioindicação usa alguns organismos que compõem um determinado ambiente para caracterizá-lo, a partir do conhecimento do comportamento das comunidades ecológicas quando submetidas a fatores estressantes, como a supressão da vegetação, na perda de habitats, reservatórios na mudança da paisagem, poluição e outras (PIMENTA et al., 2016).

A avaliação da meiofauna em um ecossistema é bastante relevante em virtude de esses organismos serem sensíveis a mudanças no ambiente e possuem ciclo de vida curto, o que facilita nas observações de curto prazo, se caracterizando como excelentes bioindicadores de ações antrópicas. A meiofauna é composta por organismos invertebrados que vivem nos ambientes intersticiais dos substratos aquáticos. A sua nomenclatura é devido ao seu tamanho: é maior que a microfauna e menor que a macrofauna (GIERE, 2009; ALBUQUERQUE, 2015). Devido a seu pequeno tamanho, grande abundância e riqueza de espécies, distribuição ubíqua, desenvolvimento bêntico direto, a meiofauna pode ser utilizada como indicador biológico de perturbação ambiental de origem antrópica (Kennedy & Jacoby, 1999), além de possibilitar a detecção de impactos mais rapidamente do que organismos da macrofauna (Giere, 2009). Estes organismos ainda contribuem na formação de biofilmes que promovem a colmatação biológica no leito do rio, ademais a meiofauna se caracteriza por serem organismos de rápido tempo de reprodução e elevada taxa de metabolismo. Eles são vitais para o funcionamento do ecossistema, incluindo a ciclagem de nutrientes e a provisão de energia para níveis tróficos mais elevados, agem também na absorção de nutrientes e na degradação da matéria orgânica. (ALBUQUERQUE, 2015; ZEPELLI et al., 2015). Além disso, desempenham um papel fundamental na degradação do material alóctone em riachos (SANTOS; RODRIGUES, 2015). Assim, o estudo da meiofauna se apresenta como um bom indicador para os estudos sobre mudanças climáticas e impactos antropogênicos. No qual, mudanças globais podem gerar efeitos negativos, principalmente para a cadeia alimentar bentônica; e podem favorecer algumas espécies meiofaunais, uma vez que podem exibir notáveis adaptações fisiológicas (ZEPELLI et al., 2015).

A meiofauna é pouco estudada em ambientes de água doce continentais. Dos grandes Biomas brasileiros, a caatinga é o menos conhecido em relação a sua biodiversidade (LEWINSOHN E PRADO, 2005). Devido a maior parte de estudos da meiofauna está

concentrado em ambiente marinho a relevância deste estudo se apresenta, pois, será demonstrado um pouco sobre a composição bentônica de ecossistemas aquáticos continentais do semiárido, além de contribuir para o levantamento de impacto ambiental em uma região onde a água para consumo, pesca e no âmbito geral são historicamente escassos. O presente trabalho visa compreender a dinâmica de organismos da meiofauna que passaram por extremo estresse ambiental, se baseando em 3 períodos diferentes antes, durante e depois do colapso hídrico dos reservatórios.

METODOLOGIA

Áreas de Estudo

Geograficamente, o reservatório, está situado na região da Borborema, Mesorregião do agreste Paraibano e mais precisamente na Microrregião do Curimataú ocidental, fixando-se a 9 km do município mais próximo Cuité – PB. Nesse sentido o reservatório prospectado (Boqueirão do Cais) inserido hidrograficamente, na Bacia Hidrográfica do rio Jacú, município de Cuité – PB. Um dos principais impactos antrópicos relacionados a essa bacia é a descarga de efluentes de cidades e povoados localizados em suas margens, onde a maioria não possui sistema de tratamento de esgotos, desta forma, dejetos urbanos são lançados diretamente no rio. A maior parte desses materiais é lançada sem tratamento e são de origem orgânica provenientes de descargas domésticas.

O referente reservatório apresenta uma bacia de captação, cuja capacidade máxima é de 12.367.300 m³. Este corpo d'água, segundo a companhia de água e esgoto da Paraíba (CAGEPA) é de propriedade do Governo do Estado da Paraíba e é utilizado para abastecimento das cidades de Cuité e Nova Floresta, respectivamente.

A barragem de Poleiros (S 6° 43' 47"/ W 36° 05' 18") no município de Barra de Santa Rosa está localizada na microrregião do Curimataú Paraibano a 192 Km da capital João Pessoa. Tal açude é constantemente monitorado pela AESA devido a sua importância para região tanto no abastecimento doméstico quanto na pesca.

Análise de Dados

- Frequência de Ocorrência (%)

O cálculo de frequência de ocorrência para a meiofauna é feito através da fórmula:

(83) 3322.3222

contato@congresso-conimas.com.br

www.congresso-conimas.com.br

$$F_o = D \cdot 100 / d$$

Onde:

F_o = frequência de ocorrência

D = número de amostras em que o grupo esteve presente

d = número total de amostras

Para obter dados da frequência de ocorrência, foi adotada os intervalos descritos por Bodin (1977), que consistem: 1 – grupos constantes (76 % a 100 %); 2 – grupos muito frequentes (51 % a 75 %); 3 – grupos comuns (26 % a 50 %) e 4 grupos raros (1% a 25%).

- Abundância Relativa (%)

A abundância relativa corresponde a cada grupo da meiofauna verificada através da fórmula:

$$Ar = N \cdot 100 / Na$$

Onde:

Ar = Abundância relativa

N = número de organismos de cada grupo na amostra

Na = número total de organismos na amostra

Obtendo os dados verificados percentualmente para cada substrato estudado, foi considerado acima de 50 % os grupos e gêneros dominantes.

- Densidade

Densidade da meiofauna foi calculada a partir da área interna do tubo de PVC utilizado para coleta e expressa na medida utilizada para meiofauna (ind. 10 cm²).

Em campo:

Os períodos que as amostras foram coletadas dizem respeito à situação dos reservatórios, uma vez que o período I corresponde após o período de colapso hídrico, o período II reflete a antes do colapso hídrico e o período III representa a fase de secagem, ou seja, durante o processo de colapso. Leva-se em consideração que o reservatório do período I e II é o mesmo, porém o reservatório do período III é outro, todavia os dois reservatórios se encontram na mesma região e em cidades vizinhas caracterizando dessa forma, uma alta semelhança no que

diz respeito à fauna e flora, além disso, o clima semiárido contribui para as semelhanças hidrológicas de ambos os reservatórios, assim essa dinâmica de situações reflete as etapas do processo de escassez hídrica dos reservatórios do semiárido nordestino.

Período I e II

Foi realizada e analisada uma coleta para cada período, I e II sendo ambas em épocas chuvosas no reservatório Boqueirão do Caís, as amostras biosedimentológicas foram coletadas uma em maio de 2019 no período I e a outra para período II foi em março de 2013. No período I, em cada local de coleta, foram escolhidos quatro pontos de amostragem e, em cada um, foram retiradas três réplicas. No período II foi feito seis pontos de amostragem e, em cada um, foram retiradas três réplicas. Para a extração da meiofauna foi utilizado um tubo de PVC de 19,6 cm² de área interna, inserindo-o a uma profundidade de 10 cm no sedimento. Em seguida foram colocadas em potes plásticos etiquetados individualmente e fixadas com formol 4% para conservação dos organismos.

Período III

Foi realizada e analisada uma coleta em seis pontos de prospecção, com a adesão de três réplicas para cada ponto no primeiro semestre de 2015, assim, sendo escolhidos com base na melhor forma de se buscar uma boa representatividade da comunidade meiofaunística, juntamente com a atividade antrópica no local. Para a extração da meiofauna foi utilizado um tubo de PVC de 19,6 cm² de área interna, inserindo-o a uma profundidade de 10 cm no sedimento. Em seguida foram colocadas em potes plásticos etiquetados individualmente e fixadas com formol 4% para conservação dos organismos.

RESULTADOS

Comunidade Meiofaunística

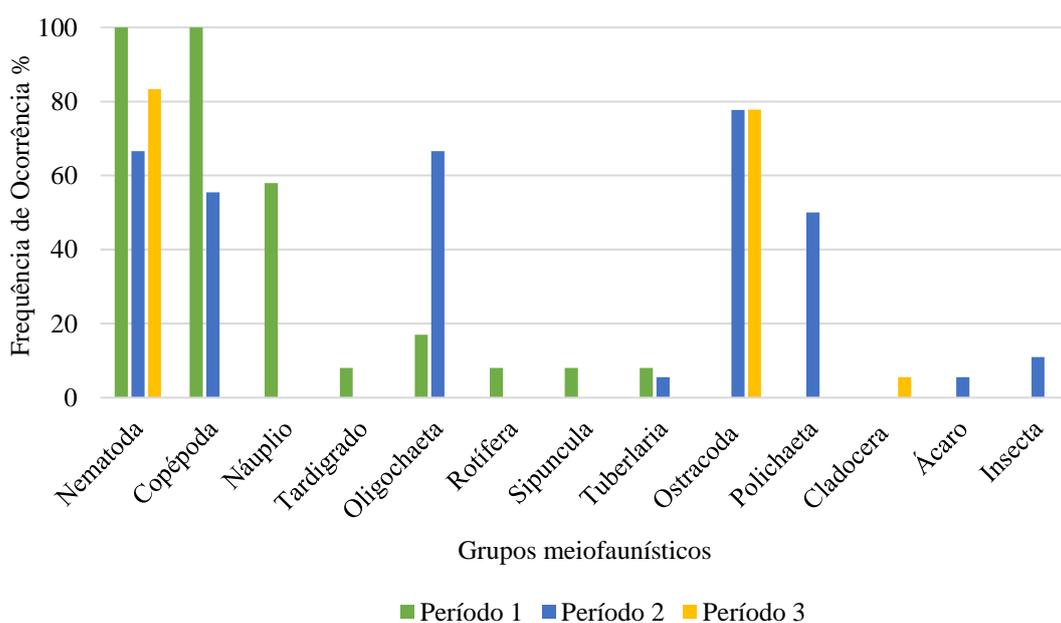
Foi registrado no reservatório Boqueirão do Caís, município de Cuité – PB, no que diz respeito ao Período I, 8 táxons: cópépoda, nematoda, náuplio, oligochaeta, rotífera, sipuncula, tardigrado e tubelária. No período II, foram encontrados 8 táxons: ácaro, cópépoda, insecta, nematoda, oligochaeta, ostracoda, polichaeta e tubelária.

No reservatório Poleiros, município de Barra de Santa Rosa – PB, que corresponde ao período III, foram registrados a presença de 3 táxons: cladocera, nematoda e ostracoda.

Frequência de Ocorrência (%)

O grupo nematoda esteve presente em todos os períodos, sendo constante em dois períodos, I e III, seguido por copépoda, ostracoda, oligochaeta e tubelária, que estiveram presentes em apenas dois períodos, nos reservatórios Boqueirão do Caís, município de Cuité – PB e em Poleiros, município de Barra de Santa Rosa – PB. (Gráfico 1).

Gráfico 1: Frequência de Ocorrência (%) dos grupos meiofaunísticos encontrados nos reservatórios prospectados Boqueirão do Caís e Poleiros, município de Cuité e Barra de Santa Rosa – PB, respectivamente.

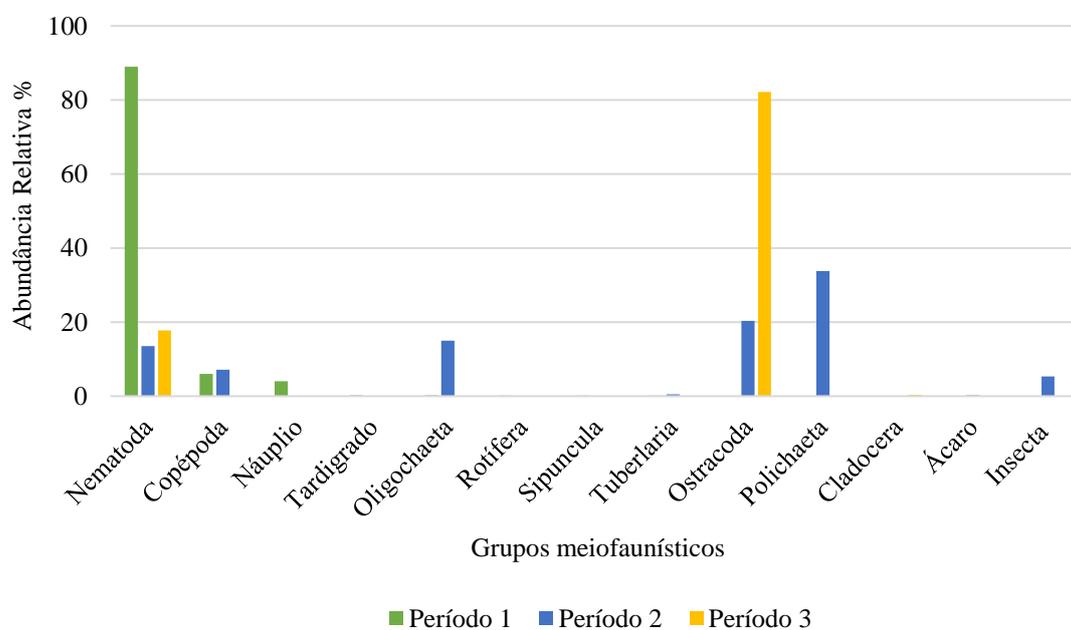


Fonte: dados de pesquisa (2019)

Abundância Relativa (%)

Nos reservatórios prospectados, a abundância relativa mostrou que nematoda foi o grupo mais abundante em todas as amostras verificadas, sendo seguido por ostracoda copépoda nos reservatórios Boqueirão do Caís, município de Cuité – PB e em Poleiros, município de Barra de Santa Rosa – PB. (Gráfico 2).

Gráfico 2: Abundância Relativa (%) dos grupos meiofaunísticos encontrados nos reservatórios prospectados Boqueirão do Caís e Poleiros, município de Cuité e Barra de Santa Rosa – PB, respectivamente.

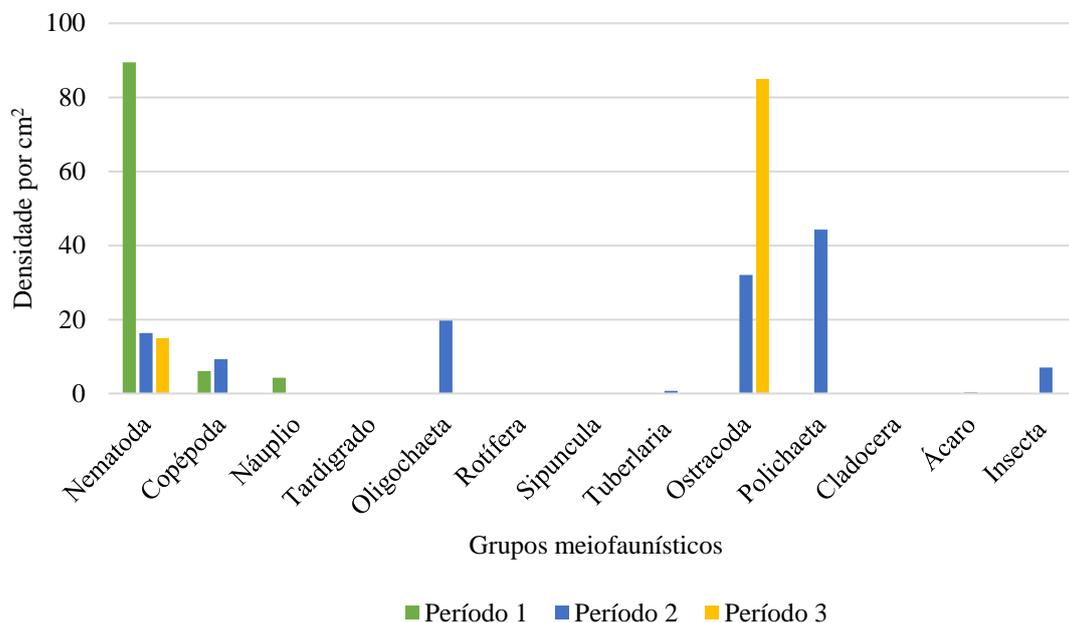


Fonte: dados de pesquisa (2019)

Densidade cm²

A maior densidade encontrada entre os períodos corresponde ao filo nematoda. A densidade por período variou significativamente. O período I nematoda obteve a maior, no período II polichaeta se destacou e no período III ostracoda se acentuou, como pode ser observado nos reservatórios Boqueirão do Caís, município de Cuité – PB e em Poleiros, município de Barra de Santa Rosa – PB. (Gráfico 3).

Gráfico 3: Densidade meiofaunística (Nº de ind./10 cm²) encontrados nos reservatórios prospectados Boqueirão do Caís e Poleiros, município de Cuité e Barra de Santa Rosa – PB, respectivamente.



Fonte: dados de pesquisa (2019)

DISCUSSÃO

A descrição de invertebrados bentônicos em ambientes limméticos no Brasil são na grande maioria restritos aos macroinvertebrados, poucos ou quase nenhum estudo refere-se aos organismos da meiofauna, sobretudo como indicadores biológicos (Santos, 2011). Para Callisto e Moreno (2006), espécie indicadora é aquela que possui pequena tolerância a variações ambientais e, quando presentes em determinada área, revela um conjunto de condições particulares daquele ambiente. A essência da bioindicação são as relações entre os seres vivos e os fatores ambientais. Assim, rápidas mudanças do ambiente provocadas pelo homem causam flutuações populacionais nos organismos. Como foi observado nos estudos qualiquantitativos da comunidade estudada do açude Boqueirão do Cais, ao longo do tempo, cada espécie possui um padrão de variação característico: algumas são mais tolerantes, outras menos, características atribuídas aos nematodas, por terem sofrido pouca variação ao longo do tempo. No caso dos reservatórios prospectados, vale ressaltar que a presente pesquisa reforça a meiofauna como indicador biológico, visto que após o colapso hídrico do reservatório a mesma permaneceu presente nas amostras coletadas pós colapso, mesmo diante das extremas condições necessárias a vida, ou seja, a ausência de água.

Diante do exposto acima, foram comparados os resultados de Jovino (2013) e Lopes (2017) que indentificaram 8 e 3 táxons, respectivamente. Observou-se que os resultados são pouco semelhantes. Jovino (2013) na sua pesquisa também encontrou 8 táxons da meiofauna, no entanto, a diversidade foi diferente, apresentando 4 táxons divergentes e 4 convergentes. No que diz respeito a comparação com as amostras de Lopes (2017), notou-se pouquíssima semelhança quanto a diversidade e quantidade, o autor encontrou apenas 3 táxons da meiofauna, sendo apenas um semelhante em termos qualitativos, que foi o grupo nematoda.

A distribuição da comunidade meiofaunística é um retrato da dinâmica do ambiente em que está, e adaptando-se de acordo a este. Os reservatórios analisados sofrem com a constante ação antrópica, modificando a distribuição dos organismos da meiofauna, além disso, a região estudada vem sofrendo ao longo dos anos um longo período de estiagem. Essa escassez de água pode ter levado ao desaparecimento de alguns grupos devido a sua sensibilidade ambiental. Nematoda foi o grupo mais frequente, os outros grupos que tiveram menor frequência foram ostracoda, tuberculária, copépoda e oligochaeta. Na abundância relativa nematoda foi dominante, tendo os maiores valores, confirmando sua biologia, logo atrás os taxóns ostracoda e copépoda. Em relação a densidade nematoda mais uma vez foi predominante sendo seguido por ostracoda e copépoda.

Os nematoda são geralmente o grupo que detêm a maior frequência em todos os habitats e estão presentes em todos os ecossistemas terrestres (DE LEY ET AL., 2006). Não existem características que diferenciem um nematoda de água doce livre de espécies terrestres (Zullini, (2013). De acordo com o mesmo autor, a única forma de diferenciá-los é em concordância com a literatura vigente. Para Giere (2009) o grupo nematoda é o mais abundante e diverso em ambientes intersticiais aquáticos no mundo. Em estudos realizados por Lucena; Da Silva; Castro (2016) no Curimataú Ocidental, nematoda mostrou-se o grupo mais abundante e constante, Lopes (2017) registrou uma maior abundância de ostracoda. Ainda para a região do Curimataú Ocidental em seu estudo Barros (2018) registrou a maior densidade e abundância de nematoda no sedimento. Esta dominância pode atingir de 80 a 99% da abundância total de metazoários (LAMBSHEAD; SCHALK, 2001).

A classe ostracoda distribui-se, assim como nematoda, por quase todo ambiente concebível de possuir vida (DELORME, 2001). Devido a sua ampla distribuição e preferência por estreitas faixas de variação ambiental, podem ser utilizados como bioindicadores (KÜLKÖYLÜOĞLU, 2004; KÜLKÖYLÜOĞLU e YILMAZ, 2006), apresentam ainda importância paleolimnológica devida ao fato de suas conchas calcárias representarem registros fósseis de invertebrados em águas doces (DELORME, 2001; GROSS et al., 2013).

Turbelaria é um táxon comum e geralmente numeroso em habitats de água doce, entretanto mesmo abundante ainda é pouco estudado quando se refere a estes habitats (KOLASA, 2001).

Em ambientes bentônicos, copépoda pode aparecer como um dos táxons mais abundantes juntamente com nematoda (MARTIN et al., 2005). Os indivíduos desse grupo meiofaunístico podem, inclusive, ser utilizados como bioindicadores para ecossistemas de água doce, principalmente de condições ecotoxicológicas, dadas as estratégias reprodutivas do grupo (BURTON et al., 2002). Alguns estudos mostram que o tipo de sedimento é que determina a presença e/ou a dominância de copépoda, que geralmente é o segundo grupo mais abundante na meiofauna dulcícola (ALONGI, 1987; COULL, 1999).

Oligochaeta é encontrado em alta abundância em locais com um maior nível de ação antrópica como, por exemplo, rios urbanos (YOSHIDA; ROLLA, 2012) e geralmente é um dos táxons que mais contribui para a biomassa de um ecossistema (REISS; SCHMIDARAYA, 2008; RISTAU et al., 2012), assim como é um dos principais contribuintes em processos de bioturbação (MARTIN et al., 2005). É nítido a diferença de organismos tanto em relação a diversidade quanto a quantidade, as alterações ambientais interferem diretamente sobre a comunidade meiofaunística, é o que o presente estudo demonstra, contudo se faz necessário outras avaliações em ambientes dulcícolas no semiárido nordestino, o mesmo preenche uma de várias lacunas em relação ao tema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grupo nematoda demonstrou mais uma vez sua importância e biologia em estudos de comunidade de ambientes aquáticos se destacando nos diferentes parâmetros analisados nos reservatórios.

A diversidade da meiofauna se modificou de um período para o outro, o que determina, que um estresse ambiental é fator transformante nas populações desses indivíduos, além da diversidade a abundância, frequência e densidade se modificaram ao longo dos períodos, assim um período de longa de estiagem afeta amplamente a dinâmica desses organismos

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. B. V. **Caracterização física e biológica da Zona Hiporreica na interação rio - Aquífero no Rio Beberibe – Pernambuco.** Universidade Federal de Pernambuco, Doutorado em Engenharia Civil – Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Tese de Doutorado. Recife – PE, 2015.

ALONGI, D. M. **Inter-estuary variation and intertidal zonation of free-living nematode communities in tropical mangrove systems.** *Marine Ecology Progress Series.* vol. 40, p.103-114, 1987.

BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. S.; CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. Z. **Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management.** *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24 (1), p. 103-118, 2012.

BAPTISTA, D. F. **Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos.** *O ecologia Brasiliensis* 12 (3):425-441. 2008.

BODIN. Philippe. **Lespeuplements de Copépodes Harpacticoides (Crustacea) dessédimentsmeubles de la zone intertidaledescôtescharentaises (Atlantiques).** *Memoires du Museum National d' Histoire Naturelle, Serie A, Zoologie.* Paris, v.104.p.1-12. 1977.

BURTON, S. M.; RUNDLE, S. D.; JONES, M. B. **Evaluation of the meiobenthic copepod *Bryocamptus zschokkei* (Schmeil) as an ecologically-relevant test organism for lotic freshwaters.** *Journal of aquatic ecosystem stress and recovery.* 9 (3), p. 185 -191, 2002.

CASTRO, F. J. V. **Variação Temporal da Meiofauna e da Nematofauna em uma Área Médio Litorânea.** Tese de doutorado (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife. 110 p, 2003.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M.D.C. **Benthic macroinvertebrates as a tool of river health assessment.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6 (1): 71-82. 2001.

CALLISTO, M. et al. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida na diversidade de habitats em atividades de ensino de pesquisa (MG – RJ).** *Acta Limnológica. Brasiliensia*, 14 (1): 91-98. 2002.

CALLISTO, M.; MORENO, P. **Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental** In: SIMPÓSIO SUL DE GESTÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, 2., 2006, Erechim. Anais... Erechim: URI-Campus de Erechim, 2006.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; MEDEIROS, A. O.; MORENO, P.; ROSA, C. A. **Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts and microbiological indicators along a**

longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 61, n. 2, p. 259-266. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842004000500003>. 2004.

COULL, B. C. **Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats.** *Australian Journal of Ecology* 24 327-343. 1999.

DELORME, L. D. Ostracoda. In: THORP, J. H.; COVICH, A. P. (Eds.). **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. 2a ed. Academic Press: San Diego, p. 811–848, 2001

DE LEY, P., DECRAEMER, W. & EYUALEM-ABEBE. Introduction: Summary of present knowledge and research addressing the ecology and taxonomy of freshwater nematodes. In: EYUALEM-ABEBE, ANDRÁSSY, I. & TRAUNSPURGER, W. (Eds.). **Freshwater nematodes: Ecology and Taxonomy**. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK, p. 3–30, 2006.

GIERE, O. **Meiobenthology: The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments**. Second Edition. Springer. 2009.

GROSS, M.; RAMOS, M. I.; CAPORALETTI, M.; PILLER, W. E. **Ostracods (Crustacea) and their palaeoenvironmental implication for the Solimões Formation (Late Miocene; Western Amazonia/Brazil)**. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 42, p. 216-241, 2013.

GOULART, M. D., CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental.** *REVISTA DA FAPAM*, ano 2. 2003.

JOVINO, G. O. **Avaliação da qualidade ambiental do açude Boqueirão do Caís (Cuité – PB) por meio de indicadores biológicos.** *Monografia, UFCG, CES, Cuité – PB*. 2017.

KARR, J. R. **Defining and measuring river health.** *Freshwater Biology*, 41: 221-234. 1999.

KENNEDY, A. D. & Jacoby, C. A. **Biological indicators of marine environmental health: meiofauna – a neglected benthic component?** *Environmental Monitoring and Assessment* 54 47-68. 1999.

KOLASA, Jerzy. Flatworms: Turbellaria and Nemertea. In: THORP, J. H.; COVICH, A. P. (Eds.). **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. 2ª ed. Academic Press: San Diego. p. 155–180, 2001.

KÜLKÖYLÜOĞLU, O. **On the usage of ostracods (Crustacea) as bioindicator species in different aquatic habitats in the Bolu region, Turkey.** *Ecological Indicators*. Vol. 4, p. 139–147, 2004.

KÜLKÖYLÜOĞLU, O. YILMAZ, F. **Ecological requirements of Ostracoda (Crustacea) in three types of springs in Turkey.** *Limnologica*. Vol. 36, p.172–180, 2006.

LAMBSHEAD, P. John. D.; SCHALK, P. Overview of marine invertebrate biodiversity. In: **Levin S (ed) Encyclopaedia of biodiversity**, v. 1. Academic Press, San Diego, CA, p 543–559, 2001.

LEWINSOHN, Thomas Michael; PRADO, Paulo Inácio. Síntese do conhecimento atual da biodiversidade Brasileira. **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira**. Vol. I. Brasília: MMA, 2005.

MARTIN, P.; BOES, X.; GODDERIS, B.; FAGEL, N. **A qualitative assessment of the influence of bioturbation in Lake Baikal sediments.** *Global and Planetary Change*. Vol. 46, p. 87–99, 2005.

NODARI, Eunice Sueli; CARVALHO, Miguel M. X. O problema do desmatamento da floresta com araucária considerando escalas de tempos mais amplas. VALENTINI, Delmir J.; MURARO, Valmir F. (Org.). **Colonização, conflitos e convivência nas fronteiras do Brasil, da Argentina e do Paraguai**. Porto Alegre: Letra & Vida; Chapecó, p. 293-317. 2015.

PIMENTA, S.M. et al. **Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana.** *Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. Rev. Ambient. Água vol. 11 n. 1 Taubaté – Jan. / Mar. 2016.

REISS, J.; SCMID-ARAYA, J. M. **Existing in plenty: abundance, biomass and diversity of ciliates and meiofauna in small streams.** *Freshwater Biology*. Vol. 53, p. 652–668, 2008.

RISTAU, K.; FAUPEL, M.; TRAUNSPURGER, W. **The effects of nutrient enrichment on a freshwater meiofaunal assemblage.** *Freshwater Biology*. Vol.57, p. 824–834, 2012.

SANTOS, E. A. R. **Sucessão Ecológica meiofaunística no manancial Olho d’água da Bica em Cuité – PB.** Monografia, UFCG, CES, Cuité – PB. 2011.

SANTOS, I. G. A. dos; RODRIGUES, G. G. **Colonização de macroinvertebrados bentônicos em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do nordeste brasileiro.** *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 105(1):84-93, 2015.

LOPES, T. S. **Caracterização da meiofauna e da nematofauna da barragem de Poleiros, Barra de Santa Rosa – Paraíba, Brasil.** Monografia, UFCG, CES, Cuité – PB. 2017.

LUCENA, B. K. P. **Biodiversidade Meiofaunística em Ecossistemas Aquáticos do Curimataú Ocidental Paraibano.** Dissertação de mestrado em Ciências Naturais e

Biotecnologia. (PPGCNBiotec) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Cuité – PB , 2015 .

YOSHIDA, C. E.; ROLLA, A. P. R. **Ecological attributes of the benthic community and indices of water quality in urban, rural and preserved environments.***Acta Limnologica Brasiliensia*. 24 (3), p. 235-243, 2012.

ZULLINI, A. **Is a biogeography of freshwater nematodes possible?.** *Nematology*. Vol. 16, p.1-8, 2013.

BIODIVERSIDADE DE ALGAS E CIANOBACTÉRIAS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Janiele França Nery ¹
Gleydson Kleyton Moura Nery ²
Salomão de Sousa Medeiros ³

RESUMO

O fitoplâncton é um discriminador ambiental, sendo as flutuações e alterações em sua composição e estrutura indicativas das características do ecossistema. O estudo da diversidade biológica ocorre em três níveis: diversidade alfa, diversidade beta e diversidade gama, contudo, a diversidade beta destaca-se por ser um fator chave para compreender o funcionamento dos ecossistemas e as causas da sua diversidade. Neste sentido o objetivo deste estudo é avaliar a influência das características climáticas sobre a diversidade taxonômica do fitoplâncton e os padrões de diversidade beta em reservatórios do semiárido da Paraíba. Foram amostrados, três reservatórios na Paraíba localizados nas regiões do Agreste, Borborema e Sertão, nos meses de fevereiro/2019 e julho/2019 para avaliação da composição, diversidade taxonômica e diversidade beta. A composição taxonômica do fitoplâncton nos reservatórios totalizou 53 táxons infra-genéricos distribuídos em 9 Classes: Cyanophyceae, Trebouxiophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Mediophyceae, Coscinodiscophyceae, Zygnematomphyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae, sendo as Cyanobacteria as mais representativas. A riqueza de espécies diminuiu entre os períodos de seca e chuva nos reservatórios Epitácio Pessoa e Coremas, ocorrendo aumento no reservatório Argemiro de Figueiredo, no entanto, o mesmo padrão não foi observado para a variação da diversidade taxonômica, ocorrendo declínio em Epitácio Pessoa e aumento para Coremas e Acauã. A diversidade taxonômica apresentou variação entre os sistemas e entre os períodos hidrológicos, o que denota a influência das características geoclimáticas e hidrológicas sobre a composição relação filogenética das espécies.

Palavras-chave: Diversidade taxonômica, Diversidade Beta, Aninhamento.

INTRODUÇÃO

Avaliar, medir e interpretar a biodiversidade no espaço e no tempo são tarefas desafiadoras em ecologia, evolução, biogeografia e conservação (CARDOSO et al, 2014). As alterações ambientais globais e perturbações antrópicas têm afetado amplamente a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas, deste modo conhecer a diversidade de espécies numa determinada área, bem como quantificar as formas de distribuição das comunidades locais ou regionais torna-se essencial para preservação de espécies, conservação

¹Doutora em Ciências Ambientais. Pesquisador no Instituto Nacional do Semiárido – INSA – PB, janiele.nery@insa.gov.br;

²Mestre em Ecologia e Conservação. Pesquisador no Instituto Nacional do Semiárido – INSA – PB, gleydson.nery@insa.gov.br;

³Doutor em Ciências Agrárias. Pesquisador no Instituto Nacional do Semiárido – INSA – PB, salomao.medeiros@insa.gov.br.

dos recursos naturais e recuperação de ecossistemas degradados (MAGURRAN & DORNELAS, 2010; ROSADO *et al.* 2013; RODRIGUES *et al.* 2015).

Os ecossistemas aquáticos de regiões semiáridas e áridas apresentam variabilidade espacial e temporal marcantes, em função das particularidades de seu regime hidrológico (SÁNCHEZ-CARRILLO & ALVAREZ-COBELAS, 2001). No semiárido brasileiro os reservatórios apresentam vazão baixa e elevado tempo de residência da água associado com um balanço hídrico negativo e temperaturas elevadas durante a maior parte do ciclo hidrológico (BARBOSA *et al.*, 2012).

Os organismos que compõem o ecossistema aquático são interligados através da cadeia trófica, sendo o fitoplâncton (algas e cianobactérias) a componente base, deste modo, variações na composição deste é o reflexo das mudanças das condições ambientais no tempo e espaço, estando os padrões de riqueza, diversidade, densidade e biomassa diretamente relacionados com esta variação (REYNOLDS, 2006).

O fitoplâncton é utilizado como um discriminador ambiental, sendo as flutuações e alterações na composição e estrutura indicativas das características do ecossistema. Desta forma, as variáveis físicas e químicas fornecem informações instantâneas, efeitos de longo prazo da qualidade ambiental são armazenados nas comunidades biológicas (LOBO *et al.*, 2002).

O estudo da diversidade biológica ocorre em três níveis: (i) diversidade alfa, a “riqueza de espécies local”, (ii) diversidade beta, a “amplitude de alteração na composição da comunidade” e a (iii) diversidade gama, a “diversidade de espécies regional” (WHITTAKER, 1972). Neste contexto, a diversidade beta destaca-se por ser um fator chave para compreender o funcionamento dos ecossistemas e as causas da sua diversidade (CONDIT *et al.* 2002).

Estudos de diversidade beta descrevem a extensão das diferenças de composição entre os locais e buscam revelar os mecanismos de construção que impulsionam essas diferenças, ou seja, a estruturação das comunidades no espaço e/ou no tempo (KRAFT *et al.*, 2011; BEAUDROT *et al.*, 2013). Dois são os fenômenos gerados pela diversidade beta, (i) turnover de espécies, que implica na substituição de espécies encontradas no ambiente por outras espécies através da triagem ambiental ou restrições espaciais e históricas, o que acaba por influenciar em taxas de endemismo em várias escalas espaciais (BOND *et al.*, 2001; QIAN *et al.*, 2005; BASELGA, 2010) e o (ii) aninhamento de espécies, onde o conjuntos de espécies ocorre quando pontos com menor número de espécies são subconjuntos dos pontos mais ricos o que reflete na perda de espécies como uma consequência de fatores que promovem a

desagregação ordenada das assembleias (WRIGHT & REEVES, 1992 ; GASTON & BLACKBURN, 2000; ULRICH & GOTELLI, 2009; VILLÉGER et al, 2013).

A diversidade taxonômica ou filogenética é uma medida da diversidade de uma comunidade que incorpora as relações filogenéticas das espécies (MAGURRAN 2004). A premissa dessa medida é que a diversidade é maior em uma comunidade em que as espécies são filogeneticamente mais distintas, deste modo, espécies coexistindo devem diferir significativamente, assim a maior parte da variação entre espécies aparentadas é uma resposta adaptativa à competição no passado, quando os traços não diferiam (CIANCIARUSO et al., 2009).

O objetivo deste estudo é avaliar a influencia das características climáticas sobre a diversidade taxonômica do fitoplâncton e os padrões de diversidade beta em reservatórios do semiárido da Paraíba.

METODOLOGIA

Área de Estudo

Foram realizadas duas amostragens, em fevereiro/2019 (período de seca) e Julho/2019 (período chuvoso), em três reservatórios localizados em diferentes mesorregiões da Paraíba: agreste – Reservatório Argemiro de Figueiredo; Borborema – Reservatório Epitácio Pessoa; e sertão – Reservatório Coremas (Figura 1).

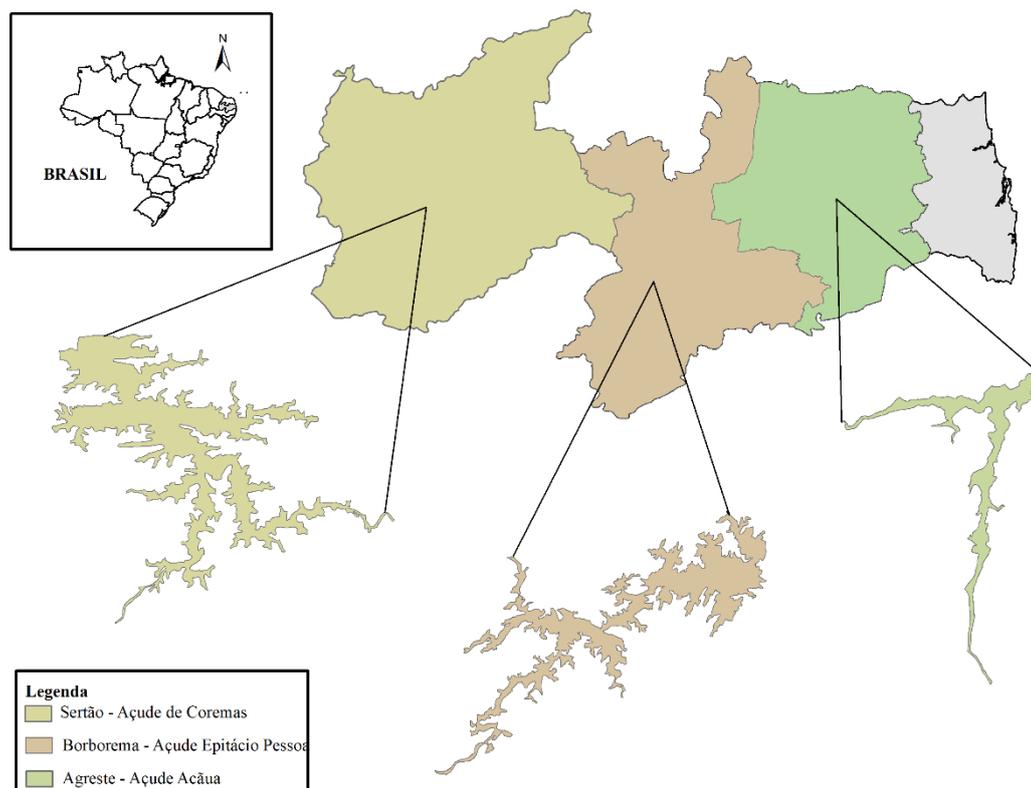


Figura 1.: Representação da localização dos reservatórios na geografia do Estado da Paraíba.

Métodos

A amostragem da comunidade fitoplanctônica deu-se em duas estações amostrais ao longo dos reservatórios, através de arrastos horizontais, utilizando rede de plâncton de abertura de malha de 20 μ m para amostras qualitativas da comunidade. Amostras de 300 mL de água foram coletadas e fixadas com solução de lugol acético para avaliação da densidade fitoplanctônica.

As identificações das populações fitoplanctônicas foram realizadas em microscópio óptico Zeiss, equipado com contraste de fase e analisador de imagens (Axion Cam), através da análise de características morfológicas e morfométricas das fases vegetativa e reprodutiva. A abundância das populações, foram estimadas pelo método da sedimentação de Utermöhl (1958), em microscópio invertido. O volume sedimentado foi definido de acordo com a concentração de algas e/ou de detrito. O tempo de sedimentação foi de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara. Os indivíduos (células, colônias, filamentos) foram enumerados em campos aleatórios (UHELINGER 1964), em número suficiente para alcançar 100 indivíduos da espécie mais frequente, sendo o erro inferior a 20%, ($p < 0,05$) (LUND et al. 1958). Mesmo não sendo apresentados os dados de contagem no presente trabalho as espécies identificadas nas amostras quantitativas foram incorporadas a lista de espécies utilizada.

Análise de Dados

Para estimar os índices de Diversidade Taxonômica, utilizou-se uma classificação Linneana hierárquica como base para os cladogramas que representam a relação filogenética das espécies, sendo considerados cinco níveis taxonômicos (espécie, gênero, família, ordem, classe e filo). A diversidade taxonômica (Δ) foi utilizado como medida de amplitude taxonômica total de uma comunidade, uma vez que se duas comunidades tem um número identico de espécies, mas diferem na diversidade de táxons as quais as espécies pertecem, a assembléia mais variada taxonomicamente será é a mais diversa (CLARKE & WARWICK, 1998; MAGURRAN 2004). A grande vantagem deste índice é que podemos variar sua sensibilidade a diferenças na contribuição das espécies raras. As medidas de diversidade taxonômica foram calculadas utilizando a função taxondive () no pacote "vegan" no R (OKSANEN et al., 2013).

A diversidade beta (β_{SOR}) e seus componentes, turnover (β_{SIM}) e aninhamento (β_{SNE}), foram calculados de acordo com Baselga (2010), utilizando o pacote BETAPART (BASELGA & ORME, 2012; RCoreTeam, 2013) no software R. A diversidade beta foi estimada entre os sistemas e entre os períodos amostrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição taxonômica do fitoplâncton nos reservatórioss totalizou 53 táxons infra-gênericos distribuídos em 9 Classes (Tabela 1): Cyanophyceae, Trebouxiophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Mediophyceae, Coscinodiscophyceae, Zygnematophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae. O reservatório Acauã apresentou o maior número de táxons, seguido de Boqueirão e Acauã.

A riqueza de espécies diminuiu entre os períodos de seca e chuva nos reserevatório Epitácio Pessoa e Coremas, ocorrendo aumento no reseervatório Argemiro de Figueiredo (Figura 3A). O mesmo padrão não foi observado para a variação da diversidade taxonômica, ocorrendo declínio em Epitácio Pessoa e aumento para Coremas e Argemiro de Figueiredo (Figura 3B).

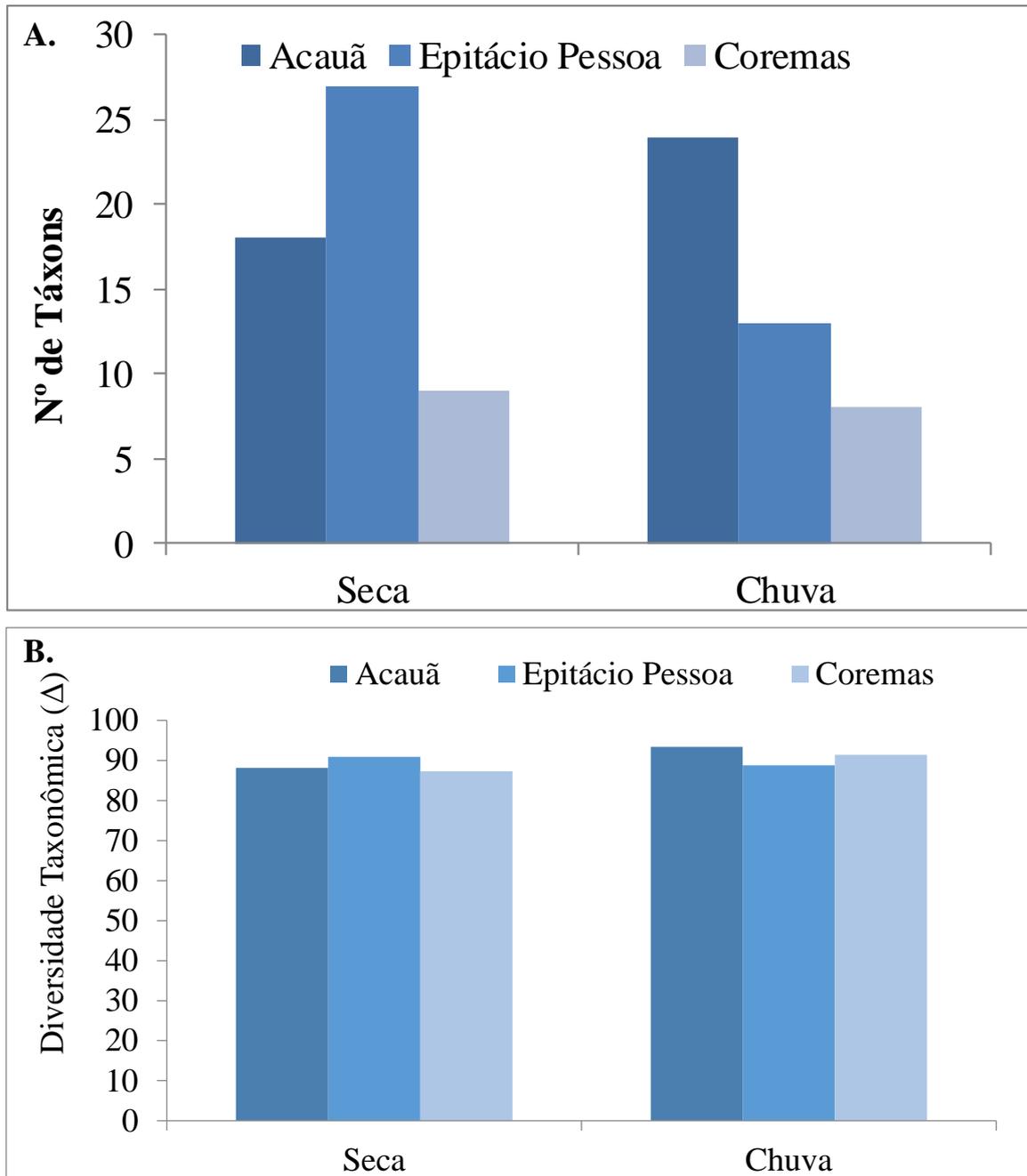


Figura 3. (a) Variação da riqueza de espécies e (b) Diversidade taxonômica nos reservatórios de Coremas, Epitácio Pessoa e Acauã.

A diversidade e taxonômica pode ser considerada uma medida intermediária para estimar a disponibilidade de nichos de uma comunidade (CAMPBELL et al., 2011), uma vez que se espera traços funcionais mais similares entre as espécies mais próximas filogeneticamente (ACKERLY, 2003). Deste modo, o aumento na diversidade taxonômica no período chuvoso observado nos sistemas pode ser considerado um reflexo da diversidade de hábitos entre as espécies, que se intensificam à medida que o estresse hídrico do sistema diminui e os recursos tornam-se menos limitantes.

Tabela 1.: Distribuição e Classificação das espécies entre os reservatório de Coremas, Epitácio Pessoa e Acauã.

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie	Acauã	Boqueirão	Coremas
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus dispersus</i>	X	X	
			Microcystaceae	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>		X	X
					<i>Microcystis protocystis</i>	X		X
		Synechococales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa</i>	<i>Aphanocapsa elachista</i>	X		
			Coelosphaeriaceae	<i>Coelomorum</i>	<i>Coelomorum tropicalis</i>		X	X
			Pseudanabaenaceae	<i>Limnothrix</i>	<i>Limnothrix planctonica</i>	X	X	
				<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena galeata</i>		X	
					<i>Pseudanabaena mucicola</i>	X		
		Oscillatoriales	Coleofasciculaceae	<i>Anagnostidinema</i>	<i>Anagnostidinema amphibium</i>	X		
			Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i>	<i>Phormidium breve</i>		X	
			Microcoleaceae	<i>Arthrospira</i>	<i>Arthrospira platensis</i>	X		
				<i>Planktothrix</i>	<i>Planktothrix agardhii</i>		X	X
					<i>Planktothrix isothrix</i>		X	
		Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Dolichospermum</i>	<i>Dolichospermum solitarium</i>	X		
				<i>Aphanizomenon</i>	<i>Aphanizomenon gracile</i>	X		

	<i>Anabenopsis</i>	<i>Anabenopsis elenkinii</i>	X		
	<i>Raphidiopsis</i>	<i>Raphidiopsis raciborskii</i>	X	X	X
	<i>Amphiheterocytum</i>	<i>Amphiheterocytum lacustre</i>		X	
	<i>Cuspidothrix</i>	<i>Cuspidothrix tropicalis</i>	X	X	

Chlorophyta

Trebouxiophyceae

Trebouxiales	Botryococcaceae	<i>Botryococcus</i>	<i>Botryococcus braunii</i>	X		
Chlorellales	Oocystaceae	<i>Crucigeniella</i>	<i>Crucigeniella crucifera</i>	X	X	
		<i>Oocystis</i>	<i>Oocystis lacustres</i>		X	
	Chlorellaceae	<i>Chlorella</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>		X	
		<i>Dictyosphaerium</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		X	X

Chlorophyceae

Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i>	<i>Coelastrum microporum</i>	X		
		<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X	
	Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i>	<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	X	X	X
		<i>Kirchneriella</i>	<i>Kirchneriella lunaris</i>	X	X	
		<i>Monoraphidium</i>	<i>Monoraphidium contortum</i>	X	X	
	Radiococcaceae	<i>Coenocloris</i>	<i>Coenocloris sp</i>			X
		<i>Eutetramorus</i>	<i>Eutetramorus fottii</i>			X
	Hydrodictyaceae	<i>Tetraedron</i>	<i>Tetraëdron triangulare</i>	X		

Bacillariophyta

Bacillariophyceae

Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia sp.</i>	X	
			<i>Nitzschia closterium</i>		X
Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia sp</i>	X	
Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i>	<i>Synedra ulna</i>		X
		<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria capuccinha</i>	X	
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>Surirella sp</i>	X	
Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia sp.</i>		X
	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula sp.</i>	X	X
	Stauroneidaceae	<i>Stauroneis</i>	<i>Stauroneis sp</i>		X

Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i>	<i>Cyclotella striata</i>	X	X
--------------	------------------	-------------------	-------------------	---------------------------	---	---

Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	X	X	X
---------------------	----------------	-----------------	--------------------	------------------------------	---	---	---

Charophyta

Zygnematophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i>	<i>Staurastrum leptocladum</i>			X
		Closteriaceae	<i>Closterium</i>	<i>Closterium lanceolatum</i>	X	X	
	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>	<i>Mougeotia sp.</i>	X	X	

Miozoa

Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium</i>	<i>Ceratium furcoides</i>	X	X
	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i>	<i>Peridinium sp.</i>	X	X

Euglenozoa

Euglenophyceae

Euglenales

Euglenaceae

Trachelomonas

Trachelomonas volvocina

X

Trachelomonas

Trachelomonas armata

X

Phacaceae

Lepocinclis

Lepocinclis acus

X

Phacus

Phacus curvicauda

X

- -

A diversidade beta entre os reservatórios apresentou maiores valores durante o período de chuvas (Figura 4), sendo o aninhamento (β_{SIM}) a variável que mais contribuiu para a variação das comunidades em detrimento ao turnover (β_{SNE}). Restrições ambientais, como a variação do volume hídrico podem ser considerados importantes na estruturação da comunidade, definindo a distribuição dos organismos e moldando a diversidade biológica do local (BARBOSA *et al.*, 2012), conforme observado nos dados.

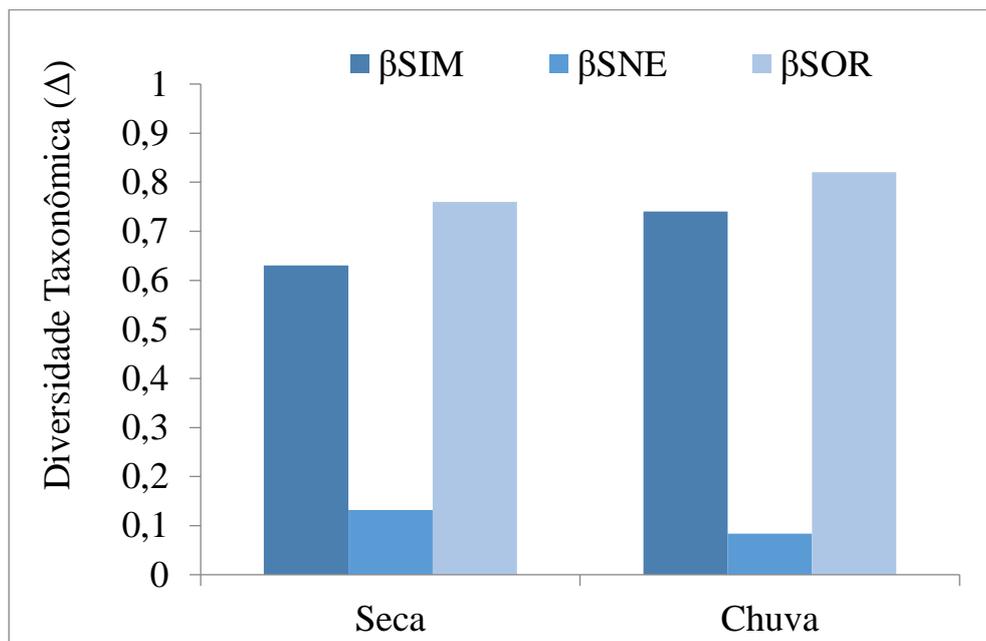


Figura 4. Variação na diversidade beta (β_{Sor}) e suas variantes (turnover – β_{Sim} ; Aninhamento- β_{SNE}) nos reservatórios Coremas, Epitácio Pessoa e Acauã entre o período de fevereiro e julho de 2019.

O aninhamento é um dos fenômenos que podem gerar a diversidade beta (HARRISON *et al.*, 1992), e é definido como o grau de dissimilaridade existente (diferenças em termos de espécies presentes) entre as comunidades de dois sítios distintos (BASELGA, 2010). Muitas espécies podem coexistir em condições mais amenas de gradientes ambientais, porém apenas espécies resistentes são capazes de se manter sob condições mais extremas e restritivas (TOWNSEND *et al.*, 2003). Nossos resultados apontam que as diferenças geradas pelas mesorregiões geográficas permitem a constituição de um gradiente de espécies fitoplancônicas gerando uma perda não aleatória de espécies (BASELGA, 2010), o que caracteriza o aninhamento observado (WANG *et al.*, 2010).

O turnover, também foi importante na estruturação da diversidade beta entre os sistemas. De modo, as espécies divergem em suas necessidades e tolerâncias fisiológicas, de

modo que determinadas condições e gradientes podem caracterizar-se como extremos para algumas espécies, contudo, outras espécies podem tolerar essas mesmas condições, gerando assim a substituição das espécies (turnover) (BASELGA, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade taxonômica apresentou variação entre os sistemas e entre os períodos hidrológicos, o que denota a influência das características geoclimáticas e hidrológicas sobre a composição relação filogenética das espécies. As diferenças observadas foram corroboradas pelos padrões de distribuição das espécies, sendo o aninhamento a forma de substituição predominante. Novos estudos que considerem as características funcionais da comunidade fitoplanctônica podem ser muito benéficos para a compreensão da dinâmica destes organismos.

REFERÊNCIAS

ACKERLY, D.D. 2003. Community assembly, niche conservatism and adaptive evolution in changing environments. *Int. J. Plant. Sci.* 164(3 Suppl.):S165-S184.

NEIL CAMPBELL, FRANCIS NEAT, FINLAY BURNS, AND PHIL KUNZLIK. 2011. Species richness, taxonomic diversity, and taxonomic distinctness of the deep-water demersal fish community on the Northeast Atlantic continental slope (ICES Subdivision VIa) *ICES J. Mar. Sci.* 68 (2): 365-376

BARBOSA JEL, MEDEIROS ESF, BRASIL J, CORDEIRO RS, CRISPIM MCB, SILVA GHG. 2012. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24(1): 103-118.

BASELGA, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 134–143.

BASELGA, A. & ORME, C.D.L. 2012. Betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3, 808–812.

- BEAUDROT, L., REJMANEK, M. & MARSHALL, A.J. 2013. Dispersal modes affect tropical forest assembly across trophic levels. *Ecography*, 36, 984–993.
- BOND, W.J., SMYTHE, K.-A. & BALFOUR, D.A. 2001. Acacia species turnover in space and time in an African savanna. *Journal of Biogeography*, 28, 117–128.
- CARDOSO, P., RIGAL, F., CARVALHO, J.C., FORTELIUS, M., BORGES, P.A.V., PODANI, J. & SCHMERA, D. 2014. Partitioning taxon, phylogenetic and functional beta diversity into replacement and richness difference components. *Journal of Biogeography*, 41, 749–761.
- CIANCIARUSO, M. V., SILVA, I. A., & BATALHA, M. A. 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, 9(3), 93-103.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *J. Appl. Ecol.* 35(4):523-531
- CONDIT, R., et al. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science*, 295: 666-669.
- GASTON, K. J. & BLACKBURN, T.M. 2000. *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science, Oxford.
- HARRISON, S.; S.J. ROSS & J.H. LAWTON. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 61:151-158.
- KRAFT, N.J.B., COMITA, L.S., CHASE, J.M., SANDERS, N.J., SWENSON, N.G., CRIST, T.O., STEGEN, J.C., VELLEND, M., BOYLE, B., ANDERSON, M.J., CORNELL, H.V., DAVIES, K.F., FREESTONE, A.L., INOUE, B.D., HARRISON, S.P. & MYERS, J.A. 2011. Disentangling the drivers of beta diversity along latitudinal and elevational gradients. *Science*, 333, 1755–1758.
- LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LECREN, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143–170.
- MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.

MAGURRAN, A. E. & DORNELAS, M. 2010. Biological diversity in a changing world. *Philos. T. R. Soc. B.* 365, 3593–3597.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHINI, P.R., O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.M.H., WAGNER, H. 2013. Vegan: community ecology package version 2.0 – 10.

QIAN, H., RICKLEFS, R.E. & WHITE, P.S. 2005. Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecology Letters*, 8, 15–22.

REYNOLDS, C. S., 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge: 535.

RODRIGUES, L. C., N. R. SIMÕES, V. M. BOVO-SCOMPARIN, S. JATI, N. F. SANTANA, M. C. ROBERTO, S. TRAIN, 2015. Phytoplankton alpha diversity as an indicator of environmental changes in a neotropical floodplain. *Ecological Indicators* 48: 334-341.

ROSADO, B. H. P., A. T. T. DIAS, E. A. MATTOS, 2013. Going Back to Basics: Importance of Ecophysiology when Choosing Functional Traits for Studying Communities and Ecosystems. *Brazilian Journal of Nature Conservation* 11: 15-22

SÁNCHEZ-CARRILLO, S.; ALVAREZ-COBELAS, M. 2001. Nutrient dynamics and eutrophication patterns in a semiarid wetland: the effects of fluctuating hydrology. *Water Air Soil Pollution*, 131:97–118

TOWNSEND, C.R.; M. BEGON & J.L. HARPER. 2003. *Fundamentos em ecologia*. Artmed, Porto Alegre.

UHELINGER V, 1964. Étude statistique des methodes de dénombrement planctonique. *Archives of Science* 17(2): 121-223.

ULRICH, W., ALMEIDA-NETO, M. and GOTELLI, N.J. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos*, 2009 118, 3–17. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.17053.x>

UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilung Internationalen Verein Limnologiae* 9: 1- 38.

VILLÉGER, S. , GRENOUILLET, G. and BROSSE, S. 2013. Decomposing functional β -diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 22: 671-681. doi:[10.1111/geb.12021](https://doi.org/10.1111/geb.12021)

VILLÉGER, S. , GRENOUILLET, G. and BROSSE, S. (2013), Decomposing functional β -diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 22: 671-681. doi:[10.1111/geb.12021](https://doi.org/10.1111/geb.12021)

WANG, Y.; Y. BAO; M. YU; G. XU & P. DING. 2010. Nestedness for different reasons: the distributions of birds, lizards and small mammals on islands of an inundated lake. *Diversity and Distributions*, 16:862-873.

WRIGHT, D., H; REEVES J, H. 1992. On the meaning and measurement of nestedness of species assemblages. *Oecologia* 92:416–428.

WHITTIER T. R. 2007. A structured approach for developing indices of biotic integrity: three examples from streams and rivers in the Western USA. *T Am Fish Soc* 136:718–735

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NA BACIA DO RIO PARAÍBA E SUA RELAÇÃO COM O ESTADO TRÓFICO

Camila Ferreira Mendes ¹
Flávia Morgana Monteiro ²
Juliana dos Santos Severiano ³
José Etham de Lucena Barbosa ⁴

RESUMO

A comunidade fitoplanctônica presente nos ambientes aquáticos serve como ferramenta de monitoramento de qualidade de água, trazendo resposta que podem alertar e prevenir acontecimentos graves que venham a ferir a integridade nos âmbitos sociais, econômicos e ecológicos. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a comunidade fitoplanctônica como bioindicadores da qualidade da água, e sua relação com o estado trófico. O estudo foi realizado em quatro reservatórios localizados na bacia do rio Paraíba (Acauã, Boqueirão, Camalaú e Poções), no período de um ano, totalizando quatro amostragens. Foram coletadas amostras de água para análise de fósforo total e clorofila-a, e suas concentrações utilizadas para o cálculo do Índice de Estado Trófico (IET). Amostras de água também foram coletadas para identificação e contagem da comunidade fitoplanctônica. A comunidade fitoplanctônica foi dividida em quatro classes: Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Euglenophyceae. A classe Chlorophyceae apresentou a maior riqueza de espécies, chegando a apresentar 22 espécies em um mês de amostragem no reservatório Poções. A classe Cyanophyceae apresentou a maior densidade e dominância sobre os demais grupos algais na maioria dos meses amostrados em todos os reservatórios. Apenas o reservatório Poções chegou a apresentar alta diversidade e para os demais a diversidade foi considerada média. O IET, mostrou que houve um aumento do estado de trofia dos reservatórios durante o período de estudo, sendo perceptível especialmente nos reservatórios Acauã e Poções, que passaram respectivamente de eutrófico e mesotrófico, para hipereutrófico. O reservatório Boqueirão manteve-se mesotrófico, enquanto que o reservatório Camalaú passou de mesotrófico para supereutrófico.

Palavras-chave: Reservatórios, Eutrofização, Semiárido, Qualidade de água, Cianobactérias.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é caracterizado por apresentar características climáticas bem específicas, como ocorrência de poucas chuvas, períodos extensos de escassez de água, altas taxas de evaporação, elevada intensidade luminosa (BARBOSA et al. 2012; COSTA, 2016).

¹ Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, camilafmendes@hotmail.com;

² Doutoranda em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, jsantosseveriano@gmail.com;

³ Doutora em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, jsantosseveriano@gmail.com;

⁴ Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos - UFSC, ethambarbosa@hotmail.com;

Nessa região, os reservatórios são ambientes definidos como ecossistemas aquáticos de extrema importância, tendo em vista que foram construídos a fim de minimizar os impactos da seca. Além de terem uma função ambiental, servem para atividades de recreação, pesca, agricultura, dessedentação de animais e abastecimento público.

Atualmente, as condições climáticas e a constante interferência das ações antrópicas vêm produzindo impactos diretos e indiretos nos ecossistemas aquáticos, apresentando consequências para o seu funcionamento e afetando a qualidade da água (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008; ESTEVES, 2011). Um dos principais problemas relacionados à degradação da água corresponde a eutrofização, processo no qual ocorre o enriquecimento dos corpos d'água por nutrientes, principalmente, nitrogênio e fósforo (SCHINDLER, 2012).

Esse aporte de nutrientes resulta em vários sintomas indesejáveis como alta biomassa fitoplanctônica, principalmente as cianobactérias, depleção de oxigênio, aumento da turbidez, alterações no gosto e odor, além de complicações no tratamento da água (MANTZOUKI et al. 2016; NDLELA et al. 2016). Muitos dos problemas associados à eutrofização são, no entanto, causados pela prevalência de cianobactérias, onde muitas das quais são indesejáveis do ponto de vista da qualidade da água (BRASIL et al. 2016; HAVENS et al. 2017). Uma vez que, esses organismos são capazes de produzir uma ampla gama de toxinas potentes que podem ter implicações na saúde da vida aquática, gado e animais selvagens (BAIG et al. 2017; BRIENT et al. 2017) e até mesmo em humanos (FUNARI et al. 2017; REZAITABAR et al. 2017).

Nesse contexto, a comunidade fitoplanctônica encontra-se como uma variável biológica preocupante devido ao crescimento excessivo causado pelo fenômeno da eutrofização, que é um fator de perda da qualidade da água em reservatórios, que vem ocorrendo com maior frequência no nordeste brasileiro (COSTA et al. 2009; SILVA et al. 2011; VASCONCELOS et al. 2011). Sabe-se que esse fenômeno causa vários impactos negativos na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, como por exemplo, florações tóxicas de cianobactérias, pois apresentam várias vantagens ecológicas sobre outros grupos fitoplanctônicos como a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, estocar nutrientes, flutuar e regular sua posição na coluna d'água e desempenhar altas taxas de fotossíntese sob condições de baixa luminosidade (O'NEIL et al. 2012).

Diante disso, o conhecimento sobre a dinâmica espaço-temporal das espécies da comunidade fitoplanctônica em reservatórios que compõem a mesma bacia hidrográfica, sobretudo localizados no semiárido, são relevantes para a compreensão e o monitoramento da qualidade da água utilizada para diversas finalidades. Assim, o presente trabalho tem como

objetivo analisar a comunidade fitoplanctônica como bioindicadores da qualidade da água, e sua relação com o estado trófico de reservatórios localizados na bacia do Rio Paraíba.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado nos reservatórios Acauã ($7^{\circ}28'31''$ S; $35^{\circ}35'34''$ W), Boqueirão ($7^{\circ}28'9''$ S; $36^{\circ}8'2''$ W), Camalaú ($7^{\circ}53'10''$ S; $36^{\circ}49'25''$ W), e Poções ($7^{\circ}53'45''$ S, $37^{\circ}0'50''$ W), localizados no estado da Paraíba, Brasil (Figura 1). Esses reservatórios fazem parte da Bacia do Rio Paraíba do Norte, a segunda maior bacia do estado da Paraíba, com uma área de 20.071,83 km² (AESA, 2018). Os reservatórios são de grande importância socioeconômica para a região, pois são utilizados para abastecimento público, dessedentação animal, irrigação e pesca.

O clima da região é tropical (BSh), com precipitação anual em torno de 400 mm nos locais mais secos. As maiores precipitações são registradas entre os meses de fevereiro e maio (ARAÚJO et al. 2009), porém período atípico de seca ocorreu entre os anos de 2014 e 2017, com precipitações abaixo da média, o que resultou na redução drástica do volume hídrico dos reservatórios (MARTINS et al. 2015; WALTER et al. 2018).



Figura 1. Localização dos reservatórios Poções (A), Camalaú (B), Boqueirão (C), e Acauã (D), Paraíba-Brasil.

Amostragem e análise dos dados

O período de estudo foi de um ano, sendo realizadas quatro amostragens (Fevereiro, Junho e Outubro de 2016 e Fevereiro de 2017). As amostras foram coletadas em um ponto próximo ao barramento e do ponto de onde a água é captada para o abastecimento, sendo coletadas amostras na subsuperfície da coluna d'água, com o auxílio de balde.

Variáveis climáticas, químicas e biológicas

Os dados de precipitação pluviométrica e volume hídrico foram obtidos no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A).

Amostras para a análise de fósforo total (PT) e clorofila-a foram coletadas em frascos plásticos de 500mL e conduzidas ao laboratório em isopor com gelo. As concentrações de fósforo total foram mensuradas de acordo com as técnicas descritas em APHA (2012). Foram filtradas 250mL em filtro de fibra de vidro Whatman GF/C de 47 mm de diâmetro e os filtros foram utilizados para análise das concentrações de clorofila *a*, determinadas espectrofotometricamente com bases nos procedimentos descritos por Jespersen & Christoffersen (1987).

Amostras para análise qualitativa das espécies do fitoplâncton foram coletadas com rede de plâncton com abertura de malha de 20µm, acondicionadas em frascos de plástico e fixadas com formol 4%. A análise foi realizada a partir da confecção de lâminas semi-permanentes e posteriores observações em microscópio óptico da marca Zeiss (modelo Axio Lab.A1), utilizando bibliografia especializada (BICUDO e MENEZES 2006; KOMAREK; AGNOSTIDIS, 1986; BAKER, 1991; 1992).

Para análise quantitativa, as amostras foram coletadas da subsuperfície, acondicionadas em frascos de 250mL e fixadas com lugol acético. A análise quantitativa foi realizada em microscópio invertido (Zeiss Axiovert 40 C) com o aumento de 400X, utilizando câmara de sedimentação, conforme descrito por Uthermöhl (1958). Foi utilizado o critério de contagem de, pelo menos, 400 indivíduos das espécies mais abundantes ou 100 campos em uma amostra. A densidade (ind mL⁻¹) foi obtida pela fórmula descrita por Ross (1979).

Análise dos dados

Os dados das variáveis abióticas e da contagem e densidade da comunidade fitoplanctônica foram inseridos em planilhas do Excel para análise exploratória e confecção de gráficos.

Foi calculado o índice de estado trófico (IET), sendo utilizado o proposto por Cunha *et al.* (2013), para reservatórios tropicais/ subtropicais, que é uma adaptação do índice proposto por Carlson (1977), e considera as concentrações de fósforo total e clorofila-a como parâmetros indicadores. Seis categorias de estado trófico foram definidas, sendo considerados: <51,1 ultraoligotrófico; 51,2 – 53,1 oligotrófico; 53,2 – 55,7 mesotrófico; 55,8 – 58,1 eutrófico; 58,2 – 59,0 supereutrófico; e >59,1 hipereutrófico.

O índice de diversidade específica foi calculado segundo Shannon (H') (1948), através da seguinte fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

onde, n_i é o número de indivíduos de cada espécie N é o número total de indivíduos. Os resultados foram expressos em $\text{bits} \cdot \text{cel}^{-1}$, considerando-se que 1 bit equivale a uma unidade de informação (Valentin 2000), cujos valores podem ser enquadrados nas seguintes categorias: alta diversidade = $\geq 3,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$; media diversidade = $<3,0 \geq 2,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$; baixa diversidade = $<2 >1,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$; muito baixa diversidade = $<1,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de estudo, os reservatórios apresentaram gradativa diminuição do volume hídrico chegando a (Boqueirão - 3,72%, Camalaú - 6,53%, Poções - 0,61% e Acauã - 6,19%) da capacidade de acumulação (AESAs). Apesar de períodos longos de estiagem serem considerados comuns para a região onde os reservatórios estão localizados, o período de estudo é considerado como de seca extrema, sendo atribuída sua ocorrência as mudanças

climáticas globais (MARTINS et al. 2015; WALTER et al. 2018). Mesmo fazendo parte da mesma bacia hidrográfica, devido ao período seco, os reservatórios não apresentavam ligação, de modo que não podemos considerar a existência de um efeito cascata entre eles.

A comunidade fitoplânctônica foi dividida em quatro classes: Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Euglenophyceae (Figura 2). Para a riqueza, destacam-se as classes Chlorophyceae e Cyanophyceae como de maior número de indivíduos, sendo registrado no mês de Fevereiro de 2016, a maior riqueza no reservatório Poções, com 22 indivíduos da classe Chlorophyceae (Figura 2).

As clorofíceas apresentaram maior riqueza de táxons em relação as outras classes, corroborando com resultados ressaltados em outros trabalhos realizados em reservatórios. Franceschini et al. (2010) afirmam que as clorofíceas são cosmopolitas, ocupando praticamente todos os habitats, frequentes em águas paradas e bem oxigenadas. Já para Esteves (2011), a grande maioria das algas verdes habita preferencialmente lagos mesotróficos ou eutróficos.

No entanto, baixa diversidade e a diferença de riqueza das clorofíceas em relação as cianofíceas são comuns em ambientes impactados, onde as condições ambientais impedem o desenvolvimento das demais espécies (ESTEVES, 2011). Logo, em comparação com as cianobactérias, os demais grupos fitoplanctônicos apresentam riqueza menores. Apesar de ser comum a dominância de cianobactérias em ambientes tropicais, quando ocorre uma diferença muito grande entre cianobactérias e clorofíceas, é um forte indicador de processos de eutrofização (VIEIRA, 2016).

Para os reservatórios Acauã, Boqueirão e Camalaú, a classe Cyanophyceae apresentou participação relativa maior que 50% em todos os meses estudados, com exceção do mês de outubro de 2016 no reservatório Camalaú, que apresentou maior contribuição da classe Bacillariophyceae (Figura 3). No reservatório Poções, houve uma alternância de dominância entre as classes Chlorophyceae, que apresentou maior participação relativa nos meses Fevereiro e Outubro de 2016, e Cyanophyceae nos meses Junho de 2016 e Fevereiro de 2017.

Um dos aspectos mais evidentes foi a alta ocorrência de cianobactérias, sobre os outros grupos, fato este esperado para regiões de clima tropical, onde a dominância pode durar o ano todo, principalmente em águas naturalmente quentes, como é o caso do semiárido (HONG et al. 2015). Estas florações são favorecidas pelos períodos de estiagem prolongada e podem interferir nas características hidrológicas, químicas e físicas dos reservatórios do semiárido brasileiro (BRASIL et al. 2016).

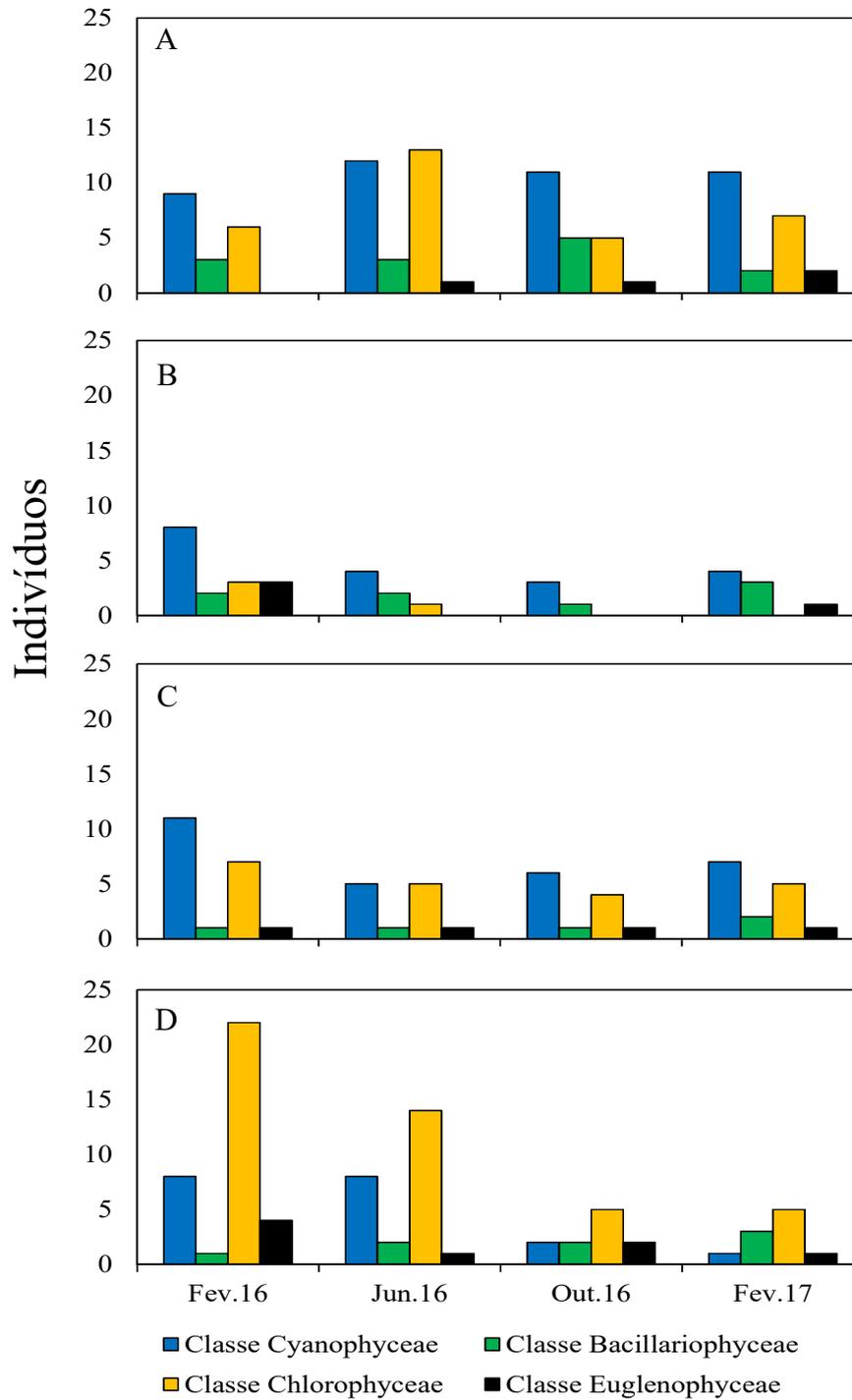


Figura 2. Riqueza das classes da comunidade fitoplanctonica nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B), Boqueirão (C), e Acauã (D).

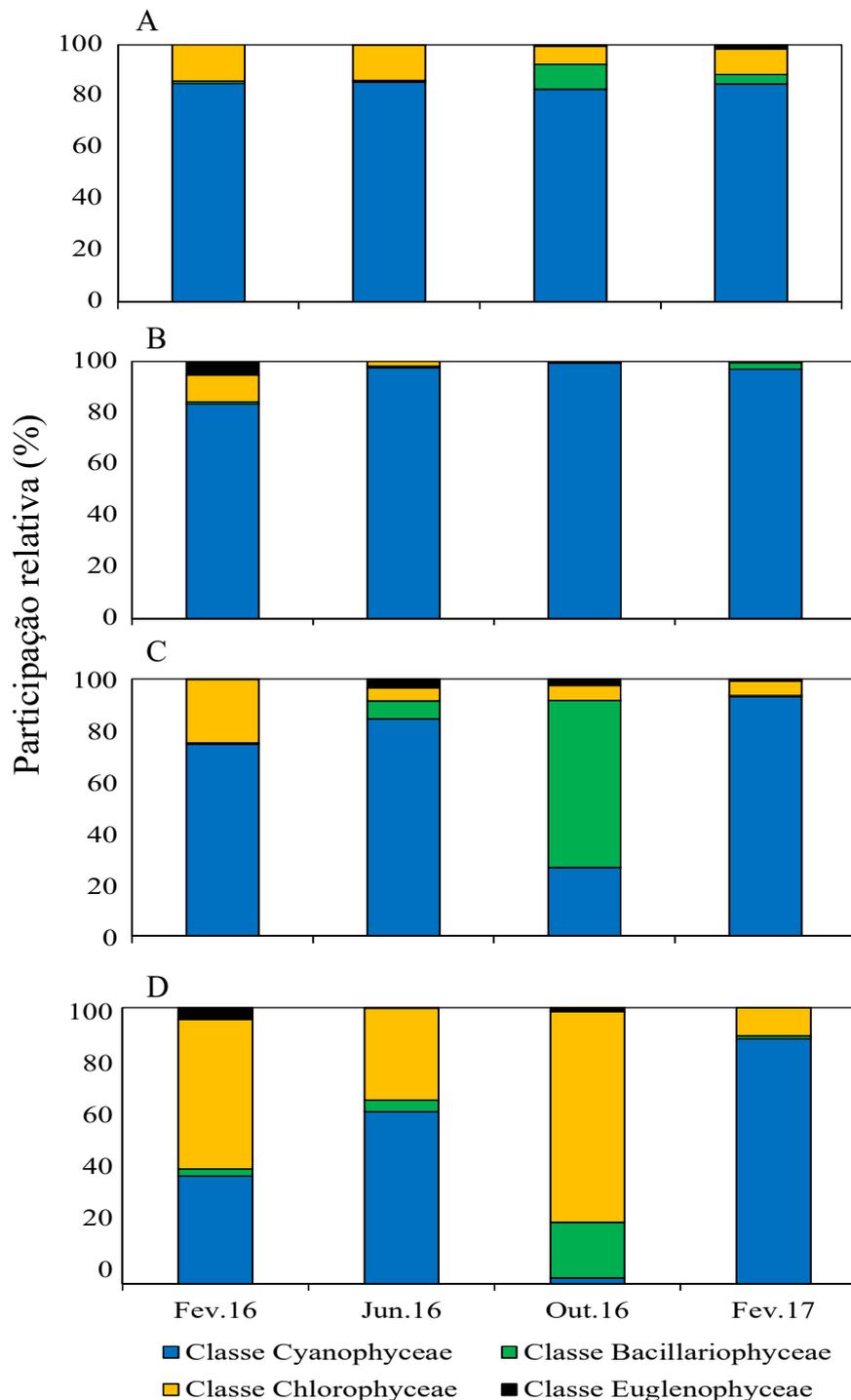


Figura 3. Participação relativa (%) das classes da comunidade fitoplanctonica nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B), Boqueirão (C), e Acauã (D).

Cianobactérias são espécies dominantes em ambientes aquáticos de regiões semiáridas e em áreas sujeitas a seca, fato este amplamente comprovado na literatura (BOUVY et al. 2001; HADAS et al. 2012; PANOSSO et al. 2007). Isso acontece devido ao seu sucesso ecológico frente à vantagens adaptativas, como por exemplo, a capacidade de se manter sob

baixa intensidade luminosa, elevada turbidez e capacidade de migração na coluna de água, devido a presença de vesículas de gás e células especializadas na fixação de nitrogênio (heterócitos) e armazenamento de fósforo (acinetos), preferencialmente, em períodos secos (BUFORD et al. 2016). Esses organismos são altamente adaptáveis as mudanças do meio, pois possuem adaptações fisiológicas que as tornam extremamente competitivas, sendo capazes de se desenvolver em condições adversas de temperatura, salinidade e disponibilidade de nutrientes (BUFORD et al. 2016). Levando a importantes mudanças na água, afetando sua cor, odor e sabor.

Uma das consequências que a dominância pelas cianobactérias pode gerar na comunidade de algas, é justamente a redução da diversidade. Verificamos em nossos resultados que todos os reservatórios apresentaram baixa diversidade durante todo o período de estudo e que apenas o reservatório Poções, em junho de 2016 apresentou uma alta diversidade, e média diversidade em fevereiro de 2016. Porém, no último mês de amostragem, a diversidade no reservatório Poções foi muito baixa.

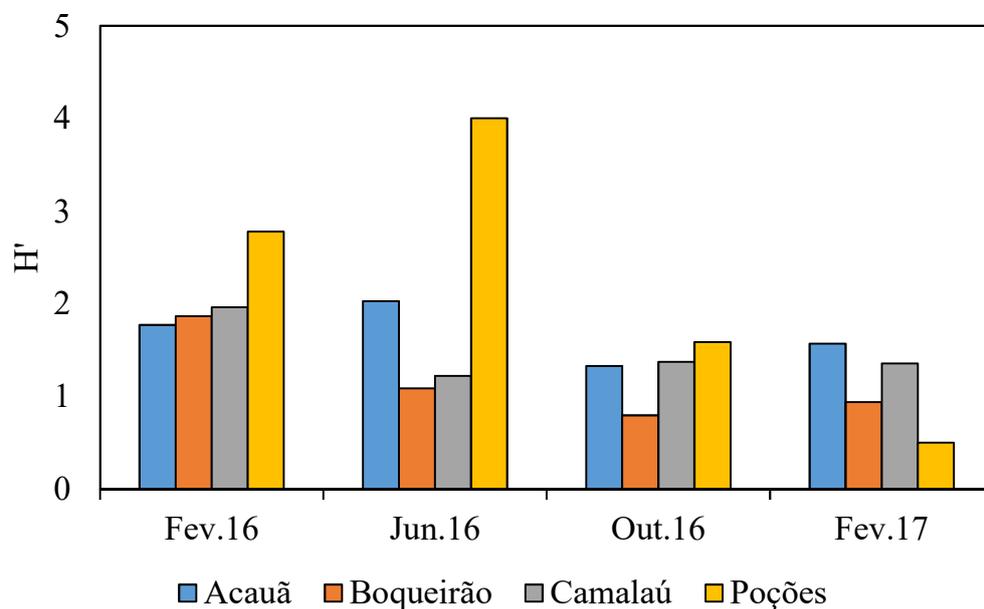


Figura 4: Índice de específica de Shannon calculado para a comunidade fitoplanctônica.

O Índice de Estado Trófico (IET), mostrou que houve um aumento do estado de trófia dos reservatórios durante o período de estudo, sendo perceptível especialmente nos

reservatórios Acauã e Poções, que passaram respectivamente de eutrófico e mesotrófico, para hipereutrófico (Figura 4). O reservatório Boqueirão manteve-se mesotrófico, enquanto que o reservatório Camalaú passou de mesotrófico para supereutrófico (Figura 4).

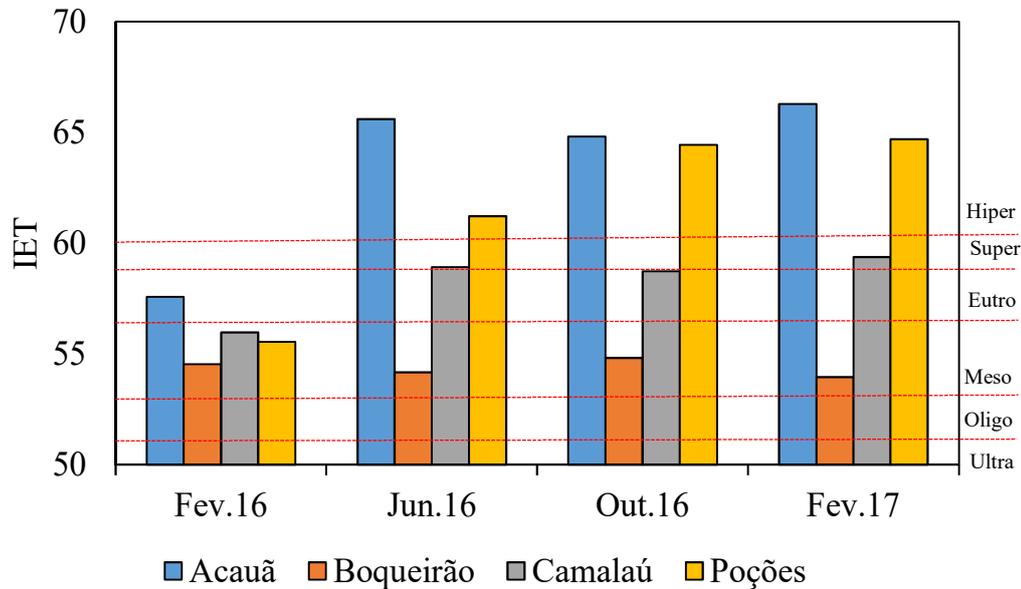


Figura 4. Valores do Índice de Estado Trófico (IET) dos reservatórios Poções, Camalaú, Boqueirão, e Acauã durante o período de amostragem.

Uma vez ocorrida uma intensificação da eutrofização, a tendência ao aumento da dominância de cianobactérias é o evento mais comum verificado em reservatórios nas condições de redução de volume hídrico (O'NEIL et al 2012; YANG et al. 2016). No entanto, atualmente, dois cenários são discutidos em reservatórios do semiárido brasileiro em virtude de eventos de seca extrema: no primeiro cenário, a redução no volume da água causa aumento na concentração de nutrientes e dominância de cianobactérias (MEDEIROS et al. 2015; BRASIL et al. 2016); e no segundo, a redução no nível da água promove ressuspensão do sedimento, aumento da turbidez inorgânica, diminuição da disponibilidade de luz e biomassa fitoplanctônica e mudança na dominância para espécies mixotróficas (Medeiros et al. 2015; Costa et al. 2016; Costa et al. 2018).

É possível que as condições de baixo volume hídrico registrados para os quatro reservatórios estudados, explique a baixa diversidade encontrada, no entanto, o aumento do estado trófico nos sistemas aquáticos em estudo, traz consigo problemas ambientais e de saúde, esse último pela potencialidade de floração de algas tóxicas, com destaque para as

cianobactérias. Uma vez que esses organismos podem produzir compostos altamente tóxicos, chamados de cianotoxinas (CARMICHAEL, 1994), que representa um risco importante para a saúde daqueles que fazem uso de águas eutrofizadas. As intoxicações de populações humanas pelo consumo oral de água contaminada por cepas tóxicas de cianobactérias já foram descritas em países como Austrália, Inglaterra, China e África do Sul (CASTRO e SOARES, 2004), sendo as principais cianotoxinas: neurotoxinas (saxitoxinas, anatoxina-a, e anatoxina-a (s)) e hepatotoxinas (microcistinas, cilindrospermopsina e nodularina (BORGES et al. 2015). A exposição a cianotoxinas pode ocorrer através de diferentes vias, incluindo a dérmica, respiratória e oral. O peixe, por exemplo, pode ser exposto as cianotoxinas ativamente durante a alimentação pela ingestão direta de células de fitoplâncton que contém toxinas ou indiretamente quando as toxinas passam pelas brânquias durante a respiração e via ingestão mediada por alimentos da cadeia trófica (MALBROUCK e KESTEMONT, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A baixa diversidade dos organismos fitoplanctônicos registradas nos reservatórios Acauã, Boqueirão, Camalaú e Poções juntamente com dominância pelas cianobactérias demonstram o quanto esses sistemas aquáticos estão perdendo de qualidade que podem vir a afetar os seus serviços ecossistêmicos, como o do abastecimento. Isso é comprovado a partir da evolução dos níveis de estado trófico durante o período de estudo.

O IET foi uma maneira prática que utilizamos para avaliar a qualidade da água dos reservatórios em estudo, facilitando a interpretação e divulgação dos resultados obtidos, além de permitir uma rápida avaliação comparativa do estado trófico desses ecossistemas aquáticos pertencentes a mesma bacia hidrográfica.

O aumento do índice do estado trófico associada as condições ambientais levaram a ocorrência de blooms de cianobactérias nesses ambientes. Diante disso, torna-se necessário a monitorização desses mananciais para evitar/minimizar os riscos decorrentes de intoxicação na população que utilizam esse meio para diversas finalidades, bem como para os demais organismos que compõe a biota aquática.

REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 10/09/2019.

APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. **USA: APHA**, 1998.

ARAÚJO, Lincoln Eloi; DE MORAES NETO, João Miguel; DE SOUSA, Francisco de Assis Salviano. Classification of annual rainfall and the rainy quarter of the year in the Paraíba river basin using Rain Anomaly Index (RAI). **Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 3, p. 93-110, 2009.

BAIG, S.A., HUANG, L., SHENG, T., LV, X., YANG, Z., QASIM, M., XU, X. Impact of climate factors on cyanobacterial dynamics and their interactions with water quality in South Taihu Lake, China. **Chem. Ecol.**, v. 33, p. 76-87, 2017.

BAKER, P. **Urban Water Research Association of Australia. Identification of Common Noxious Cyanobacteria, Part 1: Nostocales. Australian Centre for Water Treatment and Water Quality Research.** Research Report, 1991.

BAKER, P. **Urban Water Research Association of Australia. Identification of Common Noxious Cyanobacteria, Part 2: Chroococcales, Oscillatoriales. Australian Centre for Water Treatment and Water Quality Research.** Research Report, 1992.

BARBOSA, J.E.D.L, MEDEIROS, E.S.F, BRASIL, J., CORDEIRO, R.D.S, CRISPIM, N.C.B e SILVA, G.H.G.D. Aquatic systems in semi-arid Brazil: Limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.24, n.1, p. 103 – 118, 2012.

BICUDO, CE de M.; MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. São Carlos, **Rima**, 2006.

BORGES, H. L. F. et al. Cyanotoxin production and phylogeny of benthic cyanobacterial strains isolated from the northeast of Brazil. **Harmful Algae**, v. 43, p. 46-57, 2015.

BOUVY, M., PAGANO, M., TROUSSELLIER, M. Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). **Aquatic microbial ecology**, v. 25, p. 215 – 227, 2001.

BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUZSAR, V. L. M. 2016. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 770, p. 145-164, 2016.

BRIENT, L., BEN GAMRA, N., PERIOT, M., ROUMAGNAC, M., ZELLER, P., BORMANS, M., MÉJEAN, A., PLOUX, O., BIEGALA, I. C. Rapid characterization of microcystin-producing cyanobacteria in freshwater lakes by TSA-FISH (Tyramid signal amplification-fluorescent in situ hybridization). **Front. Environ. Sci.**, v. 5, p. 43, 2017.

BURFORD, M. A. et al. Understanding the winning strategies used by the bloom-forming cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. vol. 54, pp. 44-53. **Harmful Algae**, 2016.

CARLSON, Robert E. A trophic state index for lakes 1. **Limnology and oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CARMICHAEL, W. W. The toxins of cyanobacteria. **Scientific American**, vol. 270, no 1, p. 64 – 72, 1994.

CASTRO LEAL, Andréa; SOARES, Manoel do Carmo Pereira. Hepatotoxicidade da cianotoxina microcistina. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 37, n. a00101s1, p. 84-89, 2004.

COSTA, I.A.S.; CUNHA, S.R.S.; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M.F.F.; MELO, J.L.S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 382-401, 2009.

COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L.; BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, vol. 778, pp. 75-89, 2016.

COSTA, Mariana RA et al. Extreme drought favors potential mixotrophic organisms in tropical semi-arid reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 831, n. 1, p. 43-54, 2018.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; DO CARMO CALIJURI, Maria; LAMPARELLI, Marta Condé. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tsr}). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 126-134, 2013.

ESTEVEZ, F. A. Fundamentos de Limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**. p. 826, 2011.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; RAVIERS, B.; PRADO, J. F.; RÉZIG, S. H. Algas: Uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. Porto Alegre: **Artmed**, p. 332, 2010.

FUNARI, E., MANGANELLI, M., BURATTI, F. M., TESTAI, E. Cyanobacteria blooms in water: Italian guidelines to assess and manage the risk associated to bathing and recreational activities. **Sci. Total Environ.**, v. 598, p. 867 -880, 2017.

HADAS, O., PINKAS, R., MALINSKY-RUSHANSKY, N., NISHRI, A., KAPLAN, A., RIMMER, A., SUKENIK, A. Appearance and establishment of diazotrophic cyanobacteria in Lake Kinneret, Israel. **Freshwater Biology**, v. 57, p. 1214-1227, 2012.

HAVENS, K. E., JI, G., BEAVER, J. R., FULTON III, R. S., TEACHER, C. E. Dynamics of cyanobacteria blooms are linked to the hydrology of shallow Florida lakes and provide insight into possible impacts of climate change. **Hydrobiologia**, p. 1-17, 2017.

HONG et al. Subtropical zooplankton assemblage promotes the harmful cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in a mesocosm Experiment. **J. Plankton Res.**, v.37, p. 90 – 101, 2015.

JESPERSEN, A. Measurements of chlorophyll a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Arch. Hydrobiol.**, v. 109, p. 445-454, 1987.

KOMAREK, Jiri. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2-Chroococcales. **Archiv fur Hydrobiologie**, v. 73, p. 157-226, 1986.

MALBROUCK, Christelle; KESTEMONT, Patrick. Effects of microcystins on fish. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, n. 1, p. 72-86, 2006.

MARTINS, E. S. P. R. et al. Monitor de Secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a gestão de secas. **Série Água**, v. 10, 2015.

MANTZOUKI, E., VISSER, P.M., BORMANS, M., IBELINGS, B.W. Understanding the key ecological traits of cyanobacteria as a basis for their management and control in changing lakes. **Aquat. Ecol.**, v. 50, p. 333-350, 2016.

MEDEIROS, Luciana de Castro et al. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology** v. 49, n. 3, p. 293–307 , 2015.

NDLELA, L.L., OBERHOLSTER, P.J., VAN WYK, J.H., CHENG, P.H. An overview of cyanobacterial bloom occurrences and research in Africa over the last decade. **Harmful Algae**, v. 60, p. 11-26, 2016.

O'NEIL, J. M. **The rise of harmful cyanobacteria blooms: the potential roles of eutrophication and climate change.** Harmful algae, v. 14, p. 313-334, 2012.

PANOSSO, R., COSTA, I.A.S., SOUZA, N.R., ATTAYDE, J.L., CUNHA, S.R.S., GOMES, F.C.F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecol. Bras.**, v. 11 (3), p. 433 – 449, 2007.

REZAITABAR, S., SARI, A. E., BAHRAMIFAR, N., RAMEZANPOUR, Z. Transfer, tissue distribution and bioaccumulation of microcystin LR in the phytoplanktivorous and carnivorous fish in Anzali wetland, with potential health risks to humans. **Sci. Total Environ.**, v. 575, p. 1130 – 1138, 2017.

SHANNON, Claude Elwood. A mathematical theory of communication. **Bell system technical journal**, v. 27, n. 3, p. 379-423, 1948.

SCHINDLER, D.W. The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes. **Proc. R. Soc.**, v. 279, p. 4322–4333, 2012.

SILVA, L.A.; ARAÚJO, F.; PANOSSO, R.; CAMACHO, F.; COSTA, I.A.S. As águas verdes dos Reservatórios do Rio Grande do Norte: o problema das cianobactérias e cianotoxinas. **Boletim Ablimno**, v. 39, n. 1, p. 1-10, 2011.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: **Oficina de Textos**, p. 632. 2008.

UTERMÖHL, Hans. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. **Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Mitteilungen**, v. 9, n. 1, p. 1-38, 1958.

VALENTIN, Jean Louis. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.

VASCONCELOS, J.F.; BARBOSA, J.E.L.; DINIZ, C.R.; CEBALLOS, B.S.O.
Cianobactérias em reservatórios do Estado da Paraíba: ocorrência, toxicidade e fatores reguladores. **Boletim Ablimno**, v. 39, n. 2, p. 1-20, 2011.

VIEIRA, Ana Carolina Brito. **Reservatório profundo do semiárido brasileiro: influência da comunidade fitoplanctônica, do clima e da sazonalidade**. 187 p. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

WALTER, J.M. et al. Occurrence of harmful cyanobacteria in drinking water from a severely drought-impacted semi-arid region. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 176, 2018.

MAPEAMENTO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE E DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM ANOS DE EL NIÑO/LA NIÑA NO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB

Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira¹
José Diogenes Alves Pereira²
Filipe Tawã Gomes³
Daniel Sousa Rocha⁴

RESUMO

Uma prioridade no semiárido nordestino é a gestão dos recursos hídricos, principalmente devido a grande variabilidade da precipitação na região e a atuação de fenômenos climáticos que podem provocar secas severas e comprometer o abastecimento de água. Uma ferramenta que pode auxiliar na gestão desses recursos e possibilita o monitoramento temporal e espacial é o sensoriamento remoto, através de imagens de satélites em períodos distintos. Nessa perspectiva, o presente estudo tem como objetivo avaliar o impacto da atuação de sistemas climáticos, especificamente o El Niño e a La Niña, na temperatura da superfície terrestre, na vegetação e no volume do sistema Curema-Mãe d'Água nos anos de 2008, 2015 e 2018 utilizando sensoriamento remoto. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e do Landsat 8 e obtidas NDVI e TST dos anos supracitados. O ano de 2008 apresentou o sistema na sua capacidade máxima de volume, percebeu-se que em 2015 e 2018 apareceu vegetação dentro do leito dos açudes, mostrando a ausência de água. Em 2015 foi o ano com maior valor de TST máximo sem correção atmosférica e o forte El Niño teve um grande impacto no volume dos do sistema Curema-Mãe D'Água.

Palavras-chave: Landsat, NDVI, TST, Correção Atmosférica, Curema-Mãe D'Água.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui dimensões continentais e apresenta climas variados, com alta taxa de insolação pelo fato de estar situada na faixa intertropical, área do planeta onde o índice de luminosidade é bastante alta, o que faz com que predomine os climas quente e úmido gerando elevadas temperaturas e alta taxa pluviométrica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 208).

Grande parte da Região Nordeste Brasileira (NEB) apresenta clima semiárido, devido a questões climática, hídrica e fitogeográfica, tendo como características principais os níveis

¹ Professora, Doutora em Meteorologia/Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, virginia.fbnogueira@email.com;

² Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, diogenes_753@hotmail.com;

³ Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, filipetawa@gmail.com;

⁴ Graduando do Curso Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, daniel.sdrufcg@gmail.com;

de umidade relativamente baixos, pouca incidência de chuvas, secas prolongadas, solo de difícil manejo devido à soma de todos esses fatores (NORDESTE, 1999, p.60-68).

Devido aos rios da região nordeste na sua maioria serem intermitentes, com exceção do Rio São Francisco, e a grande variabilidade das precipitações, a população se torna altamente dependente da pluviosidade para que assim possa captar e armazenar a água que necessitam (JACOMINE, 1996, p. 95-111).

Uma das causas que interferem no regime de chuvas na região se deve a variações nos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), que afetam a posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, a ZCIT é um dos principais sistemas responsáveis pelo período chuvoso no centro-norte da Região Nordeste (HASTENRATH, 1984, p. 1097-1107; NOBRE e MELO, 2001, p. 1-10).

Fenômenos como El Niño e La Niña, que são determinados pela TSM do Oceano Pacífico Equatorial, interferem diretamente no período chuvoso no setor centro-norte da Região Nordeste. O fenômeno de El Niño está associado à seca e a La Niña a um período chuvoso mais forte. Em 2015 a NASA (National Aeronautics and Space Administration-Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica) afirmou que o El Niño de 2015-2016 foi um dos mais fortes de todos os tempos.

No Brasil, os efeitos principais relacionados ao El Niño vão desde aumento das temperaturas (Sudeste) e chuvas no Sul, a secas severas no Nordeste. Enquanto que a La Niña provoca a diminuição das temperaturas (Sudeste) e chuvas no Sul, e aumento das chuvas no Nordeste (BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005, p. 423-432). Na Região Nordeste do Brasil (NEB), principalmente, na sua porção semiárida, a importância de se conhecer e monitorar esses eventos que provocam grandes anomalias climáticas, devido às irregularidades das chuvas e os problemas de escassez hídrica recorrentes na região.

O NEB está sujeito a forte evaporação durante o período de estiagem (seis a sete meses), causando o aprofundamento dos lençóis freáticos, interferindo assim na alimentação dos rios, já que havendo chuvas, primeiramente se abastece o subterrâneo para posteriormente auxiliar no curso d'água dos rios (AB'SABER, 1990, p. 149-174).

O governo estabeleceu uma política de armazenamento de água, após vários estudos, para suprir à necessidade do homem do semiárido, dando assim início a construção de açudes e barragens para que a população pudesse suprir suas necessidades, tal como irrigação na agricultura, dessedentação animal e uso humano em momentos de escassez hídrica. Houve a partir daí a necessidade de tais construções, com o objetivo de aliviar o sofrimento decorrente da seca, (ANDRIGUETTI, 2003, p. 176; SUASSUNA, 2002, p. 135-148).

Segundo Suassuna (2007, p. 135-148), o Semiárido brasileiro possui em torno de 70 mil açudes com capacidade de armazenamento variando entre 10.000 e 200.000 m³ (80% dos corpos d'água do Nordeste). Destaca-se que devido à salinização dos açudes, pode haver prejuízo ao agricultor (culturas) e a saúde dos que dela saciam sua sede.

O sistema Curema-Mãe D'Água é constituído do açude Curema (capacidade de 720 hm³) e o açude Mãe D'Água (capacidade de 638,7 hm³), interligados entre si por um canal adutor, formando assim um único lago. O sistema se localiza nas coordenadas: 7°01' S e 37°59' W, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Piancó, no Sudoeste da Paraíba e tem capacidade em torno de 1,358 bilhões de m³ de água.

Lima et al. (2007, p. 73-86) alertaram para o fato que o açude de Coremas, como é conhecido o conjunto de açudes Curema-Mãe d'Água, estava próximo ao seu limite de uso e caso continue o uso desenfreado dos recursos advindos do mesmo, a demanda chegaria a não ser mais atendida pela indisponibilidade hídrica e necessitaria de uma política de uso mais eficiente para evitar que o mesmo zerasse seu armazenamento.

O complexo Curema-Mãe d'Água perenizou o rio Piancó beneficiando muitas cidades e comunidades rurais da Paraíba e do Rio Grande do Norte, tanto áreas ribeirinhas quanto municípios mais distantes por meio de adutoras que levam a água a áreas mais distantes, muito importantes para a economia, bem-estar e geração de renda para pequenos e grandes produtores que dependem do manancial para desenvolver suas atividades.

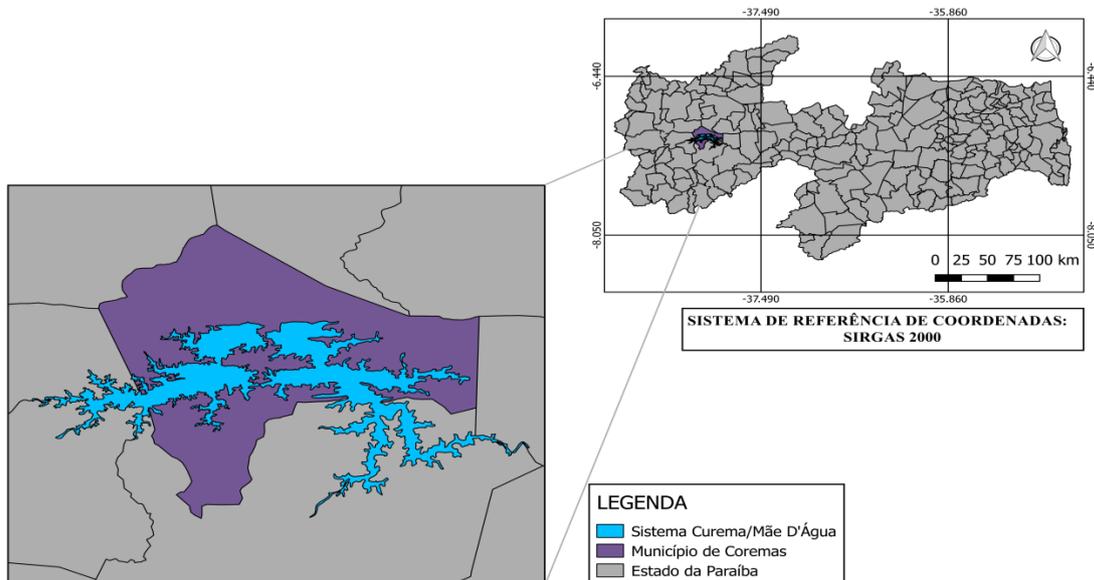
O presente estudo tem como objetivo analisar o impacto da atuação de sistemas climáticos, especificamente o El Niño e a La Niña, na temperatura da superfície terrestre, vegetação e no volume desse importante sistema: os açudes de Curema e o Mãe d'Água nos anos de 2008, 2015 e 2018 utilizando sensoriamento remoto.

METODOLOGIA

O município de Coremas esta situado no sertão paraibano que comporta grande parte do sistema de reservatório Curema-Mãe d'Água, o qual totaliza uma área com 1744,66 Km² e é formado pela junção da Barragem Estevam Marinho e Barragem Egberto Carneiro da Cunha, conhecidos respectivamente, como Açudes Curema e Mãe D'Água. O complexo possui coordenadas 7° 01' S e 37°59' W, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Piancó e tem capacidade em torno de 1,358 bilhões de m³ de água. A capacidade do açude Curema é de 720 hm³ e do açude Mãe d'Água é de 638,7 hm³, interligados entre si por um canal adutor,

formando assim um único lago. Foi utilizando dados fornecidos pelo IBGE 2015 e o software livre Qgis para gerar o mapa de caracterização do município de Coremas-PB, Figura 1.

Figura 1: Localização do município de Coremas



Fonte: Elaborado pelos autores com dados fornecidos pelo IBGE 2015.

Utilizaram-se três imagens disponibilizadas pela USGS (Serviço Geológico Norte Americano) que foram processadas no Qgis, sendo que as imagens do satélite Landsat 5 foram das datas de 01 de novembro de 2008, 21 de novembro de 2015 e 28 de outubro de 2018; do Landsat 8 formaram compiladas três mapas de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e seis imagens de TST (Temperatura da Superfície Terrestre).

Na geração do NDVI para o dia 01 de novembro de 2008 foram utilizadas as bandas 3 e 4 do landsat 5 e as bandas 4 e 5 para as imagens dos dias 21 de novembro de 2015 e 28 de outubro de 2018, usando a seguinte equação:

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1)$$

Na qual: NIR é o infravermelho próximo e R é o vermelho.

O TST, em 2008, foi determinado usando a equação (2) que converte números digitais em radiância espectral L_{λ} ,

$$L_{\lambda} = L_{min} + (L_{max} - L_{min}) * \frac{DN}{255} \quad (2)$$

Sendo que:

$L\lambda$ é a radiação de energia espectral;

L_{min} é a radiância espectral de valor de 1.238 de DN 1;

L_{max} é a radiância espectral de valor 15.600 de DN 255;

DN é o Número Digital.

Utilizou-se o valor de $L\lambda$, da equação (2), para obter o TST:

$$Tb = K2 / \left(\ln \left(\frac{K1}{L\lambda} \right) + 1 \right) \quad (3)$$

Na qual:

$K1$ é a constante de calibração 607,706 (w/m².sr.um);

$K2$ é a constante de calibração 1260,56 (k);

$Tb = Tb - 273$ (Conversão de Kelvin para Celsius).

Em seguida foram utilizadas as fórmulas abaixo para se determinar os TSTs de 2015 e 2018.

Primeiramente foi calculado o TST sem correção atmosférica para as imagens do Landsat 8, na qual foi transformado números digitais da banda 6 em radiância espectral pela equação (4):

$$L\lambda = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda} \quad (4)$$

Na qual:

$L\lambda$ é a radiância espectral em (W/m².sr.um)

Q_{cal} é o valor calibrado e quantizado do pixel em nível de cinza;

Q_{calmax} é o valor máximo do pixel em níveis de cinza, onde DN é igual a 255;

Q_{calmin} é o valor mínimo do pixel em níveis de cinza, onde DN é igual a 1;

$L_{max\lambda}$ é a radiância espectral máxima, que equivale a 12.65 (w/m².sr.um);

$L_{min\lambda}$ é a radiância espectral mínima, que equivale a 3.2 (w/m².sr.um).

Em seguida a radiância espectral foi transformada em temperatura usando a equação (5), abaixo.

$$T_{sc} = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1 \right)} \quad (5)$$

Sendo que:

T_{sc} é a temperatura sem correção atmosférica em graus Kelkin;

$L\lambda$ e a radiância espectral (w/m².sr.um);

$K1$ é a constante de calibração, que equivale a 666.09 (w/m².sr.um);

$K2$ é a constante de calibração, que equivale a 1282.71 (k).

Temperatura esta que foi subtraída por 273 transformando-a de Kelvin para Celsius.

Já para o cálculo das TSTs com correção atmosférica foram calculados os seguintes valores de radiância emitida e recebida e transmissividade utilizando:

$$L_t = \frac{(L_{TOA} - L_u - (1 - \epsilon)L_d)}{\tau \epsilon} \quad (6)$$

Em que:

L_t é a radiância espectral de um alvo negro de temperatura cinética ($w/m^2.sr.um$);

τ é a transmissividade da atmosfera;

L_{TOA} é a radiância espectral ($w/m^2.sr.um$);

ϵ é a emissividade da superfície terrestre;

L_u é a radiância emitida pela superfície terrestre ($w/m^2.sr.um$);

L_d é a radiância recebida pela superfície terrestre ($w/m^2.sr.um$).

Em seguida foi feito o cálculo da temperatura da superfície terrestre com correção atmosférica através da equação que determina T_{sc} . No intuito de comparar informações entre dos TSTs com e sem correção atmosférica. Foram feitas conversões digitais da banda 10 em radiância espectral através da equação abaixo:

$$L_\lambda = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (7)$$

Sendo:

L_λ é a radiância espectral;

M_L é o fator multiplicativo de rendimento da banda, que equivale a 0.0003342;

Q_{cal} é o valor quantizado e calibrado do pixel em níveis de cinza;

A_L é o fator aditivo de redimensionamento da banda, que equivale a 0.1.

Após a conversão da radiância espectral em temperatura T_{sc} , onde as constantes térmicas da banda 10 do Landsat 8 foram processadas onde $K1$ é igual a 777.89 $w/m^2.sr.um$ e $K2$ é 1321.08 K.

Para o cálculo da temperatura da superfície com correção no Landsat 8 foram utilizados os valores obtidos de transmissividade atmosférica, radiância emitida e recebida pela superfície terrestre e a radiância L_t anteriormente obtida (Equação 6). Em seguida foi realizado o cálculo da temperatura da superfície terrestre.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obtenção do NDVI, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (sigla em inglês Normalized Difference Vegetation Index-NDVI), foi realizada com o intuito de realçar as propriedades da vegetação e permitir uma comparação temporal e espacial das atividades fotossintéticas e das variações estruturais da cobertura, como citado por Huete et al. (2002).

A caatinga apresenta grande heterogeneidade quanto à densidade e porte da sua vegetação. Essa vegetação, segundo Costa e Araujo (2003), possui adaptações evolutivas para sobreviver sobre a sazonalidade e irregularidade das chuvas, como por exemplo: perda das folhas durante a estação seca (economia de energia); ciclo de vida anual das plantas herbáceas (crescem, reproduzem e morrem no período mais úmido, deixando sementes no solo); e possuem metabolismo que conserva a água da planta, ocorrendo às trocas gasosas apenas à noite através da abertura dos estômatos nesse período.

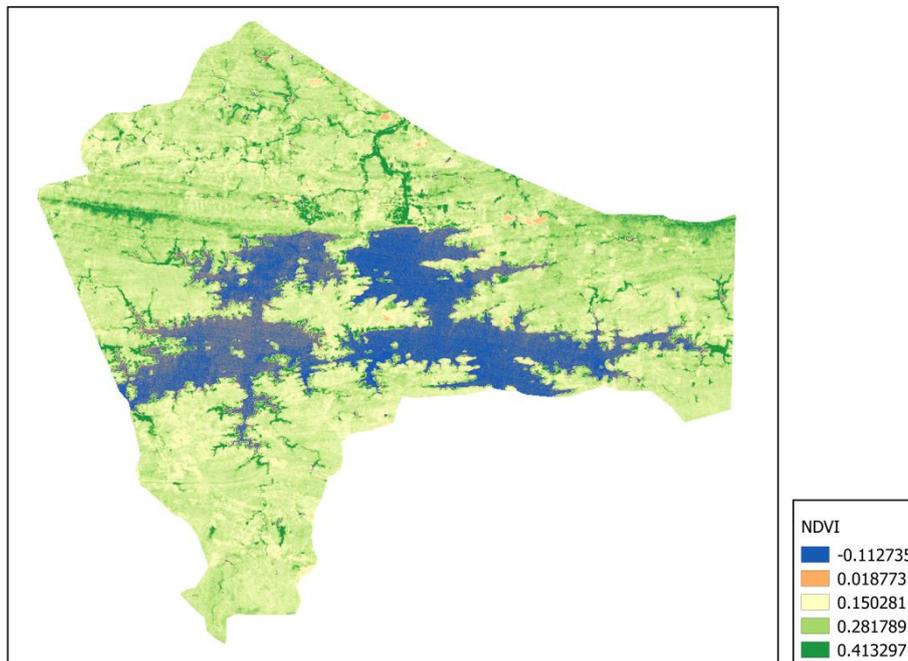
Nas Figuras 2, 3 e 4 estão os valores de NDVI obtidos nos dias 01/11/2008, 21/11/2015 e 28/10/2018, respectivamente. Valores elevados de NDVI indicam a presença de vegetação abundante, enquanto que valores baixos de NDVI indicam presença de áreas urbanas densamente povoadas ou de regiões de solo exposto (ALMEIDA et al., 2015). O ano de 2008 foi um ano chuvoso com a atuação de uma La Niña moderada, percebe-se através da Figura 2, na cor azul, a área da lamina d'água dos açudes, que estavam com um grande volume de água.

Em grande parte do mapa, Figura 2, os valores de NDVI foram de 0,28, indicando pouca vegetação e alguns poucos pontos de solo exposto, principalmente no sul do município com valores de 0,150. Vale ressaltar que o mês de novembro faz parte do período seco, portanto há pouca vegetação e muito solo exposto em grande parte do município. Ming & Liu (2000) concluíram que valores de NDVI maiores que 0,6 estão associados à vegetação extremamente pronunciada.

Esse índice mostrou bem as áreas com vegetação mais pronunciada, provavelmente áreas irrigadas, onde os valores de NDVI foram de 0,41.

Figura 2: NDVI do município de Coremas em 01/11/2008.

NDVI DO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB NO DIA 01 DE NOVEMBRO DE 2008

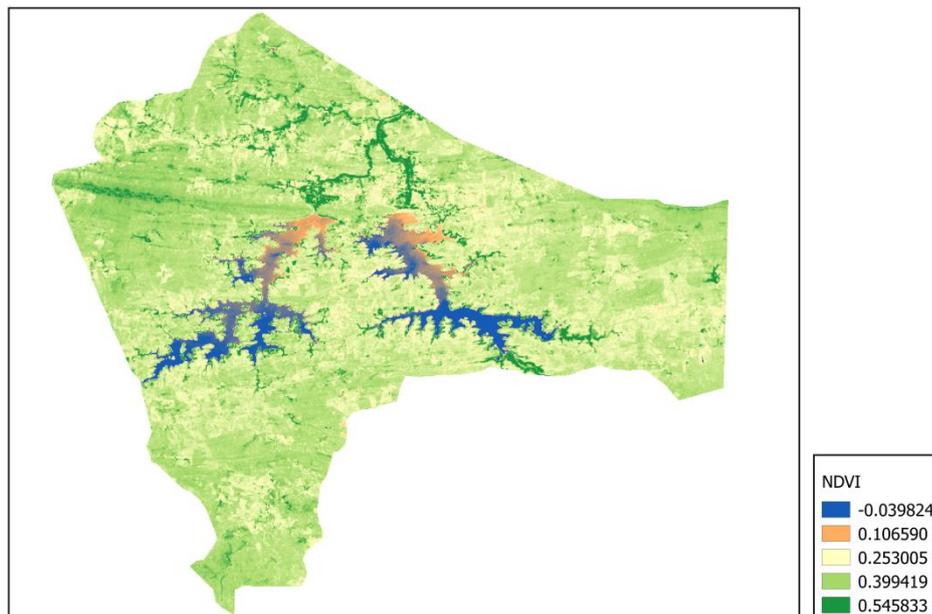


Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 3 observa-se que a lâmina d'água diminuiu consideravelmente em relação ao ano de 2008, pois de agosto de 2015 a julho de 2016 esteve atuando um El Niño forte, sendo que já tinha ocorrido seca resultante de um El Niño moderado de agosto de 2009 a julho de 2010. Segundo Marengo et al. (2016), essa fase do EN intensificou ainda mais a seca que começou em 2012, sendo considerada a mais grave das últimas décadas impactando de diferentes formas o semiárido do NEB. Os déficits nas precipitações, temperaturas altas, menor produtividade vegetal e maior frequência de secas propiciando a degradação ambiental, são alguns dos impactos relacionados. Verificou-se que os valores mínimos e máximos do NDVI para 21/11/2015 foram -0,0398 e 0,545, respectivamente. Os valores de NDVI de 0,106, no leito dos açudes, e muitas áreas com valores de 0,25 em quantidade de áreas maior que na Figura 2, expressando solo exposto. Almeida et al. (2015) comentam que regiões com valores de até 0,289 de NDVI são extremamente pobres em vegetação.

Figura 3: NDVI do município de Coremas em 21/11/2015.

NDVI DO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB NO DIA 21 DE NOVEMBRO DE 2015

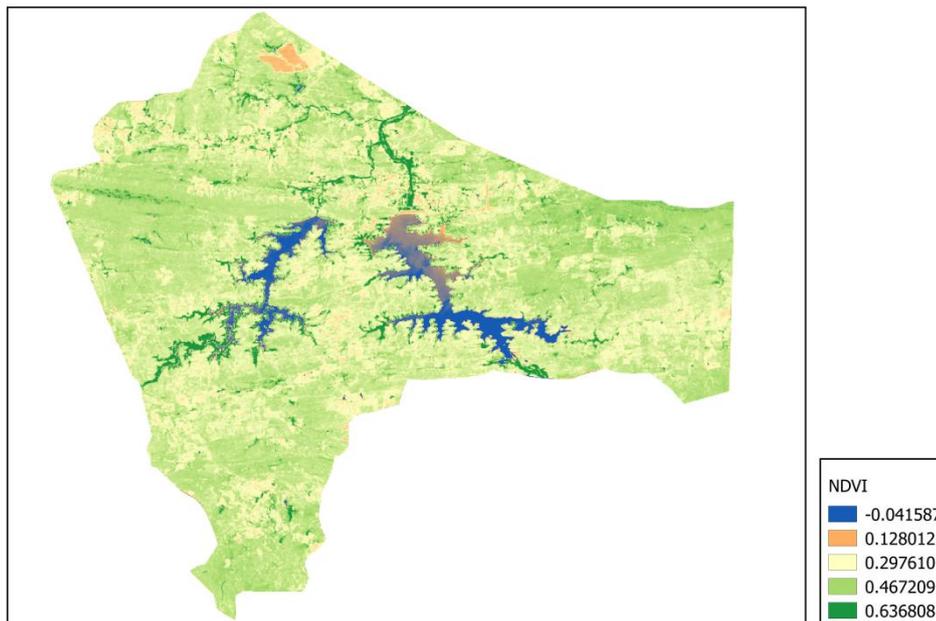


Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 4, correspondente ao dia 28/10/2018, a situação dos reservatórios esta muito mais comprometida, embora esse tenha sido um ano de atuação de uma La Niña fraca, a lâmina d'água superficial, na coloração azul no mapa, esta muito fina comparada as Figuras 2 e 3, inclusive com valores de 0,128 no leito do açude. Valores um pouco maiores que esse foram encontrados por Andrade e Corrêa (2014) na malha urbana de Santarém-PA, valores entre 0,14 e 0,53. Na Figura 4 observa-se que parte do leito do açude apresenta valores de NDVI de 0,63, indicativo de bastante vegetação, isso já é um impacto ambiental, pois indica assoreamento por vegetação.

Figura 4: NDVI do município de Coremas em 28/10/2018.

NDVI DO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB NO DIA 28 DE OUTUBRO DE 2018



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nas Figuras 5, 6 e 7 observam-se as TSTs com e sem correção atmosférica para o município de Coremas. As imagens de TST da Figura 5, sem correção atmosférica apresentam valores menores do que as imagens TST com correção atmosférica, apresentando maior a diferença quanto maior a TST de até 2,18°C. Nas Figuras 6 e 7, as TST sem correção são maiores do que as TST com correção atmosférica, vale ressaltar que a imagem na qual foram obtidos os mapas de TST de 2008 foi do satélite Landsat 5, e as imagens de 2015 e 2018 são do satélite Landsat 8. Pires e Jr Ferreira (2015) trabalharam com imagens do Landsat 7 e Landsat 8, eles relataram que o Landsat 7 apresentava uma representação mais detalhada da variação de temperatura dos alvos, enquanto que as imagens TST do Landsat 8 apresentavam uma maior generalização dos valores de temperatura dos alvos, associados a que a banda 6 do Landsat 7 possui melhor resolução espacial (60m), do que a banda 10 do Landsat 8 (100m).

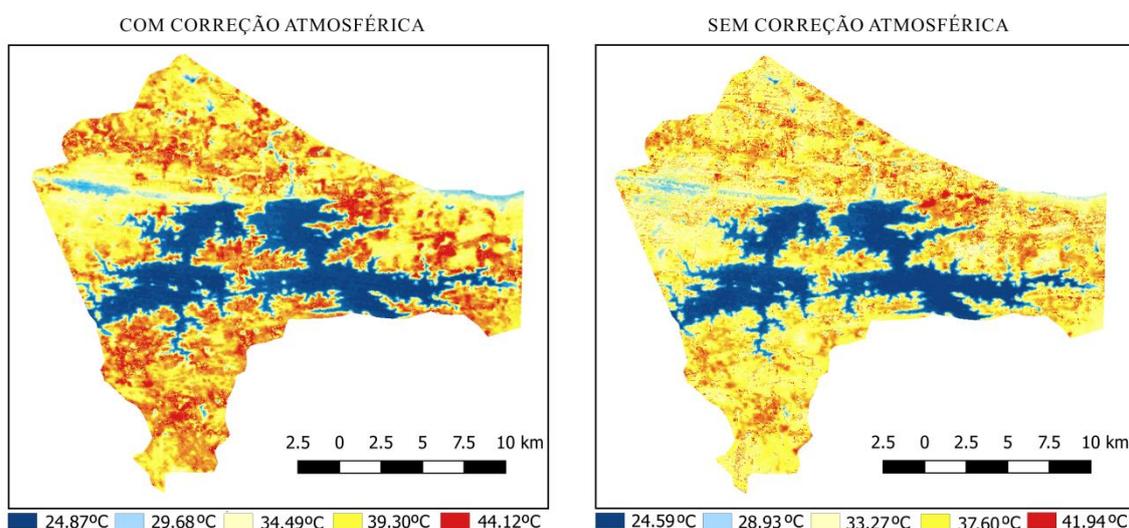
Na Figura 5 pode se observar que as TST sem e com correção para o ano de 2008, mesmo sendo de ano chuvoso, a imagem foi de um mês do final do período seco, a superfície esta bastante quente e com muito solo exposto, como foi visto na Figura 2 de NDVI. Embora Almeida et al. (2015) encontraram fraca correlação entre TST e o NDVI, e relataram que devido a relação de TST e NDVI, que quanto maior a área de cobertura vegetal maior será o valor de NDVI e menor será a TST, as mudanças no uso e cobertura do solo têm impacto indireto sobre a TST e nos valores do NDVI. Furlan, Ballester e Andrade (2011), estimaram o

saldo de radiação e fluxo de calor no solo em diferentes condições antrópicas na bacia do rio Ji-Paraná-RO e concluíram que tanto o saldo de radiação quanto o fluxo de calor no solo são alterados em decorrência da ação antrópica e o aumento de solo exposto.

Nota-se que grande parte da área do município está com temperatura acima dos 37°C e em alguns pontos, áreas de solo exposto às temperaturas ficaram acima dos 41°C.

Figura 5: Temperatura da Superfície (com e sem correção atmosférica) do Município de Coremas-PB em 01/11/2008.

TEMPERATURAS DO MUNICÍPIO DE COREMAS NO DIA 01 DE NOVEMBRO DE 2008



Fonte: Elaborado pelos autores.

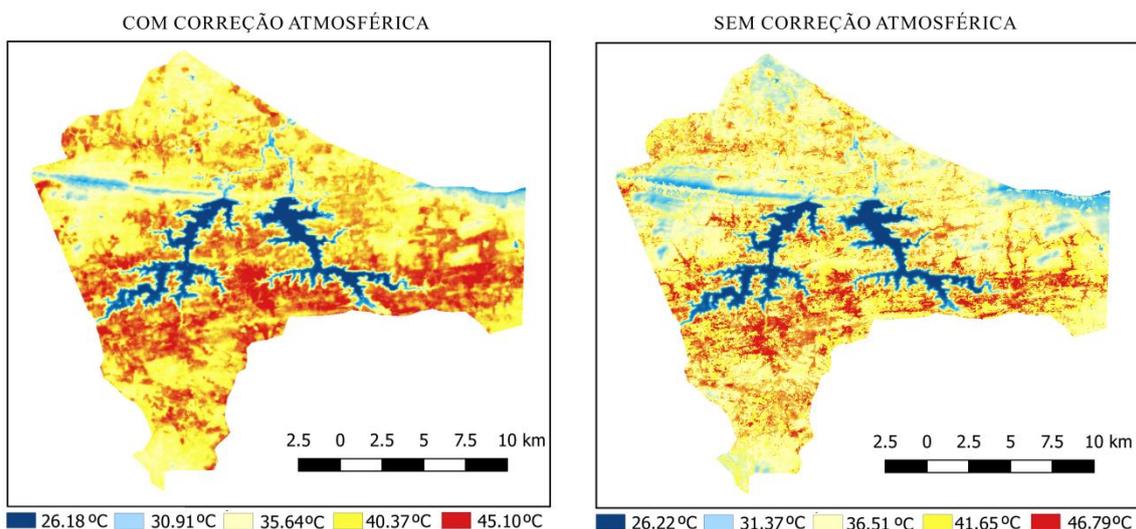
Se compararmos tanto os máximos quanto os mínimos de TST da Figura 5 com os valores das Figuras 6 e 7, que são os anos mais secos, as temperaturas da superfície foram maiores nos anos 2015 e 2018. A amplitude, a diferença entre a máxima e a mínima TST, foi maior na TST com correção atmosférica no ano de 2008 e sem correção atmosférica no ano de 2015. A amplitude com correção atmosférica foi maior que a amplitude sem correção no ano de 2008, Landsat 5, já as amplitudes de TST com correção atmosférica, dos anos de 2015 e 2018, foram menores que a amplitude sem correção atmosférica, Landsat 8.

Comparando apenas as TSTs das Figuras 6 e 7, que foram obtidas pelo mesmo satélite, percebe-se que no ano de 2015 as TST foram maiores, esteve mais quente em superfície. Na Figura 6 observa-se que as áreas com TST máxima são maiores e mais bem definidas no mapa com correção atmosférica. Mesmo não tendo obtido os fluxos de calor sensível e calor latente, espera-se que na superfície que estiver com mais umidade es quente menos, pois pelo balanço de energia grande parte do saldo de radiação será destinado ao fluxo de calor latente e

as superfícies com deficiência hídrica terão o fluxo de calor sensível maior, ou seja esquentarão mais.

Figura 6: Temperatura da Superfície (com e sem correção atmosférica) do Município de Coremas-PB em 21/11/2015.

TEMPERATURAS DO MUNICÍPIO DE COREMAS NO DIA 21 DE NOVEMBRO DE 2015

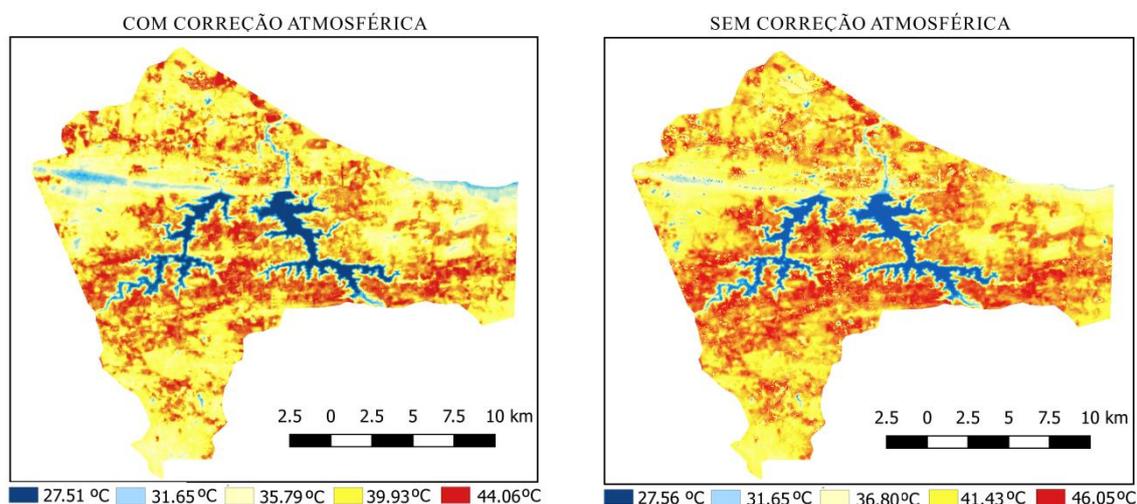


Fonte: Elaborado pelos autores.

O ano de 2018, Figura 7, os mapas de TST com e sem correção atmosférica foram, visualmente, bastante semelhantes. Embora o mapa sem correção mostre mais áreas quentes.

Figura 7: Temperatura da Superfície (com e sem correção atmosférica) do Município de Coremas-PB em 28/10/2018.

TEMPERATURAS DO MUNICÍPIO DE COREMAS NO DIA 28 DE OUTUBRO DE 2018



Fonte: Elaborado pelos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que o ano de 2008, ano de La Niña moderada, os açudes Curema e Mãe D'Água estavam com sua capacidade máxima, no entanto, a imagem foi obtida no período seco do citado ano, assim há pouca vegetação e as TST foram elevadas.

Em 2015, o El Niño forte teve um grande impacto no volume dos reservatórios, e foi o ano com maior valor de TST máximo sem correção atmosférica.

Em 2018, percebe-se que a atuação da La Niña fraca não foi suficiente para que os açudes atingissem seus volumes máximos, ao contrário se percebe, visualmente através dos mapas de NDVI e TST, que a lâmina d'água está menor que no ano de 2015.

A amplitude de TST com correção atmosférica foi maior em 2008 e sem correção atmosférica a amplitude térmica de TST foi maior no ano de 2015. O ano de 2015 foi um ano seco e apresentou maior valor de TST. Constata-se que a TST com correção atmosférica apresentou um resultado mais coerente com a física do balanço de energia.

Ficou evidente que os açudes estão muito abaixo da capacidade máxima. O sistema Curema-Mãe D'Água é fundamental para a economia e o abastecimento de vários municípios da Paraíba e do Rio Grande do Norte, e por estar inserido em uma região que sofre com secas severas, se faz necessário um monitoramento dos fenômenos climáticos e uma política de uso da água eficiente.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. Floram: Nordeste Seco. **Estudos avançados**, v. 4, n. 9, p. 149-174, 1990.

ALMEIDA, A. D., GUIMARÃES JUNIOR, S. A. M., ANDRADE, E. L., & FERREIRA NETO, J. V. (2015). Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. **Anais...** João Pessoa-PB, p. 2047-2054, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. 2015.

ANDRADE, S. C. P., & CORREA, J. A. J. Estimativa do saldo de radiação instantâneo à superfície para a cidade de Santarém-PA, através de imagens do Landsat 5-TM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 7(4), p. 653-661. 2014.

ANDRIGUETTI, Yná. Nordeste: mito & realidade. São Paulo: Moderna, p.176. 2003.

BERLATO, Moacir Antonio; FARENZENA, Homero; FONTANA, Denise Cybis. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.5, p.423-432, mai. 2005.

COSTA, Rafael Carvalho da and ARAUJO, Francisca Soares de. **Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE.** *Acta Bot. Bras.* [online]. 2003, vol.17, n.2, pp.259-264. ISSN 0102-3306.

FURLAN, Deise Nunes; BALLESTER, Maria Victoria Ramos; ANDRADE, Ricardo Guimarães. Estimativa dos valores de saldo de radiação e fluxo de calor no solo em diferentes condições antrópicas na bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. In: Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, p. 6301-6308, 30 de abril a 05 de maio de 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011.

HASTENRATH, Stefan. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. **Monthly Weather Review.** v.112, p.1097-1107, 1984.

HUETE, A. R.; DIDAN, K; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas – Características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTE, M. P. F. (Ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV. 1996. p.95-111.

LIMA, Cícero Aurélio G.; CURI, Wilson F.; CURI, Rosires C. Marco Regulatório para a Gestão do Sistema Curema-Açu e as Disponibilidades Hídricas do Reservatório Curema-Mãe D'Água. RBRH— **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p. 73-86, 2007.

MARENGO, José Antonio. CUNHA, Ana P. ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, edição comemorativa de 30 anos. INPE, São Paulo - SP, p. 49-54. 2016.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: oficina de Textos, p. 208, 2005.

MING, Tsay Chu; LIU, William Tse Horng. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do Estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 11. 2000. Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: CBMET, 2000. Artigos, p. 3843-3849. CD-ROM.

NOBRE, Paul; MELO, Anna Bárbara Coutinho. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climálise.** Publicação on line. p. 1-10. 2001.

NORDESTE sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 13, n. 35 p.60-68, Mai/Ago. 1999.

PIRES, E. G., & FERREIRA Jr, L. G. (2015). Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, **Anais** João Pessoa-PB, Brasil, 25, 7421-7428.

SUASSUNA, João. Semi-árido: proposta de convivência com a seca. Recife, v. 23, p. 135-148, jan/dez, 2007.

MANEJO DE CACTÁCEAS ORNAMENTAIS PARA A PRODUÇÃO DE EMPREGO E RENDA

Cristian José Simões Costa¹
Maria Gabriela de Araújo Silva²

RESUMO

O Brasil abriga o terceiro lugar nas Américas em diversidade de cactáceas. Estas plantas representam uma família botânica de arbustos, árvores, ervas, lianas e subarbustos. Essa grande diversidade de formas, cores e tamanhos representa uma oportunidade de comércio para as comunidades da região semiárida. Este artigo foi construído a partir dos resultados de um projeto de extensão que teve como um dos seus objetivos a criação de novas formas de acesso ao emprego e renda para comunidades locais com destaque na região semiárida. Esta pode ser uma estratégia eficiente para a melhoria da qualidade de vida da população local. A proposta foi capacitar mulheres da comunidade Olga Benário, situada nas proximidades da cidade de Piranhas-AL, para o manejo adequado de cactáceas ornamentais com objetivo sócio-econômico e ambiental com a participação da mulher atuante e trabalhadora. A capacitação do grupo de mulheres da referida comunidade vai ao encontro da necessidade e importância do empoderamento feminino defendido pela ONU desde 2014. A complementação da renda com atividades baseadas em uma agricultura sustentável, aliada aos trabalhos artísticos e utilizando os conceitos de manejo e preservação, torna-se um caminho possível e viável para aqueles que buscam novas estratégias para o desenvolvimento sustentável abordado por Eli da Veiga.

Palavras-chave: Cactáceas; diversidade; semiárido; desenvolvimento sustentável.

INTRODUÇÃO

Quando pensamos em desenvolvimento local podemos fugir de alguns modelos tradicionais de desenvolvimento passando a observar melhor o ambiente que nos cerca. Cada região do Brasil tem suas particularidades que podem ser trabalhadas para melhoria socioambiental e, porque não? Econômica. Pensando desta forma podemos destacar a diversidade genética de um grupo especial de plantas com grande potencial para uma exploração justa e sustentável. Estamos falando das cactáceas.

¹ *Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente UFPB, Professor de Ecologia do Curso de Engenharia Agrônoma do IFAL, cristian.costa@ifal.edu.br;*

² *Graduanda do curso de Engenharia agrônoma do IFAL- Instituto Federal de Alagoas mariagabriela060616@gmail.com*

As cactáceas amplamente distribuídas, principalmente na região semiárida, contribuem, além da diversidade da flora, com um ambiente ainda a ser investigado e pesquisado nas diversas áreas do saber. Em um artigo sobre o Levantamento etnobotânico da família Cactaceae, Bravo Filho *et al.* (2018), discorre que essas plantas são encontradas em uma diversidade de clima, solo e ecossistemas com maior ocorrência da caatinga, florestas tropicais, cerrado, campos rupestres e restingas. O artigo ainda relata que a família de cactáceas faz parte do grupo angiosperma e são classificadas em aproximadamente 127 gêneros e 1500 espécies e também subdivididas em quatro subfamílias que constituíssem em: Maihuenoideae, Pereskeoideae, Opuntioideae e Cactoideae. Essa riqueza em variedades abre um horizonte para ampliar os estudos sobre o papel ambiental que elas exercem na região e também para exploração comercial com manejo sustentável para criação de emprego e renda apoiado em um plano para aperfeiçoar as estratégias de conservação da biodiversidade.

Nossa biodiversidade acaba sendo uma reserva estratégica de natureza genética e ambiental. Anderson (2001) afirmou que o Brasil é um centro mundial de diversidade destas espécies com registro de 39 gêneros e mais de 260 espécimes que apresentam elevada diversidade morfológica e que apesar de estarem adaptadas a vários tipos de habitat têm-se destaque para os ambientes áridos e semiáridos.

Essa grandeza em diversidade também é relatada no documento sobre o *PLANO DE AÇÃO NACIONAL PARA CONSERVAÇÃO DAS CACTÁCEAS*. Segundo ele, o Brasil é o país que possui o terceiro centro de diversidade das cactáceas das Américas, logo após o México, seguido do sul dos Estados Unidos e da região dos Andes que inclui a Bolívia, Argentina e o Peru. São, portanto mais de 200 espécies, quase todas endêmicas do território nacional, sendo que as regiões mais importantes, em termos de biodiversidade, são o leste (Bahia e Minas Gerais) e o Sul do Brasil (Rio Grande do Sul) (ICMBIO, 2011).

Segundo a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), a biodiversidade consiste na variabilidade dos seres vivos compreendendo diversos ecossistemas e dividindo-se em três níveis: Diversidade de espécies sendo esta a quantidade de espécies viventes, diversidade genética, sendo esta a variedade de genes entre os seres de uma espécie e a diversidade de ecossistemas que é a diversidade na qual as comunidades biológicas habitam e interagem. (CDB, 2010).

Essa biodiversidade é representada pela capacidade de adaptação a diferentes ambientes, sejam eles secos ou úmidos. As cactáceas passaram por transformações morfofisiológicas, apresentando traços peculiares para sobreviver em lugares pobres de nutrientes, água, sob intensa radiação solar e temperaturas elevadas (SBRISSA *et al.*, 2013),

todos fundamentais para a continuidade das espécies. Desta forma, exibem hoje uma aparência peculiar e uma beleza exótica que resulta em sua utilização para ornamentação de espaços diversos (CORREIA, 2011). É também uma construção cultural e social (DIEGUES, *et. al.* 2000).

Como consequência desse fator, a região semiárida, que é grande detentora desta vegetação de beleza cênica, torna-se também o centro de exploração de plantas para fins comerciais do mercado ornamental. É preciso ressaltar, entretanto, que esta exploração, se feita de forma incorreta, pode contribuir para um processo de um desequilíbrio ambiental, caracterizando a extinção de espécies e, conseqüentemente, a perda da biodiversidade.

Em decorrência do problema apontado acima, o Governo brasileiro, por intermédio do Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), divulgou no ano de 2011, o Plano de Ação Nacional para Conservação de Cactáceas (PAN Cactáceas) (BRASIL, 2011). Este plano tem como objetivo promover a conservação efetiva e a redução de risco de extinção de espécies de cactáceas no Brasil. Nele são apontadas cerca de 28 espécies ameaçadas de extinção e algumas estratégias para proteção de outras consideradas em alguns níveis de risco, o que caracteriza uma estratégia institucional de defesa da biodiversidade na região semiárida.

Falar em cactáceas é lembrar da sua persistência e desenvolvimento em ambientes com pouca disponibilidade hídrica e de nutrientes, características fundamentais para sua utilização em programas de recuperações de áreas degradadas (PRAD) ou em processo de desertificação. A presença destas plantas em um ambiente promove uma ampla proteção do solo por formarem reboleiras influenciando em um fechamento natural da mata e acúmulo de matéria orgânica impulsionando a sucessão ecológica (PEREIRA, 2010).

É nesta linha de preservação e manutenção da biodiversidade que desenvolvemos o projeto de extensão intitulado “Manejo de cactáceas ornamentais para geração de emprego e renda”. O presente artigo tem como objetivo relatar os resultados deste projeto realizado entre o período de janeiro a novembro de 2018 com uma comunidade de cerca de 25 mulheres do assentamento Olga Benário, situado nas proximidades da cidade de Piranhas-AL, para incentivar a produção e o comércio das cactáceas através de um manejo sustentável, como determina o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2008).

O manejo sustentável implica na produção de mudas através da coleta e técnicas ecológicas de replicação, estimulando assim a produção de mudas orgânicas e o progresso comercial na região podendo, desta forma, afetar positivamente a economia local, porém conservando a flora e agregando o empoderamento social.

Este trabalho foi construído com base nos dos pilares da sustentabilidade social, econômico e ambiental, reforçando que o trabalho desenvolvido teve três objetivos principais: a geração de renda para uma comunidade de mulheres, o despertar destas para o empoderamento feminino preconizado pela ONU (ONU, 2014), e a preservação das cactáceas da região procurando manter o equilíbrio ambiental utilizando as técnicas previstas na legislação, além do emprego de práticas agroecológicas para conservação dos ecossistemas.

Revisão bibliográfica:

Quando se fala sobre desenvolvimento sustentável discorremos sobre a utilização de um determinado recurso para suprir suas necessidades presentes sem o prejudicar para que gerações futuras possam usufruir dele também (CAVALCANTE, 1994). Utilizando o mesmo princípio podemos pensar na produção de mudas de cactáceas que, se feitas de maneira correta, por meio de replicação e propagação, além de não afetar sua utilização futura também ajuda na manutenção da biodiversidade, diferentemente de outras atividades de exploração onde só se tira o recurso da natureza sem repor favorecendo uma possível extinção que desencadearia uma redução da biodiversidade local e desequilíbrio do ecossistema.

Diversos autores corroboram com a ideia que alia exploração sustentável e desenvolvimento do semiárido. De acordo com Andrade (2007), a exploração comercial das cactáceas ornamentais de forma correta depende, entre outras condições, do conhecimento biológico dessas espécies e de técnicas eficientes de propagação para a produção em escala comercial. Assim agindo, evita-se a extração predatória na natureza, além de auxiliar no desenvolvimento econômico e social da região semiárida e oferecer uma boa qualidade de vida a estas plantas já que serão replicadas de forma correta, sem interferir de forma negativa no ambiente.

Cactáceas são comumente exploradas e utilizadas para diversas atividades comerciais como na área gastronômica onde são feitos pratos exóticos de alto valor comercial, na área medicinal onde algumas espécies apresentam ação antimicrobiana como *C. jamacaru subsp. jamacaru* e podem ser utilizadas na fabricação de fármacos, na venda de espécies forrageiras como a *Opuntia ficus-indica* que tem alto valor nutritivo e é uma alternativa para o produtor da região sertaneja (Silva, 2015). Por fim é utilizada também na área ornamental que é um comércio altamente lucrativo podendo gerar muitos empregos (CAVALCANTE, *et al.* 2016).

Pensar em novas estratégias metodológicas de desenvolvimento local é essencial para transformação social. Cavalcante *et al.* (2016), afirma que o semiárido brasileiro é o espaço geográfico onde se encontra a maior parcela de população rural em situação de pobreza.

(83) 3322.3222

contato@congresso-conimas.com.br

www.congresso-conimas.com.br

Entretanto, este mesmo espaço é também um centro de riqueza e abundância de cactáceas, uma fonte que pode ser aproveitada. Uma atividade de produção, conservação e comercialização de cactáceas ornamentais poderia melhorar a qualidade de vida de uma população, oferecendo-lhes condições viáveis de trabalho para que gerem uma renda própria e consigam sair da situação de vulnerabilidade social na qual muitos se encontram.

Uma experiência interessante foi a do projeto TEJUCACTOS coordenado pelo Prof. Roberto Jun Takane, Adj. Depto de Fitotecnia-UFC. Nesta experiência foi desenvolvido um polo produtor de cactos e Plantas suculentas ornamentais para uma comunidade carente no município de Tejuçuoca-Ce, região semiárida, com o objetivo de dar oportunidade de trabalho e renda alternativa a 13 famílias. Assim fica evidente a importância de trabalhos deste tipo para o empoderamento de grupos vulneráveis (TAKANE, 2010).

A conservação inclui um conjunto de elementos que estão interligados que inclui o conhecimento da planta e do solo. O solo é um dos recursos naturais mais importantes para a manutenção da vida das espécies vegetais. Solos da região semiárida geralmente são solos novos, rasos, pedregosos, férteis, com alta absorção de água, porém de pouca retenção e facilidade de erosão (ALVES, 2009). Quando unimos estes fatores com a disponibilidade hídrica da região, que é escassa, vemos a necessidade da conservação, pois são solos muito suscetíveis a escoamento superficial, compactação, erosão e degradação e estes fatores dificultam o processo de sucessão ecológica e o surgimento de novas espécies.

Metodologia

O presente trabalho foi executado através de uma parceria entre o Instituto Federal de Alagoas – *Campus* Piranhas (IFAL) com o Assentamento Olga Benário. A cidade de Piranhas fica localizada no sertão alagoano, às margens do Rio São Francisco, a 280 km de Maceió, capital do Estado. O assentamento Olga Benário fica situado nas proximidades da cidade de Piranhas-Al.

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica através de artigos e publicações sobre cactáceas para levantar dados sobre manejo correto, cultivo e propagação destas espécies para que as mesmas não fossem prejudicadas e de modo a garantir o máximo de aproveitamento das culturas.

Apesar de plantas diferentes das tradicionais, os cactos podem se mostrar como vegetais de exuberante beleza especialmente quando desenvolvem suas flores. Cactos são plantas geralmente fáceis de cultivar, desde que sejam respeitadas suas necessidades ecológicas

básicas e que sejam tomados alguns cuidados especiais em seu manuseio, para evitar ferimentos (CAVALCANTE, 2013). Desta forma foram adotadas algumas estratégias de segurança tais como: Utilização de luvas, pinças, tesouras e organização dos canteiros de mudas.

Por uma questão de preservação ambiental e para a manutenção da biodiversidade local, foi decidido que as espécies nativas seriam o foco deste trabalho. Foram então selecionadas inicialmente seis espécies nativas, escolhidas pela facilidade de propagação e pela quantidade encontrada no ambiente. São elas: *Brasiliopuntia brasiliensis*, *Epiphyllumid phyllanthus*, *Opuntia monacantha*, *Tacinga inamoena*, *Tacinga palmadora* e *Huernia keniensis* (tabela 01).

Tabela 01: Nomenclatura científica e nome popular das espécies nativas escolhidas.

FAMÍLI A	Cactaceae	Cactaceae	Cactaceae	Cactaceae	Cactaceae	Apocynaceae
ESPÉCIE	<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i>	<i>Epiphyllum phyllanthus</i>	<i>Opuntia monacantha</i>	<i>Tacinga inamoena</i>	<i>Tacinga palmadora</i>	<i>Huernia keniensis</i>
NOME POPULAR	Cacto pé de Mamão/Árvore de espinho	Flor de baile	Monstruosa	Palmatória Miúda, Quipá.	Palmatória	Flor do dragão

Durante o trabalho de coleta de matrizes foi feita também uma exploração da área da cidade de Piranhas-AL, por meio de trilhas, a fim de identificar e coletar espécies que poderiam ser utilizadas no trabalho. Neste processo de coleta foi identificada uma grande variedade de *Tacinga inamoena* (foto 01 e 02), espécie com grande potencial econômico devido às suas características morfológicas.

01- *Tacinga inamoena*



Fonte: Maria G. A. Silva, fevereiro, 2018.

02- *Tacinga inamoena*



Fonte: Flores da caatinga, 2010.

Em outra etapa do trabalho, foi realizado um estudo preliminar para uma replicação agroecológica das cactáceas. Foi necessário compreender quais as necessidades ideais de solo para essas plantas quando se trata principalmente de propagação em estufa. O solo da região semiárida, onde o trabalho foi feito, é denominado LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico, solo raso, de caráter eutrófico, com presença de minerais primários facilmente intemperizáveis (reserva nutricional), características favoráveis ao crescimento de cactáceas, por não apresentarem restrições ao manejo. De acordo com Cavalcante (2013), bons resultados para a maioria dos cactos exigem um substrato com a seguinte composição: 25% argila (barro), 25% areia grossa, 40% matéria orgânica seca (onde foi utilizado compostagem do tipo 3:1 composta por folhas secas, esterco de gado e restos de alimentos) e 10% de brita fina.

Durante a etapa de intervenção na comunidade foram realizadas quatro oficinas para capacitar as participantes do projeto com relação às necessidades ideais de propagação, cultivo e manejo de cactos. Nelas foram utilizadas Oficina PowerPoint com fotos contendo informações primárias e essenciais sobre o cultivo e o impacto ambiental que a exploração mal feita pode causar, este material qual foi adequado à realidade local do assentamento, onde não se tinha suporte para utilização do equipamento, logo foram utilizados cartazes para auxiliar na transmissão do conhecimento.

A oficina de preparação do substrato (compostagem folhas secas/esterco) foi realizada de forma dinâmica fazendo com que as participantes ajudassem a preparar juntamente conosco, mostrando a necessidade da produção de um adubo orgânico dentro do assentamento. Nesta dinâmica foi esclarecido o tempo que o substrato orgânico fica pronto, sendo um período de três meses, no qual a temperatura, a umidade e o oxigênio são os principais fatores que influenciam no processo. Ao decorrer do processo é desejável que a temperatura inicial seja elevada, diminuindo gradativamente, apresentando coloração escura ao final, com aparência solta e úmida. Esta etapa foi acompanhada com três visitas: ao início, no decorrer e ao final para garantir o sucesso da prática. Na prática, não foi utilizado nenhum tipo de adubo ou fertilizante sintético visto que o trabalho foi uma proposta para uma produção agroecológica.

É importante ressaltar que os cactos podem ser propagados por meio de sementes ou estacas. Cada técnica de propagação requer precauções específicas para garantir o sucesso da operação e desta forma aumentar a produtividade (CAVALCANTE, 2013). Neste projeto utilizamos a técnica de replicação por meio de estacas, que é um método mais rápido quando comparado com o método de coleta de sementes para conseguir novas mudas. Espécies como

(83) 3322.3222

contato@congresso-conimas.com.br

www.congresso-conimas.com.br

Opuntia monacantha (Monstruosa) replicada por estaquia desenvolvem o sistema radicular em média de 25 a 30 dias, enquanto outras como a *Epiphyllum phyllanthus* (Flor do baile) desenvolvem seu sistema radicular em torno de 45 a 60 dias, ficando assim prontas para comercialização.

Para algumas cactáceas como a coroa de frade (*Melocactus zehntneri*) o método de estaquia é pouco viável. Neste caso, é recomendada a utilização de sementes – método adaptado e utilizado no viveiro florestal de Xingó, em Piranhas-AL para um trabalho de recuperação de áreas degradadas realizado pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF). Neste caso as sementes são coletadas em campo, depois são levadas a um galpão onde passam por um processo de lavagem para retirada da semente localizada no interior do seu fruto de cor rosa e semelhante a uma amêndoa. Após a retirada da semente é realizada a semeadura diretamente no solo, dentro de uma estufa que controla a iluminação direta e a quantidade de água. Sob essas condições a coroa de frade pode germinar e ser visível em até 15 dias, para atingir 2 centímetros ela demora em média 6 meses porém para chegar até a fase adulta o tempo estimado é de 30 anos em média.

Durante as oficinas foi debatida com a comunidade a exploração da coroa-de-frade para fins gastronômicos. A utilização culinária com a criação de pratos exóticos como doces, bolos e biscoitos pode ser uma estratégia interessante para estimular o desenvolvimento da região, porém vale salientar que se essa prática não tiver um manejo adequado para o desenvolvimento das espécies em canteiros e preservação das mesmas, essas plantas podem vir a desaparecer devido ao seu ciclo de crescimento ser muito lento.

O método de estacas, que foi a estratégia utilizada durante o projeto, consiste na retirada de um ramo para que crie suas próprias raízes e se torne uma planta completa. Neste caso, deve haver extremo cuidado na retirada da estaca para que o dano seja mínimo e não leve à morte da planta-mãe pela contaminação de microrganismos patogênicos através do ferimento. Esta técnica foi transmitida às participantes do projeto. Todas foram capacitadas e tiveram a oportunidade de replicar cactos de plantas matrizes que foram cultivadas e estudadas na estufa do IFAL (Foto 03 a 05).

Ainda sobre as técnicas de cultivo, Cavalcante (2013), afirmou que após feita a replicação através de estacas deve-se esperar o tempo de “cura”, que vai de 7 a 10 dias mantendo a estaca em local seco, arejado e sombreado para só assim se iniciar o plantio. O substrato previamente preparado deve cobrir de 1/4 a 1/3 do comprimento da estaca para se obter um bom resultado (Foto 06).

Todas as técnicas abordadas foram levadas à comunidade por meio de oficinas com conteúdos apresentados de forma teórica e prática para que os mesmos possam se tornar multiplicadores do conhecimento sobre manejo sustentável de cactáceas na região semiárida.

Dentre as oficinas trabalhadas podemos destacar a de formação de substrato, adubo agroecológico e a preparação de um portfólio (Foto 07 e 08) para apresentação das cactáceas produzidas. Outro momento importante durante a capacitação da comunidade foi à visita ao Campus para conhecer a estufa, o local específico e adaptado onde estavam sendo produzidas as cerca de 200 mudas matrizes e também onde estava sendo feita a confecção de vasos para compor o portfólio resultante do trabalho desenvolvido.

Figura 03 á 05: Método de replicação por estaquia, utilizado durante o projeto, consistindo na retirada de um ramo para que crie suas próprias raízes e se torne uma planta completa.

03



Opuntia monacantha sendo retirada através do septo com equipamento adequado.

04



Opuntia monacantha após um mês de replicação com sistema radicular desenvolvido

05



Opuntia monacantha sendo depositada no substrato após retirada da mesma.

Foto 06 a 08: Replicação de mudas através de estacas, produção do substrato orgânico e preparação do portfólio.

06



Replicação através de estacas em curso oferecido pelo viveiro florestal de Xingó.

07



Oficina de preparação de substrato orgânico feito na comunidade.

08



Oficina de preparação do portfólio realizada no IFAL campus Piranhas

O objetivo do portfólio foi expor a coleção de cactáceas replicadas pelas mulheres da comunidade e encaminhar a pousadas, hotéis e restaurantes a fim de criar uma parceria onde as participantes produziram os cactos e passariam a um determinado valor para estas empresas que comercializariam posteriormente, visto que a cidade em que o trabalho foi feito tem seu capital proveniente do turismo e a maioria dos turistas ao comprar algum artefato levam cactos para servir de recordação do sertão.

Para incentivar o início de um cactário na comunidade foram levados à mesma exemplares de mudas já replicadas da *Brasiliopuntia brasiliensis*, *Epiphyllum phyllanthus* e *Opuntia monacantha*. (Foto 09 á 11) para que a própria comunidade desenvolvesse o seu próprio cactário.



Brasiliopuntia brasiliensis



Epiphyllum phyllanthus



Opuntia monacantha

As rodas de conversa eram atividades constantes e ocorriam de forma interativa com troca de conhecimento entre a comunidade e estudantes onde se enfatizou a importância da preservação da biodiversidade, os danos que a exploração dessas espécies podem causar e também a necessidade da aplicação das legislações ambientais tais como a licença ambiental, item essencial para se comercializar as espécies e a autorização do IBAMA para quando ocorrer uma necessidade de uma coleta em campo para produção de matrizes.

Resultados e discussão

Foram produzidas cerca de trezentas e trinta mudas das diversas espécies através da técnica de replicação por estaca presente no Guia Ilustrado de Cactos do Semiárido do Brasil (2013). Dentre as espécies selecionadas no trabalho foram replicadas 60 mudas da *Brasiliopuntia brasiliensis*, 178 mudas da *Opuntia monacantha*, 15 mudas da *Tacinga*

inamoena, 10 mudas *Tacinga palmadora*, 18 mudas da *Epiphyllum phyllanthus*, 33 mudas de *Huernia keniensis* e cerca de 20 mudas de espécies que ainda estão em processo de identificação e replicação (Foto 09 a 12).

Tabela 02: Nomenclatura científica e quantidade replicada das espécies.

ESPÉCIE REPLICADA	QUANTIDADE
<i>Brasiliopuntia brasiliensis</i>	60 unidades
<i>Opuntia monacantha</i>	178 unidades
<i>Tacinga inamoena</i>	15 unidades
<i>Tacinga palmadora</i>	10 unidades
<i>Epiphyllum phyllanthus</i>	18 unidades
<i>Huernia keniensis</i>	33 unidades
EM IDENTIFICAÇÃO	20 unidades

Brasiliopuntia



Opuntia monacantha



Huernia keniensis



Em identificação



Fonte: Maria Gabriela de Araujo Silva, Outubro, 2018.

As mudas foram produzidas de forma agroecológica, sem utilização de adubo químico, fertilizante ou defensivo agrícola.

Durante o cultivo foi diagnosticado um ataque de cochonilha do carmim (*Dactylopius coccus*) em alguns cactos que foram tratados através do controle manual, aplicando álcool comercial (46°) com uso de cotonetes de algodão até o inseto não ser mais visualizado. Foi

evitado o uso de instrumentos cortantes para não danificar a estética da planta com cicatrizes, seguindo instruções do Guia Ilustrado de Cactos do Semiárido do Brasil, 2013.

A comunidade feminina do Assentamento Olga Benário foi conduzida a uma visita ao Campus do IFPB em Piranhas-AL no dia 01/11/2018 para um reforço de algumas etapas do trabalho. Isso foi necessário pelo fato de que muitos componentes da comunidade ainda não estavam familiarizados com as técnicas de manejo sustentável. Foi enfatizada a importância da conscientização ecológica na comunidade bem com sua aplicação no meio ambiente através do uso sustentável dos recursos naturais. O objetivo principal desta ação foi levá-los à compreensão de que todos podem, de maneira simples e em sua própria comunidade, contribuir para um aumento da população das espécies escolhidas, evitando assim qualquer tipo de impacto negativo no ambiente.

Na etapa de confecção de vasos que foi realizada de maneira lúdica, os participantes confeccionaram exemplares de vasos com materiais recicláveis para fazer parte do portfólio, conforme imagem a seguir:

Foto 12: Realização da oficina de confecção de portfólio no IFAL-Campus



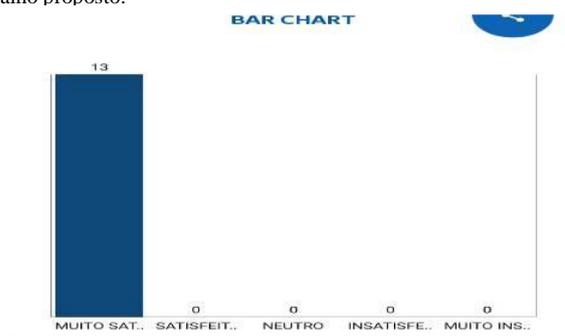
Fonte: Maria Gabriela de Araujo Silva, 2018.

A maior dificuldade no decorrer do projeto foi trabalhar a conscientização da comunidade quanto à importância das técnicas de conservação e manejo das cactáceas. Para superar esta dificuldade, além da realização das oficinas didáticas, foram desenvolvidas cartilhas sobre o manejo e conservação destas espécies, já que o objetivo principal foi fortalecer as práticas de preservação e conservação das cactáceas no meio ambiente.

O intuito é que, através da capacitação, a comunidade possa ter um conhecimento maior sobre as potencialidades e fragilidades da sua região e assim se mobilizar para criar novas formas de acesso ao emprego e renda de forma sustentável principalmente em relação ao empoderamento feminino dentro das comunidades rurais do semiárido do Brasil.

Para avaliação das atividades foi realizado um formulário de satisfação online onde as participantes puderam avaliar as etapas do trabalho proposto. Esta avaliação foi feita em forma de formulário para que os participantes não sofressem nenhum tipo de influência na sua resposta. Nesta metodologia, os participantes poderiam responder entre: “muito satisfeito”, “satisfeito”, “neutro”, insatisfeito e “muito insatisfeito”. Apesar da comunidade ser zona rural e ter grande dificuldade de acesso à internet, a pesquisa disponibilizada do dia 06/12/2018 até 08/12/2018 conseguiu ser realizada com sucesso, conforme dados vistos no gráfico abaixo:

Gráfico representando o nível de satisfação da comunidade para com o trabalho proposto.



Fonte: Maria Gabriela de Araujo Silva, dezembro, 2018.

Os resultados da pesquisa, com grande índice de aprovação realizado através do formulário online, puderam verificar o nível de satisfação da comunidade quanto ao trabalho realizado, demonstrando assim que a atividade de extensão pode ser um agente transformador para as comunidades locais.

Formatado: Fonte: Times New Roman, 12 pt

É importante salientar que a atividade de extensão pode ser alcançada como atividade de compreensão e de confiança na vida humana, da coletividade e instigam a autonomia, a emancipação e o compromisso social (ALBUQUERQUE, 2013).

Conclusão

De acordo com a Pró-Reitoria de extensão, a Extensão Universitária é a ação da Universidade junto à comunidade que possibilita o compartilhamento, com o público externo, do conhecimento adquirido por meio do ensino e da pesquisa desenvolvidos na instituição. É a articulação do conhecimento científico advindo do ensino e da pesquisa com as necessidades da comunidade onde a universidade se insere, interagindo e transformando a realidade social (UFES, 2013).

O trabalho realizado, além de capacitar as mulheres do assentamento Olga Benário a cultivar e coletar os cactos para fins de comercialização levanta a importância do empoderamento social para estas comunidades. Além disso, reforça também a importância do equilíbrio ambiental, utilizando as técnicas previstas na legislação que tem como princípio a conciliação do desenvolvimento econômico com o uso dos recursos naturais, de modo a assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas em suas variabilidades físicas, bióticas, socioculturais e econômicas (IBAMA, 2017), além do emprego de práticas agroecológicas para preservação dos ecossistemas.

É válido enfatizar o valor do manejo sustentável destes recursos naturais que, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente e a Secretaria de Biodiversidade e Florestas (2008), seria um conjunto de intervenções efetuadas em uma determinada área visando a obtenção continuada de produtos e serviços do ambiente, ou seja, sem degradar o ambiente, criando nas pessoas a capacidade produtiva e o empoderamento social.

Referências

ALBUQUERQUE, Lucimar Magalhães de. **O Fazer-saber e o saber-fazer: a integração de aspectos da aprendizagem extensionista com o exercício da cidadania.** In: A extensão universitária como princípio de aprendizagem. 1ed. Brasília: Liber Livro Editora. 2013, p.137-149.

ALVES, J. J. A., ARAÚJO, M. A., NASCIMENTO S. S. **DEGRADAÇÃO DA CAATINGA: UMA INVESTIGAÇÃO ECOGEOGRÁFICA.** Caatinga (Mossoró, Brasil), v.22, n3, p 126-135, julho/setembro 2009.

ANDRADE, M. J. N. **INVENTÁRIO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CACTACEAS DO ESTADO DO CEARÁ,** João Pessoa, 2007.

BARTHLOTT; HUNT, **Anatomia caulinar de espécies epífitas de Cactaceae, subfamília Cactoideae** 1993; NOBEL, 2002.

BRAVO. F. *et al.* Revista Fitos, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <http://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/569/html>. Acesso em 25/12/2018.

CASTRO, A. S., CAVALCANTE, A. Flores da caatinga – Caatinga flowers. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2010.

CAVALCANTE, A. et al. **Cactos do semiárido do Brasil:** guia ilustrado. Campina Grande: INSA, 2013.

CAVALCANTE, C., FURTADO, A., STAHEL, A. *et al.* **DESENVOLVIMENTO E NATUREZA:** Estudos para uma sociedade sustentável. INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife (1994).

CORREIA, D; NASCIMENTO, E. H. S. *et al.* Germinação de Sementes de Cactáceas In Vitro. Fortaleza, CE (2011).

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA. Secretariado Geral. Panorama da Biodiversidade Global. 3. ed. Brasília, MMA/SBF, 2010. 94 p. Disponível em: <http://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-pt.pdf>. Acessado em: 20 jan 2018.

DIEGUES, A. C., ARRUDA, R. S. V., SILVA, V.C. F., FIGOLS, F. A. B., ANDRADE, D., **Os Saberes Tradicionais e a Biodiversidade no Brasil.** São Paulo, (2000).

ICMBio - **Plano de ação nacional para a conservação das Cactáceas** / Daniela Zappi ... [et al.]; organizadores: Suelma Ribeiro Silva. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Icmbio, 2011. 112 p. : il. color. ; 21 cm. (Série Espécies Ameaçadas, 24).

JUDD, W.S., et al. **Sistemática Vegetal:** Um Enfoque Filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 330p

OLIVEIRA JÚNIOR, Clovis José Fernandes., et al. **Potencial das espécies nativas na produção de plantas ornamentais e paisagismo agroecológico.** Revista Brasileira de Agroecologia 190-200 (2013).

(O que é a extensão universitária. Disponível em: <http://www.proex.ufes.br/o-que-%C3%A9-extens%C3%A3o-universit%C3%A1ria>. Acesso em: 23/12/2018).

ONU Brasil. *«Entidade das Nações Unidas para a Igualdade de Gênero e o Empoderamento das Mulheres»*. Consultado em 11 de Março de 2014.

PEREIRA, Frederico Campos. METODOLOGIA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA UTILIZANDO XIQUEXIQUE (*Pilosocereus gounellei*) E A MACAMBIRA (*Bromelia laciniosa*), 2010, 88 p Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande– UFCG. Campina Grande – PB.

SBRISSA, F. C. *et al.* **Caracterização Morfológica e conservação de *Arthrocerus odorus* F. Ritter.** São Paulo, 2012.

SILVA, V. A. **DIVERSIDADE DE USO DAS CACTÁCEAS NO NORDESTE DO BRASIL: UMA REVISÃO.** Pernambuco, 2015.

SOARES E. F. B. *et al.* **Levantamento etnobotânico da família Cactaceae no estado de Sergipe,** 2018.

Takane J. R. **Produção de Cactus e Suculentas Ornamentais no Semi-árido por uma comunidade carente no município de Tejuçuoca-CE.** Ceará, 2010.

VEIGA, José Eli da. **Desenvolvimento sustentável.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

FISIOLOGIA E CRESCIMENTO DA ALFACE CULTIVADA EM DESTINTOS AMBIENTES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Daniele Ferreira de Melo¹
Adriana Maria dos Santos²
Fabiana Terezinha Leal de Morais³
Dermeval Araújo Furtado⁴

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de duas cultivares da alface cultivadas em diferentes ambientes, realizado entre os meses de agosto a outubro de 2017, em área experimental da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande-PB. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis repetições, sendo os tratamentos arranjos em esquema fatorial (2 x 2), em que os fatores foram os ambientes de cultivos (campo e estufa) e cultivares da alface (regina e mimosa vermelha). Para a obtenção das respostas do melhor desempenho das cultivares foram analisadas as variáveis de desenvolvimento e fisiológicas das cultivares, sendo estas analisadas aos 21 dias após o transplante, além das variáveis agrometeorológicas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e os que obtiveram diferença significativa, realizou-se teste de comparação de médias, através do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. De acordo com as variáveis fisiológicas a cultivar Regina apresentou melhor desempenho e em relação ao ambiente, a estufa foi a que proporcionou melhores condições de desenvolvimento as cultivares quando comparado a produção das mesmas em campo.

Palavras-chave: Ambiência vegetal, Produção agrícola, Microclima, Condições agrometeorológicas, Elementos climáticos.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca Sativa L.*) é uma hortaliça folhosa amplamente consumida pela população mundial, sendo que o Brasil teve aproximadamente 39 mil hectares de área plantada no ano de 2017, ocupando a segunda posição entre as hortaliças produzidas, e em razão da demanda, associada à alta perecibilidade do produto e a grande extensão do Brasil, o cultivo da alface deve ser realizado em todas as regiões, para que se possam ofertar produtos de qualidade (GARCIA FILHO, 2017).

¹ Doutoranda do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, danimelo.ufcg@hotmail.com;

² Mestre do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, ttstadriana@gmail.com;

³ Mestranda do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, fabianaleal_morais@hotmail.com;

⁴ Prof. Doutor do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, araujdermeval@gmail.com;

O cultivo em regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro, limitam a produção da alface, tendo em vista que as condições meteorológicas abrangem alta radiação solar, baixa nebulosidade, altas temperaturas, baixas taxas de umidade relativa do ar e baixo índice pluviométrico, distribuídos irregularmente no tempo e no espaço, e limitados a um período muito curto do ano (ANDRADE-LIMA 1981).

A radiação solar é considerada uma das principais variáveis meteorológicas e de maneira indireta influência na temperatura, pressão atmosférica, vento, precipitação, umidade relativa do ar, além de atuar como fonte primária de energia para a maioria dos processos terrestres, em especial a fotossíntese, fenômeno responsável pela produção de energia para os vegetais (HIPPS et al., 1983; JONES e KINIRY, 1986; VIANA, 2012).

Técnicas agrícolas vêm sendo implantadas para minimizar os efeitos ocasionados pelas condições climáticas em especial na produção vegetal, visando aumento da produção e elevado o índices de produtividade (VIANA, 2012; COBAPLA, 2017).

Nesse contexto a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a produção de duas cultivares da alface, regina e a mimosa vermelha, cultivadas em sistema de cultivo convencional à campo e em ambiente protegido, com o propósito de avaliar a influência do elementos climáticos em sua produção.

METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido entre agosto à outubro de 2017, em área experimental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado na zona centro oriental do estado da Paraíba, no Planalto da Borborema ($7^{\circ}13'11''S$; $35^{\circ}53'31''O$ e 547 m de altitude), região do semiárido de acordo com Köppen (1948) o clima da região é classificado como o tipo (AS'), com características climáticas, quente e úmido com temperatura máxima anual de $28,6^{\circ}C$ e mínimo de $19,5^{\circ}C$ e pluviosidade média anual de 765 mm.

Conduzido em dois ambientes distintos, sendo um ambiente protegido, em estufa tipo arco, não climatizada, disposta no sentido leste-oeste, com estrutura em ferro galvanizado, laterais revestidas com tela de sombreamento com índice de proteção de 80% de fio de polietileno e cobertura com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEND), com espessura de 150 μm , com 32 metros de comprimento e 20 de largura, área de 640 m^2 e altura de pé direito de 3,5 m. O experimento também foi conduzido á campo em área próxima à estufa, sem sofrer nenhuma interferência construtiva.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições, em que cada repetição foi representada por uma linha do sistema de cultivo e para amostragem da repetição o mesmo foi composto por duas plantas, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial (2 x 2) (Figura 1). Os fatores estudados foram ambientes e cultivares, sendo os ambientes a estufa e o campo e as cultivares a Regina e Mimosa Vermelha.



Figura 1: Produção da alface em canteiro.

Em cada ambiente de cultivo havia 72 plantas de cada cultivar, sendo que para cada repetição foram transplantadas 12 plântulas, e aos 21 dias após o transplântio (DAT) foram feitas as avaliações.

O sistema de cultivo utilizado nos ambientes foi em canteiro, com contenção de alvenaria com dimensões de 4,0 m x 1,5 m x 0,3 m, com um volume total de 1,8 m³ de solo, disposto no sentido norte-sul. Para auxiliar na retenção da água a base e laterais dos canteiros foram cobertas com lona plástica, visando manter a disponibilidade da água para cultura e minimizar as perdas por percolação.

O solo utilizado no preenchimento dos canteiros foi classificado como franco arenoso (EMBRAPA, 2006), coletado no município de Lagoa Seca – PB. Para a realização da caracterização química após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogêneas e encaminhadas para o laboratório de irrigação e salinidade – LIS.

A análise dos atributos químicos do solo utilizado no preenchimento dos canteiros foram pH em água 5,90, matéria orgânica 1,41 %, Fósforo assimilável 0,65 mg/100g, Potássio 0,26 meq/100g de solo, Cálcio 2,08 meq/100 g de solo, Magnésio 1,47 meq/100 g de solo,

Sódio 0,08 meq/100 g de solo, Enxofre 3,86 meq/100 g de solo, Hidrogênio 4,96 meq/100 g de solo, Alumínio 0,1 meq/100 g de solo, Ausente de Carbono de cálcio qualitativo, Carbono Orgânico 0,82 meq/100 g de solo, Nitrogênio 0,08 meq/100 g de solo, Condutividade Elétrica 0,2 mmhos/cm.

A adubação do solo foi realizada através de recomendações do Laboratório de Irrigação e Salinidade, conforme metodologia de Cavalcanti (2008), em que para o plantio as doses de Nitrogênio (N), Fósforo (P_2O_5) e Potássio (K_2O), respectivamente, foram de 30, 120 e 60 ($kg\ ha^{-1}$), adubação está distribuída a lanço sobre a superfície dos canteiros e incorporados à profundidade de 15 cm, quanto à adubação de cobertura foi realizado a fertilização nitrogenada após 15 dias do plantio com $40\ kg\ ha^{-1}$, seguindo as mesmas orientações realizadas na adubação de plantio.

O transplântio das mudas foi realizado de maneira direta, onde foram retiradas as mudas dos perfis hidropônicos e transplântados em canteiro experimental já adubado previamente.

Realizaram-se o controle manual de plantas daninhas. Aos três dias após o transplântio (DAT) das mudas, iniciou-se o experimento para fins de avaliação, sendo os três dias o intervalo de tempo utilizado como fase de adaptação da cultivar com o novo ambiente de cultivo.

A irrigação foi realizada através de um acionador automático para irrigação, o “acionador simplificado para irrigação”. A água utilizada para suprimento das necessidades hídricas da cultura foi do sistema de abastecimento local (CAGEPA).

O acionador composto por uma cápsula cerâmica (ou vela de filtragem residencial de água) conectada por um tubo flexível a um pressostato de máquina de lavar roupa. O procedimento de montagem consiste na instalação da cápsula porosa no substrato de cultivo, a um desnível (h) do pressostato, e no preenchimento da tubulação com água.

Em decorrência da evaporação do cultivo, o conteúdo de água no substrato diminui, provocando a formação de uma tensão dentro da cápsula que se transmite pelo tubo flexível até o pressostato. Com esta tensão, o diafragma do pressostato aciona uma bomba que estabelece a passagem de corrente elétrica através de fios elétricos, permitindo o acionamento de uma bomba hidráulica e/ou a abertura de uma válvula solenóide, e dessa forma, a passagem de água da tubulação de derivação para a linha de emissores.

Após o acionamento do sistema a água é fornecida ao solo umedecendo o substrato, fornecendo a cápsula à informação que o solo já se encontra na umidade ideal, previamente estabelecida na qual foi adotada a capacidade de campo como ideal, fazendo com que a tensão na cápsula seja aliviada e se estabeleça uma pressão positiva no pressostato, o qual cortasse a corrente de alimentação do sistema de irrigação (bomba e/ou válvula solenóide) e cessar o fornecimento de água.

A variação deste desnível representa a possibilidade de ajuste no funcionamento do dispositivo, por meio do qual, para suprir as necessidades hídricas da cultura o desnível do presente estudo foi de 0,4 m.

As cultivares da alface (*Lactuca Sativa L.*) utilizadas foram a regina (verde lisa) e a mimosa vermelha (crespa roxa). As mudas foram adquiridas do Hortifrut Sempre Verde, localizado no município de Lagoa Seca – PB. Com aproximadamente 8 folhas definitivas (30 dias de cultivo), as mesmas foram transportadas para Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, onde foram transplantadas para os canteiros em ambos os ambientes de cultivo.

Para caracterização dos ambientes estudados, a variáveis meteorológicos avaliados foram temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento.

As variáveis de produção e fisiológicas foram analisadas aos 21 dias após o transplântio. As avaliações destrutivas foram realizadas no laboratório de fisiologia vegetal da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG, localizada no Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem - LEID.

As variáveis meteorológicas foram coletadas durante todo período experimental, em intervalo de leitura a cada hora durante o dia inteiro. Para representar os dados do ambiente externo (a campo), foram utilizados dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), já no interior da estufa os parâmetros foi mensurada através de uma mini estação meteorológica.

O número de folhas foi determinado através do desfolhamento das plantas e contagem direta.

Para determinação do comprimento e diâmetro do caule foi utilizado paquímetro digital com precisão de 0,05 mm.

A área foliar (AF), expressa em cm^2 , foi estimada pelo método proposto por Benincasa (2003), onde uma amostra com área conhecida de 9 e/ou 4 cm^2 , foi retirada da folha, e encaminhada para estufa afim de se obter a massa seca da amostra. Posteriormente a área

foliar total de cada planta foi determinada pela razão entre o produto da área da amostra e a massa seca total das folhas, pela massa seca da amostra (Equação 1).

$$AFT = \frac{(\text{Área da amostra} * \text{massa da folha seca total})}{\text{Massa seca da amostra}} \quad (\text{Eq. 1})$$

As determinações do teor de clorofila em laboratório, foi realizado através do procedimento da retirada de três discos foliares com diâmetro de 0,771 mm, por meio de um furador, entre a borda e a nervura central da folha, com o peso da amostra variando entre 50-200g. Os teores de clorofilas a, b, clorofilas totais e os carotenóides foram quantificados por meio da extração dos pigmentos das amostras retiradas das folhas frescas que, após pesadas, foram trituradas em placas de petri em ambiente com mínima luminosidade, e colocadas em recipientes contendo 6 mL de acetona a 80 %, mantendo-as ao abrigo da luz e sob refrigeração durante 72 horas, após esse período, coletou-se o sobrenadante em cada amostra.

Para a quantificação dos teores de clorofila a e b foi utilizado o equipamento espectrofotômetro da marca Spectrum SP-2000UV, nos comprimentos de onda a 470, 647 e 663 nanômetros. Os valores de absorbância foram convertidos em conteúdo de clorofila a, b, total. Os procedimentos seguiram a metodologia proposta por Arnon (1949), Lichtenthaler e Welburn (1983):

$$\text{Clorofila a} = (12,7 \times A_{663} - 2,79 \times A_{647}) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Clorofila b} = (22,9 \times A_{647} - 5,10 \times A_{663}) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{Clor. Total} = \text{Clor. a} + \text{Clor. b} \quad (\text{Eq. 4})$$

Os valores das equações foram expressos em µg de pigmento por mL de extrato. Posteriormente foram convertidos a µg de pigmento por g de matéria fresca foliar.

As trocas gasosas foram mensuradas através do equipamento IRGA (Infra Red Gas Analyser). Onde as avaliações foram realizadas em folha da região mediana do caule completamente expandidas e não sombreadas de cada repetição.

O equipamento forneceu leituras de fotossíntese líquida ou taxa de assimilação de CO₂ (A) (µmol m⁻² s⁻¹) (µmol m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs) (mol m⁻² s⁻¹) e temperatura na câmara foliar (Tch).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e para os que obtiveram significância, foi realizado teste de comparação de médias, através do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade através do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os ambientes em todas as variáveis meteorológicas analisadas. A temperatura média do ar (Figura 1) nos horários mais quentes do dia ficou nos dois ambientes acima da faixa recomendado para a cultura da alface, que deve estar compreendida entre 7 a 25 °C (SEDIYAMA et al., 2007; MALDONADE et al., 2014), sendo a média diária mais elevada no interior da estufa ($29,10 \pm 2,82$) em relação ao ambiente aberto ($24,24 \pm 2,35$). Na estufa os valores médios ficaram 4,10 °C acima da temperatura ótima para o cultivo da alface, embora algumas cultivares possa suportar geadas leves e outras temperaturas do ar mais elevadas, a depender da carga genética. Segundo Diamante et al. (2013) alfaces cultivadas sob altas temperaturas podem ter florescimento precoce e alongamento do caule, o que afeta a formação da cabeça da planta.

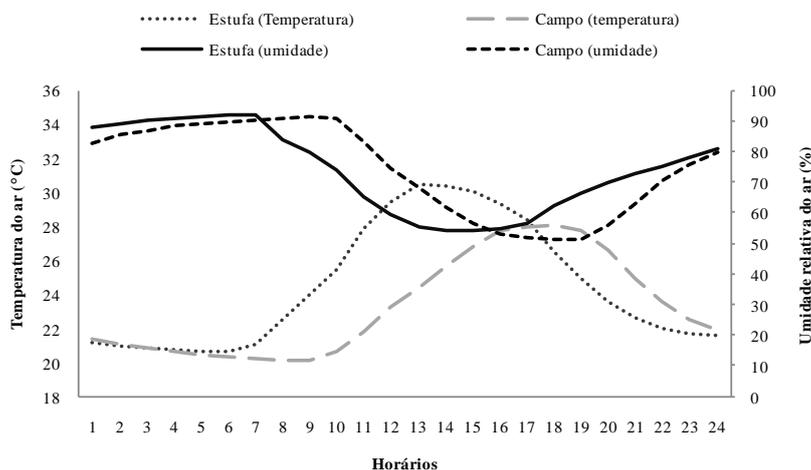


Figura 2: Médias da temperatura e umidade relativa do ar referente a estufa e ao campo durante os horários do dia.

A média da umidade relativa do ar (UR) na estufa e no campo resultou uma curva senoidal inversamente proporcional a temperatura e, foram de $54,19 \pm 8,60$ e $67,93 \pm 8,60\%$, respectivamente, com uma redução de 13,74% na UR na estufa, salientando que o melhor

desenvolvimento da alface ocorre com UR entre 60 a 80% (CERMEÑO, 1990; MARTINEZ, 2006), portanto observa-se que o ambiente a campo propiciou condições ideais ao seu desenvolvimento (Figura 1), e a estufa ficou com média ligeiramente abaixo da ideal.

A velocidade do vento na estufa foi de $0,88 \pm 0,45 \text{ m s}^{-1}$ e no campo de $4,42 \pm 0,72 \text{ m s}^{-1}$, e a redução ocorrida na estufa pode ser justificado pela proteção da cobertura e das laterais da estufa com filme plástico, o que funcionou como uma barreira a ventilação. Este comportamento das variáveis ambientais no interior da estufa pode ser explicado pela influência da película plástica que ocasiona o efeito estufa, elevando a temperatura do ar, reduzindo a umidade relativa do ar e impedindo a movimentação das massas de ar no seu interior, fatos também constatados por Radin et al. (2004), Ojeda et al. (2012) e Santana et al. (2014).

A radiação no interior da estufa foi de $441,48 \pm 82,15 \text{ w m}^{-2}$ e a campo de $547,46 \pm 169,50 \text{ w m}^{-2}$, com uma redução de 19,35% da radiação solar incidente no interior da estufa. Martins et al. (1999) citam que essa redução pode variar entre 5 e 35%, com isso, a disponibilidade da radiação solar no interior do ambiente protegido é diminuída devido à reflexão e à absorção pelo material de cobertura do teto e das paredes da estufa (BECKMANN et al., 2006). Elevadas radiações solares em regiões de clima quente pode promover elevação na temperatura do solo, podendo causar estresse à planta, acelera o metabolismo, dificulta a absorção de nutriente e afeta negativamente o desenvolvimento das raízes (CORTEZ et al., 2015).

Em nível de variáveis fisiológicas constatou-se que para o fator cultivar só ocorreu diferença estatística para a variável temperatura de câmara foliar a 1% de probabilidade. Já no que se refere ao fator ambiente observa-se que não ocorreu variação estatística para a variável fotossíntese líquida e transpiração, no entanto, a variável clorofila total, condutância estomática e temperatura da câmara foliar apresentaram comportamento similar, diferindo estatisticamente a 1% de probabilidade (Tabela 1). Ocorrendo interação entre os fatores apenas para temperatura da câmara foliar (Tch).

Tabela 1: Análise de variância referente às variáveis, clorofila total, fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e a temperatura da câmara foliar (Tch) aos 21 dias após transplântio (DAT).

FV	GL	Quadrados médios				
		Clor. total	A	E	Gs	Tch

Época 3 (21 DAT)						
Cultivar	1	1.1074,23ns	0,02ns	0,005ns	0,03ns	1,18**
Ambiente	1	35.902,78**	0,02ns	0,02ns	0,07**	7,60**
Ambiente x Cultivar	1	11.528,17ns	0,004ns	0,07ns	0,0002ns	0,85*
Erro	15	5,019,29	0,0045	0,06	0,009	0,12
Total corrigido	23	-	-	-	-	-
CV (%)		10,85	19,53	8,32	22,15	1,22

*, **, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação.

No que se refere a cultivar, verificou-se uma temperatura média da câmara foliar de 28,23°C para cultivar Regina e 27,79°C para cultivar Mimosa Vermelha.

O teste de comparação de médias demonstrou que houve influência significativa dos ambientes para condutância estomática e clorofila total, com aumento significativo destas variáveis no cultivo em estufa. A temperatura da câmara foliar diminuiu significativamente no interior da estufa quando comparadas a campo, quando confrontamos com o valor da variável meteorológica obtida no interior da estufa e no ambiente campo pode-se observar que a temperatura da câmara foliar apresentou comportamento inverso ao da temperatura do ar (Tabela 2).

Tabela 2: Clorofila total (Clor. Total), condutância estomática (gs) e a temperatura da câmara foliar (Tch) aos 21 DAT em função do fator ambiente.

Fator Ambiente	Clorofila totais (μg de pigmento/g de MFF)		Tch ($^{\circ}\text{C}$)
	de pigmento/g de MFF)	gs ($\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$)	
Estufa	691,39	0,49	27,45
Campo	614,04	0,38	28,58

Notou-se um aumento significativo de clorofila nas plantas cultivadas no ambiente protegido, com uma diferença percentual de 11,18% em relação as plantas cultivadas em campo. Fato que pode ser justificado por Andriolo (2000), que afirma que a radiação direta, associada à alta temperatura, pode degradar os pigmentos de clorofila, reduzir a

fotoassimilados e aumentar a respiração da planta, contribuindo para diminuição do crescimento e do acúmulo de fitomassa, fato observado no ambiente campo.

A condutância estomática também aumentou nas plantas em ambiente protegido, com uma média de 0,49 mol/m²s⁻¹ na estufa e 0,38 mol/m²s⁻¹ a campo, provavelmente a ocorrência de uma maior condutância estomática associado a maiores concentrações de clorofila produzida pelas plantas justifica as respostas de fitomassa obtidas para as cultivares produzidas no interior da estufa, pois segundo Edmond et al. (1967) esses fatores, em conjunto com outros, traduz-se em uma maior produção de biomassa.

Guerra et al. (2017) e Santos et al.(2010), encontraram resultados de condutância estomática (gs) que corroboram com estudo atual, com maiores incrementos desta variável na alface cultivada sob sombreamento, o que pode ter auxiliado na menor temperatura da câmara foliar das cultivares produzidas no interior da estufa redução esta de 3,51% quando comparadas com as cultivadas em campo, por favorecer a ocorrência da evapotranspiração das plantas auxiliando com isto na perda de energia calorífica ocasionando a redução da temperatura da câmara foliar.

A interação realizada entre os fatores ambiente x cultivar mostrou diferença estatística significativa apenas para a temperatura da câmara foliar, demonstrando que houve influência significativa dos ambientes avaliados para ambas as cultivares (Figura 3).

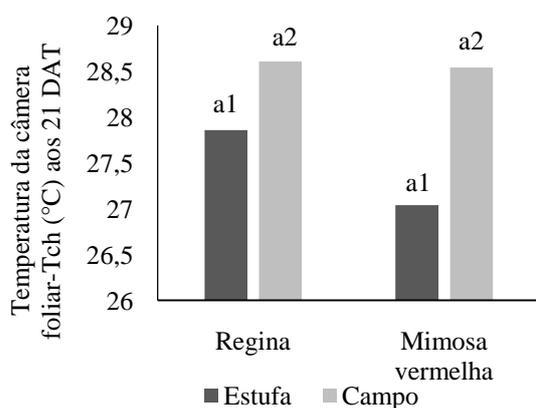


Figura 3: Temperatura da câmara foliar aos 21 DAT em função da interação ambiente x cultivar.

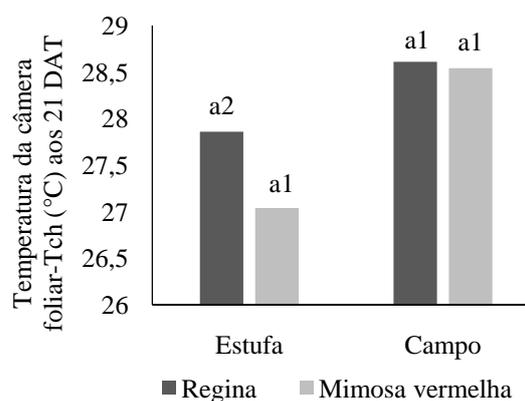


Figura 4: Temperatura da câmara foliar aos 21DAT em função da interação cultivar x ambiente.

Analisando a influência que cada ambiente proporcionou nas cultivares, observou-se que a Regina apresentou temperaturas significativamente maiores que a Mimosa Vermelha no

interior da estufa, no entanto, à campo a temperatura da câmara foliar não diferiu estatisticamente entre as cultivares (Figura 4).

No que se refere às variáveis de crescimento para o fator cultivar diferiu estatísticas a 5% de probabilidade, o comprimento do caule por sua vez não diferiu entre as cultivares. Para o fator ambiente a única variável que apresentou diferença estatística significativa ($P < 0,05$) foi o número de folhas. Quanto a interação entre os fatores ambiente x cultivar ocorreu diferença estatística significativa a 1% de probabilidade para a área foliar e 5% de probabilidade para diâmetro do caule (Tabela 3).

Tabela 3: Análise de variância referente às variáveis números de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento de caule (CC) e diâmetro do caule (DC) aos 21 dias após transplântio (DAT).

FV	L	Quadrados médios			
		NF	AF	CC	DC
Época (21 DAT)					
Cultivar		1.980,17**	23.843.145,13**	1,7174ns	0,32**
Ambiente		57,0417*	536.398,23ns	1,1354ns	0,07ns
Ambiente x Cultivar		42,67ns	6.708.706,02**	0,0011ns	0,11*
Erro	5	11,2833	8714783.48	0,5108	0,02
Total corrigido	3	-	-	-	-
CV (%)		11,94	21,801	19,33	9,79

*, **, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. ¹Os dados originais foram transformados para \sqrt{x} .

Observa-se quanto o fator cultivar que o número de folhas da cultivar Regina foi superior ao da cultivar Mimosa vermelha, resultando em uma diferença média percentual de 48,83% entre elas. As variáveis de área foliar e diâmetro do caule foram maiores para cultivar Regina, com diferença média percentual entre as cultivares de 58,60 e 15,43%, respectivamente (Tabela 4), resultando em um maior desempenho para a cultivar Regina.

Tabela 4: Valores médios das variáveis, número de folha (NF), área foliar (AF) e diâmetro caulinar (DC), entre o fator cultivar.

Fator Cultivar	NF	AF (cm ²)	DC (mm)
----------------	----	-----------------------	---------

Regina	37,21a	3401,85a	1,49a
Mimosa Vermelha	19,04b	1408,40b	1,26b

Radin et al. (2004) avaliando três cultivares de alface (Regina, Marisa e Verônica) cultivada em estufa e a campo, constataram que a cultivar Regina foi a que obteve o maior número de folhas em ambos os ambientes, atingindo 38 folhas, enquanto a Marisa e a Verônica 22 e 21 folhas, respectivamente, resultados semelhante foram obtidos no presente trabalho para a cultivar Regina. O mesmo estudo também relata que o ambiente da estufa influência na área foliar da alface, mas ressalta que o nível de resposta varia de acordo com a cultivar, destacando-se que a cultivar Regina obteve os maiores valores de área foliar, o mesmo foi observado no presente trabalho.

O desempenho observado em particular a cultivar Regina pode ser atribuído as particularidades genéticas da cultivar, já que esta cultivar apresenta características genéticas que a torna mais volumosa em número de folhas e área foliar, quando comparadas a cultivar mimosa vermelha (HENZ et al., 2009; FAVARATO et al., 2017).

Brzezinski et al.(2017) avaliando o efeito dos ambientes de cultivo túnel baixo de polietileno e campo aberto no cultivo da alface, também constataram diferença estatística entre as cultivares de alface americana (Angelina, Rubette, Grandes Lagos 659 e Tainá), para a variável diâmetro do caule, corroborando com estudo atual.

Quanto ao fator ambiente de cultivo verificou-se diferença significativa a 5% de probabilidade para variável número de folhas, com maiores incrementos para a alface cultivada em estufa com média de 29,67 folhas por plantas, enquanto a campo o valor médio obtido foi 26,58 folhas por planta, com diferença média percentual de 10,41%.

Resultados semelhantes foram relatados por Viana (2012), Radin et al. (2004), Blat et al. (2011) e Brzezinski (2017), em que a variável número de folhas, cultivada em estufa e a campo, apresentaram respostas semelhantes a da atual pesquisa. Radin et al. (2004) concluíram em estudo realizado no Rio Grande do Sul, que as alfases cultivadas em estufa apresentaram um número final de folhas superior as cultivadas a campo. Assim como Brzezinski et al. (2017) avaliando o efeito de diferentes ambientes de cultivo (protegido e a campo), no município de União da Vitória-PR, constataram diferença significativa para o número comerciais de folhas da alface, sendo o ambiente protegido mais favorável ao cultivo, entretanto, não houve diferença significativa deste fator sobre o comprimento de caule.

Segundo Rebouças et al. (2015) essa diferença produtiva pode estar associada ao microclima existente no ambiente protegido, que modificou a temperatura, a umidade relativa

do ar, a radiação solar e a velocidade do vento, influenciando no desenvolvimento e no crescimento da cultura, variação dos elementos meteorológicos constatado no presente trabalho.

Quanto a estética das folhas mesmo com a variação da velocidade do vento durante o dia, verificou-se que mesmo no ambiente campo com seus picos de velocidade média do ar de $5,2 \text{ m s}^{-1}$, não constatou danificações nas folhosas cultivadas no mesmo.

Observou-se quanto à interação realizada entre os ambientes e as cultivares analisadas, que apenas a variável área foliar e diâmetro do caule, apresentaram diferença estatística significativa. O teste de comparação de médias para a área foliar demonstrou que houve influência significativa dos ambientes apenas para cultivar Regina (Figura 5), com um produção média no interior estufa para a variável área foliar de 4080 cm^2 e de 2723 cm^2 para as cultivadas no ambiente campo. A cultivar Mimosa vermelha por sua vez, apresentou desempenho similar em ambos os ambientes não diferindo estatisticamente entre si.

O diâmetro do caule seguiu o mesmo padrão de resposta, com efeito significativo dos ambientes observados apenas na cultivar Regina (Figura 6), resultando em uma diferença média percentual entre os ambientes de 14,90%.

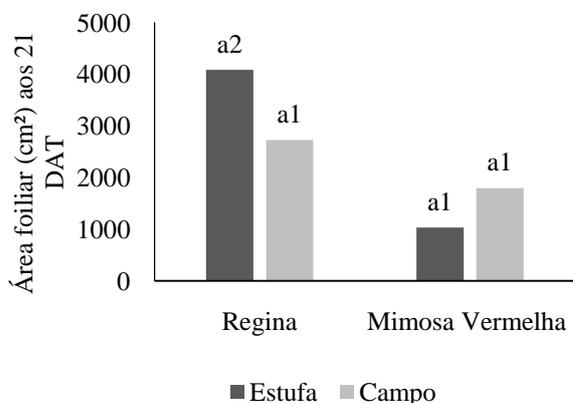


Figura 5: Área foliar aos 21 DAT das cultivares em função dos ambientes.

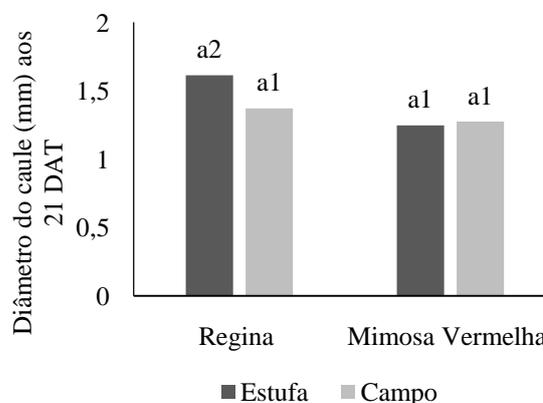


Figura 6: Diâmetro de caule aos 21 DAT das cultivares em função dos ambientes.

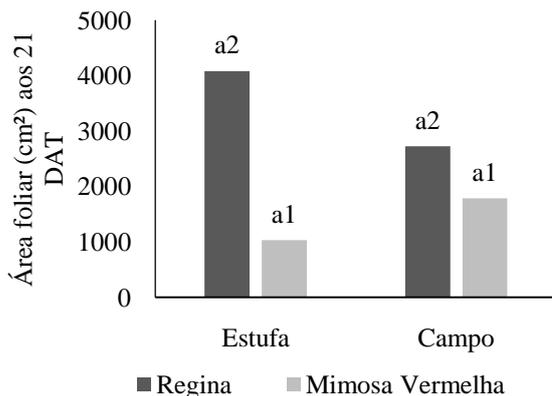


Figura 7: Área foliar aos 21 DAT dos ambientes em função das cultivares.

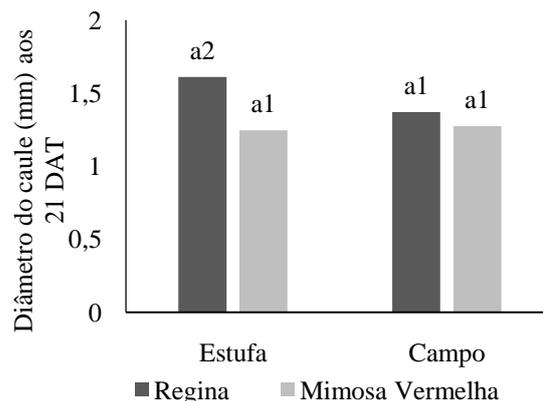


Figura 8: Diâmetro de caule aos 21 DAT dos ambientes em função das cultivares.

O ambiente interferiu no incremento da área foliar das cultivares da alface, onde as cultivares produzidas na estufa apresentou médias de área foliar maiores, e o mesmo foi constatado por Radin et al. (2004), Blat et al. (2011), Viana (2012), e Brzezinski (2017)

A cultivar Regina apresentou incrementos significativos em relação a cultivar Mimosa Vermelha em ambos os ambientes de cultivo (Figuras 7 e 8), com maiores médias de área foliar e diâmetro do caule. Essas diferenças observadas são em decorrência, provavelmente, da carga genética de cada cultivar (HENZ et al., 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A cultivar Regina apresentou melhor desempenho que a alface Mimosa vermelha, de acordo com as respostas das variáveis analisadas em especial a área foliar;
- Em relação ao ambiente, a estufa apresentou melhores condições ao desenvolvimento da cultivar Regina, quando comparado ao desenvolvimento da mesma cultivada à campo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE-LIMA, D. The Caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149-153, 1981.
- ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 26-33, 2000.
- ARNON, D. I. Copperenzimes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.

- BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. D.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, p. 86-92, 2006.
- BENINCASA, M. M. P. Análise do crescimento de plantas: noções básicas. **Jaboticabal: FUNEP**, p. 42, 2003.
- BLAT, S. F.; SANCHEZ, S. V.; ARAÚJO J. A. C.; BOLONHEZI D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**. v. 29, p. 135-138, 2011.
- BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.64, n.1, p. 083-089, 2017.
- CAVALCANTI, F. J. A. **IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. 2. ed. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2008. 199 p.
- CERMEÑO, Z.S. **Estufas - Instalações e manejo**. Lisboa. Litexa Editora, Ltda. 1990. 355 p.
- COBAPLA - Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura. **Relatório de atividades, 2017**. Disponível em: <http://cobapla.com.br/index.php/perfil-brasileiro-de-empresarios-rurais-em-cultivos-intensivos-plasticultura/>. Acessado em: 09 abr. 2019.
- CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. J.; OLSZEWSKI, N.; PATROCINIO, FILHO A. P.; SOUZA, E. B. Umidade e temperatura de argissolo amarelo em sistemas de preparo e estádios de desenvolvimento do milho. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 699-710, 2015.
- DIAMANTE, M. S.; JÚNIOR, S. S.; INAGAKI, A. M. SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2013.
- EDMOND, J. B.; SENN, T. L.; ANDREWS, F. S. Princípios de horticultura. México: **Continental**, p.119-134, 1967.
- EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro)**. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.
- FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. Produção de alface de primavera/verão sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Científica Intelletto**, v. 2, n. 1, p. 16-28, 2017.

- FERREIRA, D.F. Sisvar: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2009.
- GARCIA FILHO, E.; NAKATINO, J. K.; PINTO, M. J. A.; NEVES, M. F.; ASERTA, P. G.; KALAKI, R. B.; GEBASI, T. **Mapeamento e Quantificação da Cadeia Produtiva das Hortaliças**. Brasília-DF, 2017. 79 p.
- GUERRA, A. M. N. M.; COSTA, A. C. M.; TAVARES, P. R. F. Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 125-132, 2017.
- HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil. Embrapa Hortaliças- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2009.
- HIPPS, L. E.; ASRAR, G.; KANEMASU, E. T. Assessing the interception of photosynthetically active radiation in winter wheat. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 28, p. 253-259, 1983.
- JONES, C.; KINIRY, J. **Ceres-N Maize: asimulation model of maize growth and development**. Texas: A & M University Press, 1986.
- LICHTENTHALER, H. K.; WELBURN, A. R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, v.11, n. 3, p. 591-592, 1983.
- MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. **Manual de Boas Práticas na Produção de Alface**. Brasília, Embrapa Hortaliças, 1 ed. 2014. 44p.
- MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 271p.
- OJEDA, A. D.; LIGARRETO, G. A.; MARTÍNEZ, O. Effects of environmental factors on the morphometric characteristics of cultivated lettuce (*Lactuca sativa L.*). **Agronomia Colombiana**, v. 30, n. 3, p. 351-358, 2012.
- RADIN, B.; REISSER J. C.; MATZENAUER, R. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n. 2, p. 178-181, 2004.
- SANTANA, M. N.; TERESO, M. J.; ABRAHÃO, R. F. Conforto térmico em estufas de produção de tomates, 2014.
- SANTOS, C. M. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa L.*) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, p. 103-112, 2010.

SEDIYAMA, M. A. N.; RIBEIRO, J. M. O.; PEDROSA, M. W. **Alface**. In: PAULA JÚNIOR, T. J. de.; VENZON, M. (Coord.). 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 53-62 p.

VIANA, Elaine Priscila Targino. **Desempenho de cultivares de alface em diferentes condições ambientais**. Dissertação Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012

EFEITO DE BIOESTIMULANTE EM CULTIVARES DE FEIJOEIRO NAS CONDIÇÕES DO SUDOESTE GOIANO

Ariana Bertola Carnevale¹

Luiz Leonardo Ferreira²

Cleia Simone Ferreira³

Priscila Ferreira Batista⁴

RESUMO

Objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito do posicionamento de bioestimulante em cultivares de feijoeiro nas condições do Sudoeste Goiano. O experimento foi conduzido no município de Mineiros-GO. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 6x3, correspondente ao posicionamento do bioestimulante Triplus® (R5, R5+R8 e água) com 6 cultivares de feijoeiro (BRS Campeiro, BRS Esteio, BRS Estilo, BRS Marfim, BRS Notável e BRS Pérola), e 4 repetições. Foi realizada a dessecação em pré-plantio. Na adubação de plantio foi utilizado 450 kg ha⁻¹ do fertilizante 05-25-15 no suco de plantio em dose única. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados à medida que se fizeram necessários, respeitando as boas práticas e o manejo integrado. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Foram aplicadas ferramentas uni e multivariada. As análises foram realizadas na interface Rbio e R. Houve interação significativa entre cultivar x bioestimulante, assim como para os fatores isoladamente. Ao término do experimento concluiu-se que o posicionamento do bioestimulante via foliar na fase fenológica R5 proporcionou os maiores rendimentos para todas as cultivares de feijoeiro, com destaque para BRS Estilo (43,87 sc ha⁻¹) e BRS Notável (43,02 sc ha⁻¹).

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., Regulador de crescimento, Metabolismo secundário, Feijão comum.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas, pois está distribuído por todo o território nacional, apresentando boa adaptação às diversidades climáticas do país (ALMEIDA et al., 2014), este grão desempenha grande importância econômica e social, por ser componente básico da dieta alimentar e fonte de proteína (ANDRADE SILVA et al., 2016).

Com o intuito de se elevarem os níveis de produtividade do feijoeiro, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e testadas (ABRANTES et al., 2011; ANDRADE SILVA et al., 2016), principalmente a fim de reduzir custos e aumentar a viabilidade de cultivo em regiões com algum tipo de restrição, como a hídrica, por exemplo (BOSSOLANI et al., 2017), contudo,

maiores produtividades podem ser alcançadas pela efetiva utilização de tecnologias já consolidadas para a cultura como o uso de bioestimulante (ÁVILA et al., 2010).

Os bioestimulantes podem ser definidos como a mistura de um ou mais fitoreguladores com outros compostos (aminoácidos, vitaminas e nutrientes), são substâncias produzidas naturalmente pelas plantas, mas que também podem ser sintetizadas (SANTOS et al., 2017). O bioestimulante pode ser utilizado tanto no tratamento de sementes como no sulco de semeadura e/ou em pulverizações foliares (ALMEIDA et al., 2014; ABRANTES et al., 2011).

Quando aplicado em quantidade pequena, afeta o crescimento da planta e seu desenvolvimento, como no feijoeiro que exerce função importante no desenvolvimento, tornando a planta mais resistente aos estresses ambientais (SANTOS et al., 2017). Pesquisas com o uso de bioestimulantes, associados ou não a adubações (DOS ANJOS et al., 2017), vem sendo desenvolvidas e as repostas são bastante contrastantes, o que abre espaço para novas investigações, afim de elucidar respostas afirmativas sobre o uso dessas substâncias na agricultura.

Abrantes et al. (2011) em condições de Cerrado, observaram que a aplicação de bioestimulante aumentou o número de grãos por planta e a produtividade de grãos. Lana et al. (2009) elevou a produção de grãos de feijoeiro com bioestimulante, porém o mesmo, não influenciou o peso de mil grãos e os teores foliares de macro e micronutrientes. Andrade Silva et al. (2016) concluíram que a aplicação de bioestimulante é mais efetivo no incremento de massa na fase vegetativa e não influenciou nos componentes de produção do feijoeiro. Bossolani et al. (2017) verificaram que o efeito da combinação de bioestimulante e indutor de resistência a fatores bióticos e abióticos não afetou os componentes de produção do feijoeiro.

Contudo, os resultados encontrados na literatura ainda são muito contraditórios, variando de acordo com a forma e época de aplicação, especialmente na cultura do feijoeiro (ALMEIDA et al., 2014). Além disso, poucos estudos investigaram o efeito do bioestimulante em plantas de distintas cultivares de feijoeiro. Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho, avaliar o efeito do posicionamento de bioestimulante em cultivares de feijoeiro nas condições do Sudoeste Goiano.

¹ Doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, ariana@unifimes.edu.br;

² Professor do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, luizleonardo@unifimes.edu.br;

³ Professora do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, cleiasimone@unifimes.edu.br;

⁴ Pós-doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, bolsista do programa de pós-doutorado junior CNPq – Brasil (154958/2018-2), priscilaferreira.bio@gmail.com;

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido entre os dias de 27 de novembro de 2017 a 28 de março de 2018, na Fazenda Experimental Luís Eduardo de Oliveira Salles, pertencente a UNIFIMES, zona rural do município de Mineiros, GO, Brasil. Geograficamente está a 17° 58' S de latitude e 45° 22' W de longitude e com aproximadamente 800 m de altitude. Temperatura média de 22,7 °C e precipitação média anual de 1695 mm, ocorrendo principalmente na primavera e no verão. A área experimental é classificada como clima do tipo Aw (quente a seco) (KÖPPEN e GEIGER, 1936).

Os resultados das análises químicas das amostras de solo na camada 0-20 cm coletadas na área do experimento foram: potencial de hidrogênio 5,7; cálcio 3, magnésio 0,8; alumínio 0,2; hidrogênio + alumínio 2, capacidade de troca catiônica 5,9; em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; potássio 53, fósforo 59, enxofre 1,7; boro 0,2; cobre 1,4; ferro 51, manganês 23, zinco 8,3; sódio 1,5; em mg dm^{-3} ; argila 223, silte 50, areia 728, matéria orgânica 20 e carbono orgânico 12, em g dm^{-3} . Os dados foram tomados de acordo com metodologia da (EMBRAPA, 2009). O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em fatorial 6x3, totalizando 18 tratamentos, correspondentes ao posicionamento do bioestimulante Triplus Anuais[®] nas fases fenológicas (R5, R5+R8 e água) em 6 cultivares de feijoeiro (BRS Campeiro, BRS Esteio, BRS Estilo, BRS Marfim, BRS Notável e BRS Pérola), com 4 repetições, totalizando 72 unidades experimentais. Cada unidade foi composta por 4 linhas de 5 metros de comprimento distanciadas a cada 0,45 m, a área útil da parcela foi de 9 m², com densidade de 12-13 sementes por metro de sulco. As principais características morfoagronômicas das cultivares de feijoeiro foram descritas no Quadro.

Quadro. Principais características morfoagronômicas das cultivares de feijoeiro. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Cultivar	Tipo de grão	Peso de mil sementes (g)	Arquitetura	Ciclo (dias após a emergência)
BRS Campeiro	Preto	250	Ereto	75-85
BRS Esteio	Preto	240	Ereto	85-95
BRS Estilo	Carioca	260	Ereto	85-95
BRS Marfim	Mulatinho	270	Semiereto	75-85
BRS Notável	Carioca	260	Semiereto	75-85
BRS Pérola	Carioca	270	Semiprostrado	85-95

Fonte: Catálogo de cultivares de feijão comum. EMBRAPA, 2017.

Antes do plantio foi realizada a dessecação em pré-plantio (COBUCCI et al., 1999). A adubação utilizada foi de 450 kg ha⁻¹ do fertilizante 05-25-15 aplicada no sulco e em dose única junto ao semeio. A semeadura foi realizada no dia 29 de novembro de 2018. Triplus Anuais[®] com suas garantias de fósforo 2%, boro 3,4%, molibdênio 1% e níquel 0,35%, foi aplicado na dose de 300 ml ha⁻¹ por aplicação. As fases fenológicas de aplicação corresponderam a R5: pré-floração com surgimento dos primeiros botões e R8: enchimento dos grãos (OLIVEIRA et al., 2018).

Nas aplicações foi utilizado pulverizador costal de pressão constante de 2,0 bar (CO₂), do tipo cone, aplicando um volume de calda de 335 L ha⁻¹, nas horas amenas do dia, com temperatura média de 25°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 5 km h⁻¹. Durante a condução do experimento o controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados à medida que se fizeram necessários, respeitando as boas práticas e o manejo integrado (QUINTELA, 2001).

No final do ciclo de cada cultivar foram coletadas 10 plantas ao acaso na área útil da parcela experimental. Os seguintes atributos agronômicos das cultivares foram avaliados: NVP: número de vagem (unid planta⁻¹); NGT: número de grãos total (unid planta⁻¹); NGC: número de grãos comerciais (unid planta⁻¹); NGN: número de grãos não comerciais (unid planta⁻¹); PGC: peso de grãos comerciais (g planta⁻¹); PMG: peso de mil grãos (g); e REN: rendimento (sc ha⁻¹) (BENINCASA, 2004). As plantas de cada cultivar foram colhidas e trilhadas na fase fenológica R9 (OLIVEIRA et al., 2018).

Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar a interação entre as cultivares de feijoeiro x posicionamentos do bioestimulante, ao verificar interação significativa estas foram desmembradas aos efeitos simples através do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente as variáveis foram submetidas a correlação linear com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo teste t. Após procedeu-se a dissimilaridade genética pelo algoritmo de Mahalanobis onde ponderou-se a matriz dos resíduos. Construiu-se o dendrograma das distâncias através do agrupamento UPGMA, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas biplot onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. As análises foram realizadas na interface Rbio e R (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância com o quadrado médio QM e significância pelo teste F, revelou interação significativa entre cultivar x bioestimulante nas variáveis número de grãos não comerciais (NGN), número de grãos comerciais (PGC), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN), ($p < 0,05$). Significância também foi observada no fator cultivar em todas as variáveis ($p < 0,01$) e no fator bioestimulante pra PGC e REN ($p < 0,05$) (Tabela 1). Corroborando com Abrantes et al. (2011), Bossolani et al. (2017), Dos Anjos et al. (2017), Soratto et al. (2015) e Pavezi et al. (2017). No entanto, Andrade Silva et al. (2016) e Santos et al. (2017) não constatou diferenças dentre as variáveis analisadas, com aplicação do bioestimulante na cultura do feijoeiro.

Tabela 1. Resumo das análises de variância (QM calculado e CV (%)) para NVP: número de vagem; NGT: número de grãos total; NGC: número de grãos comerciais; NGN: número de grãos não comerciais; PGC: peso de grãos comerciais; PMG: peso de mil grãos; e REN: rendimento, em cultivares de feijoeiro. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

FV	$\frac{g}{l}$	NVP	NGT	NGC	NGN	PGC	PMG	REN
C x B	1	6.76 ^{ns}	85.97 ^{ns}	64.26 ^{ns}	41.62 [*]	4.39 [*]	2882.30 [*]	31.25 [*]
Cultivar (C)	5	95.64 ^{**}	2142.58 [*]	1981.21 [*]	115.00 [*]	113.82 [*]	11708.71 [*]	809.53 [*]
Bioestimulante (B)	2	18.89 ^{ns}	70.30 ^{ns}	114.15 ^{ns}	12.53 ^{ns}	5.76 [*]	1316.00 ^{ns}	41.04 [*]
Bloco	3	0.78 ^{ns}	43.73 ^{ns}	13.65 ^{ns}	95.75 ^{ns}	3.26 ^{ns}	412.27 ^{ns}	23.22 ^{ns}
Resíduo	-	8.56	139.14	104.43	19.59	1.59	1167.66	11.34
C.V%	-	22.67	21.73	23.38	41.89	10.59	12.13	10.59

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

O número de vagem NVP foi expressivo para as cultivares BRS Estilo e BRS Notável em todos os posicionamentos de bioestimulante com médias de 15,72 e 17,59 unid planta⁻¹, assim como, para o número de grãos total NGT com valores de 71,34 e 69,58 unid planta⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Pavezi et al. (2017), também observou que as plantas de feijoeiro elevaram o NVP quando realizado o tratamento de sementes com bioestimulante, assim também, como em Bertolin et al. (2015) na cultura da soja via foliar; porém, Soratto et al. (2015) não constatou variação com a aplicação de regulador de crescimento em feijoeiro no NVP. Para Bossolani et al. (2017) o incremento nos valores obtidos para NVP pode estar relacionado com a auxina presente no bioestimulante que participa de processos metabólicos do crescimento, principalmente pelo alongamento celular, além de retardar a abscisão de flores recém-fecundadas e vagens em formação, sendo assim, é uma substância que desempenha papel importante na fisiologia da planta.

Tabela 2: Médias para o número de vagem NVP e número de grãos total NGT de cultivares de feijoeiro. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Cultivar	-----Posicionamento do bioestimulante via foliar-----					
	NVP (unid planta ⁻¹)			NGT (unid planta ⁻¹)		
	R5	R5+R8	Água	R5	R5+R8	Água
BRS Campeiro	15.83 aA	11.90 bA	12.50 aA	66.60 aA	53.33 aA	53.70 bA
BRS Esteio	11.36 bA	12.73 bA	9.90 bA	56.60 aA	55.26 aA	44.00 bA
BRS Estilo	14.90 aA	16.63 aA	15.62 aA	68.16 aA	72.09 aA	73.76 aA
BRS Marfim	11.86 bA	10.90 bA	6.36 bB	44.33 bA	49.06 aA	37.86 bA
BRS Notável	17.10 aA	18.30 aA	17.36 aA	72.36 aA	65.03 aA	71.36 aA
BRS Pérola	10.93 bA	9.43 bA	8.70 bA	30.13 bA	29.33 bA	33.93 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha), não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O número de grãos comerciais NGC não foi influenciado pelos posicionamentos do bioestimulante, assim como, colocado por Ávila et al. (2010) onde não observaram variações nas médias desta variável em pulverizações com bioestimulante via foliar. Porém, Abrantes et al. (2011) com a aplicação do regulador de crescimento no estágio reprodutivo R5 aumentou o NGC por planta de cultivares de feijoeiro. No entanto, o fator cultivar diferiu, destacando-se com as maiores médias as cultivares BRS Campeiro, BRS Estilo e BRS Notável, com média de 55,56 unid planta⁻¹. O NGC por planta é um dos componentes de rendimento mais importantes para se obter altos níveis de produção, e a tomada de decisão sobre o uso de materiais genéticos adaptados as condições ambientais torna-se fundamental.

O posicionamento do bioestimulante em R5+R8 reduziu o NGN nas cultivares de BRS Campeiro e BRS Estilo, assim como, está última no posicionamento em R5 do bioestimulante, as reduções corresponderam a 39,39; 17,42 e 66,57% quando em comparação à média geral, respectivamente (Tabela 3). Os dados demonstram que o uso de bioestimulante pode aumentar o rendimento da cultura, seja por melhoria no enchimento de grãos, maior absorção de nutrientes, ou mesmo, resistência aos fatores bióticos (insetos e patógenos) e fatores abióticos. Assim como relatado por Oliveira et al. (2015) que com o uso do bioestimulante proporcionou aumento na produção de grãos de feijoeiro caupi em ambiente salino; e por Bertolin et al. (2010), ao relatar que o posicionamento do bioestimulante em fase vegetativa e reprodutiva influenciou no NVP e REN de grãos na cultura da soja.

Tabela 3: Médias para o número de grãos comerciais NGC e número de grãos não comerciais NGN de cultivares de feijoeiro. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Cultivar	-----Posicionamento do bioestimulante via foliar-----					
	NGC (unid planta ⁻¹)			NGN (unid planta ⁻¹)		
	R5	R5+R8	Água	R5	R5+R8	Água
BRS Campeiro	52.30 aA	46.93 aA	47.63 aA	14.30 aA	6.40 bB	6.06 bB
BRS Esteio	50.03 aA	41.93 bA	34.60 bA	6.56 bA	13.33 aA	9.40 bA
BRS Estilo	64.63 aA	63.36 aA	59.50 aA	3.53 bB	8.72 bB	14.26 aA
BRS Marfim	28.53 bA	35.20 bA	21.33 bA	15.80 aA	13.86 aA	16.53 aA
BRS Notável	58.53 aA	51.40 aA	55.76 aA	13.83 aA	13.63 aA	15.60 aA
BRS Pérola	21.60 bA	26.43 bA	27.03 bA	8.53 bA	2.90 bA	6.90 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha), não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A cultivar BRS Esteio elevou o PGC na presença do bioestimulante tanto em R5 como em R5+R8, assim como, em BRS Notável em R5. BRS Estilo apresentou maior média nos diferentes posicionamentos do bioestimulante e dentre as cultivares (Tabela 4). De acordo com Lana et al. (2009) aplicação de reguladores de crescimento nos primeiros estágios de desenvolvimento da planta estimula o crescimento radicular, proporcionando recuperação mais rápida após período de estresse hídrico; maior resistência a insetos, pragas, doenças e nematóides; estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas aumentando a absorção de nutrientes e, por consequência, o rendimento da cultura.

O PMG foi mais elevado na cultivar BRS Pérola e não oscilou nos três posicionamentos do bioestimulante, porém, a cultivar BRS Marfim, teve o PMG reduzido no posicionamento do bioestimulante em R5 e R5+R8 (Tabela 4). O aumento do PMG com o uso de regulador de crescimento no feijoeiro também foi observado por Soratto et al. (2015) e Pedó et al. (2018). Porém, Abrantes et al. (2011), Pavezi et al. (2017), Lana et al. (2009) e Bossolani et al. (2017) não observaram variações no PMG após a utilização de bioestimulante no feijoeiro. De acordo com Amaro et al. (2015) o PMG é uma medida utilizada para diferentes finalidades, dentre elas a comparação da qualidade de lotes de sementes em diversas espécies.

Tabela 4: Médias para o peso de grãos comerciais PGC e peso de mil grãos PMG de cultivares de feijoeiro. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Cultivar	-----Posicionamento do bioestimulante via foliar-----					
	PGC (g planta ⁻¹)			PMG (g)		
	R5	R5+R8	Água	R5	R5+R8	Água
BRS Campeiro	11.60 bA	12.33 cA	11.20 bA	243.39 bA	262.28 aA	247.87 aA
BRS Esteio	11.90 bA	10.50 cA	8.06 cB	238.00 bA	252.73 aA	233.20 aA
BRS Estilo	16.45 aA	18.93 aA	17.35 aA	258.68 bA	299.13 aA	293.26 aA
BRS Marfim	10.35 bA	9.60 dA	8.33 cA	295.02 aB	272.81 aB	391.46 aA
BRS Notável	16.13 aA	14.00 bB	13.66 bB	275.36 bA	272.44 aA	249.13 aA
BRS Pérola	7.33 cA	7.90 dA	9.03 cA	345.01 aA	307.31 aA	334.48 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical (coluna) e maiúscula na horizontal (linha), não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O posicionamento em R5+R8 reduziu o REN na cultivar BRS Notável. BRS Estilo foi dentre as cultivares a de maior REN para todos os posicionamentos do bioestimulante em R5: 43,87 sc ha⁻¹, R5+R8: 50,48 sc ha⁻¹ e Água: 46,26 sc ha⁻¹ (Tabela 5). Corroborando com Abrantes et al. (2011) que ao aplicar o regulador de crescimento, aumentou o REN de grãos das cultivares de feijoeiro. Bossolani et al. (2017) alcançou REN de 62,60 cs ha⁻¹ quando associado à dose de maior eficiência, correspondendo a incremento de 9,76%. Fortalecendo o que Nardi et al. (2016) ao comentar que os estudos recentes apoiam o potencial de diferentes tipos de bioestimulantes para melhorar a biomassa da planta, o rendimento das culturas e a resistência a múltiplos tipos de estresse.

De acordo com Bertolin et al. (2010), o bioestimulante proporcionou incremento no NVP e REN de grãos tanto em aplicação via sementes quanto via foliar. Lana et al. (2009) observou que a aplicação de bioestimulantes proporcionou índices de produtividade superiores aos da testemunha (ausência de fitoreguladores), a qual apresentou o menor índice de produtividade do feijoeiro. Almeida et al. (2014) ao avaliarem o efeito de formas e épocas de aplicação de bioestimulante verificaram que a aplicação do bioestimulante via foliar na fase vegetativa, ou início da reprodutiva, proporcionou incrementos na nodulação, no crescimento radicular, no conteúdo de açúcares solúveis e aminoácidos totais e na atividade da nitrato redutase, porém, não interferiu no crescimento da parte aérea e no REN da cultura do feijoeiro.

Tabela 5: Médias para o rendimento REN de cultivares de feijoeiro. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Cultivar	REN (sc ha ⁻¹)		
	-----Posicionamento do bioestimulante via foliar-----		
	--		
	R5	R5+R8	Água
BRS Campeiro	30.93 bA	32.88 cA	29.86 cA
BRS Esteio	31.73 bA	28.00 cA	21.51 dB
BRS Estilo	43.87 aA	50.48 aA	46.26 aA
BRS Marfim	27.60 bA	25.60 dA	22.22 dA
BRS Notável	43.02 aA	37.33 bB	36.44 bB
BRS Pérola	19.55 cA	21.06 dA	24.08 dA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A matriz de correlação simples revelou correlação positiva nas características de feijoeiro nos pares RENxNGT e RENxNGC em todos os posicionamentos do bioestimulante, bem como, o NGTxNVP e NGTxNGT (Tabela 6). Montanari et al. (2013) também observou correlações significativas entre os componentes de rendimento do feijoeiro. A magnitude dos coeficientes de correlação variou de -0.0077 a 0.97578 (Tabela 6). Velho et al. (2017) estimou coeficientes de correlação de -0,04 a 0,72 em componentes da parte aérea do feijoeiro.

De um total de 45 correlações fenotípicas, apenas 35,56% foram significativas pelo teste t, independentemente do nível de significância ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$), de acordo com a classificação proposta por (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2012). De forma estratificada podemos observar que no posicionamento com água as correlações significativas alcançaram percentual de 40%, seguido de 26,67% e 40,00% para os posicionamentos R5 e R5+R8, respectivamente (Tabela 6). Gonçalves et al. (2017) analisando 55 correlações fenotípicas encontraram apenas 36,36% de significativas. Velho et al. (2017), colocam que as populações de feijoeiro avaliadas não mostram uma relação completa entre os caracteres, o que indica que a melhor estratégia deve ser a seleção simultânea de caracteres, com ênfase em caracteres com efeitos indiretos significativos.

Tabela 6: Matriz simples de correlação fenotípica de cultivares de feijoeiro submetidas a posicionamentos de bioestimulante via foliar. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Variáveis	NVP	NGT	NGC	NGN	PMG	REN
Água						
NV	1					
NGT	0.95162**	1				
NGC	0.969**	0.96377**	1			
NGNC	0.21311 ^{ns}	0.41022 ^{ns}	0.1521 ^{ns}	1		
PMG	-0.6359 ^{ns}	-0.4937 ^{ns}	-0.638 ^{ns}	0.35174 ^{ns}	1	
REND	0.852*	0.92371**	0.8986*	0.35036 ^{ns}	-0.2589 ^{ns}	1
Bioestimulante posicionado na fase fenológica R5						
NV	1					
NGT	0.86689*	1				
NGC	0.7565 ^{ns}	0.95753**	1			
NGNC	0.24827 ^{ns}	-0.0077 ^{ns}	-0.2957 ^{ns}	1		
PMG	-0.4513 ^{ns}	-0.6055 ^{ns}	-0.7201 ^{ns}	0.49118 ^{ns}	1	
REND	0.76361 ^{ns}	0.90021*	0.91956**	-0.2069 ^{ns}	-0.4553 ^{ns}	1
Bioestimulante posicionado na fase fenológica R5+R8						
NV	1					
NGT	0.88065*	1				
NGC	0.84797*	0.9541**	1			
NGNC	0.44934 ^{ns}	0.53493 ^{ns}	0.25734 ^{ns}	1		
PMG	-0.0605 ^{ns}	-0.2552 ^{ns}	-0.0695 ^{ns}	-0.6269 ^{ns}	1	
REND	0.81781*	0.89561*	0.97578**	0.137 ^{ns}	0.14583 ^{ns}	1

NVP: número de vagem; NGT: número de grãos total; NGC: número de grãos comerciais; NGN: número de grãos não comerciais; PMG: peso de mil grãos; e REN: rendimento.

Significância: * 5% de probabilidade; ** 1 de probabilidade; ^{ns}: não significativo.

A rede de correlação aplicada as características das cultivares de feijoeiro nos diferentes posicionamentos do bioestimulante apontou a interligação positiva dentre as variáveis de NVP, NGT, NGC e REN (Figura 1A, B e C). Correlação negativa foi observada no PMG com o NVP e NGC (Figura 1A), PMG com o NGC (Figura 1B) e PMG com o NGN (Figura 1C). A contribuição relativa de cada caráter para a divergência genética é de grande importância para se identificar os caracteres de maior contribuição e, também, para auxiliar no descarte daqueles que contribuem pouco para a discriminação dos genótipos, reduzindo-se, dessa forma, mão de obra, tempo e custo despendidos na experimentação (CORREA e GONÇALVES, 2012). Para Gonçalves et al. (2017), traços de correlação forte a moderada apresenta maior importância nas seleções precoces de acessos de feijoeiro, sendo utilizados como base para a correta seleção desses genótipos por seleção indireta.

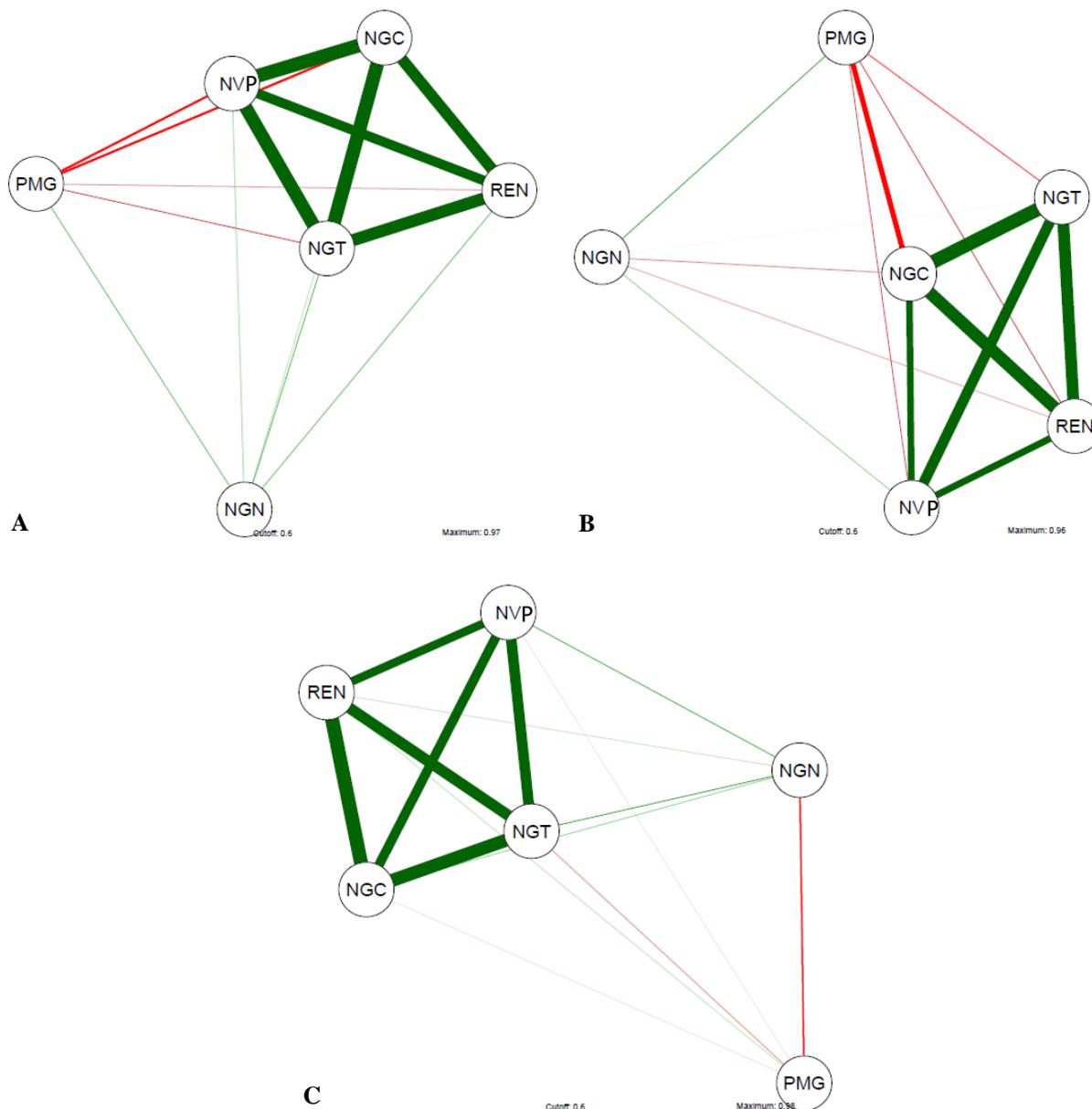


Figura 1. Rede de correlação aplicada nas características de NVP: número de vagem; NGT: número de grãos total; NGC: número de grãos comerciais; NGN: número de grãos não comerciais; PGC: peso de grãos comerciais; PMG: peso de mil grãos; e REN: rendimento, de cultivares de feijoeiro submetidas a posicionamentos de bioestimulante via foliar na fase fenológica R5 (A), R5+R8 (B) e Água (C). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

A primeira e segunda variáveis canônicas responderam com 95,3% (Figura 2A), 95,8% (Figura 2A) e 94,5% (Figura 2A) da variação total dos dados, observando-se que as variáveis NGT, NVP, NGC e REN apresentaram similaridades de grandeza entre si, nos diferentes posicionamentos do bioestimulante, ao passo que o PMG não apresentou proximidades com estas (Figura 2).

Correa e Gonçalves, (2012), observou que as duas primeiras variáveis canônicas explicam mais de 80% da variação total contida no conjunto de dados originais (97,94% da variância

total acumulada), desta forma, as duas primeiras variáveis canônicas explicam satisfatoriamente a variabilidade manifestada entre as cultivares analisadas, permitindo interpretar o fenômeno, com considerável simplificação, por meio de um gráfico de dispersão bidimensional dos escores obtidos.

A Figura 2A demonstra a influência da cultivar BRS Pérola no PMG e BRS notável e BRS Estilo para as demais variáveis. No posicionamento do bioestimulante em R5 pouco foi observado a influência das cultivares sobre as variáveis (Figura 2). BRS Notável com expressividade para o NGT, NGC e NVP, assim como, BRS Estilo no REN e PMG para a cultivar BRS Marfim, foram as observações mensuráveis no posicionamento do bioestimulante em R5+R8 (Figura 2C). Silva et al. (2015) colocam que as técnicas de análises multivariadas são eficientes para verificar as similaridades ou as diferenças na variabilidade da produtividade, com base nos atributos químicos e físicos do solo na área estudada.

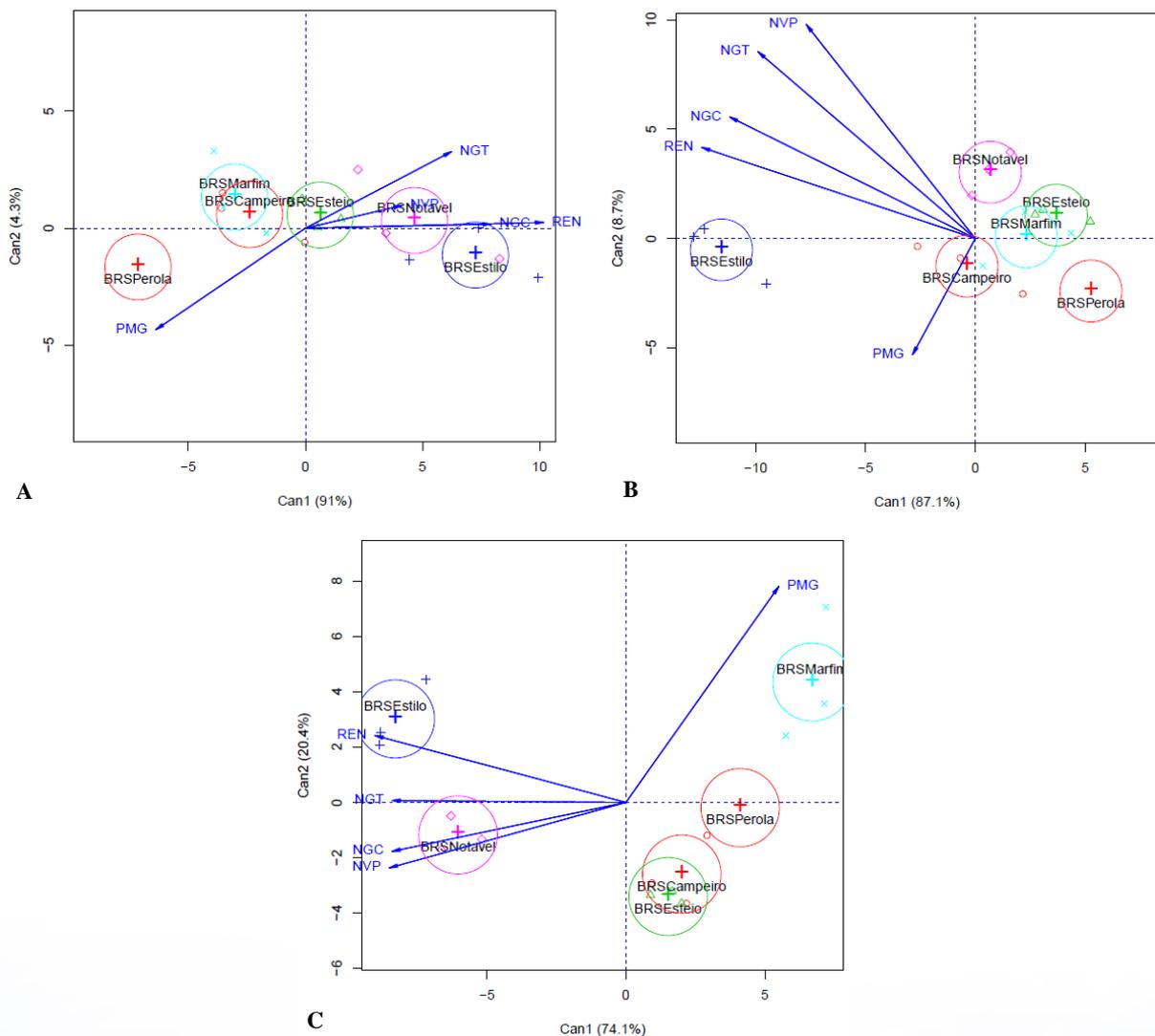


Figura 2. Análise de variáveis canônicas das médias de NVP: número de vagem; NGT: número de grãos total; NGC: número de grãos comerciais; NGN: número de grãos não comerciais; PMG: peso de mil grãos; e REN: rendimento, em cultivares de feijoeiro submetidas a posicionamentos de bioestimulante via foliar na fase fenológica R5 (A), R5+R8 (B) e Água (C). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Através do dendrograma, houve o agrupamento das cultivares de feijoeiro em dois Clusters distintos para cada posicionamento do bioestimulante. Formação de Cluster isolado foi observado na BRS Marfim (Figura 3A) e BRS Pérola (Figura 3B) nos posicionamentos do bioestimulante em R5 e R5+R2, respectivamente. BRS Marfim e BRS Pérola formaram Cluster no posicionamento do bioestimulante com água (Figura 3C). Os resultados corroboram com Correa e Gonçalves (2012) ao concluírem que as técnicas de análise multivariada utilizadas reuniram os genótipos em grupos distintos, assim como, em Silva et al. (2015) que através da técnica de dendrograma obtido pela análise de agrupamentos hierárquica também obteve a divisão das cultivares em grupos.

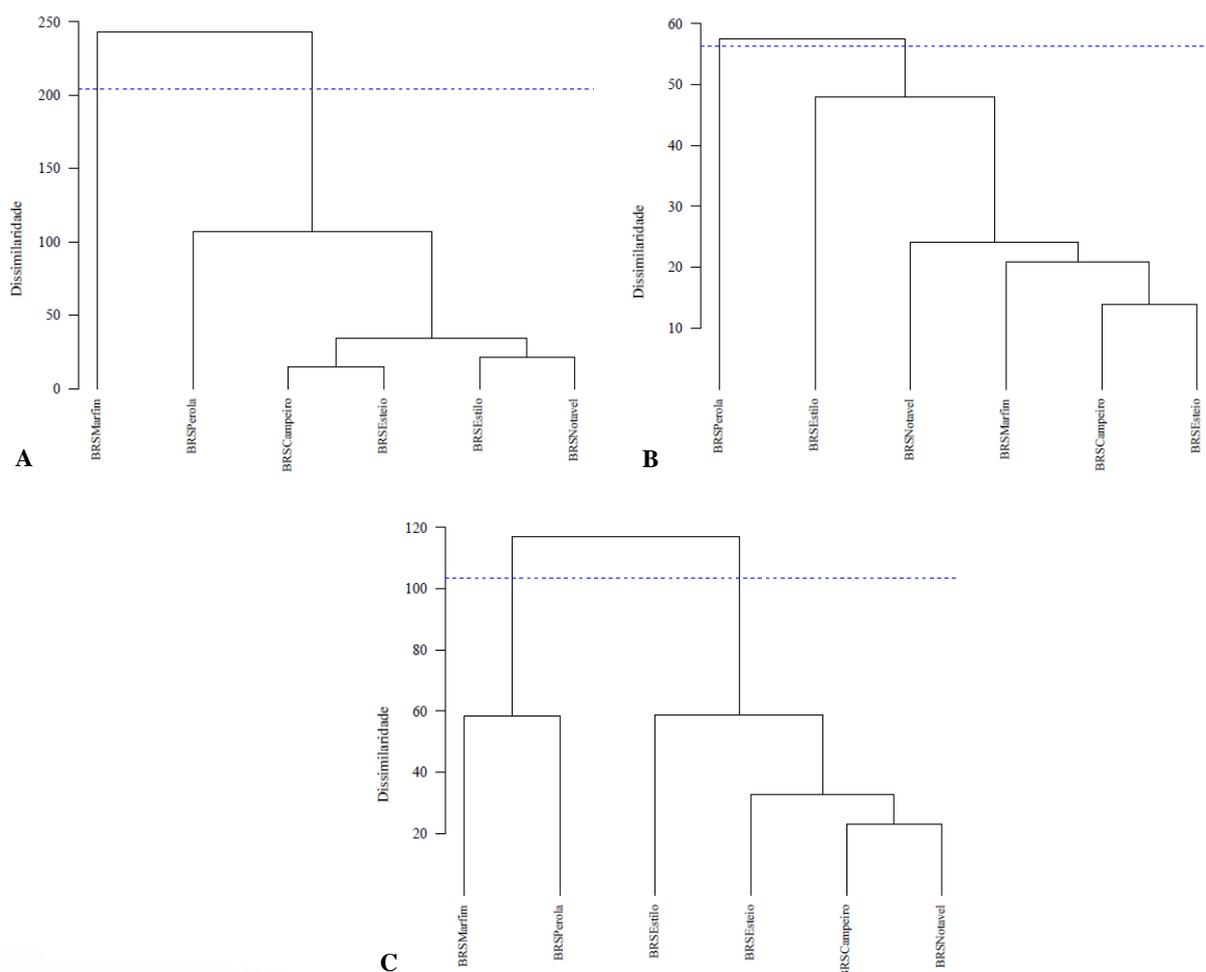


Figura 3. Dendrograma representativo da dissimilaridade entre cultivares de feijoeiro submetidas a posicionamentos de bioestimulante via foliar na fase fenológica R5 (A), R5+R8 (B) e Água (C), obtido pela técnica do vizinho mais próximo, com base na distância euclidiana. Foram tomadas as variáveis de NVP: número de vagem; NGT: número de grãos total; NGC:

número de grãos comerciais; NGN: número de grãos não comerciais; PGC: peso de grãos comerciais; PMG: peso de mil grãos; e REN: rendimento. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

CONCLUSÕES

O número de vagem, número de grãos não comerciais, peso de grãos comerciais, peso de mil grãos e rendimento foram influenciados pelo posicionamento do bioestimulante via foliar.

O posicionamento do bioestimulante via foliar na fase fenológica R5 proporcionou os maiores rendimentos para todas as cultivares de feijoeiro, com destaque para BRS Estilo (43,87 sc ha⁻¹) e BRS Notável (43,02 sc ha⁻¹).

O rendimento das cultivares de feijoeiro independente do posicionamento do bioestimulante apresentou correlação positiva com o número de grãos total e número de grãos comerciais.

As variáveis número de vagem, número de grãos total, número de grãos comerciais e rendimento possuem correlação positiva entre si.

A BRS Estilo pouco influenciou os componentes de rendimento.

As cultivares de feijoeiro apresentaram a formação de dois Clusters distintos de acordo com os posicionamentos do bioestimulante.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F.; SÁ, M.; SOUZA, L.C.; SILVA, M.; SIMIDU, H.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; VALÉRIO FILHO, W.; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijoeiro de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, 2011.
- ALMEIDA, A.Q.D.; SORATTO, R.P.; BROETTO, F.; CATANEO, A.C. Nodulação, aspectos bioquímicos, crescimento e produtividade do feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina-ciências Agrárias**, p.77-88. 2014.
- AMARO, H.T.R.; DAVID, A.M.S.S.; ASSIS, M.O.; RODRIGUE, B.R.A., CANGUSSÚ, L.V.S.; OLIVEIRA, M.B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, 38(3), p.383-389, 2015.
- ANDRADE SILVA, R.; FOGAÇA, J.J.N.L.; SOUZA MOREIRA, E.; PRADO, T.R.; VASCONCELOS, R.C. Morfologia e produção de feijoeiro comum em função da aplicação de bioestimulante. **Scientia Plena**, 12(10), 2016.
- ÁVILA, M.R.; BARIZÃO, D.A.O.; GOMES, E.P.; FEDRI, G.; ALBRECHT, L.P. Cultivo de feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. **Scientia Agraria**, 11(3), 221-230. (2010).
- BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

- BERTOLIN, D.C.; SÁ, M.E.D.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A.D.S.; CARVALHO, F.L.B.M.D. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, 339-347. (2010).
- BHERING, L.L. **Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform**. 2017.
- BOSSOLANI, J.W.; DE SÁ, M.E.; MERLOTI, L.F.; BETTIOL, J.V.T.; DE OLIVEIRA, G.R.F.; DOS SANTOS P.D. Bioestimulante vegetal associado a indutor de resistência nos componentes da produção de feijoeiro. **Revista Agroambiente On-line**, 11(4), 307-314. (2017).
- COBUCCI, T.; DI STEFANO, J.G.; KLUTHCOUSKI, J. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 56p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 35).
- CORREA, A.M.; GONÇALVES, M.C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, 59(2): 206-212, 2012.
- DOS ANJOS, D.N.; MENDES, H.T.A.; VASCONCELOS, R.C.; MOREIRA, P.M.; CANGUSSU, A.C.V.; DE SOUZA PIRES, E. Índice de área foliar, spad e massa de matéria seca do feijoeiro comum em função dos bioestimulantes, NPK e micronutrientes em Vitória da Conquista-BA. **Agrarian**, 10(35), 1-9. (2017).
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, p.628, 2009.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, p.353, 2013.
- GONÇALVES, D.L.; BARELLI, M.A.A.; OLIVEIRA, T.C.; SANTOS, P.R.J.; SILVA, C.R.; POLETINE, J.P.; NEVES, L.G. Genetic correlation and path analysis of common bean collected from Caceres Mato Grosso State, Brazil. **Ciência Rural**, 47(8), 2017.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der klimatologie**. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1936.
- LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; GOZUEN, C. F.; BONOTTO, I.; TREVISAN, L. R. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal**, 25(1). (2009).
- MONTANARI, R.; PELLIN, D.M.P.; SILVA JÚNIOR, C.A.; CARVALHO, M.P.; GIOIA, M.T.; DALCHIAVON, F.C. Correlação entre produção de feijão e atributos físicos de um Latossolo em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, 60(6): 772-784. 2013.
- NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by preprotein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, 2016; 73(1):18-23, 2016.
- OLIVEIRA, F.D.A.; DE MEDEIROS, J.F.; ALVES, R.D.C.; LIMA, L.A.; DOS SANTOS, S.T.; DE RÉGIS, L.R. Produção de feijoeiro caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1049–1056, 2015.
- OLIVEIRA, L.F.C.; OLIVEIRA, M.D.C.; WENDLAND, A.; HEINEMANN, A.; GUIMARÃES, C.; FERREIRA, E.D.B.; SILVEIRA, P.M. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Embrapa Arroz e Feijão-Livro técnico (INFOTECA-E). 2018.
- PAVEZI, A.; FAVARÃO, S. C. M.; KORTE, K. P. Efeito de diferentes bioestimulantes na cultura do feijoeiro-comum. **Revista Campo Digital**, v. 12, n. 1, p.30-35, 2017.
- PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E. G.; BACARIN, M. A.; ANTUNES, I. F.; KOCH, F.; MONTEIRO, M. A.; AUMONDE, T. Z. Crescimento de plantas e vigor de sementes de feijoeiro em resposta à aplicação exógena de ácido giberélico. **Revista de Ciências Agrárias**, 41(3), 181-190. (2018).

QUINTELA, E.D. **Manejo integrado de pragas do feijoeiro**. Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 2001.

SANTOS, J. P.; BORGES, T. S.; SILVA, N. T.; ALCANTRA, E.; REZENDE, R. M.; FREITAS, A. S. Efeito de bioestimulante no desenvolvimento do feijoeiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, 15(1), 815-824. (2017).

SHIMAKURA, S.E.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. **Estatística descritiva**: interpretação do coeficiente de correlação. Curitiba: Departamento e Estatística da UFPR, 2012.

SILVA, E.M.S.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A.R.; CORREA, A.R.; TOMAZ, P.K.; FERRAUDO, A.S. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39(2), 598-607. (2015).

SORATTO, R. P.; DE SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; DE OLIVEIRA, L. F. F. A. Crescimento e produtividade de duas cultivares de feijoeiro em função de doses de ácido 2, 3, 5-triidobenzoico. **Ciência Rural**, 45(12), 2181-2186. (2015).

VELHO, LPS.; GEMELI, MS.; TREVISANI, N.; PEREIRA, TCV.; CERUTTI, PH.; MELO, RC.; GUIDOLIN, AF; COIMBRA, JLM.; CORRÊA, SC. Phenotypic correlation and direct and indirect effects of aerial part components with root distribution of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52(5), 328-334, (2017).

MANEJO NUTRICIONAL COM FERTILIZANTE ORGANOMINERAL NA CULTURA DA SOJA PARA ALTOS RENDIMENTOS

Cleia Simone Ferreira¹
Luiz Leonardo Ferreira²
Ariana Bertola Carnevale³
Priscila Ferreira Batista⁴

RESUMO

Objetivou-se com o trabalho avaliar o desempenho de cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante organomineral via foliar, para obtenção de altos rendimentos. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Luiz Eduardo de Oliveira Sales, no município de Mineiros-GO, Brasil. O solo é classificado como Neossolo Quartzarênio órtico típico, com textura média. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 5x3, totalizando 15 tratamentos, correspondente a cinco doses de Potamol Plus[®] (0, 0,25, 0,5, 0,75 e 1 L ha⁻¹) e 3 cultivares de soja (M7739, M8372 e TMG7062), em 4 repetições. O preparo do solo foi realizado com o uso aração e gradagem. Foi realizado o controle de pragas e doenças quando necessário. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo, para estas foram realizadas análises uni e multivariada. A análise de variância demonstrou que o fator cultivar foi significativo para todas as variáveis, significância também foi observada no fator dose para APR, LUG, LQG, REN, LDG, GTP e GCP. Interação entre os fatores (C x D) ocorreram em APR, LUG, LDG, LQG, LTG, GTP e GCP. O fertilizante organomineral Potamol Plus[®] aplicado via foliar aos 30 (50%) e 45 (50%) dias após o semeio não aumentou o desempenho produtivo das cultivares de soja M7739, M8372 e TMG7062. As cultivares M7739 e TMG7062 apresentaram altos rendimentos (rendimento ≥ 70 sc ha⁻¹).

Palavras-chave: Adubação foliar, *Glycine max*, micronutriente.

INTRODUÇÃO

A lavoura de soja para altos rendimentos exige conhecimento e práticas culturais aplicadas, seguindo a lógica de desenvolvimento da planta e os princípios básicos da fisiologia vegetal. O potencial da cultura da soja é definido pela eficiência na interpretação da energia solar e na relação de menor volume de palha para a máxima produção de grãos. O excesso de folhas, ou de plantas, determina a incapacidade de o dossel inferior interceptar

¹ Docente Adjunta do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, cleiasimone@unifimes.edu.br;

² Docente Titular do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, leoagrozoo@hotmail.com;

³ Doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, ariana@unifimes.edu.br;

⁴ Pós-doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, bolsista do programa de pós-doutorado junior CNPq – Brasil (154958/2018-2), priscilaferreira.bio@gmail.com;

radiação solar, reduzindo a fotossíntese líquida e a produção de grãos (HIPÓLITO e BORGES, 2017).

A soja é a cultura de grãos com maior área cultivada no Brasil. O rendimento tem aumentado nos últimos anos, em consequência do uso de novas tecnologias e da crescente profissionalização dos produtores rurais (TRENTIN et al., 2013), e para se obter melhor rendimento na cultura da soja, os produtores adotam diversas alternativas de manejo com o intuito de promover o incremento em suas lavouras, dentre as alternativas está o emprego da adubação foliar (OLIVEIRA et al., 2017).

Santos (2013) aponta que a adubação foliar seja de composto com micro ou macro nutrientes está ganhando cada vez mais espaço visto seu poder de solubilidade, e tem como principal objetivo suprir as plantas, suas necessidades nutricionais através de uma absorção rápida, disponibilizando os nutrientes quando está realmente necessita deles, e desta forma evitar ou corrigir deficiências.

Produtos orgânicos sólidos como cama aviária, esterco bovino, resíduos de lixo urbano e subprodutos canavieiros, já foram temas de outros trabalhos buscando elevar a fertilidade do solo. Porém, quando se trata de fertilizar o solo em grandes áreas como é o caso da cultura da soja no Centro Oeste, enorme volume orgânico é demandado anualmente, e quase nunca é sanado tamanha necessidade, seja, pela área de cultivo, ou mesmo, pelo consumo biológico retirado na colheita dos grãos e pela elevada decomposição microbiana.

No anseio de produzir cada vez mais, gastando menos e com redução dos danos ao meio ambiente, estratégias como adubação foliar com produtos classificados como organomineral, pode ser um diferencial, quando bem posicionada. Esta pode ser aplicada de forma isolada ou mesmo acompanhar atividades que são de amplo espectro por parte dos produtores como as intervenções de fungicida, inseticida ou mesmo herbicida. O que a torna ainda mais viável pela redução no custo operacional.

Benefícios como redução do estresse vegetal por fatores climáticos ou fitotoxidez por produtos fitossanitários, elevação da resistência sistêmica induzida, potencial de retenção foliar, redução no abortamento floral e enchimento dos grãos, são alguns dos benefícios propostos pelos produtos organominerais aplicados via foliar para a cultura da soja. No entanto, poucos são os relatos científicos que comprovam ou elucidam tais benefícios.

Em fertilizantes organominerais, nutrientes essenciais como Molibdênio Mo, nitrogênio N, cobalto Co e Potássio K, geralmente se fazem presente. Para Possenti e Villela, (2010) o Mo é de grande relevância para a ação da enzima nitrato redutase. Moraes et al. (2008), ressalta a eficácia do método de fixação biológica de N, aliado ao Co; assim como, o

Mo (SFREDO e OLIVEIRA, 2010). O K pela sua amplitude em interconectar o meio interno com o externo, através do controle osmótico de abertura e fechamento dos estômatos e lenticelas, sem se ligar diretamente aos compostos orgânicos atuando principalmente como agente catalisador.

Sabe-se que, na prática, a adubação foliar é de complemento à adubação feita no solo para as culturas. Deste modo, a incorporação via adubação foliar com substâncias orgânicas podem suplementar o fornecimento via solo em determinados estágios de crescimento (GAZOLA et al., 2014), além de que o uso dessas substâncias pode ser uma estratégia para prevenir os efeitos indesejáveis do glifosato na cultura da soja (ZOBIOLE et al., 2011).

Contudo, dados sobre a eficiência da aplicação de fertilizantes organominerais na cultura da soja são muito escassos, tornando-se necessária a realização de mais trabalhos científicos para suprir a deficiência de informações sobre o assunto, principalmente quando associados à distintos materiais genéticos desta cultura. Sendo assim, objetivou-se com o trabalho avaliar o desempenho de cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante organomineral via foliar, para obtenção de altos rendimentos, superior a setenta sacas por hectare.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Luiz Eduardo de Oliveira Sales, no município de Mineiros-GO, situado entre as coordenadas geográficas de 17°34'10" latitude Sul e 52°33'04" longitude Oeste, com altitude média de 760 m. A temperatura média é de 22,7°C, a precipitação média anual é de 1695 mm ocorrendo principalmente na primavera e no verão. O clima predominante é quente, semiúmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, sendo classificado como "Aw" (KÖPPEN e GEIGER, 1936). O solo é classificado como Neossolo Quartzarênio órtico típico, com textura média, topografia suavemente ondulada a plana e boa drenagem (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 5x3, totalizando 15 tratamentos, correspondente a cinco doses de Potamol Plus® (0, 0,25, 0,5, 0,75 e 1 L ha⁻¹) e 3 cultivares de soja (M7739, M8372 e TMG7062), em 4 repetições, totalizando 60 unidades experimentais, onde cada unidade foi composta de 4 linhas de 4 metro de comprimento distanciadas a cada 0,5 m. As populações foram de 288.000, 222.222 e 445.000 plantas ha⁻¹, respectivamente.

O Potamol Plus[®], é um fertilizante organomineral classe A, recomendado para aplicação via foliar, que possui em sua constituição (nitrogênio N solúvel em água: 7,0; óxido de potássio K₂O solúvel em água: 2,3; molibdênio Mo solúvel em água: 2,0; e carbono orgânico: 11,5).

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta e análise de solo na camada superficial de 0-20 cm verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 4,1; fósforo 3 em mg dm⁻³; potássio 0,6, cálcio 5, magnésio 3, alumínio 4, acidez potencial 29, soma de bases 8,6, capacidade de troca catiônica 37,6 e saturação de base 22,94 em mmolc dm⁻³; argila 80, silte 30 e areia 890 em g dm⁻³. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UNIFIMES, segundo metodologia de (EMBRAPA, 2009).

O preparo do solo foi realizado com o uso aração e gradagem. A semeadura foi realizada no dia 28/10/2016 sendo manual a distribuição das sementes, e simultaneamente no sulco foi realizada a adubação com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral NPK na formula 07-25-25. As doses do fertilizante organomineral foram fracionadas e aplicadas via foliar aos 30 (50%) e 45 (50%) dias após o semeio. O controle de pragas foi realizado 30 dias após o semeio com glifosato na concentração de 1,5 L ha⁻¹. Aos 45 dias após o plantio foi feita aplicação com Epoxiconazol 0,5 L ha⁻¹; e aos 60 dias após o plantio Fluxapiraxade e Piraclostrobina na dose de 0,3 L ha⁻¹. Para estas foram utilizados pulverizador costal de pressão constante de 2,0 bar (CO₂), do tipo cone, aplicando um volume de calda de 335 L ha⁻¹, nas horas amenas do dia, com temperatura média ambiente de 25°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 5 km h⁻¹.

As variáveis foram analisadas após a colheita no dia 18 de fevereiro de 2017. Para tal, determinou-se: altura de planta ALP em cm, altura do primeiro ramo reprodutivo APR em cm, número total de legumes por planta NLP em unid planta⁻¹, legumes com um grão LUG em unid planta⁻¹, legumes com dois grãos LDG em unid planta⁻¹, legumes com três grãos LTG em unid planta⁻¹, legumes com quatro grãos LQG em unid planta⁻¹, número total de grãos por planta GTP em unid planta⁻¹, número de grãos comerciais por planta GCP em unid planta⁻¹ e rendimento REN em sc ha⁻¹ (BENINCASA, 2004).

Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar a interação entre as cultivares de soja x doses do fertilizante organomineral, onde a descrição das variáveis foi realizada em função deste último, realizando-se a regressão polinomial, observando-se a significância do teste F. Após foram desmembradas aos efeitos simples

através do teste de agrupamento de médias de Tukey, a 5% de probabilidade. Posteriormente as variáveis foram submetidas a correlação linear com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo test t, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas biplot onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. As análises foram realizadas na interface Rbio e R (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstra que o fator cultivar (C) foi significativo para todas as variáveis analisadas ($p \leq 0,01$), significância também foi observada no fator dose (D) para APR, LUG, LQG, REN ($p \leq 0,01$), LDG, GTP e GCP ($p \leq 0,05$). Interação entre os fatores (C x D) ocorreram em APR, LUG, LDG, LQG ($p \leq 0,01$), LTG, GTP e GCP ($p \leq 0,05$) (Tabela 1). Esses resultados corroboram com os encontrados por Rossi et al. (2012); Moraes et al. (2008); Gazola et al. (2017); Dourado Neto (2012); e Nakao et al. (2014).

Não houve ajuste dos modelos testados para ALP e ALP no fator D e na interação C x D, além do REN, para esta última (Tabela 1), sendo o mesmo proposto em Diesel et al. (2010), onde a aplicação de fertilizante via foliar na cultura da soja, não apresentaram significância para as variáveis agrônômicas analisadas.

Tabela 1. Resumo das análises de variância (F calculado e CV (%)) para altura de planta ALP, altura do primeiro ramo reprodutivo APR, número total de legumes por planta NLP, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, legumes com quatro grãos LQG, número total de grãos por planta GTP, número de grãos comerciais por planta GCP e rendimento REN. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Fatores	gl	ALP	APR	NLP	LUG	LDG	LTG	LQG	GTP	GCP	REN
Cultivar (C)	2	99,02**	181,67**	20,35**	22,65**	59,06**	13,99**	580,64**	62,62**	36,97**	18,87**
Dose (D)	4	1,14 ^{ns}	8,09**	1,43 ^{ns}	15,72**	2,98*	4,29**	10,83**	3,47*	2,62*	8,21**
C x D	8	1,62 ^{ns}	4,59**	0,60 ^{ns}	17,99**	2,99**	2,96*	17,47**	2,55*	2,61*	1,99 ^{ns}
Bloco	3	5,23**	0,19 ^{ns}	0,36 ^{ns}	3,39*	0,76 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,07 ^{ns}
CV (%)		6,77	7,29	17,86	49,08	11,97	16,88	23,98	9,78	12,68	13,46

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

O desmembramento da interação C x D revelou que a cultivar M8372 apresentou as maiores médias dentre as demais cultivares para todas as doses nas características de APR, LUG, LDG, LTG, LQG, GTP e GCP (Tabela 2), demonstrando o alto grau de adaptabilidade climática e de manejo proposto. Jacob Neto (2015) coloca que a presença de compostos

orgânicos nas formulações de fertilizantes foliares exercem ação quelatizante na absorção de macro e micronutrientes, armazenando maior quantidade de proteínas nas sementes, promovendo melhores grãos comerciais.

De acordo com Dourado Neto (2012), altos rendimentos de soja necessitam de elevadas quantidades de N, que podem ser alcançadas especialmente, a partir da fixação simbiótica, no entanto, há possibilidade de a eficiência desse processo biológico ser prejudicada pela deficiência de micronutrientes, especialmente de Co e Mo. Elementos esses presentes em fertilizantes organominerais. Nakao et al. (2014), evidenciou que o micronutriente Mo é essencial para a cultura da soja, principalmente no processo de FBN. O estudo de Deuner (2013) evidencia o tratamento com Mo e Co via sementes foi capaz de promover um incremento significativo (7%) no REN da soja.

Tabela 2. Desmembramento da interação Cultivar x Dose para a altura do primeiro ramo reprodutivo APR, legumes com um grão LUG, legumes com dois grãos LDG, legumes com três grãos LTG, legumes com quatro grãos LQG, número total de grãos por planta GTP e número de grãos comerciais por planta GCP. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Doses	APR (cm)			LUG (unid planta ⁻¹)			LDG (unid planta ⁻¹)		
	TMG7062	M7739	M8372	TMG7062	M7739	M8372	TMG7062	M7739	M8372
0	9.51 B	9.07 B	11.10 A	6.47 B	10.36 B	61.55 A	23.12 B	31.97 A	36.46 A
250	9.12 B	9.42 B	13.83 A	8.92 A	19.99 A	12.67 A	23.52 B	33.00 A	32.83 A
500	9.52 B	10.57 B	15.05 A	6.20 A	16.20 A	8.13 A	21.10 B	30.90 A	26.90 AB
750	9.62 B	9.15 B	13.90 A	4.90 A	9.17 A	9.55 A	20.17 C	26.62 B	35.69 A
1000	9.57 B	8.70 B	13.83 A	6.60 A	8.72 A	10.82 A	22.52 B	27.22 B	35.96 A
LTG (unid planta ⁻¹)			LQG (unid planta ⁻¹)			GTP (unid planta ⁻¹)			
0	29.55 A	30.62 A	25.40 A	0.20 B	0.15 B	0.61 A	105.40 B	164.37 A	163.36 A
250	22.42 B	28.20 AB	31.56 A	0.22 B	0.02 C	0.93 A	117.92 B	161.45 A	183.00 A
500	23.27 B	30.37 B	40.51 A	0.15 B	0.02 B	1.36 A	142.17 B	160.92 AB	183.70 A
750	19.70 A	24.00 A	27.43 A	0.20 B	0.05 B	1.51 A	137.46 B	145.52 B	188.50 A
1000	25.35 B	27.45 AB	35.00 A	0.17 B	0.00 B	1.33 A	124.05 B	136.07 B	171.97 A
				GCP (unid planta ⁻¹)					
0				88.50 B	132.95 A	140.75 A			
250				115.93 A	134.42 A	134.70 A			
500				124.07 B	136.30 AB	159.35 A			
750				104.47 B	111.00 B	169.17 A			
1000				99.30 B	118.45 B	148.55 A			

Médias seguidas pelas mesmas letras na horizontal não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As características de ALP, NLP e REN representaram os efeitos principais do estudo.

Nesta, o alto rendimento foi proporcionado apenas pela cultivar TMG7062 com 77.39 sc ha⁻¹

(REN ≥ 70 sc ha⁻¹), seguido das cultivares M7739 68,13 sc ha⁻¹ e M8372 59,44 sc ha⁻¹ (Tabela 3). Dourado Neto (2012) constataram que a aplicação de Mo via foliar promoveram incrementos significativos no rendimento da cultura com aumentos de até 240 kg ha⁻¹. Os resultados do experimento demonstraram que a adubação foliar com fertilizantes organominerais, interferem no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes de soja de forma crescente até a dose de 800 g ha⁻¹ de Mo (NAKAO et al., 2014). Picolli et al. (2009), ao analisar a aplicação de produtos à base de aminoácidos na cultura do trigo, chegaram à conclusão que esses produtos possibilitaram ganhos significativos em rendimento de grãos e também beneficiaram à cultura em situações adversas do clima, como o déficit hídrico.

Pesquisa de Gazola et al. (2017) afirmou que o rendimento de cultivares está associado as características de cada material genético e ao tratamento a que são submetidos. O trabalho de Alves et al. (2015), evidencia que a eficiência de aplicação de Mo no solo é baixa devido a sua adsorção com a matéria orgânica e a os óxidos de ferro Fe e alumínio Al. No entanto, sua aplicação via adubação foliar pode aumentar a eficiência de aplicação contribuindo para elevação do rendimento.

É o que aponta o estudo de Ribeiro et al. (2014) buscando verificar os benefícios da aplicação de biofertilizante no rendimento de grãos de soja constatou que o emprego de tratamento enriquecido com Co e Mo promoveu rendimentos próximo ao encontrado no experimento desse trabalho de 69,84 sc ha⁻¹ com aplicação via foliar em V6, se diferenciando do tratamento testemunha 47,02 sc ha⁻¹, em 32,83% com a dose de 0,20 L ha⁻¹. Rossi et al. (2012) ressalva que a aplicação de fertilizante via foliar, nas doses entre 45 e 56 g ha⁻¹ influenciaram positivamente nos componentes de rendimento. Para Prado et al. (2016), o fertilizante organomineral melhora o crescimento, o desenvolvimento, a nutrição mineral e o rendimento de grãos da soja.

Tabela 3. Médias para os efeitos principais altura de planta ALP, número total de legumes por planta NLP e rendimento REN. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Cultivares	ALP (cm)	NLP (unid planta ⁻¹)	REN (sc ha ⁻¹)
TMG7062	69.39 c	53,29 b	77,39 a
M7739	75.86 b	68,13 a	69,86 b
M8372	92.53 a	76,84 a	59,44 c

Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As doses do fertilizante organomineral não influenciaram as médias de ALP. Contrastando com Alves et al. (2015) ao evidenciar que o emprego de adubação foliar na soja

com 0,2 L ha⁻¹ promoveu um maior incremento de ALP. O mesmo efeito foi encontrado por Valenti et al. (2015) onde a aplicação fertilizante via foliar, promoveram melhores incrementos na ALP das plantas de soja. A concentração do fertilizante também não influenciou no NLP e REN das cultivares de soja.

Para as variáveis APR, LUG, LDG, LQG, LTG, GTP e GCP, observou-se efeito significativo na interação (C x D) do fertilizante organomineral, cujos desdobramentos em regressões polinomiais podem ser observados (Figuras 1 e Tabela 4). Efeito quadrático e cúbico foram reportados para as cultivares TMG7062 e M7739 (Tabela 4), respectivamente para a APR (Figuras 1A). A cultivar M8372 foi a única que apresentou interação para as características LUG (Figuras 1B), LDG (Figuras 1C) e LQG (Figuras 1E) com regressão cúbica (Tabela 4).

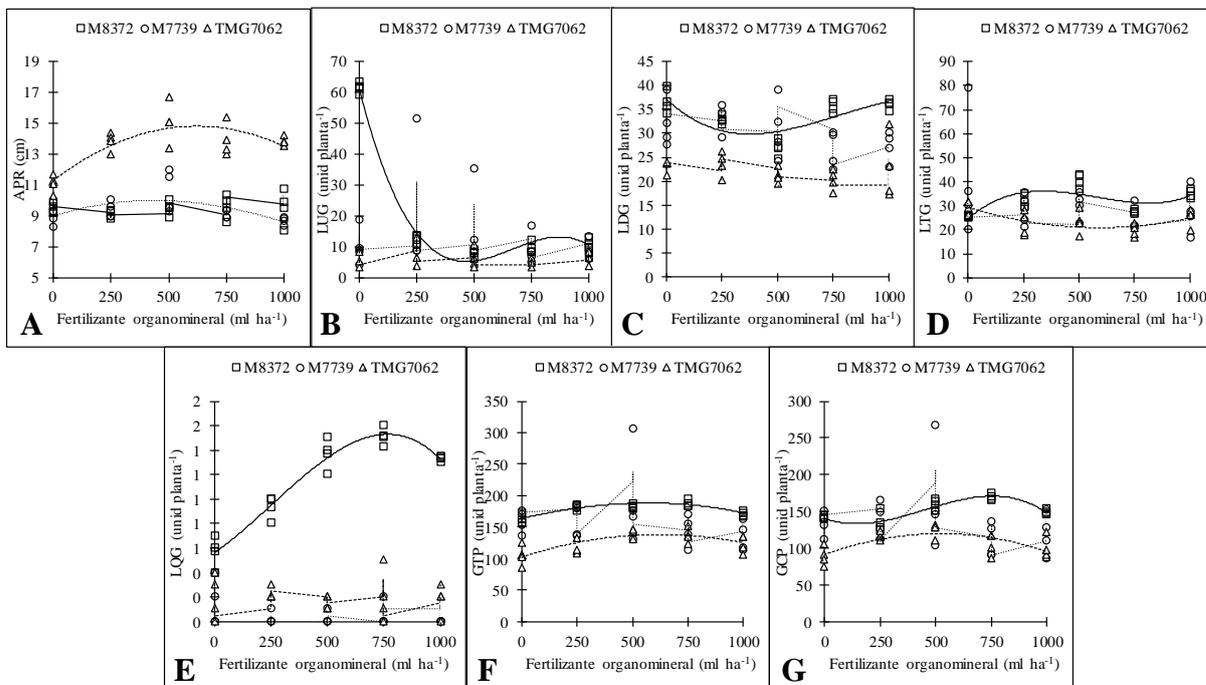


Figura 1. Altura do primeiro ramo reprodutivo APR (A), legumes com um grão LUG (B), legumes com dois grãos LDG (C), legumes com três grãos LTG (D), legumes com quatro grãos LQG (E), número total de grãos por planta GTP (F) e número de grãos comerciais por planta GCP (G), de cultivares de soja quando submetido à aplicação via foliar de fertilizante organomineral. UNIFIMES, Mineiros, GO, Brasil. 2019.

Características de LTG (Figuras 1D), GTP (Figuras 1F) e GCP (Figuras 1G) demonstraram variações quanto as doses do fertilizante organomineral nas cultivares TMG7062 e M8372. Os incrementos foram propostos em modelo quadrático para a primeira e cúbico para a segunda, nas respectivas características (Tabela 4), o mesmo já sendo elucidado

por Rossi et al. (2012) em adubação foliar com fertilizante organomineral. O estudo de Moraes et al. (2008) evidencia que o Mo empregado via foliar transloca-se para os nódulos e para os grãos no estágio da granação, potencializando o GTP. Gazola et al. (2017), explica que a aplicação de fertilizante organomineral pode influenciar na eficiência da adubação nitrogenada, pois a regulação da absorção do N pelas raízes é explicada pela atividade proteolítica que libera aminoácidos nas folhas, os quais, por sua vez, são translocados para os grãos.

Tabela 4. Equações e R², para as variáveis de APR, LUG, LDG, LTG, LQG, GTP e GCP de cultivares de soja. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Cultivar	Variável	
	Equação	R ²
//	Altura do primeiro ramo reprodutivo APR (cm)	
TMG7062	$9.401071429-0.000178571^{ns}x+0.000000429^{ns}x^2$	0.02
M7739	$9.075000000-0.011625000x^{ns}+0.000084183^{ns}x^2+-0.000000147^*x^3$	0.45
M8372	y médio: 12.43	-
//	Legumes com um grão LUG (unid planta ⁻¹)	
TMG7062	y médio: 7.37	-
M7739	y médio: 15.70	-
M8372	$61.09132143-0.29079607^{**}x+0.00047731^{**}x^2-0.00000024^{**}x^3$	0.98
//	Legumes com dois grãos LDG (unid planta ⁻¹)	
TMG7062	y médio: 23.00	-
M7739	$33.12-0.00635^*x$	0.23
M8372	$36.4675+0.05300333^{**}x-0.00044974^{**}x^2+0.00000083^{**}x^3$	0.87
//	Legumes com três grãos LTG (unid planta ⁻¹)	
TMG7062	$29.30285714-0.02859286^{**}x+0.00002414^*x^2$	0.39
M7739	y médio: 30.240	-
M8372	$25.4-0.0814^{**}x+0.00071527^{**}x^2-0.00000134^{**}x^3$	0.91
//	Legumes com quatro grãos LQG (unid planta ⁻¹)	
TMG7062	y médio: 0,20	-
M7739	y médio: 0,10	-
M8372	$0.6046428571+0.0010428571^*x+0.0000019971^{ns}x^2-.0000000023^{**}x^3$	0.95
//	Número total de grãos por planta GTP (unid planta ⁻¹)	
TMG7062	$102.4860714+0.1151284^{**}x-0.0000924^{**}x^2$	0.53
M7739	y médio: 168.175	-
M8372	$163.3675+0.1955625^{**}x-0.0006911^*x^2+0.0000010^*x^3$	0,81
//	Número de grãos comerciais por planta GCP (unid planta ⁻¹)	
TMG7062	$91.14835714+0.11029414^{**}x-0.00010624^{**}x^2$	0.47
M7739	y médio: 137.11	-
M8372	$140.3228571-0.1050095^*x+0.0004389^{**}x^2-0.0000003^{**}x^3$	0.79

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

A primeira variável canônica respondeu 92,2% da variação total dos dados, observando-se que as variáveis GTP, GCP e NLP apresentaram similaridades de grandeza

entre si, além da influência da ALP pela cultivar M8372. De acordo com os autovalores a REN (-0.7116) apresentou contraste com as demais variáveis APR (0.6065), GTP (0.7377), GCP (0.7810), ALP (0.8393) e NLP (0.8367), ressaltando que as duas últimas variáveis foram as que mais contribuíram na influência do fertilizante organomineral para as cultivares de soja (Figura 2).

A cultivar TMG7062 apresentou REN elevado em comparação as demais (Figura 2). Dos Santos et al. (2015) avaliando a divergência genética, por meio de técnicas multivariadas, verificaram que as duas primeiras variáveis canônicas explicaram aproximadamente 80% da variância total encontrada, o que permite explicar satisfatoriamente a variabilidade manifestada entre os genótipos avaliados. Martins Filho et al. (2015) utilizando a técnica de variáveis canônicas também conseguir identificar as variáveis de maior importância na variância de seus dados.

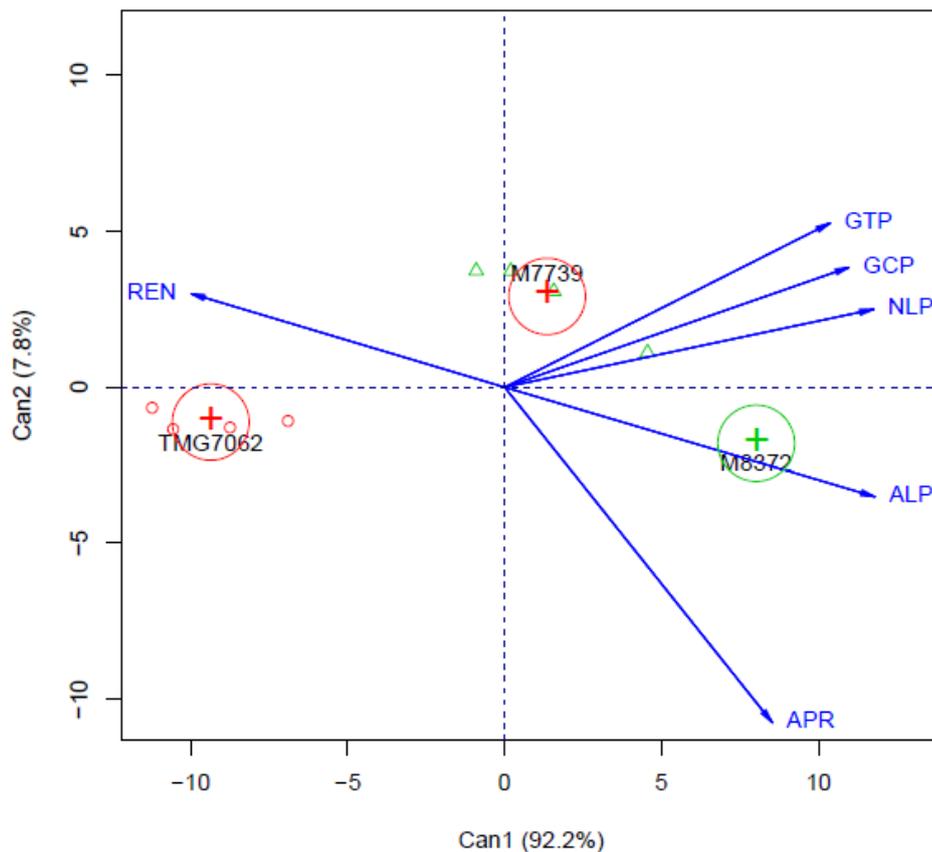


Figura 2. Análise de variáveis canônicas das médias de altura de planta ALP, altura do primeiro ramo reprodutivo APR, número total de legumes por planta NLP, número total de grãos por planta GTP, número de grãos comerciais por planta GCP e rendimento REN, de cultivares de soja. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

De acordo com o teste de correlação de Pearson os pares de atributos cujas correlações foram altas (0,6-1), médias (0,31-0,59) e baixas (0,1-0,3) apresentaram correlações positiva e negativas, indicando função crescente e decrescente entre as variáveis. Assim, foi notada coerência científica para os seguintes pares de correlação positiva: 1) ALP x APR ($r = 0,4833^{**}$), 2) ALP x NVQ ($r = 0,7827^{**}$), 3) ALP x NTG ($r = 0,6449^{**}$), 4) ALP x NGC ($r = 0,6563^{**}$) 5) APR x NVQ ($r = 0,8917^{**}$) e 6) NTG x NGC ($r = 0,9269^{**}$). Para estes pares, as correlações foram diretas e positivas, indicando que a ALP está ligada diretamente com os componentes de rendimento de grãos de soja (Tabela 5). Assim, tais dados estão de acordo com o observado por Silva et al. (2015); Dalchiavon e Carvalho (2012).

O REN não apresentou correlação com as demais variáveis analisadas (Tabela 5), diferente do relatado por Zuffo et al. (2008), indicando associação positiva e significativa entre o REN de grãos e demais variáveis. Os autores comentam que o coeficiente de correlação mensura apenas as relações lineares, mas pode haver alta determinação entre as variáveis do tipo não linear.

O coeficiente de correlação de Pearson é utilizado para expressar o grau de associação entre duas variáveis numéricas (ZUFFO et al., 2018). É importante ressaltar, que o conhecimento da correlação entre estas variáveis também auxilia no processo de seleção, pois permite definir a interferência da seleção realizada sobre uma característica em outra, bem como a realização de seleção indireta para características de difícil mensuração (ZUFFO et al., 2016).

Tabela 5: Matriz de correlação simples entre caracteres agrônômicos de cultivares de soja submetidos à aplicação via foliar de Molibdênio e Aminoácido. UNIFIMES, Mineiros, GO, Brasil, 2019

	ALP	APR	NLP	LUG	LDG	LTG	LQG	GTP	GCP	REN
ALP	1									
APR	0.7833 ^{**}	1								
NLP	0.6225 ^{ns}	0.5016 ^{ns}	1							
LUG	0.2566 ^{ns}	0.0463 ^{ns}	0.1642 ^{ns}	1						
LDG	0.5424 ^{ns}	0.4031 ^{ns}	0.5464 ^{ns}	0.4247 ^{ns}	1					
LTG	0.4334 ^{ns}	0.3645 ^{ns}	0.4156 ^{ns}	-0.0405 ^{ns}	0.2668 ^{ns}	1				
LQG	0.7827 ^{**}	0.8917 ^{**}	0.4578 ^{ns}	0.0408 ^{ns}	0.4444 ^{ns}	0.3189 ^{ns}	1			
GTP	0.6449 ^{**}	0.4528 ^{ns}	0.5153 ^{ns}	0.1947 ^{ns}	0.5279 ^{ns}	0.2056 ^{ns}	0.4286 ^{ns}	1		
GCP	0.6563 ^{**}	0.4457 ^{ns}	0.5065 ^{ns}	0.2035 ^{ns}	0.4827 ^{ns}	0.2071 ^{ns}	0.4353 ^{ns}	0.9269 ^{**}	1	
REN	-0.2389 ^{ns}	-0.3009 ^{ns}	0.0379 ^{ns}	-0.3114 ^{ns}	-0.3349 ^{ns}	-0.0184 ^{ns}	-0.3723 ^{ns}	-0.2087 ^{ns}	-0.1280 ^{ns}	1

Significância: ^{*}5% de probabilidade; ^{**}1% de probabilidade; ^{ns}: não significativo.

Variáveis: altura de planta - ALP, altura do primeiro ramo reprodutivo - APR, número total de legumes por planta - NLP, legumes com um grão - LUG, legumes com dois grãos - LDG, legumes com três grãos - LTG, legumes com quatro grãos - LQG, número total de grãos por planta - GTP, número de grãos comerciais por planta - GCP e Rendimento - REN.

De maneira geral, as correlações entre os caracteres morfológicos LQG, ALP e APR apresentaram correlação significativas e de alta magnitude positiva entre si, com maior intensidade entre a ALP e APR. Correlação positiva também foi diagnosticada entre o GTP e GCP. As demais correlações não se verificaram significância (Figura 3).

Comparando os resultados obtidos pela análise multivariada e os resultados obtidos pelo método de agrupamento de Tukey, pode-se verificar que houve boa concordância entre os dois métodos na constituição dos grupos. O método utilizado e o procedimento estatístico adotado permitiram diferenciar as cultivares de soja em um curto período de tempo (TEXEIRA et al., 2008). Assim também como a interação dentre as variáveis analisadas.

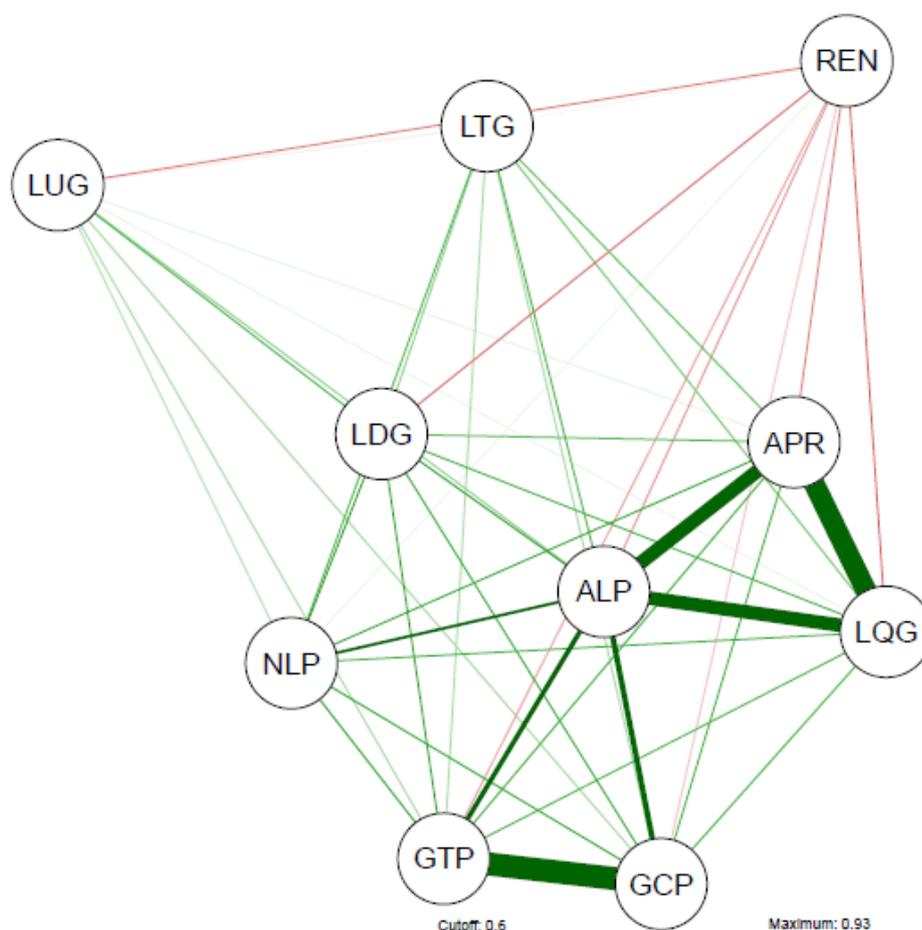


Figura 3. Rede de correlações fenotípicas de características de cultivares de soja. As linhas vermelhas representam correlações negativas e as verdes representam correções positivas. A espessura da linha é proporcional à magnitude da correlação. Altura de planta - ALP, altura do primeiro ramo reprodutivo - APR, número total de legumes por planta - NLP, legumes com um grão - LUG, legumes com dois grãos - LDG, legumes com três grãos - LTG, legumes com quatro grãos - LQG, número total de grãos por planta - GTP, número de grãos comerciais por planta - GCP e rendimento - REN. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fertilizante organomineral Potamol Plus[®] aplicado via foliar aos 30 (50%) e 45 (50%) dias após o semeio não aumentou o desempenho produtivo das cultivares de soja M7739, M8372 e TMG7062.

As cultivares M7739 e TMG7062 apresentaram altos rendimentos (rendimento ≥ 70 sc ha⁻¹), podendo ser indicadas para cultivo na região do Sudoeste Goiano, mais precisamente no município de Mineiros.

A altura de planta exerce forte efeito sobre os componentes de rendimento da cultura da soja, demonstrando a importância da aplicação de análise multivariada no ensaio.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M.V.; SOUZA VALENTINI, C.; VALENTINI, D.H.; NESI, C.N. Efeito de Aminoácidos e Micronutrientes no tratamento de Sementes sobre o desenvolvimento da Soja. **Seminário de Iniciação Científica, Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra Universitária**, 2015.
- BENICASA, M.M.P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.
- BHERING, L.L. **Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform**. 2017.
- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P. Correlação linear e espacial dos componentes de RENUção e Rendimento da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.541-552, 2012.
- DEUNER, C. **Manejo nutricional na cultura da soja: reflexos na RENUção e na qualidade da semente**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, p.57. 2013.
- DIESEL, P.; SILVA, C.A.T.; SILVA, T.R.B.; NOLLA, A. Molibdênio e cobalto no desenvolvimento da cultura da soja. **Agrarian**, 3(8), 169-174. (2010).
- DOS SANTOS, E.R.; BARROS, H.B.; DE CASTRO FERRAZ, E.; CELLA, A.J.S.; CAPONE, A.; DOS SANTOS, A.F.; FIDELIS, R.R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Ceres**, 58(6). (2015).
- DOURADO NETO, D. et al. Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2741-2752, 2012.
- EMBRAPA - **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 2009. 627 p.: il. (EMBRAPA- CNPS. Documentos, 1).
- FERNANDES, F.A; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; ROMANINI JUNIOR, A.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.R. (2005). Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 27(1).
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.
- GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R. Aplicação foliar de aminoácidos como suplemento à adubação nitrogenada em cultivares de trigo. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.45, n.2, p.182-189, 2017
- GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R.; FONSECA, I.C.B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.700–707, 2014.

- HERMES, E.C.K. et al. Influência do bioestimulante no enraizamento e Rendimento da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p.35–45. 2015.
- HIPÓLITO, J.L.; BORGES, W.L.B. Manejo nutricional e hormonal da cultura da soja para altas Rendimentos. **Nucleus**, p. 27-34, 2017.
- JACOB NETO, J. Aminoácidos aplicados a grandes culturas. **Revista Campo e Negócio**, 2015. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/aminoacidos-aplicados-em-grandes-culturas/>. Acesso em: 01 de maio de 2018.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der klimatologie**. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1936.
- MARTINS FILHO, S.; SEDIYAMA, C. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J.L.L. Variáveis canônicas na avaliação da resistência da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à Cercospora sojina Hara. **Ceres**, 39, (221). (2015).
- MORAES, L.M.F.; LANA, R.M.Q.; MENDES, C.; MENDES, E.; MONTEIRO, A.; ALVES, J.F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1496-1502, 2008.
- NAKAO, A.H.; VAZQUEZ, G.H.; OLIVEIRA, C.O.; SILVA, J.C.; SOUZA, M.F.P. Aplicação foliar de molibdênio em soja: efeitos na Rendimento e qualidade fisiológica da semente. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.18; p.343-352, 2014.
- OLIVEIRA, C.O.; PINTO, C.C.; GARCIA, A.; BETTIOL, J.V.T.; SÁ, M.E.D.; LAZARINI, E. (2017). RENuption of soybean seeds enriched with molybdenum. **Revista Ceres**, 64(3), 282-290.
- PICOLLI, E.S.; MARCHIORO, V.S.; BELLAVAR, A.; BELLAVAR, A. Aplicação de Produtos à base de aminoácidos na cultura do trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v.2, n.1, p.141-148, 2009.
- POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e Rendimento de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 143 - 150, 2010
- PRADO, M. R.; WEBER, O. L. D. S.; MORAES, M. F.; DOS SANTOS, C. L.; TUNES, M. S. Liquid organomineral fertilizer containing humic substances on soybean grown under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 20(5), 408-414, 2016.
- RIBEIRO, F.C.; SILVA, J.I.C.; SILVA, E.L.; ERASMO, E.A.L.; ALVES, J.B.P. Resposta do cultivar de soja MSOY 8766 RR submetido à aplicação de fertilizantes via tratamento de sementes e via foliar em diferentes épocas. **Revista Cultivando o Saber**, v.7, n.2, 2014, p.163-175.
- ROSSI, R.L.; SILVA, T.R.B.; TRUGILO, D.P.; CRISTINA, A. Adubação foliar com molibdênio na cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, 12-23. (2012).
- SANTOS, E.A. Influência da aplicação foliar de cálcio e boro em pré e pós floração sobre os componentes de RENução e na Rendimento da soja. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Piauí. Teresina, Universidade Federal do Piauí: 2013, p.78.
- SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, Documentos/Embrapa Soja, 322, 2010.
- SILVA, S.S.B.; AZEVEDO, C.V.G.; OLIVEIRA, M.P.; ARAÚJO TEIXEI, L.C.A.; JUHASZ, A.C.P.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H. Correlações fenotípicas entre componentes de RENução em linhagens f3 de soja. **Ciência & Tecnologia Fatec-JB**, Jaboticabal, 7(esp.). (2015).
- TEXEIRA, L.R.; DE LUCCA E BRACCINI, A.; SPERANDIO, D.; SCAPIM, C.A.; CHUSTER, I.; VIGANÓ, J. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse

hídrico em substrato contendo polietileno glicol. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 30(2). (2008).

TRENTIN, R.; HELDWEIN, A.B.; STRECK, N.A.; TRENTIN, G.; SILVA, J.C. Subperíodos fenológicos e ciclo da soja conforme grupos de maturidade e datas de semeadura. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.7, p.703-713, 2013.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, 29(1), 195-205. (2011).

ZUFFO, A. M.; GESTEIRA, G. S.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; ANDRADE, F. R.; SOARES, I. O.; ZAMBIAZZI, E. V.; GUILHERME, S. R.; SANTOS, A. S. Caracterização biométrica de frutos e sementes de mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler) e de inajá (*Attalea maripa* [Aubl.] Mart.) na região sul do Piauí, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 1, p.455-472, 2016.

ZUFFO, A.M.; RIBEIRO, A.B.M.; BRUZI, A.T.; ZAMBIAZZI, E.V.; FONSECA, W.L. Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. *Cultura Agronômica*: **Revista de Ciências Agrônômicas**, 27(1), 78-90, 2018.

SEMENTÁRIO DE ESPÉCIES DE ADUBOS VERDES DO CAMPUS IV DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

Elaine Gonçalves Rech ¹

RESUMO

Há uma demanda crescente por sistemas de produção eficientes, competitivos, autossustentáveis e que preservem o meio ambiente. A agricultura moderna necessita considerar, para produção, os princípios agroecológicos para o uso responsável do solo, da água, do ar e dos recursos naturais. Merece atenção especial às tecnologias que contribuam para a reciclagem da matéria orgânica, manutenção da fertilidade do solo, nutrição das plantas, manutenção da atividade biológica do solo, o equilíbrio de nutrientes e a qualidade da água e neste contexto a prática de adubação verde é uma alternativa viável. Muitas são as espécies usadas como adubos verdes e a maioria são propagados por sementes, no entanto, pouco se conhece sobre as sementes destas espécies. Com este trabalho objetivou-se organizar uma coleção de sementes de espécies de adubos verdes, no Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, para disponibilização para estudos e consultas pelos acadêmicos dos cursos de Agronomia, Licenciatura em Ciências Agrárias e Técnico em Agropecuária, bem como, para agricultores e comunidade da região de Catolé do Rocha. Para a confecção do sementário seguiu-se as seguintes etapas: aquisição das sementes, identificação, etiquetagem, organização e disponibilização do acervo. Hoje, o sementário conta com vinte espécies distribuídas em quatro famílias sendo: catorze da família Fabaceae, quatro da Poaceae, uma da Asteraceae e uma Cruciferae. O Sementário já está disponível para pesquisas e consultas, o que facilita o acesso a informação e pode ser utilizado em pesquisas, contribuindo para o fortalecimento do uso de adubos verdes na região do Sertão Paraibano.

Palavras-chave: Sustentabilidade, propágulos, fertilidade do solo, espermatéca.

INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma prática muito antiga na agricultura, utilizada desde os habitantes das margens dos lagos suíços por volta dos anos 4.000 a 5.000 a.C., que empiricamente adotavam este procedimento (SOUZA et al., 2012, p.1-150).

Os benefícios da adubação verde relacionam-se com o ganho de matéria orgânica, melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aporte de nitrogênio, tornando o produtor menos dependente de esterco e compostos (BARRADAS, 2010, p.1-12).

Esta prática propõe o cultivo e a utilização de espécies de leguminosas produtoras de biomassa como fonte de nutrientes, melhorando as condições para o desenvolvimento da cultura e, principalmente, o fornecimento de Nitrogênio (SOUZA et al., 2012, p.1-150).

As leguminosas fixam o nitrogênio atmosférico e possuem teores de nitrogênio na matéria vegetal, e os restos vegetais tem baixa relação C/N, com decomposição acelerada

¹Elaine Gonçalves Rech, Professora Dra. Em Fitotecnia, Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Campus IV, Catolé do Rocha/PB. elainegr@hotmail.com

(CALVO; FOLONI e BRANCALIÃO, 2010, p. 77-86). Associando leguminosas e gramíneas para adubação verde se promove eficiente cobertura vegetal e maior fixação de nutrientes, principalmente o N e K (FERRARI NETO et al., 2011, p. 978-985).

Para Döbereiner (1997, p. 2-3) um dos mais importantes benefícios da adubação verde é a possibilidade da incorporação de Nitrogênio atmosférico no solo, quando se utiliza de fabáceas ou outras espécies fixadoras.

Segundo Lázaro et al. (2013, p. 10-17) o Nitrogênio é essencial para a produção das culturas e a possibilidade da fixação biológica do Nitrogênio com adubos verdes é importante do ponto de vista ambiental, econômico e produtivo.

Os Bancos Comunitários de Sementes de adubos verdes tem ganhado espaço e importância entre os agricultores, por garantirem a diversidade, a disponibilidade de sementes e diminuindo a dependência de insumos externos (MEDEIROS et al., 2014, p. 113-134).

Poucas são as coleções de sementes das espécies de adubos verdes e o estudo da morfologia de sementes contribui para melhorar o conhecimento do processo reprodutivo das espécies vegetais (GUERRA et al., 2006, p. 322-328).

A importância das coleções de sementes é que possibilitam um conhecimento mais amplo e abrangente sobre as mais diversas formas de estruturas de unidades de dispersão (GROTH, 1983, p. 67-98).

Com base no exposto, objetivou-se organizar uma coleção de sementes de espécies de adubos verdes no Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba para posterior disponibilização para consultas aos acadêmicos dos cursos de Agronomia, Licenciatura em Ciências Agrárias e Técnico em Agropecuária, bem como, para agricultores e comunidade da região de Catolé do Rocha.

METODOLOGIA

O sementário foi idealizado e montado no Setor de Fitotecnia do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, situado no município de Catolé do Rocha, Sertão Paraibano, a partir de agosto de 2017 e continua em aberto para a adição de novas espécies.

Para a realização deste projeto sistematizou-se o trabalho nas seguintes etapas:

1. Aquisição das sementes - Para a aquisição de sementes das espécies de adubos verdes foram feitos contatos com empresas produtoras de sementes e com bancos de sementes de adubos verdes no Brasil, após esses contatos boa parte do acervo da coleção veio por meio de

doação pela empresa Piraí Sementes, que é especializada em sementes de espécies para adubação verde, outras espécies foram adquiridas por meio de coletas.

Logo após chegarem ao Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, as sementes foram beneficiadas e, quando necessário, secas e submetidas a tratamentos fitossanitários para garantir sua preservação, posteriormente procedeu-se a organização dentro do sementário.

2. Identificação das Sementes - As sementes adicionadas à coleção, foram devidamente identificadas, utilizando-se o apoio de bibliografias especializadas em morfologia de sementes.

3. Etiquetagem - Após a identificação, procedeu-se a etiquetagem, constando as seguintes informações: Família; Gênero; Nome Científico e Nome Comum.

4. Organização - As sementes, adicionadas ao sementário, foram identificadas e etiquetadas, organizadas por classificação quanto ao grupo a que pertencem.

5. Disponibilizando o Acervo Para Consultas - Após a conclusão das etapas anteriores e com a coleção organizada, o acervo encontra-se disponível para consultas pela comunidade Acadêmica do Campus IV e para agricultores da comunidade de Catolé do Rocha e região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente a coleção de sementes de adubos verdes, do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, está composta por vinte espécies, distribuídas em quatro famílias distintas, destas catorze pertencem à família Fabaceae (Leguminosa), quatro à família Poaceae (Gramínea), uma à família Asteraceae e uma à família Crucífera (Gráfico 1).

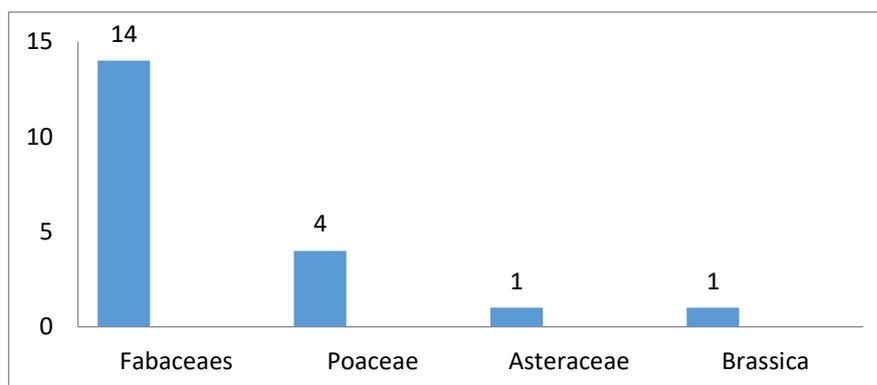


Gráfico 1. Distribuição das espécies, por famílias, da coleção de sementes de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Observa-se (Gráfico 1) que entre as espécies mais utilizadas como adubos verdes, destacam-se as espécies das famílias Fabaceas (leguminosas) e Poaceas (gramíneas), segundo Espindola et al. (2004, p.1-20) estas apresentarem crescimento e cobertura do solo rápidos, alto acúmulo de nutrientes, especialmente de nitrogênio, boa produção de sementes e raízes abundantes e profundas.

A seguir, apresentamos na Tabela 1 as vinte espécies que compõem a coleção de sementes de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, dentre elas encontram-se as principais espécies utilizadas para elevada produção de fitomassa e fixação de Nitrogênio, além de excelentes coberturas de solo.

Tabela 1. Espécies que compõem a coleção de sementes de adubos verdes, do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2019.

Nome Comum	Nome Científico	Família	Ciclo
Crotalaria Spectabilis	<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	Fabaceae	Anual
Crotalaria Breviflora	<i>Crotalaria breviflora</i>	Fabaceae	Anual
Crotalaria Juncea	<i>Crotalaria juncea</i> L.	Fabaceae	Anual
Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Fabaceae	Semi-perene
Mucuna Preta	<i>Mucuna aterrima</i>	Fabaceae	Anual
Mucuna Anã	<i>Mucuna deeringiana</i>	Fabaceae	Anual
Mucuna Cinza	<i>Mucuna pruriens</i>	Fabaceae	Anual
Feijão de Porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	Fabaceae	Anual
Soja Perene	<i>Neonotonia wightii</i>	Fabaceae	Perene
Labelabe	<i>Dolichos lablab</i> L.	Fabaceae	Anual
Soja	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Fabaceae	Anual
Feijão Caupi	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Fabaceae	Anual
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i> (L.)	Fabaceae	Anual
Calopogônio	<i>Calopogonium mucunoides</i>	Fabaceae	Anual
Milho	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae	Anual
Aveia Preta	<i>Avena strigosa</i>	Poaceae	Anual
Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i>	Poaceae	Anual
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Poaceae	Anual
Girassol	<i>Helianthus annuus</i> L.	Asteraceae	Anual
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> L.	Crucífera	Anual

Fonte: RECH, E.G., 2019.

A Crotalária *spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*) (Fig. 1) é uma Fabacea de ciclo anual.



Figura 1. Sementes de *Crotalaria spectabilis*, espécie que compõe a coleção de sementes espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

As plântulas de *Crotalaria Spectabilis* são fanerocotiledôneas, as sementes apresentam germinação epígea.

Sementes com comprimento médio de 4,4mm, largura em média de 3,3mm e espessura média de cerca de 6mm, o peso de mil sementes varia de 16 a 18 gramas e em um quilo tem-se aproximadamente 62.189 sementes (PEIXOTO, 2007, p.1-79).

No teste padrão de germinação a primeira contagem ocorre aos quatro e a contagem final aos catorze dias após a instalação do teste, sendo recomendadas as temperaturas alternadas de 20°C-30°C, podendo apresentar dormência (BRASIL, 2009, p.191).

Para Superação de dormência, impostas pelo tegumento, as sementes podem ser submetidas à embebição (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou escarificação química, de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009, p. 222).

A Crotalária *Breviflora* (*Crotalaria breviflora*) (Fig. 2) é uma Fabacea, de ciclo anual, porte baixo e hábito não trepador.

Com relação as suas sementes não há informações sobre essa espécie no que diz respeito ao teste padrão de germinação nas Regras para Análises de Sementes.

De acordo com a empresa Pirai Sementes, o peso médio de mil sementes varia entre 19 e 20g.



Figura 2. Sementes de *Crotalaria breviflora* espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

A Crotalária Juncea (*Crotalaria juncea* L.) (Fig. 3) é uma Fabacea de ciclo anual, com hábito de crescimento determinado.

No teste de germinação a primeira contagem ocorre aos quatro dias e a contagem final ocorre aos dez dias após a sementeira, sendo recomendadas as temperaturas alternadas de 20°C-30°C, podendo apresentar dormência (BRASIL, 2009, p.191).

Para a superação de dormência, imposta pelo tegumento, as sementes podem ser submetidas à embebição em água por 24 a 48 horas, escarificação mecânica ou química, de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009, p.222).



Figura 3. Sementes de *Crotalaria juncea* L., espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

O Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) (Fig. 4) é uma Fabacea de ciclo anual ou semi perene.

No Brasil as regiões nordeste e semiárido são áreas de grande cultivo, voltado principalmente para a produção de grãos (AZEVEDO et al.; 2007, p.81).



Figura 4. Sementes de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

No teste padrão de germinação a primeira contagem ocorre aos quatro dias e a contagem final aos dez dias após a instalação do teste, sendo recomendadas as temperaturas alternadas de 20°C-30°C ou 25°C-30°C, podendo apresentar dormência (BRASIL, 2009, p.187).

Para a superação de dormência, imposta pelo tegumento, as sementes podem ser submetidas à embebição em água por 24 a 48 horas, escarificação mecânica ou química, de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009, p.221).

A Mucuna Preta (*Mucuna aterrima*) (Fig. 5) É uma Fabacea de ciclo anual.

De acordo com as Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009, p. 205) no teste padrão de germinação a primeira contagem deve ser realizada aos três e a contagem final aos catorze dias após a instalação do teste.

As sementes apresentam dormência (dureza do tegumento) e para Superar, devem ser submetidas à embebição em água (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou química, ou perfurar, cortar a testa das sementes na altura dos cotilédones (BRASIL, 2009, p. 221).



Figura 5. Sementes de *Mucuna aterrima*, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

A *Mucuna* Anã (*Mucuna deeringiana*) (Fig. 6) é uma Fabacea anual e herbácea.

As sementes, quando submetidas à germinação, necessitam temperatura alternada entre 25 e 30° C ou temperatura constante de 30°C, sendo a primeira contagem realizada aos três e a contagem final aos catorze dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009, p.205).

As sementes tem dormência imposta pelo tegumento e para a superação é necessário submetê-las à embebição em água (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou química, ou perfurar, cortar a testa das sementes na altura dos cotilédones (BRASIL, 2009, p.221).



Figura 6. Sementes de *Mucuna deeringiana* espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

A Mucuna Cinza (*Mucuna pruriens*) (Fig. 7) é uma Fabacea (Leguminosa) anual, com hábito de crescimento indeterminado (trepador).



Figura 7. Sementes de *Mucuna pruriens*, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

As sementes, quando submetidas à germinação, necessitam temperaturas alternadas entre 20°C e 30° C ou temperatura constante de 30°C, sendo a primeira contagem realizada aos três e a contagem final aos catorze dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009, p.205).

Apresentam dormência imposta pelo tegumento e para a superação é necessário submetê-las à embebição em água (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou química, ou pré resfriamento à 5°C e temperatura alternada entre 15°C-25°C (BRASIL, 2009, p.221).

O Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis DC.*) (Fig. 8) é uma Fabacea de ciclo anual.

As sementes, quando submetidas a germinação, necessitam temperatura alternada entre 20°C e 30° C ou temperatura constante de 30°C, sendo a primeira contagem realizada aos quatro e a contagem final aos sete dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009, p.187).

Apresentam dormência imposta pelo tegumento e para a superação da dormência é necessário submetê-las à embebição em água (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou química (BRASIL, 2009, p.221).



Figura 8. Sementes de *Canavalia ensiformis* DC., espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

A Soja perene (*Neonotonia wightii*) (Fig. 9) É uma Fabacea perene de verão.



Figura 9. Sementes de *Neonotonia wightii*., espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

As sementes, quando submetidas à germinação, necessitam temperatura alternada entre 20°C e 30° C ou 10°C e 30°C, sendo a primeira contagem realizada aos quatro e a contagem final aos dez dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009, p.205).

As sementes apresentam dormência imposta pelo tegumento e para a superação da dormência é necessário submetê-las à embebição em água (24 a 48 horas) (BRASIL, 2009, p. 221).

O Labelabe (*Dolichos lablab* L) (Fig. 10) é uma Fabaceae de ciclo anual (156 dias até a floração).

Nas Regras para Análises de Sementes não há nenhuma informação com relação ao teste padrão de germinação nem quanto a possível existência de dormência nas sementes de Labelabe.

No entanto Iapichini et al (2012, p.1-20) estudando métodos de superação de dormência, nesta espécie, mostraram que a escarificação das sementes seguida da imersão por 1 hora, ou somente a imersão por 8 horas em água, resulta em germinação mais rápida.



Figura 10. Sementes de *Dolichos lablab* L, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

A Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) (Fig. 11) é uma Fabacea de ciclo anual, as sementes de soja são lisas, ovais, globosas ou elípticas, com germinação entre 5 a 8 dias (BRASIL,2009, p.200).

As temperaturas recomendadas, nas Regras para Análises de Sementes, são alternadas entre 20°C e 30°C ou 25°C e 30°C(BRASIL, 2009, p.200).

Para superação da dormência, é necessário submeter às sementes à embebição em água (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou pré acondiciona-las em Gerbox com tela contendo 40 ml de água (BRASIL, 2009, p. 221 e 222).



Figura 11. Sementes de *Glycine max* (L.) Merr., espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

O Feijão Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Fig. 12) é uma Fabacea de ciclo anual.

As sementes tem germinação Epígea, com a primeira contagem realizada aos cinco e a final aos oito dias após a sementeira, em uma temperatura constante de 25°, ou alternadas entre 20°C-30°C conforme recomendações das Regras para Análises de Sementes (BRASIL,2009, p.220).



Figura 12. Sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

Para superação da dormência, é necessário submeter às sementes à embebição em água (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou químicas (BRASIL, 2009, p.221)

O Feijão (*Phaseolus vulgaris* (L.)) (Fig.13) é uma Fabacea de ciclo anual.

As sementes, quando submetidas à germinação, necessitam temperaturas alternadas entre 20°C e 30° C ou temperatura constante de 25°C, sendo a primeira contagem realizada aos cinco e a contagem final aos nove dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p.210).

Para a superação de dormência pode-se submeter às sementes à embebição em água (24 a 48 horas), escarificação mecânica ou química, 0,1% de Nitrato de cálcio (BRASIL, 2009, p.167).



Figura 13. Sementes de *Phaseolus vulgaris* (L.), espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

O Calopogônio (*Callopogonium mucunoides*) (Fig. 14) adapta-se em regiões tropicais onde a precipitação excede 1.200 mm anuais.

As sementes, submetidas a germinação, necessitam temperatura constante de 20°C ou de 25° C, sendo a primeira contagem realizada aos três e a contagem final aos dez dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p. 187).

Apresentam dormência imposta pelo tegumento e para a superação é necessário submetê-las à embebição em água (24 a 48 horas) (BRASIL, 2009, p.221).



Figura 14. Sementes de *Callopogonium mucunoides*, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

O Milho (*Zea mays* L) (Fig. 15) É uma Poacea de ciclo anual.

As sementes, submetidas à germinação, necessitam temperatura alternada entre 20°C e 30° C ou temperatura constante de 20°C; 25°C ou 30°C , sendo a primeira contagem realizada aos quatro e a contagem final aos sete dias após a sementeira (BRASIL, 2009, p. 220).



Figura 15. Sementes de *Zea mays* L, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

Para a superação de dormência pode-se submeter às sementes à uma pré secagem a 35°C-40°C por cinco a sete dias, em estufa de circulação de ar (BRASIL, 2009, p. 223).

A Aveia Preta (*Avena strigosa*) (Fig. 16) É uma Poacea de ciclo anual.

As sementes, submetidas à germinação, necessitam temperatura constante de 20° C, sendo a primeira contagem realizada aos cinco e a contagem final aos dez dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p. 185).

Para a superação de dormência pode-se submeter às sementes à um pré resfriamento a 5°C por cinco dias ou uma pré secagem por sete dias á temperaturas alternadas entre 30°C-35°C (BRASIL, 2009, p. 222).



Figura 16. Sementes de *Avena strigosa*, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

O Milheto (*Pennisetum glaucum*) (Fig. 17) é uma Poacea (Graminea) de ciclo anual.



Figura 17. Sementes de *Pennisetum glaucum*, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

As sementes, submetidas à germinação, necessitam temperatura constante de 20°C, sendo a primeira contagem realizada aos três e a contagem final aos sete dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p. 207).

As sementes não apresentam dormência e quando submetidas à germinação, necessitam temperaturas alternadas entre 20°C a 30°C, sendo a primeira contagem realizada aos três e a contagem final aos sete dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p. 207).

O Sorgo (*Sorghum bicolor*) (Fig. 18) é uma Poacea de ciclo anual, ereta, com elevada produção de fitomassa, de decomposição mais lenta.

As sementes, submetidas à germinação, necessitam temperatura alternadas entre 20°C e 30°C ou constante de 25°C, sendo a primeira contagem realizada aos quatro e a contagem final aos dez dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p. 215).

Para a superação de dormência pode-se submeter às sementes à um pré resfriamento a temperatura alternada entre 5°C e 10°C por cinco dias (BRASIL, 2009, p. 220)



Figura 18. Sementes de *Sorghum bicolor*, espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

O Girassol (*Helianthus annuus* L.) (Fig. 19) Pertencente à família das Asteracea, de ciclo anual.

As sementes, submetidas à germinação, necessitam temperatura alternadas entre 20°C e 30°C ou constante de 25°C ou de 30°C, sendo a primeira contagem realizada aos quatro e a contagem final aos dez dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p. 198).

Para a superação de dormência pode-se submeter às sementes à um pré resfriamento a temperatura alternada entre 5°C e 10°C por sete dias ou pré secagem em temperaturas alternadas entre 30°C e 35°C por sete dias (BRASIL, 2009, p. 221)



Figura 19. Sementes de *Helianthus annuus* L., espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

O Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (Fig. 20) é uma espécie anual da família das Crucíferas.

As sementes, submetidas à germinação, necessitam temperatura alternadas entre 20°C e 30°C ou constante de 20°C, sendo a primeira contagem realizada aos quatro e a contagem final aos dez dias após a semeadura (BRASIL, 2009, p. 213).



Figura 20. Sementes de *Raphanus sativus* L., espécie que compõe a coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

Para a superação de dormência pode-se submeter às sementes à um pré resfriamento a temperatura alternada entre 5°C e 10°C por sete dias (BRASIL, 2009, p. 221)

A coleção completa das sementes de espécies de adubos verdes, do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, é apresentada na Fig. 21. Esta Coleção de sementes encontra-se disponível para consultas da comunidade acadêmica dos Cursos de Agronomia, Licenciatura em Ciências Agrárias, Técnico em Agropecuária, agricultores e comunidade da região de Catolé do Rocha.



Figura 21. Coleção de sementes de espécies de adubos verdes do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fonte: RECH, E.G., 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criação de uma coleção de sementes de adubos verdes é de suma importância, pois facilita o acesso a informação contribuindo para o conhecimento das espécies com potencial para utilização e fortalecimento do uso de adubos verdes na região do semiárido.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da Fapese**, v.3, n. 2, p. 81-86, jul./dez. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BARRADAS, C.A.A. **Adubação verde**. Niterói: Programa Rio Rural. 2010. 12p. (Manual Técnico; 25).

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. **Biotecnologia Ciência**, 2-3. 1997.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 24 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 174).

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; COSTA, C.H.M. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, 42, p.978-985, out./dez. 2011.

GROTH, D. Caracterização morfológica das unidades de dispersão de cinco espécies invasoras em algumas culturas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 05, nº 2, p. 81-110, 1983.

GROTH, D.; BOARETTO, M. R.; SILVA, R. N. Morfologia de sementes, frutos e plantas invasoras em algumas culturas. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 02, nº 2, p. 67-98, 1980.

GUERRA, M.E. de C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALHÃO, M.I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinioideae). **Cerne**, v.12, p.322-328, 2006.

IAPICHINI, J.E.C.B. et al. Efeito da escarificação, da embebição e da adubação nitrogenada no crescimento inicial do labe-labe (*Dolichos lab lab* L. cv. RONGAI). **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 12, Ed. 199, Art. 1333, 2012, 20p..

LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17. 2013.

MEDEIROS, J.C.; AMÂNCIO, C.O.G. Programa banco comunitário de sementes de adubos verdes como potencializador da agroecologia na associação agroecológica de Teresópolis, RJ. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 113-134, jan./abr. 2014.

PEIXOTO, M.G.L.2007. **Germinação e vigor de sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth.** Dissertação (mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Maceio, Al,78p.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L.; Adubação verde e rotação de culturas. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012, p.150.

RELAÇÕES DE CAUSA E EFEITO, ABORDAGEM MULTIVARIADA PARA INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* NO MILHO

Priscila Ferreira Batista¹

Luiz Leonardo Ferreira²

Cleia Simone Ferreira³

Ariana Bertola Carnevale⁴

RESUMO

Bactérias benéficas à cultura do milho, como o *Azospirillum brasilense*, podem trazer ganhos consistentes para o agricultor. Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar as relações de causa e efeito e abordagem multivariada da inoculação de *Azospirillum brasilense* em genótipos de milho. O estudo foi realizado no município de Mineiros-GO, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 12x2, correspondente a doze híbridos de milho (20A78, 2B587, 2B610, 30F53, CD3770, CD384, DKB310, LG36701, LG6030, MG652, P3646 e PB9110), submetidos a (ausência e presença) de *A. brasilense*. O preparo do solo foi realizado no sistema convencional com população de 60 mil plantas. No utilizado o formulado 8-25-15 na dose de 480 kg ha⁻¹. O controle de pragas foi realizado quando necessário. Ao termino do experimento foram tomadas as variáveis. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. As análises foram realizadas na interface Rbio do R e Genes. O resumo da análise de variância com o quadrado médio QM e significância pelo teste F, revelou interação significativa entre híbrido x *A. brasilense*. Os híbridos de milho apresentaram maior expressividade nos componentes de rendimento na presença de *Azospirillum brasilense* aplicado no tratamento de sementes. O número de grãos por espiga e o peso de mil grãos foram os responsáveis diretamente pelo aumento do rendimento dos híbridos de milho tanto na presença como na ausência de *Azospirillum brasilense*.

Palavras-Chave: Análise de trilha, variáveis canônicas, efeitos diretos e indiretos.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família *Poaceae* e é uma espécie originária da América do Norte, com centro de origem genética no México, sendo destinada ao consumo *in natura* para alimentação animal e humano (SILVEIRA et al., 2015). O milho também contribui para competitividade de importantes cadeias produtivas como a de carnes e permite que o Brasil

¹ Pós-doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano, bolsista do programa pós-doutorado júnior CNPq - Brasil (154958/2018-2), priscilafferreira.bio@gmail.com;

² Docente titular do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, leogrozo@hotmail.com;

³ Docente adjunto do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, cleiasimone@unifimes.edu.br;

⁴ Docente adjunto do Centro Universitário de Mineiros (Mestre) - UNIFIMES, ariana@unifimes.edu.br;

forneça esse alimento para importantes mercados de consumo (FREITAS et al., 2017). Nos últimos anos, a cultura do milho, no Brasil, vem passando por importantes mudanças no manejo e nos tratamentos culturais, o que tem resultado em aumentos significativos na produtividade de grãos (FARINELLI e CERVEIRA JUNIOR, 2015).

O cenário do milho segunda safra nos últimos anos tem se modificado, visto que na década de 1980, era pouco representativo, associado a baixas produtividades. Porém, devido ao alcance de avanços tecnológicos, tornou-se uma das culturas com maior crescimento em produtividade e expansão de área cultivada no Brasil. Tem sido cultivado geralmente após a soja precoce, onde tem sido considerado a safra principal para muitos produtores (CORSINI, 2018).

Na safra de 2017/18, o Brasil produziu 87.279,0 mil t de grãos de milho, sendo que a primeira safra atingiu 25.121,2 mil t de grãos, 28,8% da produção total de milho, e a segunda safra com 62.158,1 mil t de grãos de milho, 71,2% da produção total de milho (CONAB, 2018).

O uso de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento de plantas pode ser uma das alternativas existentes para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes químicos, podendo levar à diminuição da quantidade aplicada em ambientes de produção agrícola (SPOLAOR et al., 2016).

Bactérias benéficas à cultura do milho, como o *Azospirillum brasilense*, podem trazer ganhos consistentes para o agricultor sem a necessidade de grandes investimentos com fertilizantes químicos, particularmente os nitrogenados. Ensaio realizado em Londrina e Ponta Grossa constataram ganho médio de produtividade de 24% a 30% de incremento nos rendimentos em relação ao controle não inoculado (RIBEIRO, 2015).

De acordo com Dall'agnol et al. (2018), a inoculação do milho com *Azospirillum*, seja via sementes, via sulco de semeadura ou via aplicação foliar, aumenta a eficiência de uso do fertilizante nitrogenado, o que, a depender de certas condições, pode permitir a redução da quantidade de N aplicada em cobertura ao milho. O percentual de redução vai depender do nível tecnológico empregado, do potencial produtivo e dos riscos climáticos à lavoura.

A bactéria *Azospirillum* é uma bactéria de vida livre no solo, que apresenta boa capacidade de fixação biológica de nitrogênio associativa com as plantas, mas sem a complexidade da formação de nódulos. Acredita-se que a população de *Azospirillum* pode variar de híbrido para híbrido, em função das diferentes características qualitativas e quantitativas dos exsudatos radiculares (CADORE, 2016).

Sendo assim avaliações que pontuem qual a real influência da bactéria na planta, é de extrema relevância; saber de qual forma e em qual momento do seu desenvolvimento a planta está sendo beneficiada pode ser um importante instrumento para o emprego correto da tecnologia e uma maior adoção, principalmente pela cadeia produtiva, da inoculação de plantas com bactérias promotoras de crescimento (CORSINI, 2018). Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar as relações de causa e efeito e abordagem multivariada da inoculação de *Azospirillum brasilense* em genótipos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Luiz Eduardo de Oliveira Sales, no município de Mineiros-GO, situado entre as coordenadas geográficas de 17°34'10'' latitude Sul e 52°33'04'' longitude Oeste, com altitude média de 760 m. Durante a condução do experimento foi verificada as médias de temperatura 20.55°C, umidade relativa do ar de 80%, ponto de orvalho de 16.9°C, pressão atmosférica de 934,25 hPa, velocidade do vento de 0.75 m s⁻¹, e pluviosidade de 608.8 mm (INMET, 2017). A área experimental é classificada como clima do tipo Aw quente a seco (COPPEN,1943). O solo da área experimental foi classificado NEOSSOLO Quartzarenico, com textura média, topografia suavemente ondulada a plana e boa limitada (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 12x2, totalizando 24 tratamentos, correspondente a doze híbridos de milho (20A78, 2B587, 2B610, 30F53, CD3770, CD384, DKB310, LG36701, LG6030, MG652, P3646 e PB9110), submetidos a (ausência e presença) de *A. brasilense* formulado com as cepas Ab-V5 e Ab-V6 com concentração de células viáveis de 10×8² no tratamento de semente, em 4 repetições, totalizando 80 unidades experimentais, onde cada unidade foi composta de 3 linhas de 1.5 m de comprimento distanciadas a cada 0.5 m e densidade de 4 grãos por m linear, relacionando uma população de 60.000 plantas ha⁻¹. As principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho estão descritas (Tabela 1).

Tabela 1. Principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho avaliados. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Nomenclatura		Ciclo ¹	Grãos		
Comercial	Comum		PMG ²	Cor ³	Textura ⁴
20A78 PW	20A78	SP	300-400	AM-AL	SMDURO
2B533 PW	2B587	P	300-400	AM-AL	SMDENT

2B610 PW	2B610	SP	300-400	AM-AL	SMDENT
30F53 VYHR	30F53	P	330	AM-AL	SMDENT
CD 3770 PW	CD3770	P	300-400	AM-AL	SMDURO
CD 384 PW	CD384	P	300-400	AL	SMDURO
DKB 310 PRO 3	DKB310	SMP	404	AM-AL	SMDURO
LG 36701 VT PRO 2	LG36701	P	300-400	AL	SMDURO
LG 6030 VT PRO2	LG6030	P	300-400	AL	SMDENT
MG652 PW	MG652	P	300-400	AM-AL	SMDURO
P3646 YHR	P3646	P	345	AM-AL	SMDURO
RB 9110 PRO	PB9110	SP	300-400	AM-AL	SMDURO

¹Ciclo: SP-superprecoce; P-precoce; SMP-semiprecoce. ²PMG: peso de mil grãos (g). ³Cor do grão: AL-alaranjado; AM-amarelo; LR-laranja. ⁴Textura do grão: SMDENT-semidentado; SMDURO-semiduro.

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta e análise de solo na camada superficial de 0-20 cm verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 4.1; fósforo 3 em mg dm⁻³; potássio 0.6, cálcio 5, magnésio 3, alumínio 4, acidez potencial 29, soma de bases 8.6, capacidade de troca catiônica 37.6 e saturação de base 22.94 em mmol_c dm⁻³; argila 80, silte 30 e areia 890 em g dm⁻³. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UNIFIMES, segundo metodologia de (EMBRAPA, 2009).

O preparo do solo foi realizado no sistema convencional realizando aração com grade aradora e gradagem com niveladora (FERREIRA et al., 2019b). A semeadura foi realizada simultaneamente no sulco, sendo de forma manual a distribuição dos grãos. A adubação convencional de plantio foi realizada no dia 17/02/2017, com a utilização do mineral NPK da formula 8-25-15 com uma dose de 480 kg ha⁻¹.

Durante a execução do experimento se fez a aplicação de BT Control[®] no dia 17/04/2017, Connect[®] em 29/04/2017 além da aplicação de Roundup Original DI[®] em 04/03/2017 e o fertilizante Freefós[®], em 11/03/2017. Para estas foi utilizado pulverizador costal de pressão constante de 2,0 bar (CO₂), do tipo cone, aplicando um volume de calda de 335 L ha⁻¹, nas horas amenas do dia, com temperatura média ambiente de 25°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 5 km h⁻¹.

Ao termino do experimento foram tomadas: altura de planta (ALP) em m, altura de inserção da espiga (ALE) em m, diâmetro de colmo (DIC) em cm, índice de área foliar (IAF) em cm² planta⁻¹, diâmetro da espiga sem palha (DSP) em cm, comprimento da espiga sem palha (CSP) em cm, diâmetro da espiga com palha (DCP) em cm, comprimento da espiga com palha (CCP) em cm, número de fileiras por espiga (NFE) em unid, número de grãos por fileira (NGF) em unid, número de grãos por espiga (NGE) em unid, peso de mil grãos (PMG) em g, e rendimento (REN) sc ha⁻¹ dos híbridos de milho (BENINCASA, 2004).

Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar a interação entre os híbridos de milho na ausência e presença do *A. brasilensis*, ao verificar interação significativa estas foram desmembradas aos efeitos simples e principal através do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente as variáveis desmembradas na presença e ausência de *A. brasilensis* foram submetidas a correlação linear de Pearson com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo test t. Na sequência a análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlação fenotípica, considerando o REN como a variável dependente e ALP, DIC, IAF, NGE e PMG como explicativas. Identificada a presença de elevada multicolinearidade dentre os dados, procedeu-se à análise de trilha sob multicolinearidade, com posterior ajuste do fator k aos elementos da diagonal da matriz de correlação. Após procedeu-se a dissimilaridade genética pelo algoritmo de *Mahalanobis* onde ponderou-se a matriz dos resíduos, construindo-se o dendrograma das distâncias através do agrupamento UPGMA, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas *biplot* onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. As análises foram realizadas na interface Rbio e R (BHERING, 2017), além do Software Genes (CRUZ, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância com o quadrado médio QM e significância pelo teste F, revelou interação significativa entre híbrido x *A. brasilense* nas variáveis de altura de planta ALP, altura de inserção da espiga ALE, índice de área foliar IAF, diâmetro da espiga sem palha DSP, número de fileiras por espiga NFE, número de grãos por fileira NGF, número de grãos por espiga NGE, peso de mil grãos PMG e rendimento REN ($p < 0,01$) (Tabela 1). Corroborando com Arantes et al. (2017), Brito (2019), Ferreira et al. (2019a), Arantes et al. (2017), Dartora et al. (2013), Müller et al. (2016) e Lana et al. (2012).

Tabela 2. Resumo das análises de variância (QM calculado e CV (%)) para altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN) de híbridos de milho. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

FV	GL	ALP	ALE	DIC	IAF	DSP	CSP	DCP	CCP	NFE	NGF	NGE	PMG	REN
HxA	10	0,02**	111,16**	0,01 ^{ns}	1375024,98**	0,42**	2,26 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,68**	5,69**	3599,03**	1285,23**	577,04**
Híbridos (H)	10	0,03**	382,12**	0,19**	5776793,67**	0,75**	13,87**	0,73**	8,26**	12,20**	24,46**	24880,27**	4813,24**	2002,64**
<i>A. brasilense</i> (A)	0	0,00 ^{ns}	11,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	586,87 ^{ns}	1,29**	0,71 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1148,64 ^{ns}	139,09 ^{ns}	73,56 ^{ns}
Blocos	1	0,00 ^{ns}	61,97 ^{ns}	0,00 ^{ns}	910552,53**	0,33**	0,12 ^{ns}	0,31**	2,42*	0,01 ^{ns}	8,61**	2003,66*	89,87 ^{ns}	360,13**
Erro	45	0,00	27,76	0,01	408553,37	0,04	1,44	0,05	0,69	0,19	1,35	407,74	111,25	34,78
CV		4,45	5,70	4,83	5,89	3,99	4,78	4,54	4,44	2,69	3,22	3,37	3,51	3,25

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade.

Para a ALP e ALE, observou-se que os híbridos de milho 20A78 e MG652 quando avaliados em relação aos demais na ausência e presença do *A. brasilense* foram os que se diferenciaram positivamente dos demais, atingido as médias de 1.91 e 101.30 cm respectivamente (Tabela 3). Resultados semelhantes encontrados em Kopper et al. (2017) e Costa et al. (2015), constatou que o uso da bactéria promoveu maior ALP e ALE. Já Kappes et al. (2013) observaram maior ALP e ALE com a presença de *A. brasilense*, relacionando esse fato com as substâncias promotoras de crescimento produzidas pela bactéria, comparando com Bashan e Holguin (1997) que afirmam que esse estímulo é devido à produção de ácido indolacético (AIA), sendo um fator importante ao crescimento de plantas. Para Possamai et al. (2001) plantas com ALP e ALE elevada apresentam vantagens na colheita, influenciando nas perdas e pureza dos grãos na colheita mecanizada.

Tabela 3. Desmembramento dos híbridos de milho dentro da ausência e presença de *A. brasilense* para altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), índice de área foliar (IAF) e diâmetro da espiga sem palha (DSP). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Híbridos	ALP		ALE		IAF		DSP	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
	-----m-----		-----cm-----		-----cm ² planta ⁻¹ -----		-----cm-----	
20A78	1.71 Bb	1.95 aA	91.65 cB	107.00 aA	9492.12 dB	10637.33 bA	5.65 bA	5.92 aA
2B587	1.84 Ba	1.85 aA	83.55 dA	76.60 dA	10796.06 cA	10651.22 bA	5.84 bA	6.04 aA
2B610	1.82 Ba	1.96 aA	97.75 bA	99.00 aA	10444.35 cB	11769.53 aA	5.57 bA	5.70 aA
30F53	1.99 Aa	1.98 aA	99.06 bA	100.30 aA	11637.58 bA	11759.75 aA	5.24 cA	5.30 bA
CD3770	1.90 Aa	1.91 aA	94.60 bA	87.90 cA	9884.06 cA	10768.14 bA	4.16 dB	5.97 aA
CD384	1.89 Aa	1.99 aA	82.05 dB	91.45 bA	11442.61 bA	10418.54 bA	6.06 aA	5.74 aA
DKB310	1.99 Aa	1.93 aA	109.70 aA	102.90 aA	13547.32 aA	12516.93 aA	6.02 aA	6.02 aA
LG36701	1.91 Aa	1.97 aA	93.43 cA	91.96 bA	12041.11 bA	11615.66 aA	5.05 cA	5.24 bA
LG6030	1.94 Aa	1.75 bB	101.50 bA	93.82 bA	10154.82 cA	9283.14 bA	4.87 cB	5.25 bA
MG652	1.71 Bb	1.88 aA	86.20 dB	95.60 bA	11484.38 bA	10055.48 bB	5.79 bA	5.63 aA
P3646	1.76 Ba	1.70 bA	90.30 cA	76.10 dB	10314.88 cA	10715.35 bA	5.60 bA	5.89 aA
PB9110	1.94 Aa	1.80 bB	85.10 dA	82.85 cA	9029.68 dA	10006.39 bA	5.14 Cb	5.53 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pelo teste de Scott Knott, e maiúscula na linha pelo teste de Tukey, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

Os híbridos 20A78 e 2B610 obtiveram maior IAF quando na presença do *A. brasilense*, com média de 11203.43 cm² planta⁻¹ (Tabela 3). Corroborando com Arantes et al. (2017), que por sua vez relatou que o aumento do IAF com a presença de *A. brasilense* representa fator importante para a captação da energia luminosa, que serão convertidos em fotoassimilados e translocados para o enchimento dos grãos. O incremento no IAF pode estar associado com a

produção de fitormônios pela bactéria como a auxina, giberilina e citocinina (DARTORA et al., 2013). Quando analisado a variável DSP três híbridos se destacaram CD3770 (5.97cm), LG36701 (5.25cm) e PB9110 (5.53cm), alcançando maiores médias na presença de *A. brasilense* (Tabela 3).

O diâmetro de colmo DIC não foi influenciado pelo *A. brasilense*. O híbrido LG6030 foi superior em ambas as situações com média de 2.92 e 2.69 cm, nesta ordem (Tabela 4). Resultados distintos com elevação ao DIC utilizando *A. brasilense* na cultura do milho foram reportados por Costa et al. (2015) e Para Brito (2019), além da elevação da massa seca foliar, volume de raiz, e aos teores de nitrogênio, fósforo e potássio.

Tabela 4. Média para os efeitos principais dos híbridos de milho dentro da ausência e presença de *A. brasilense* para diâmetro de colmo (DIC), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP) e comprimento da espiga com palha (CCP). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Híbridos	DIC		CSP		DCP		CCP	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
	-----cm-----							
20A78	2.18 c	2.37 b	25.35 b	23.10 b	5.34 a	5.53 a	18.10 c	17.40 d
2B587	2.48 b	2.55 a	23.35 c	24.10 b	5.43 a	5.53 a	17.30 c	17.90 d
2B610	2.37 c	2.41 b	25.75 b	27.00 a	5.25 a	5.38 a	18.55 c	18.80 c
30F53	2.52 b	2.50 a	25.46 b	26.50 a	4.62 c	4.67 b	19.10 b	18.33 c
CD3770	2.27 c	2.21 b	24.10 c	24.70 b	5.50 a	5.49 a	17.00 c	18.50 c
CD384	2.41 c	2.23 b	22.75 c	24.25 b	5.64 a	5.42 a	17.75 c	17.00 d
DKB310	2.57 b	2.54 a	27.80 a	26.75 a	5.46 a	5.53 a	21.00 a	21.90 a
LG36701	2.56 b	2.56 a	25.73 b	26.25 a	4.42 c	4.51 b	18.40 c	18.83 c
LG6030	2.92 a	2.69 a	28.31 a	27.40 a	4.94 b	5.05 a	19.91 b	19.41 c
MG652	2.20 c	2.23 b	24.20 c	24.05 b	5.26 a	5.24 a	19.45 b	19.20 c
P3646	2.24 c	2.32 b	23.30 c	25.15 b	5.24 a	5.23 a	19.10 b	20.25 b
PB9110	2.26 c	2.26 b	23.90 c	23.15 b	4.85 b	5.20 a	18.00 c	18.00 d

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

O híbrido DKB310 apresentou o maior comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha DCP e comprimento da espiga com palha (CCP), dentre os demais híbridos tanto na ausência como na presença do *A. brasilensis*, com médias de 27.26, 5.49 e 21.45, respectivamente (Tabela 4). Segundo Basi (2013), que avaliou diferentes modos de inoculação com *A. brasilense* em milho, não verificou diferença para os tratamentos sem inoculação, com inoculação na semente e com inoculação no sulco de semeadura. Para Taiz et al. (2017) fatores como luz (intensidade, qualidade e duração), água (disponibilidade e umidade do solo), dióxido de carbono, oxigênio, conteúdo e disponibilidade de nutrientes no solo,

temperatura e toxinas (ingredientes inertes, metais pesados e salinidade) podem afetar o crescimento e desenvolvimento do vegetal.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5, observou-se que nas variáveis NFE, NGF e NGE o híbrido 2B587 quando avaliado na ausência e presença do *A. brasilense* se destacou com maiores médias na presença do tratamento com médias 17.40, 39.25 e 683.37 unid, respectivamente. Matos et al. (2017), que ao avaliarem o efeito de doses de N e inoculação com *A. brasilense* no milho, não observou alteração no NFE. De acordo com Valderrama et al. (2011), o NFE é uma característica genética de cada genótipo, portanto, não tendo efeito significativo. No quesito como o tamanho de grãos e outras características da espiga são estabelecidos por genes localizados em muitos cromossomos consequentemente está sujeito a escolha do híbrido (LOPES et al., 2017).

Tabela 5. Desmembramento dos híbridos de milho dentro da ausência e presença de *A. brasilense* para número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN). Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Híbridos	NFE		NGF		NGE		PMG		REN	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
-----unid-----										
							-----g-----		-----sc ha ⁻¹ -----	
20A78	18.40 bA	17.40 bB	35.30 cA	34.80 bA	649.46 bA	605.52 bB	272.20 dB	308.02 cA	176.73 cB	186.51 cA
2B587	16.20 dB	17.40 bA	34.60 cB	39.25 aA	560.33 dB	683.37 aA	310.94 cA	297.24 cA	174.25 cB	202.88 bA
2B610	16.70 dB	17.80 bA	36.35 bA	37.70 aA	605.99 cB	671.06 aA	288.90 cA	284.57 cA	175.11 cB	190.97 cA
30F53	14.86 fA	15.31 dA	37.56 bA	36.25 bA	558.45 dA	555.32 cA	263.83 dA	265.35 dA	146.57 dA	147.42 fA
CD3770	17.20 cA	16.50 cA	32.70 cA	33.00 cA	562.44 dA	544.50 cA	296.49 cB	320.44 bA	166.76 cA	174.48 dA
CD384	19.20 aA	19.40 aA	36.52 bA	35.45 bA	701.54 aA	687.23 aA	276.98 dA	270.53 dA	194.22 bA	186.08 cA
DKB310	17.40 cA	17.70 bA	37.40 bB	39.97 aA	650.01 bB	707.64 aA	324.12 bA	326.78 bA	210.69 aB	231.39 aA
LG36701	14.10 gA	13.62 eA	34.44 cA	32.98 cA	485.46 eA	449.28 dB	309.23 cA	289.74 cB	171.79 cA	160.97 eB
LG6030	15.85 eA	15.91 dA	40.50 aA	39.09 aA	641.75 bA	621.81 bA	302.28 cA	264.58 dB	193.97 bA	164.58 eB
MG652	15.50 eA	15.20 dA	35.25 cA	35.85 bA	546.94 dA	544.91 cA	349.74 aB	383.62 aA	190.36 bB	208.94 bA
P3646	16.00 eA	16.60 cA	34.50 cA	33.50 cA	552.00 dA	556.08 cA	359.94 aA	295.00 cB	198.69 bA	163.97 eB
PB9110	16.55 dA	16.95 cA	37.45 bA	35.70 bA	620.06 cA	603.58 bA	272.19 dA	287.61 cA	168.45 cA	173.65 dA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna pelo teste de Scott Knott, e maiúscula na linha pelo teste de Tukey, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5, analisou-se que na variável PMG os híbridos que diferenciaram positivamente na presença de *A. brasilense* foram 20A78 (308.02 g), CD3770 (320.44 g) e MG652 (383.62 g). Cunha et al. (2016) relatam que os resultados obtidos em relação ao uso da inoculação com *A. brasilense* podem variar em função híbrido utilizado, mas que a maior eficiência de absorção do N promovido pela inoculação bacteriana influencia positivamente no metabolismo, resultando em plantas com maior desempenho fotossintético. Bactérias do gênero *Azospirillum* podem ser inoculadas em plantas de interesse agrônômico, estimulando seu crescimento por múltiplos mecanismos, incluindo síntese de fito-hormônio, melhoria da nutrição nitrogenada, mitigação de estresse e controle biológico da microbiota patogênica (BASHAN e BASHAN, 2010; QUADROS et al., 2014).

Em relação a variável REN o híbrido DKB310 quando avaliado na ausência e presença do *A. brasilense* foi o que obteve a maior média na presença com 231.39 sc ha⁻¹ (Tabela 5). O aumento da produtividade também foi evidenciado por Costa et al. (2015), Cunha et al. (2014), Morais et al. (2016), Caprio (2017). Müller et al. (2016), que obtiveram incremento de 2% na produtividade quando utilizaram o *A. brasilense* aplicado no sulco de semeadura e Lana et al. (2012) confirmaram os efeitos benéficos constatando incrementos de 7 a 15% na produtividade do milho em função da inoculação com *A. brasilense*. Em contrapartida Brito (2019) os métodos de inoculação com *A. brasilense* pouco influenciaram em parâmetros morfométricos e nutricionais do desenvolvimento do milho, não influenciando na produção.

A rede de correlação com o coeficiente de correlação de Pearson revelou 9 correlações positivas e significativas, sendo 3 na ausência e 6 na presença. Os pares CSPxALE, DCPxNFE e NFE_xNGE na ausência e na presença reportadas nos pares ALE_xALP, DSP_xDCP, DCP_xNFE, NFE_xNGE, NGE_xNGF e PMG_xREN (Figura 1). Silva et al. (2015) colocam que as técnicas de análises multivariadas são eficientes para verificar as similaridades ou as diferenças na variabilidade da produtividade, com base nos atributos químicos e físicos do solo na área estudada.

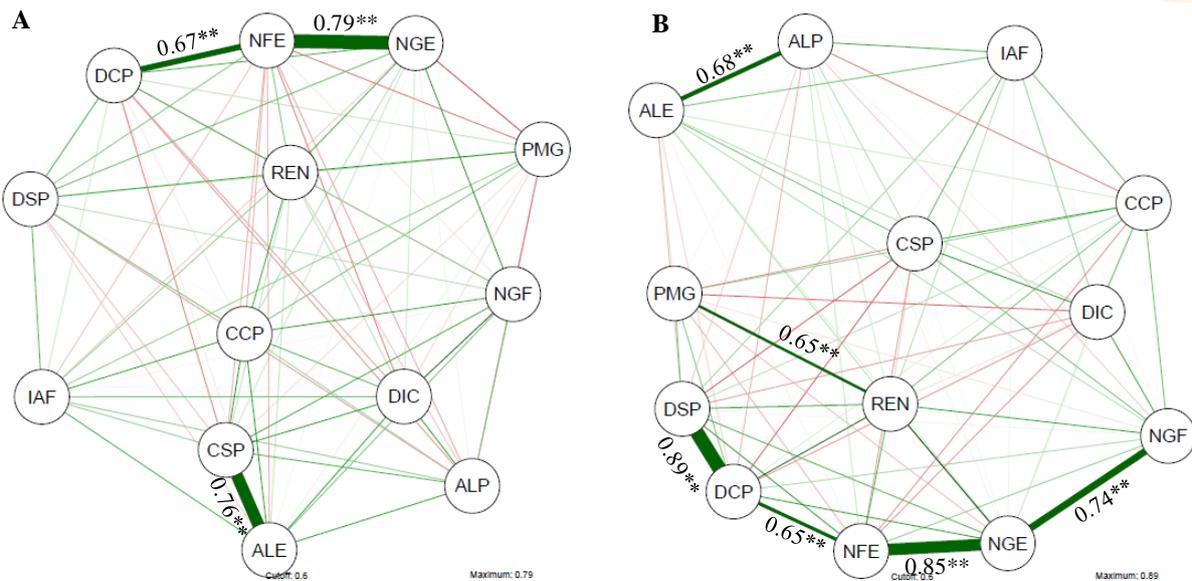


Figura 1. Rede de correlações lineares para os caracteres de híbridos de milho com ausência (A) e presença (B) de *A. brasilensis*. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Significância: *5% de probabilidade; **1 de probabilidade; ns: não significativo, pelo teste t.

Variáveis: altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN).

As variáveis que mais contribuíram no aumento do REN diretamente e em ordem decrescente foram o PMG, NGE, IAF, DIC e ALP, tanto na presença como na ausência do *A. brasiliensis* (Tabela 6). O PMG além de ser o maior contribuinte na elevação do REN, também foi a variável que mais influenciou indiretamente as variáveis como DIC (-0.11), IAF (0.23) e NGE (-0.31) na ausência, assim como, nesta última com a presença de *A. brasiliensis*, como também foi influenciada negativamente pelo NGE em ambas as situações com a bactéria em questão (Tabela 6).

Biologicamente pode-se relatar que plantas de híbridos de milho na ausência de *A. brasiliensis* com DIC elevado, apresentando IAF robusto, espigas com elevados NGE e grãos na condição de 13% de umidade com alto poder de acúmulo de biomassa, proporciona altos níveis de REN. O mesmo pode-se aferir aos híbridos com a presença da bactéria acrescido da característica de plantas de porte elevado ALP (Tabela 6).

Tabela 6: Estimativas dos efeitos diretos e indiretos na análise de trilha em fenotípicos dos caracteres explicativos altura de planta (ALP), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) sobre o rendimento REN de híbridos de milho na ausência (AUS) e presença (PRE) de *A. brasiliensis*. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Efeito	Variáveis	AUS	PRE	AUS	PRE	AUS	PRE	AUS	PRE	AUS	PRE
		ALP		DIC		IAF		NGE		PMG	
Efeito direto sobre	REN	-0.05	0.10	0.11	0.11	0.14	0.11	0.66	0.64	0.76	0.71
Efeito indireto via	ALP			-0.03	0.00	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00
Efeito indireto via	DIC	0.07	0.00			0.03	0.02	0.01	0.01	-0.01	-0.05
Efeito indireto via	IAF	0.06	0.06	0.05	0.02			-0.01	0.01	0.04	0.00
Efeito indireto via	NGE	0.01	0.01	0.07	0.05	-0.06	0.04			-0.27	-0.10
Efeito indireto via	PMG	-0.19	-0.02	-0.11	-0.33	0.23	0.00	-0.31	-0.11		
TOTAL		-0.10	0.12	0.10	-0.14	0.34	0.22	0.41	0.61	0.62	0.63
-----//-----//-----//-----//-----//-----//-----//-----//-----//-----//-----											
Coeficiente de determinação								0.81			0.84
Valor de K usado na análise								0.11			0.11
Efeito da variável residual						AUS		0.43	PRE		0.43
Determinante da matriz de correlação entre variável explicativas								0.46			0.64

Ao analisar o dendrograma de dissimilaridade entre híbridos de milho na ausência e presença de *A. brasiliensis*, pode-se notar que na ausência formou-se 2 Cluster, tendo destaque um formado pelo híbrido DKB310 e o demais híbridos apresentando características similares estando no segundo Cluster (Figura 2A). E na presença formou-se 3 Cluster, tendo o primeiro formado pelos híbridos DKB310, LG36701, 2B610 e 30F53, o segundo tendo destaque o híbrido LG6030 e terceiro formado pelos demais híbridos (Figura 2B). Nardino et al. (2017)

testando a dissimilaridade genética entre 25 genótipos de milho, em cinco ambientes de cultivo no Sul do Brasil, observou a formação de 9 clusters distintos. Silva et al. (2016) estimando a divergência genética entre progênies de meios-irmãos através de métodos hierárquicos observou a formação de 11 clusters, assim como, Alves et al. (2015), que contabilizou a formação de 4 clusters, a partir de estudos com divergência genética entre genótipos de milho.

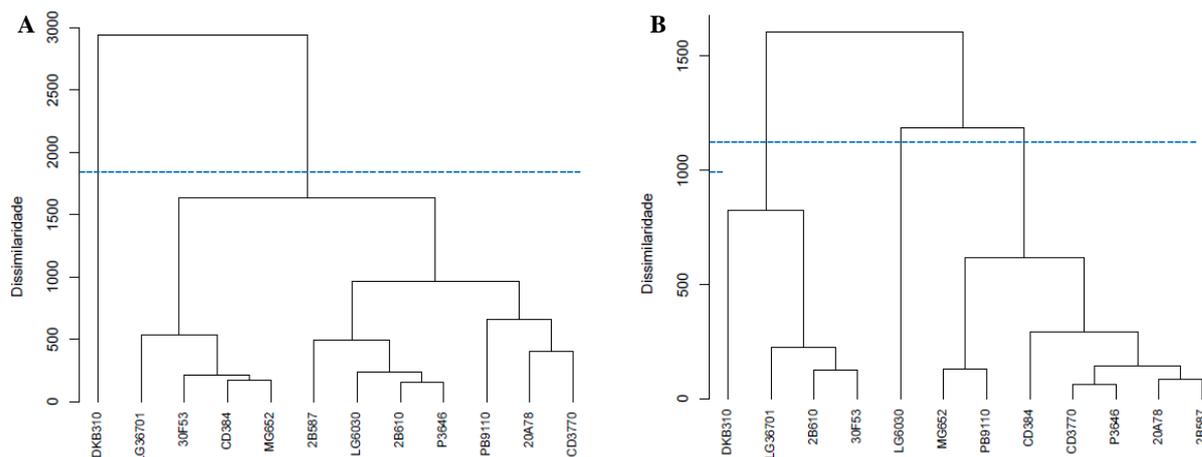


Figura 2. Dendrograma representativo da dissimilaridade entre híbridos de milho, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de *Mahalanobis*, na ausência (A) e presença (B) de *A. brasilensis*. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN).

Na análise de variáveis canônicas (Figura 3A) verificou-se que a mesma apresentou explicação de 89,4% da variação total dos dados, observando que as variáveis DCP, PMG e REN apresentaram similaridade de grandeza entre si no híbrido DKB310. Na (Figura 3B) respondeu com 98,3% da variação total dos dados, demonstrando que as variáveis DSP e REN apresentaram similaridade de grandeza entre si nos híbridos 2B610 e 20A78. Guimarães et al. (2014), analisando o desenvolvimento da cultura do milho em diferentes tipos de solo, em função da inoculação com *A. brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*, destacaram que plantas inoculadas apresentaram desenvolvimento superior às não inoculadas em solos com característica de Latossolos, Eutroférricos, Argissolos Distroférricos e Argissolos Eutroférricos.

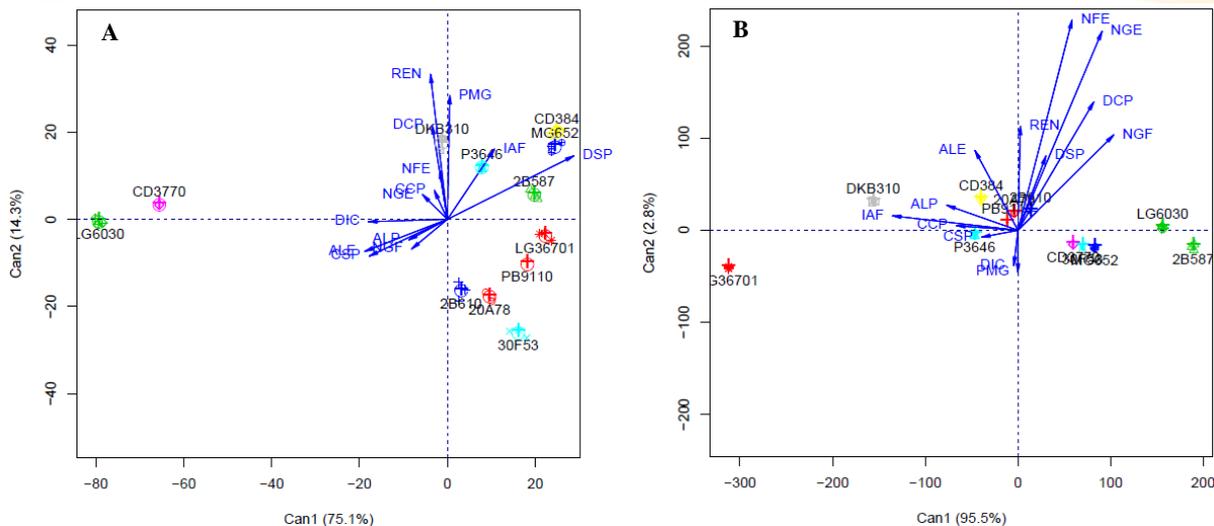


Figura 3. Análise de variáveis canônicas de caracteres de híbridos de milho com ausência (A) e presença (B) de *A. brasilensis*. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (ALE), diâmetro de colmo (DIC), índice de área foliar (IAF), diâmetro da espiga sem palha (DSP), comprimento da espiga sem palha (CSP), diâmetro da espiga com palha (DCP), comprimento da espiga com palha (CCP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG) e rendimento (REN).

As interações entre os fatores foram desdobradas em efeitos simples e principais, aplicando como ferramentas univariadas teste de agrupamento e médias, rede de correlação e coeficientes de correlação de Pearson, onde foi possível observar a variabilidade dos híbridos e distinção em suas variáveis com a presença da bactéria *A. brasilense* via semente. Nas análises multivariadas pode-se observar os efeitos diretos de variáveis sobre o rendimento de grãos, o agrupamento dos híbridos através do dendrograma de Cluster, além da expressividade destes sobre as variáveis nas variáveis canônicas.

Conclusão

Os híbridos de milho apresentaram maior expressividade nos componentes de rendimento na presença de *Azospirillum brasilense* aplicado no tratamento de sementes.

O número de grãos por espiga e o peso de mil grãos foram os responsáveis diretamente pelo aumento do rendimento dos híbridos de milho tanto na presença como na ausência de *Azospirillum brasilense*.

Referências

ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, C. B. M.; SILVA, L. P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional. *Ciência Rural*, Santa Maria v.45, n.5, p.884-891, 2015.

- ARANTES, A. C. C., FONTANETTI, A., SILVA NETO, F. J. D., PRÓSPERO, A. G., PROVIDELLO, A., & FERNANDES, E. M. D. S. Crescimento e desenvolvimento de milho orgânico inoculado com *Azospirillum brasilense*. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in agronomy**, Madison, v. 108, n. 1, p. 77-136. 2010.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 2, p 103–121. 1997.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura de milho**. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade Cedeteg, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.
- BRITO, Tauane Santos. Métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* e sua influência na promoção de crescimento do milho. 2019.
- CADORE, R.; NETTO, A. P. C.; REIS, E.F.; RAGAGNIN, V. A.; FREITAS, D. S.; LIMA, T. P.; ROSSATO, M.; D'ABADIA, A. C. A. Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n. 3, p. 398-409, 2016.
- CAPRIO, C.H. **Interação de variedades de milho sob inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes épocas de semeadura**. 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO– CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, intenção de plantio, oitavo levantamento, maio de 2018** / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB, 2018 142 p.
- CORSINI, D. C. D. C. Coberturas vegetais e modos de inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho sobre três sistemas de preparo de solo. 2018.
- COSTA, R. R. G. F; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of secondharvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304-311. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>. Acesso em: 5 jan. 2017. doi: 10.1590/1983-40632015v4534593.
- CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- CUNHA FN, SILVA NF DA, RODRIGUES CR, MORAIS WA, GOMES FHF, FILHO LCL, CABRA LB DOS S, TEIXEIRA MB, VIEIRA G DA S, COSTA CTS, Federal. Performance of different genotypes of maize subjected to inoculation with *Azospirillum brasilense*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3853-3862, 2016.
- CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. ; BASTOS, F. J. C. ; CARVALHO, J. J. ; MOURA, L. M. F. ; TEIXEIRA, M. B. ; ROCHA, A. C. ; SOUCHIE, E. L. . Efeito da *Azospirillum brasilense* na Produtividade de Milho no Sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo (Online)**, v. 13, p. 261-272, 2014.
- DALL'AGNOL, A.; NOGUEIRA, A. M. E HUNGRIA, M. ***Azospirillum* e a adubação nitrogenada em milho**. 15/05/2018.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.10, p.1023–1029, 2013.
- FARINELLI, R.; CERVEIRA JUNIOR, W. R. Resposta de cultivares de milho transgênico e convencional a densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 336-346, 2015.

- FERREIRA, L. L.; AMARAL, U. ; SILVA, C. S. ; CURVELO, C. R. S.; PEREIRA, A. I. A. Components of maize crop as a function of doses of polymerized urea. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 185-192, 2019a.
- FERREIRA, L. L.; PEREIRA, A. I. A.; CURVELO, C. R. S.; FERNANDES, C. S.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. K. A.; SOUZA, B. R. Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. **Nativa**, v. 7, p. 330-335, 2019b.
- FREITAS, R. S., DUARTE, A. P., SAWAZAKI, E., DA LUZ LEÃO, P. C., MIGUEL, F. B., CAVICHIOLI, J. C. & PESSINATTI, F. A. Desempenho agrônômico de cultivares de milho na região norte/oeste do estado de são paulo-safras 2015/16 E 2016/17. **Nucleus**, p. 113-120, 2017.
- GUIMARÃES VF, MENEGUS EA, SILVA ASL, PINTO JR AS, KLEIN J, RAMPIM L, SCHWANTES D, RODRIGUES ACPC, KESTRING D, INAGAKI AM, BATTISTUS AG, OFFEMANN LC, BULEGON LG, SOUZA AKP. Morphophysiological characteristics of maize inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* as seed treatment, cultivated in different types of soil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 39, p. 2919-2924, 2014.
- KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013
- KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGHI, W. A.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T. Características agrônômicas e produtividade de milho segunda safra em função da velocidade de semeadura e população de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife. v. 22, n. u, 2017.
- LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.
- LOPES, S. J., DAL, A., LÚCIO, C., STORCK, L., DAMO, H. P., BRUM, B., & DOS SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 6, p.1536-1542, dez. 2017.
- MATOS, F. B.; OLIVEIRA, F. F.; PIETROSKI, M.; MULLER, P. F.; TAKESHITA, V.; CAIONE, G. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 1, p. 131-141, 2017.
- MORAIS, T. P.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; REZENDE, W. S. Inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* in the seed furrow. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 2, p. 290-298. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160034>. Acesso em 7 jan. 2017. doi: 10.5935/1806-6690.20160034.
- MÜLLER, T. M.; SANDINI, I. E.; RODRIGUES, J. D.; NOVAKOWISKI, J. H.; BASI, S.; KAMINSKI, T. H.; Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 210-215, 2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20131283
- NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I.R.; FOLLMANN, D.N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A.J.D.; SOUZA, V.Q.D. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(1), 164-174. (2017).
- POSSAMAI, J. M.; SOUZA DE, C. M.; GALVÃO, J. C. C. **Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha**. Bragantia, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.
- QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, F. S.; MACEDO, V.; ROEHS, D. D.; CAMARGO, F. A. O. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

RIBEIRO, P. **Bactérias aumentam produtividade do milho e reduzem adubos químicos.** 03/02/2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2467608/bacterias-aumentam-produtividade-do-milho-e-reduzem-adubos-quimicos>>. Acesso em: 25 set. 2018.

SILVA, D.F.G.; COELHO, C.J.; ROMANEK, C.; GARDINGO, J.R.; SILVA, A.R.; GRACZYKI, B.L.; OLIVEIRA, E.A.T.; MATIELLO, R.R. Genetic dissimilarity and definition of recombination clusters among green corn half-sib progenies. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.4, p.401-410, 2016.

SILVA, E.M.S.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A.R.; CORREA, A.R.; TOMAZ, P.K.; FERRAUDO, A.S. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39(2), 598-607. (2015).

SILVEIRA, D. C., MONTEIRO, V. B., TRAGNAGO, J. L., & BONETTI, L. P. **Caracterização agromofológica de variedades de milho crioulo** (*Zea mays* L.) Na região noroeste do Rio Grande do Sul. **CIÊNCIA & TECNOLOGIA**, v. 1, n. 1, p. 01-11, 2015.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. A. P.; OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, M. C. K. **Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca.** **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 33-40, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Artmed Editora. 858p. 2017.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. ; MINHOTO, M. C. T. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Londrina, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

MODELOS MULTIVARIADOS E CANÔNICOS APLICADO AO MILHO: BENEFÍCIOS DA ADUBAÇÃO VERDE COM *Vigna* *unguiculata*

Luiz Leonardo Ferreira¹
Cleia Simone Ferreira²
Priscila Ferreira Batista³
Ariana Bertola Carnevale⁴

RESUMO

Visando o aumento da produtividade e à manutenção do equilíbrio do sistema de cultivo do milho, objetivou-se com o trabalho analisar as correlações fenotípicas do feijão caupi como alternativa de adubação verde na cultura do milho. O estudo foi conduzido na zona rural do município de Mineiros, GO, Brasil. O solo foi classificado como Neossolo Quartizarênico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 6x2, correspondente a 6 híbridos de milho [Syn7613, 20A78, DKB310, CD3770, P3250 e P3646] em dois métodos de adubação [(Sistema Adubação Verde – SAV: palhada de feijão Caupi - *Vigna unguiculata*) e (Sistema Adubação Convencional – SAC: formulado 8-25-15)], em 4 repetições. Foi utilizado na fundação do SAC 480 kg ha⁻¹ da formula 8-25-15; ao passo que para o SAV foi utilizado 231 kg ha⁻¹ de MAP e 124 kg ha⁻¹ de KCL compensando os elementos P e K do SAC. Os tratos culturais pertinentes ao controle de pragas, foram realizados utilizando as boas práticas do manejo integrado de pragas. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo. Foram utilizados modelos uni e multivariados. As análises foram realizadas na interface Rbio e R, além do Software Genes. Identificou-se na análise das correlações fenotípicas que o híbrido de milho CD3770 foi eficiente quando utilizado feijão caupi como alternativa de adubação verde.

Palavras-chave: *Zea mays*, cobertura do solo, adubação verde.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um dos principais cereais cultivados no mundo, e tem sua importância caracterizada pela diversidade de formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal, humana até indústrias de alta tecnologia. Estima-se que há mais de 3.000 derivados do milho tanto para consumo humano como industrial, representando em torno de 21% da nutrição humana no planeta (SEAB/DERAL, 2018).

¹ Docente Titular do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, leoagrozo@hotmai.com;

² Docente Adjunta do Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES, cleiasimone@unifimes.edu.br;

³ Pós-doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, bolsista do programa de pós-doutorado junior CNPq – Brasil (154958/2018-2), priscilaferreira.bio@gmail.com;

⁴ Doutoranda do Curso de Ciências Agrárias do Instituto Federal Goiano - IFGOIANO, ariana@unifimes.edu.br;

A cultura do milho no Brasil ocupa 27% da área agricultada do país com uma produção de 81.4 milhões de toneladas representando 38% da produção total de grãos 21 produzidos no país e, com uma média de produtividade de 4.9 t ha⁻¹ entre safra e safrinha no ano agrícola 2017/18 (CONAB, 2018).

Entre as culturas de grãos produzidas no Brasil, a cultura do milho se destaca pela sua importância, tanto econômica como social. Além disso, é essencial para viabilizar o sistema de plantio direto em função da sua capacidade de adição de resíduos ao sistema, que proporciona aumento dos teores de matéria orgânica na camada superficial do solo, melhorando a estabilidade dos agregados e consequentemente conferindo maior resistência do solo a erosão (CASSOL, 2019).

No Brasil, o primeiro registro oficial sobre adubos verdes datam do ano de 1919 com conceito que deixava explícito uma “visão química”, cujo requisito era a incorporação da massa vegetal ao solo, com objetivo de melhorar sua fertilidade, passando na década 90 a ter uma visão mais “integral e holística” onde foram atendidos os aspectos de solo (proteção e recuperação física, química e biológica), dos animais (forragens), do homem (alimentação, 19 fibras, produção sementes etc.) e do ambiente (diminuição dos impactos ambientais da agricultura e o sequestro do carbono - C). A definição também incorpora a possibilidade de utilização de outras famílias botânicas incorporadas ou não ao solo (WUTKE et al., 2014).

As plantas de cobertura do solo nos sistemas de produção de grãos ainda são limitadas a poucas propriedades, tornando-se um indicativo da falta de entendimento em relação às vantagens que essa técnica pode proporcionar ao sistema produtivo pela melhoria da qualidade do solo (CASSOL, 2019).

A utilização de plantas de coberturas possibilita diversos benefícios para os sistemas de cultivo, tais como proteção do solo contra erosão, aporte de nitrogênio N (no caso das leguminosas), diminuição das plantas espontâneas através do efeito supressor e/ou alelopático, evitando a incidência direta de radiação solar, proporcionando a manutenção da umidade e evitando oscilações de temperatura. O sistema radicular “agressivo” descompacta e estrutura o solo (agregação e aeração) aumentando a infiltração de água (AMBROSANO et al., 2014).

Leguminosas formam associações simbióticas com bactérias fixadoras de N, realizando fixação biológica de nitrogênio, e apresentam baixa relação C/N, o que pode favorecer a rápida decomposição e mineralização, com significativo aporte de N ao sistema solo (PARTELLI et al., 2011), o que pode proporcionar reduções nas doses de N em cobertura no milho (KAPPES et al., 2015). Já as gramíneas, podem amenizar as perdas de N,

promovendo sua reciclagem e cobertura mais prolongada do solo devido à sua alta relação C/N (PERIN et al., 2004).

Modificar monocultivo para sistemas em bases agroecológicas é um processo dinâmico e peculiar a cada propriedade, requerendo a substituição de insumos sintéticos por insumos naturais, como a substituição de fertilizantes sintéticos pela adubação verde, aliada a um conjunto de práticas para redesenhar a paisagem (PADOVAN, 2006; PADOVAN e CAMPOLIN, 2011).

Visando o aumento da produtividade e à manutenção do equilíbrio do sistema de cultivo do milho, o uso de plantas de cobertura revela-se como uma alternativa para a região (MAIA et al., 2013). A inserção de plantas de cobertura atua na promoção da ciclagem de nutrientes no agroecossistema (BOER et al., 2007), tornando-os mais disponíveis para as culturas cultivadas (ZIECH et al., 2015). Deste modo, objetivou-se com o trabalho analisar a eficiência de modelos multivariados e canônicos aplicado na cultura do milho em sistema de produção com adubação verde.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Luiz Eduardo de Oliveira Sales, no município de Mineiros - GO, situado entre as coordenadas geográficas de 17°34'10'' latitude Sul e 52°33'04'' longitude Oeste, com altitude média de 760 m. A temperatura média é de 22,7 °C, a precipitação média anual é de 1695 mm ocorrendo principalmente na primavera e no verão. O clima predominante é quente, semiúmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, sendo classificado como "Aw" (KÖPPEN e GEIGER, 1936). O solo da área experimental foi classificado NEOSSOLO Quartzarenico, com textura leve, topografia suavemente ondulada a plana e boa drenagem (EMBRAPA, 2013).

Antes da instalação do experimento foi realizado coleta e análise de solo na camada superficial de 0-20 cm verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 4.1; fósforo 3 em mg dm⁻³; potássio 0.6, cálcio 5, magnésio 3, alumínio 4, acidez potencial 29, soma de bases 8.6, capacidade de troca catiônica 37.6 e saturação de base 22.94 em mmolc dm⁻³; argila 80, silte 30 e areia 890 em g dm⁻³. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UNIFIMES, segundo metodologia de (EMBRAPA, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 6x2, totalizando 12 tratamentos, correspondente a 6 híbridos de milho [Syn7613, 20A78, DKB310, CD3770, P3250 e P3646] em dois métodos de adubação [(Sistema Adubação Verde – SAV:

palhada de feijão Caupi - *Vigna unguiculata*) e (Sistema Adubação Convencional – SAC: formulado 8-25-15)], em 4 repetições. Cada parcela foi composta de 4 linhas de 4 metro de comprimento distanciadas a cada 0.5 m e densidade de 3 sementes por metro linear, relacionando uma população de 60.000 plantas ha⁻¹ (FERREIRA et al., 2019b). As principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho avaliados estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características morfoagronômicas dos híbridos de milho avaliados. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Híbrido		Ciclo ¹	Grãos		
Comercial	Vulgar		PMG ²	Cor ³	Textura ⁴
Syn7613	Syn7613	P	300-400	AM-AL	SMDURO
20A78 PW	20A78	P	300-400	AM-AL	SMDURO
DKB 310 PRO 3	DKB310	SMP	404	AM-AL	SMDURO
CD 3770 PW	CD3770	P	300-400	AM-AL	SMDURO
CD 3770 PW	P3250	P	300-400	AM-AL	SMDURO
P3646YHR	P3646	P	300-400	AM-AL	SMDURO

¹Ciclo: SP-superprecoce; P-precoce; SMP-semiprecoce. ²PMG: peso de mil grãos (g). ³Cor do grão: AL-alaranjado; AM-amarelo; LR-laranja. ⁴Textura do grão: SMDENT-semidentado; SMDURO-semiduro.

Toda a área experimental foi preparada inicialmente no sistema convencional com o uso de aração e gradagem. O SAC foi mantido livre de plantas daninhas até o semeio dos híbridos de milho. No SAV a cultivar BRS Paraguaçu de feijão Caupi foi semeada com distância de 0.5 m entre linhas e densidade de 8 sementes por metro linear, relacionando uma população de 160.000 plantas ha⁻¹. A palhada de feijão Caupi do SAV foi manejada de acordo com os princípios da compostagem laminar (PRIMAVESI, 2002).

O semeio dos híbridos de milho ocorreu em 17/02/2017 de acordo com Ferreira et al. (2019). Foi utilizado na fundação do SAC 480 kg ha⁻¹ da fórmula 8-25-15; ao passo que para o SAV foi utilizado 231 kg ha⁻¹ de MAP e 124 kg ha⁻¹ de KCL compensando os elementos P e K do SAC, respectivamente.

Os tratos culturais pertinentes ao controle de plantas daninhas e pragas, foram realizados sempre que necessário, utilizando as boas práticas do manejo integrado de pragas (VALICENTE, 2015). Para estas foi utilizado pulverizador costal de pressão constante de 2.0 bar (CO₂), do tipo cone, aplicando um volume de calda de 335 L ha⁻¹, nas horas amenas do dia, com temperatura média ambiente de 25°C, umidade relativa do ar acima de 60% e ventos inferiores a 5 km h⁻¹.

Ao termino do experimento foram mensuradas: altura de planta ALP em cm; altura de inserção da espiga ALE em cm; diâmetro de colmo DC em mm; índice de área foliar IAF em cm²; número de fileira por espiga NFE em unid; número de grãos por fileira NGF em unid; número de grãos por espiga NGE em unid; e rendimento REN com umidade de 13% nos grãos em t ha⁻¹. Os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias residuais, bem como, a aditividade do modelo.

Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar a interação entre os híbridos de milho x adubação, ao verificar interação significativa estas foram desmembradas aos efeitos simples e na ausência com efeitos principais através do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente as variáveis de cada método de adubação foram submetidas as correlações de Pearson com intuito de compreender a tendência de associação, sendo sua significância baseada a 5% de probabilidade pelo test t. As correlações canônicas foram estimadas entre grupo 1 (NGE e REN) e grupo 2 (ALP, ALE, DIC e IAF), com significância entre os grupos de caracteres avaliada com base na estatística qui-quadrado. Após procedeu-se a dissimilaridade genética pelo algoritmo de Mahalanobis onde ponderou-se a matriz dos resíduos, construindo-se o dendrograma das distâncias através do agrupamento UPGMA, posteriormente empregou-se o método das variáveis canônicas biplot onde possibilitou visualizar a variabilidade geral do experimento e as tendências multivariadas. As análises foram realizadas na interface Rbio do R (BHERING, 2017), além do Software Genes (CRUZ, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores H x A foi significativa para altura de inserção da espiga – ALE, índice de área foliar – IAF, rendimento – REN ($p < 0,01$), número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF e número de grãos por espiga – NGE ($p < 0,05$) (Tabela 2). Corroborando com Costa et al (2015), Kopper et al. (2017), Oliveira et al. (2005), Ferreira et al. (2011) e Partelli et al. (2011); entretanto Camara et al. (2016) não encontrou diferença estatística entre híbridos de milho em trabalho semelhante a este.

Tabela 2. Resumo das análises de variância (QM e CV (%)) para altura de planta – ALP, altura de inserção da espiga – ALE, diâmetro de colmo – DIC, índice de área foliar – IAF, número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF, número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN. Mineiros-GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

FV	GL	ALP	ALE	DIC	IAF	NFE	NGF	NGE	REN
H x A	5	302.80 ^{ns}	366.76 ^{**}	0.06 ^{ns}	13652583.78 ^{**}	3.49 ^{ns}	9.16 ^{ns}	8058.61 [*]	1274.55 ^{**}
Híbridos (H)	5	1922.37 ^{**}	647.04 ^{**}	0.04 ^{ns}	9031809.07 ^{**}	0.82 ^{ns}	35.78 ^{**}	9341.52 [*]	2017.69 ^{**}
Adubações (A)	1	211.68 ^{ns}	590.10 ^{**}	0.32 [*]	1951870.97 ^{**}	12.25 ^{**}	7.09 ^{ns}	26843.35 ^{**}	2677.29 ^{**}
Blocos	3	451.72	162.33	0.04	46951.28	0.63	2.22	1658.20	77.00
Resíduo	33	391.35	66.19	0.04	14038.49	1.44	3.77	2915.54	57.28
CV (%)		10.24	18.57	17.34	14.62	12.51	15.73	14,93	13.34

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade.

Os híbridos 20A78 e P3250 apresentaram ALE de menor porte (Figura 1A) no SAC. Dentre os híbridos o DKB310 apresentou o maior IAF no SAC, o mesmo ocorrendo com o híbrido CD3770 no SAV (Figura 1B). O NGE foi mais elevado nos híbridos 20A75 e P3646 quando cultivados no SAV (Figura 1C). Esses aumentos no SAV são atribuídos Oliveira et al. (2005) a manutenção da cobertura do solo, ao amortecimento do impacto das gotas da chuva, redução da formação de crostas, diminuição do escoamento superficial, permitindo maior infiltração da água no solo e manutenção da umidade. De acordo com Possamai et al. (2001) plantas com ALE e ALT elevadas apresentaram vantagens na colheita, com redução nas perdas na colheita mecanizada, dentre outros fatores. Plantas com maior IAF podem ser mais eficientes na captação dos recursos ambientais, Segundo Taiz et al. (2017) fatores como luz, água, dióxido de carbono, oxigênio, conteúdo e disponibilidade de nutrientes no solo, temperatura e toxinas podem afetar o crescimento e desenvolvimento do vegetal.

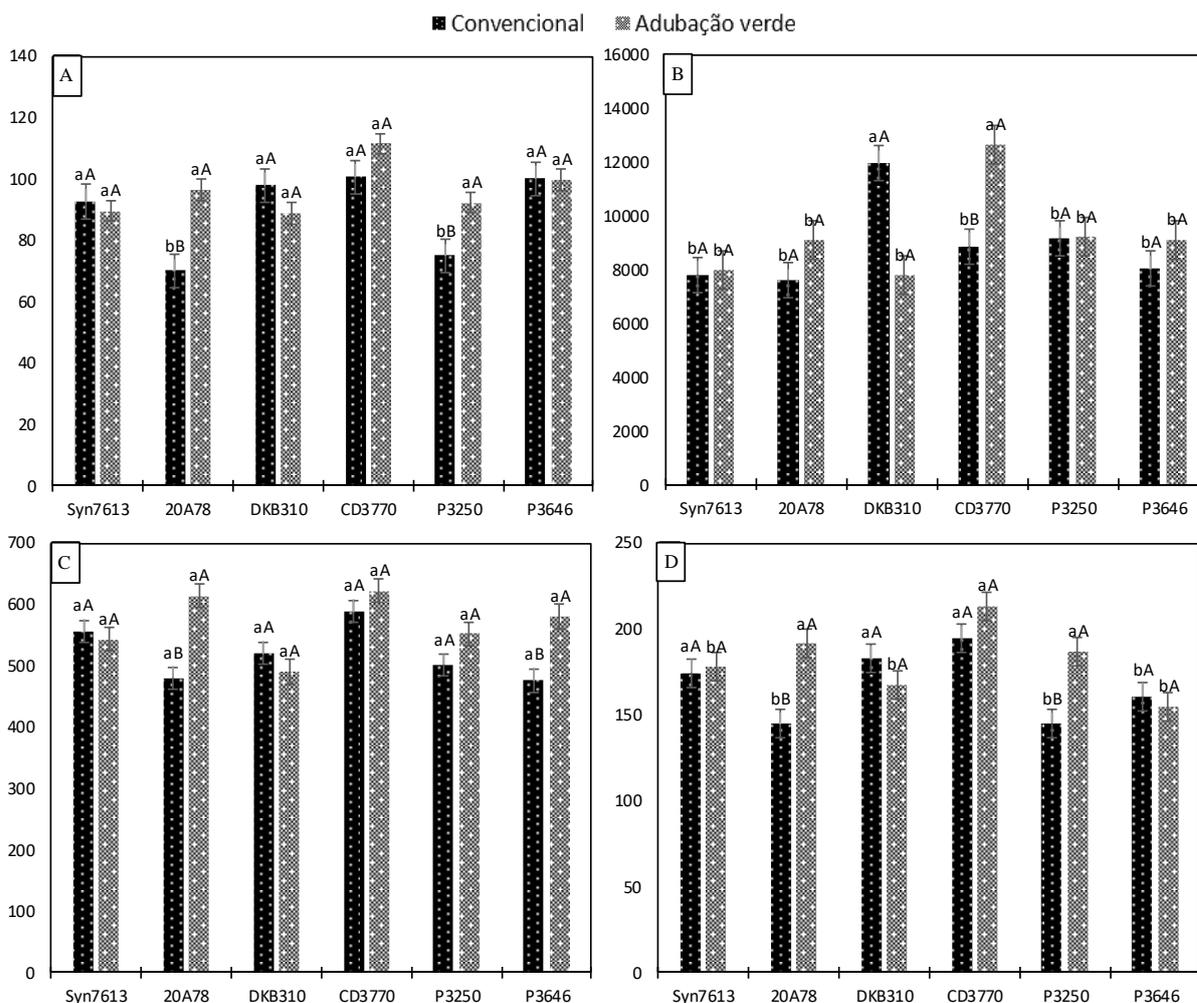


Figura 1. Desmembramento da interação C x A para altura de inserção da espiga ALE em cm (A), índice de área foliar IAF em cm² (B), número de grãos por espiga NGE em unid (C) e rendimento REN em sc ha⁻¹ (D) de híbridos de milho com adubação convencional SAC (■) e verde SAV (▨). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentre os híbridos e maiúscula dentro do híbrido e entre os métodos de adubação, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O híbrido de maior destaque para o REN foi o CD3770 para ambos os sistemas de adubação; tais sistemas diferiram apenas para os híbridos 20A75 e P3250 com as maiores médias encontradas no SAV (Figura 1D). Efeitos positivos no REN da cultura do milho em sucessão a espécies da família fabáceae também foram observados em outros estudos, como em Giacomini et al. (2004), verificaram em três safras consecutivas REN superior em 40% e Padovan (2016) com maior produção de massa de espigas e REN de grãos em sistemas de base agroecológico. No entanto, Corsini (2018) observou que as coberturas vegetais proporcionaram biomassa adequada para a manutenção de palha o cultivo mínimo de preparo do solo, mas não interferiram no REN. Ferreira et al. (2019a) com N protegido de baixo impacto ambiental encontraram pontos de otimização para este elemento, além de configurações distintas dentre os híbridos de milho.

Para a variável ALP os híbridos 20A78 e P3250 apresentaram menor porte no SAC (Figura 2A). O NGF foi mais representativo no híbrido CD3770 para ambos os sistemas de adubação (Figura 2B). O diâmetro de colmo – DIC diminuiu nos híbridos 20A78 e CD3770 quando cultivados no SAC (Figura 2C). O híbrido 20A75 foi influenciado pelo sistema de adubação, com o SAV proporcionando maior NFE para este (Figura 2D). De acordo com Valderrama et al. (2011), o NFE é uma característica genética de cada genótipo, portanto, não apresentando variações. Lopes et al. (2017) descreveu que quesito como o tamanho de grãos e outras características da espiga são estabelecidos por genes localizados em muitos cromossomos consequentemente está sujeito a escolha do híbrido.

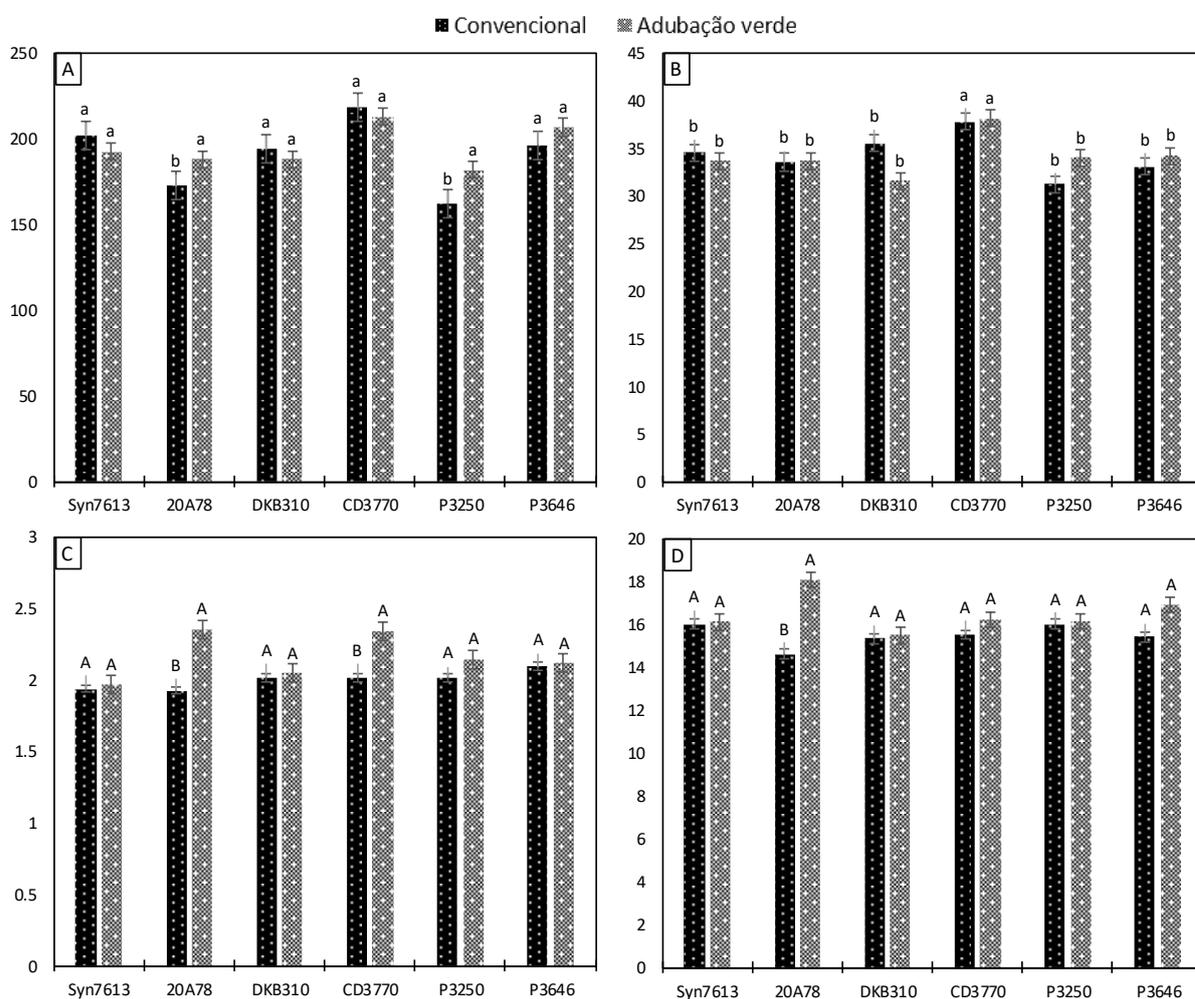


Figura 2. Médias para os efeitos principais de altura de planta – ALP em cm (A), número de grãos por fileira NGF em unid (B), diâmetro de colmo – DIC em mm (C) e número de fileiras por espiga NFE em unid (D) de híbridos de milho com adubação convencional SAC (■) e verde SAC (▨). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentre os híbridos e maiúscula dentro do híbrido e entre os métodos de adubação, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A rede de correlação com o coeficiente de correlação de Pearson revelou 10 correlações positivas e significativas, sendo 2 no SAC e 8 no SAV. Os pares NGExNGF e NGExALP no SAC e no SAV reportadas nos pares ALE \times ALP, IAF \times ALE, NGF \times ALE, REN \times ALE, NGF \times IAF, REN \times IAF, REN \times NGF e REN \times NGE (Figura 3). A contribuição relativa de cada caráter para a divergência genética é de grande importância para se identificar os caracteres de maior contribuição e, também, para auxiliar no descarte daqueles que contribuem pouco para a discriminação dos genótipos, reduzindo-se, dessa forma, mão de obra, tempo e custo despendidos na experimentação (CORREA e GONÇALVES, 2012).

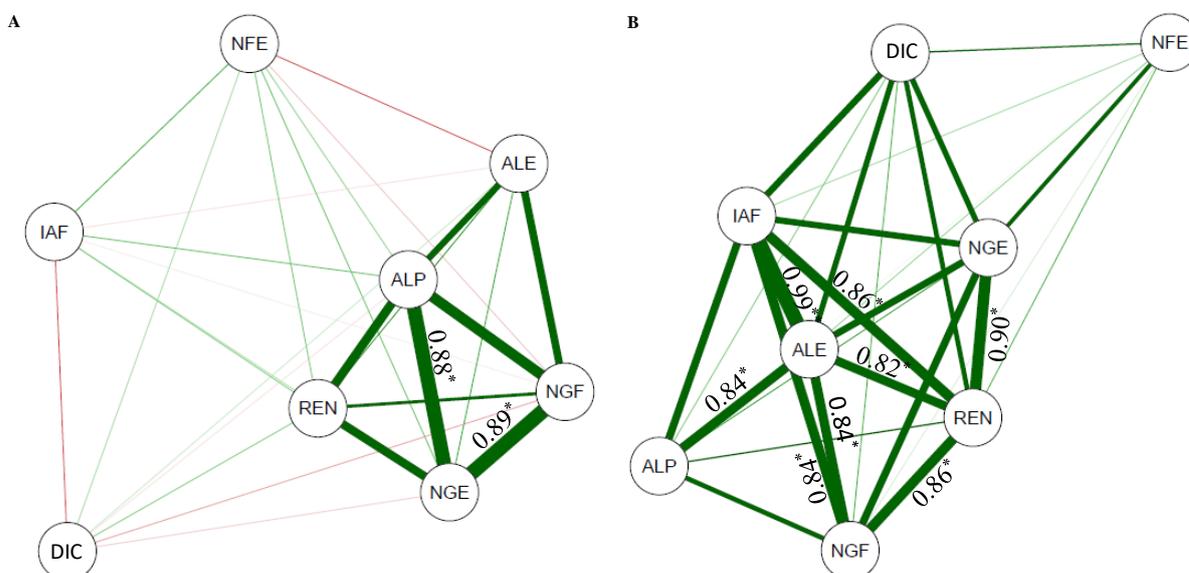


Figura 3. Rede de correlações lineares para os caracteres de híbridos de milho com adubação convencional SAC (A) e verde SAV (B). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta – ALP; altura de inserção da espiga – ALE; diâmetro de colmo – DIC; índice de área foliar – IAF; número de fileira por espiga – NFE; número de grãos por fileira – NGF; número de grãos por espiga – NGE; e rendimento – REN. Significância: *5% de probabilidade; **1 de probabilidade; ns: não significativo.

Na Tabela 3, as correlações canônicas entre variáveis dos híbridos de milho apresentaram significância ($p \geq 0,01$) pelo teste do qui-quadrado e alta correlação nos dois pares canônicos do SAC ($r=0.9998$ e $r=0.8399$), assim como, no sistema de SAV ($r=1.0036$ e $r=0.8086$). As correlações demonstraram que no SAC para o primeiro par canônico o NGE correspondeu positivamente a ALP e ALE, e negativamente ao DIC e AIF, e no segundo par canônico o REN correspondeu positivamente a ALP, ALE, DIC e IAF (Tabela 3).

Para Kopper et al. (2017), o REN foi afetado diretamente apenas pela AIE, mostrando que plantas com espigas inseridas em maior altura tendem a produzir mais. Correlações em híbridos de milho também foram reportadas por Carvalho et al. (2016) ao estimar coeficientes de correlação e desdobramentos dos efeitos diretos e indiretos por técnicas multivariadas em diferentes tratamentos de sementes. Carvalho et al. (2015) e Zanatto et al. (2016) também

observaram correlações entre os componentes morfológicos e de rendimento na cultura do sorgo.

Biologicamente podemos aferir que plantas com elevada ALP e ALE com redução do DIC e IAF possibilitam o maior NGE, e que, REN elevados são obtidos com o aumento das variáveis ALP, ALE, DIC e IAF nos híbridos de milho no SAC. Para o SAV os híbridos de milho vão elevar o NGE e REN com a elevação dos componentes ALP, ALE, DIC e IAF (Tabela 3).

Tabela 3. Cargas canônicas dos caracteres de produtividade (grupo 1) e morfológico (grupo 2) nas correlações canônicas (r) entre os grupos de híbridos de milho com adubação convencional SAC e verde SAV. Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019

Caráter ¹	Par canônico		Caráter ¹	Par canônico	
	1°	2°		1°	2°
Grupo 1	Convencional		Grupo 1	Verde	
NGE	0.77352	0.63377	NGE	-0.2144	0.97675
REN	0.20301	0.97918	REN	-0.626	0.77983
Grupo 2			Grupo 2		
ALP	0.60202	0.78281	ALP	-0.4528	0.53173
ALE	0.22189	0.79966	ALE	-0.4793	0.82953
DIC	-0.4479	0.4088	DIC	-0.298	0.88358
IAF	-0.0006	0.34197	IAF	-0.5828	0.78698
r	0.9998	0.8399	r	1.0036	0.8086
p	<0.0100	<0.0027	p	<0.0100	<0.0122

¹Grupo 1: número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN; Grupo 2: altura de planta – ALP, altura de inserção da espiga – ALE, diâmetro de colmo – DIC, índice de área foliar – IAF.

Ambos os sistemas de adubação dispuseram a formação de dois clusters, com cluster isolado representado pelo híbrido Syn7613 no SAC e CD3770 no SAV (Figura 4). Silva et al. (2016) estimando a divergência genética entre progênies de meios-irmãos através de métodos hierárquicos observou a formação de 11 clusters, assim como, Alves et al. (2015), que contabilizou a formação de 4 clusters. Nardino et al. (2017) testando a dissimilaridade genética entre 25 híbridos de milho, em cinco ambientes de cultivo no Sul do Brasil, observou a formação de 9 clusters distintos. Os resultados da análise de agrupamento utilizando os métodos UPGMA podem servir como base para futuros trabalhos envolvendo o estudo da diversidade genética para cultura do milho (SILVA et al., 2016).

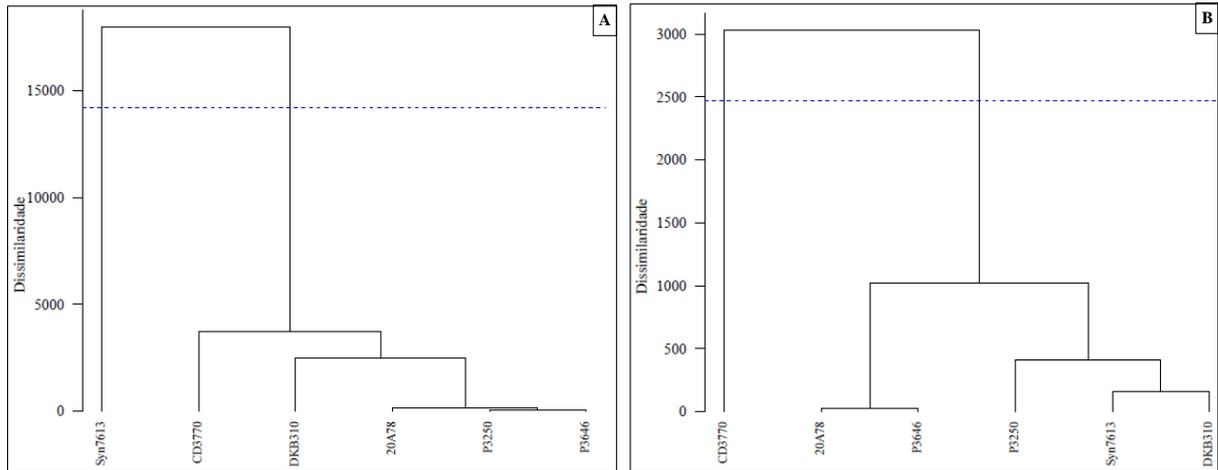


Figura 4. Dendrograma representativo da dissimilaridade entre híbridos de milho, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis, de híbridos de milho com adubação convencional SAC (A) e verde SAV (B). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF, número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN.

A análise de variáveis canônicas para o SAC explica no primeiro eixo 56,79% e no segundo 22,40% contabilizando a explicação de 79,20 da variação total dos dados. Destaque para o híbrido DKB310 na variável REN (Figura 5A). Trabalhos na literatura reportam os índices de explicação canônico para milho como Varella et al. (2019) que obtiveram explicação de 85% da variância total na soma dos dois eixos canônicos, assim como, Prazeres e Coelho (2016) com soma de 83%. Para o SAV o híbrido CD3770 obteve influência nas variáveis IAF, NGF, ALP, ALE, NGE e REN (Figura 5B). Ferreira et al. (2011) e Partelli et al. (2011) concluíram que a adubação verde é uma boa alternativa para complementar o suprimento de N. Varella et al. (2019) colocam que por meio das variáveis canônicas estimar a predição de nitrogênio para a cultura do milho.

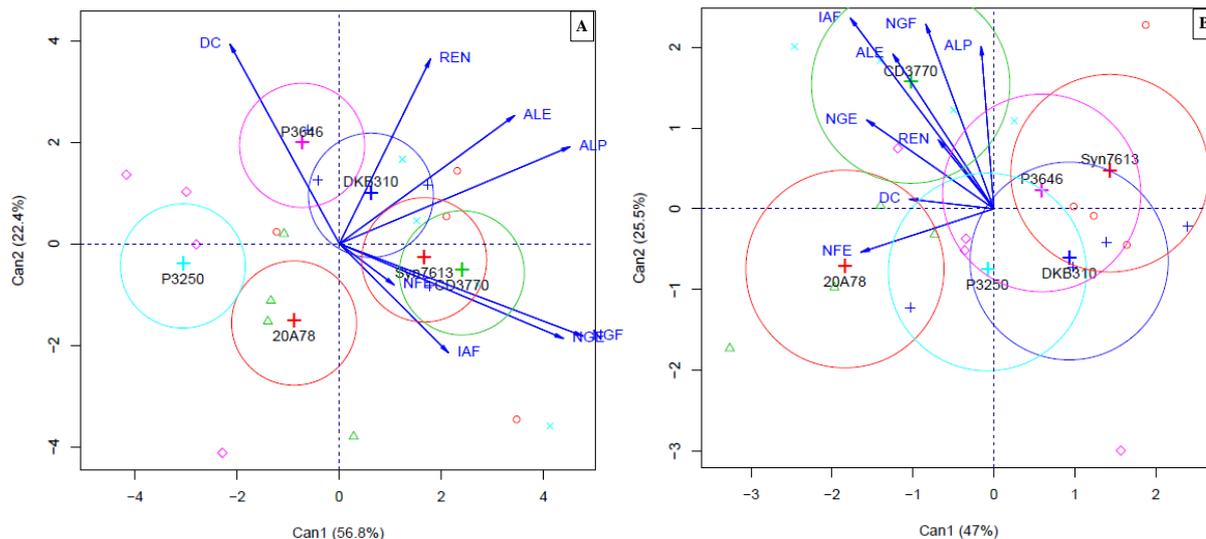


Figura 5. Análise de variáveis canônicas de híbridos de milho com adubação convencional SAC (A) e verde SAV (B). Mineiros, GO, UNIFIMES, Brasil, 2019.

Variáveis: altura de planta – ALP, altura de inserção da espiga – ALE, diâmetro de colmo – DC, índice de área foliar – IAF, número de fileira por espiga – NFE, número de grãos por fileira – NGF, número de grãos por espiga – NGE e rendimento – REN.

O teste de agrupamento de Scott-Knott foi aplicado inicialmente para as interações significativas e posteriormente para os efeitos principais, relatando o comportamento dos híbridos de milho dentro de cada sistema de produção. A correlação linear de Pearson demonstrou que as variáveis possuem ligações diretas, sejam positivas ou de fator negativo, e que através das variáveis canônicas pode-se observar que essas variáveis são mais expressivas em distintos híbridos. Biologicamente foi possível observar que o número de grãos por espiga e o rendimento foram influenciados pelos componentes morfológicos da planta através das correlações canônicas. O teste de dissimilaridade distinguiu os híbridos dentro de cada sistema em grupos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificou-se na análise das correlações fenotípicas que o híbrido de milho CD3770 foi eficiente quando utilizado feijão caupi como alternativa de adubação verde.

Dentre as variáveis analisadas o híbrido mais influenciado pelo manejo de adubação convencional e verde foi o 20A75, sendo este mais representativo quando cultivado no sistema de adubação verde.

No sistema convencional o rendimento e número de grãos por espiga dos híbridos de milho foram determinados principalmente pela altura de planta e de inserção da espiga, ao

passo que, no sistema de adubação verde as variáveis de altura de inserção da espiga e diâmetro de colmo tiveram maior expressividade, neta ordem.

As ferramentas multivariadas são eficientes na escolha do híbrido e do sistema de adubação recomendado.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, C. B. M.; SILVA, L. P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional. **Ciência Rural**, Santa Maria v.45, n.5, p.884-891, 2015.
- AMBROSANO, EDMILSON J.; ROSSI, FABRÍCIO; CARLOS, JOÃO A. D (Ed). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil. Fundamentos e Prática**. Brasília, DF: Embrapa, v.1, 507 p, 2014.
- BHERING, L.L. **Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform**. 2017.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.A.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269- 1276, 2007.
- CAMARA, F.T.; GONDIM, H.T.; MOTA, A.M.D.; MÁXIMO, M.; DA SILVA, J.M.F. **Produtividade de milho verde em função do manejo da adubação na região do Cariri cearense**, p.1, 2016.
- CARVALHO, I.R.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D.N.; PELEGRIN, A.J.; KAVALCO, S.A.F.; SOUZA, V.Q. Análise de trilha e multivariada em milho submetido a diferentes tratamentos de sementes. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.10, n.1, p.74-81, 2016.
- CARVALHO, I.R.; SOUZA, V.Q.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D.N.; SCHMIDT, D.; BARETTA, D. Correlações canônicas entre caracteres morfológicos e componentes de produção em trigo de duplo propósito. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.8, p.690-697, 2015.
- CASSOL, C. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries históricas, Brasília: **Conab** 2018. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos. (Acessado em 23 maio. 19), 2018.
- CORREA, A.M.; GONÇALVES, M.C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Rev. Ceres**, 59(2): 206-212, 2012.
- CORSINI, Daiene Camila Dias Chaves. **Coberturas vegetais e modos de inoculação com Azospirillum brasilense em milho sobre três sistemas de preparo de solo**. p.139, 2018.
- COSTA, M. S. S. D. M., STEINER, F., DE MENDONÇA COSTA, L. A., CASTOLDI, G., & PIVETTA, L. A. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. **Ceres**, v. 58, n. 2, 2015.
- CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- DEMÉTRIO, C. S., FORNASIERI FILHO, D., CAZETTA, J. O., & CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades

populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 43, n. 12, p.1691-1697, dez. 2008.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O. **Acúmulo de nitrogênio (15N) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em latossolo vermelho**. *Bragantia*, v.68, n.2, p.463-472, 2009.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, p.628, 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, p.353, 2013.

FERREIRA, E. D. B., STONE, L. F., PARTELLI, F. L., & DIDONET, A. D. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 695-701, 2011.

FERREIRA, L. L.; AMARAL, U.; SILVA, C. S.; CURVELO, C. R. S.; PEREIRA, A. I. A. Components of maize crop as a function of doses of polymerized urea. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 185-192, 2019a.

FERREIRA, L. L.; PEREIRA, A. I. A.; CURVELO, C. R. S.; FERNANDES, C. S.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. K. A.; SOUZA, B. R. Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. **Nativa**, v. 7, p. 330-335, 2019b.

GIACOMINI, S. J., AITA, C., CHIAPINOTTO, I. C., HÜBNER, A. P., MARQUES, M. G., & CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II-Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.

GITTI, D. C.; ARF, O.; MELERO, M.; RODRIGUES, R. A. F.; TARSITANO, M. A. A. Influence of nitrogen fertilization and green manure on the economic feasibility of no-tilled wheat in the Cerrado. **Revista Ceres**, Uberlândia, v. 59, n. 2, p. 246-253, 2012.

KAPPES, C.; GITTI, D. C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C.; TARSITANO, M. A. A. Análise econômica do milho em sucessão a diferentes adubos verdes, manejos do solo e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 55-64, 2015.

KOPPEN, W.; Geiger, R. **Handbuch der Klimatologie**, Band 1, Teil C, C 42-43. Berlin: Gebrüder Bornträger 1936.

KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGHI, W. A.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T. Características agrônômicas e produtividade de milho segunda safra em função da velocidade de semeadura e população de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife. v. 22, n. u, 2017.

LOPES, S. J., DAL, A., LÚCIO, C., STORCK, L., DAMO, H. P., BRUM, B., & DOS SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 6, p.1536-1542, dez. 2017.

MAIA, S. M. F.; CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; LAL, R.; BERNOUX, M.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. C. Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 133, n. 4, p. 75-84, 2013.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I.R.; FOLLMANN, D.N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A.J.D.; SOUZA, V.Q.D. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(1), 164-174. (2017).

OLIVEIRA, M. L.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.535-539, 2005.

- PADOVAN, M. P., CARNEIRO, L. F., FELISBERTO, G., NASCIMENTO, J. S., & CARNEIRO, D. N. M. Milho cultivado em sucessão a adubos verdes em sistemas sob bases agroecológicas. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 377-385, 2016.
- PADOVAN, M. P.; CAMPOLIN, A. I. Caminhos para mudanças de processos e práticas rumo à agroecologia. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2011. 52 p.
- PADOVAN, M. P.; OLIVEIRA, F. L.; CESAR, M. N. Z. O papel estratégico da adubação verde no manejo agroecológico do solo. In: PADOVAN, M. P. (Ed.). **Conversão de sistemas de produção convencionais para agroecológicos: novos rumos à agricultura familiar**. Dourados: Edição do autor, 2006. p. 69-82.
- PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., FERREIRA, E. P. D. B., VIANA, A. P., ESPINDOLA, J. A. A., & CABALLERO, S. S. U. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011
- PEREIRA, A.R. Estimativa da área foliar em milharal. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.1, p.147-150, 1987.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004
- POSSAMAI, J. M.; SOUZA DE, C. M.; GALVÃO, J. C. C. **Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha**. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001
- PRAZERES, C.S.; COELHO, C.M.M. Divergência genética e heterose relacionada à qualidade fisiológica em sementes de milho. **Bragantia**, Campinas, 75(4), 411-417. (2016).
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. 5.ed. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.
- SEAB/DERAL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural. 2018. **Milho, análise de conjectura**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=240>. (Acessado em: 27 Out. 18), 2018.
- SILVA, D.F.G.; COELHO, C.J.; ROMANEK, C.; GARDINGO, J.R.; SILVA, A.R.; GRACZYKI, B.L.; OLIVEIRA, E.A.T.; MATIELLO, R.R. Genetic dissimilarity and definition of recombination clusters among green corn half-sib progenies. **Bragantia**, Campinas, v.75, n.4, p.401-410, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 858p. 2017.
- VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. ; MINHOTO, M. C. T. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Londrina, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011
- VALICENTE, F.H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Circular Técnica, Sete Lagoas, MG, v.208, p.1-13, 2015.
- VARELLA, C.A.A.; CARVALHO PINTO, F.D.A.; COSTA, A.G.; SILVA, T.R. Predição de níveis de nitrogênio aplicados à cultura do milho utilizando imagens digitais. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, 27(3), 227-236. (2019).
- WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; & WILDNER, L do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, Oscar F. de.;
- ZANATTO, I. B.; SPONCHIADO, S.; TEODORO, P. E.; DA SILVA, K. J.; DE MENEZES, C. B.; TARDIN, F. D. Identificação de caracteres relacionados à precocidade e produtividade em híbridos de sorgo via correlações canônicas. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. 2016.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernaI na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v. 50, n. 5, p. 374-382, 2015.

VIABILIDADE ECONÔMICA DETERMINADA EM TRÊS CULTIVARES DA ALFACE CRESPA CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE

Josilda de França Xavier¹

Carlos Alberto Vieira de Azevedo²

Márcia Rejane de Q. Almeida Azevedo³

Antônio Fernandes Monteiro Filho⁴

RESUMO

O aproveitamento de águas com teores elevados de sais em zonas áridas e semiáridas pode ser considerado uma alternativa viável para a produção agrícola. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho da viabilidade econômica das cultivares da alface crespa (Elba, Cristina e Veneranda) no cultivo hidropônico utilizando diferentes soluções nutritivas com diferentes níveis de salinidade. O estudo foi realizado em ambiente protegido da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Campus II de Lagoa Seca-PB. O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por soluções nutritivas: $S_1 = 100\%$ da solução de Furlani preparada com água de chuva e seis soluções preparadas a partir da solução de Furlani modo a apresentarem as seguintes condutividades elétricas: ($S_2-2,4$; $S_3-2,9$; $S_4-3,4$; $S_5-3,9$; $S_6-4,4$ e $S_7-4,9$ dS m^{-1}) com três repetições. As subparcelas corresponderão as cultivares Elba, Cristina e Veneranda apresentando seis plantas/subparcela. Foram avaliadas as variáveis: Viabilidade econômica, Custos de produção e Indicadores de rentabilidade. As soluções nutritivas S_1 , S_3 , S_4 , S_5 e S_7 promoveram os melhores rendimentos econômicos, quando utilizadas na produção da cultivar Veneranda. A solução nutritiva S_2 apresentou o melhor rendimento econômico quando foi utilizada na produção da cultivar Elba.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., hidroponia, água salina, solução nutritiva, custos de produção.

INTRODUÇÃO

A escassez de água em parte da região do Nordeste Brasileiro está associada não somente aos fatores naturais mais também relacionadas com a gestão pública, ao crescimento da população e de suas ações antrópicas que acontece na maior parte das atividades industriais, comerciais e agrícolas. Assim, os sistemas de abastecimento ficam cada vez mais sobrecarregados, tornando-se vulneráveis a qualquer grande seca que ocorra. A ineficiência da gestão pública no planejamento de infraestrutura para captação, armazenamento, tratar e

¹ Pós Doutoranda Eng. Agrícola DEAG/CTRN/UFCG josildaxavier@yahoo.com.br

² Dr. Prof. DEAG/CTRN/UFCG cazevedo@deag.ufcg.edu.br

³ Dra. Profa. DAA/CCAA Campus II, Lagoa Seca-PB mazevedo@ccaa.uepb.edu.br

⁴ Dr. DAA/CCAA Campus II, Lagoa PB afernandesmf@gmail.com

distribuição dos recursos hídricos afetam diretamente a população e a economia da região e consequentemente do país.

A qualidade da água de irrigação é determinante não só em função de suas características físicas, químicas e biológicas, mas, também da adequação ao uso específico que se destina (AYERS e WESTCOT, 1999). Tal necessidade exige conhecimento prévio não só de suas propriedades como também dos efeitos e riscos à saúde e ao meio ambiente. O uso de águas com altas concentrações de sais podem provocar efeitos tóxicos, causando distúrbios funcionais e danos no metabolismo das plantas (SILVA et al., 2011).

A salinidade é um problema sério para a agricultura, pois limita o crescimento e o desenvolvimento das plantas sensíveis. A tolerância das culturas à salinidade é influenciada por diversos fatores, incluindo estágio de crescimento, condições ambientais, espécies e cultivares de uma mesma espécie. Diferentes estratégias e condições distintas de cultivo (região, tipo de ambiente protegido, clima local, estação do ano, manejo da irrigação, etc.), podem ser utilizadas quando se faz uso de águas salobras, associadas ou não com água doce, devem produzir efeito no rendimento das culturas hidropônicas.

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Esta diferença deve-se à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm o que permite absorver, mesmos em condições de salinidade, maior quantidade de água (AYERS & WESTCOT, 1991).

O termo hidroponia significa o cultivo de plantas em meio líquido. É derivado de duas palavras de origem grega: *hydro*, que significa água, e *ponos*, trabalho; o cultivo hidropônico de hortaliças ocorre em ambiente protegido e uma das técnicas de cultivo utilizadas na hidroponia é a NFT (Nutrient Film Technique), atualmente muito difundido devido à possibilidade de controle das condições adversas de cultivo que favorece o desenvolvimento das plantas permitindo a produção de olerícolas de melhor qualidade (CUPPINI et al., 2010).

O uso da hidroponia surgiu como uma alternativa a problemas como a baixa disponibilidade de solos aptos à agricultura; a incidência de determinadas doenças de solo, dificilmente controladas por métodos químicos, sanitários ou de resistência genética; o interesse em incrementar a eficiência do uso da água e o desejo de aumentar a produção e melhorar a qualidade dos alimentos. (SOUZA NETA et al., 2013).

A solução nutritiva para o cultivo hidropônico é de fundamental importância, pois o crescimento e desenvolvimento da cultura dependerão de uma formulação adequada (OLIVEIRA et al., 2014). A escolha da solução nutritiva deve ser formulada de acordo com

as necessidades nutricionais da espécie (FURLANI et al., 1999). A qualidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva é fator fundamental para se obter elevada produtividade e qualidade dos produtos, seja no cultivo utilizando o sistema NFT (GONDIM et al., 2010; PAULUS et al., 2010) ou o cultivo em substrato (DIAS et al., 2011; SANTOS et al., 2012; SILVA et al., 2011).

As oscilações na condutividade elétrica (CE) estão relacionadas ao consumo de água e nutrientes pelas plantas e a evaporação das soluções nutritivas ocorridas durante a condução do experimento Monteiro Filho et. al. (2017). Já Silva et al. (2015) estudaram dois níveis de disponibilidade de solução nutritiva (2,75 e 5,50 L por maço de 24 plantas) e quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa): 0,43 (testemunha); 3,09; 6,87 e 8,53 dS m⁻¹.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, originária de clima temperado, pertencente à família Asteracea e da subfamília Cichoriaceae, certamente uma das hortaliças mais populares e consumidas no mundo e no Brasil. Praticamente todas as cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo. A ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo cultural e, dependendo do genótipo, pode resultar em plantas menores porque o pendoamento ocorre mais precocemente (HENZ & SUINAGA, 2009).

A alface se destaca no cenário nacional de cultivos em hidroponia, sendo responsável por aproximadamente 80% da produção agrícola brasileira desse sistema (ALVES et al., 2011). De acordo com Silva e Schwonka (2001), embora o custo da implantação de um sistema hidropônico seja elevado, em curto prazo é possível recuperar o capital investido. Em análise econômica de um projeto de produção de alface hidropônica realizada pelos mesmos autores concluiu-se que em 2,5 anos já é possível recuperar um investimento inicial de R\$56.343,00. Isso se deve, possivelmente, à boa lucratividade do sistema.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho da viabilidade econômica das cultivares da alface crespa (Elba, Cristina e Veneranda) no cultivo hidropônico utilizando diferentes soluções nutritivas com diferentes níveis de salinidade.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico adotando-se o fluxo laminar de nutrientes (Fluxo Laminar de Nutrientes-NFT) (Figura. 1) em ambiente protegido nas dependências da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Campus II de Lagoa Seca-PB em que apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W, segundo a

classificação climática de Köppen-Geige (Brasil, 1971). O experimento foi realizado no período de maio a junho de 2019.



Figura 1. Vista geral do cultivo hidropônico com alface crespa irrigadas com solução nutritivas com diferentes níveis de salinidade.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por soluções nutritivas, são elas: $S_1 = 100\%$ da solução de Furlani preparada com água de chuva e seis soluções também preparadas utilizando água de chuva sendo adicionado Cloreto de sódio (NaCl) de modo a apresentarem as seguintes condutividades elétricas: ($S_2-2,4$; $S_3-2,9$; $S_4-3,4$; $S_5-3,9$; $S_6-4,4$ e $S_7-4,9$ $dS\ m^{-1}$) com três repetições. As subparcelas corresponderam a cultura da alface crespa sendo compostas com cultivares (Elba, Cristina e Veneranda) apresentará seis plantas/subparcela.

A água utilizada no experimento foi proveniente de água da chuva e armazenada em cisterna para todas as soluções.

A água utilizada no experimento foi encaminhada para os Laboratórios de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola (LIS/DEAg/UFCG).

Todas as soluções nutritivas foram preparadas conforme metodologia proposta por Furlani (1995), sendo a $S_1 = 100\%$ da solução de Furlani preparada com água de chuva, após adicionar os nutrientes minerais na água verificou-se a condutividade elétrica de $1,9\ dS\ m^{-1}$, as demais soluções nutritivas foram também preparadas utilizando água de chuva sendo adicionado Cloreto de sódio (NaCl) de modo a apresentarem as seguintes condutividades elétricas: ($S_2-2,4$; $S_3-2,9$; $S_4-3,4$; $S_5-3,9$; $S_6-4,4$ e $S_7-4,9$ $dS\ m^{-1}$)

Os quantitativos dos fertilizantes minerais e da composição química da solução nutritiva mineral estão dispostos nas Tabelas 1 e 2 para isto, utilizou-se a ferramenta Solver do Microsoft Office Excel; todas as soluções foram preparadas para 200 L.

A solução nutritiva mineral foi preparada conforme metodologia proposta por Furlani (1995) Tabela 1.

Tabela 1 – Quantitativo dos fertilizantes utilizados na confecção das soluções nutritivas minerais.

Solução	
Sais	Furlani
g 1000 L ⁻¹ de água	
Ca(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	1000
MAP	150
DAP	-
H ₂ PO ₄	-
KH ₂ PO ₄	-
KCl	150
KNO ₃	600
MgSO ₄ .7H ₂ O	250
MnCl.H ₂ O	2,34
Mn SO ₄ .H ₂ O	-
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,88
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,2
H ₃ BO ₃	2.04
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,26
Fe-EDTA	1000 mL

Ca (NO₃)₂ ;6H₂O - nitrato de cálcio; MAP - fosfato monoamônio; DAP - fosfato diamônio; H₂PO₄ - ácido fosfórico; KH₂PO₄ - fosfato monopotássico; KCl - cloreto de potássio; KNO₃- nitrato de potássio; MgSO₄.7H₂O- sulfato de magnésio; MnCl.H₂- O cloreto de manganês; Mn SO₄.H₂O - sulfato de manganês; ZnSO₄.7H₂O - sulfato de zinco; CuSO₄.7H₂O - sulfato de cobre; H₃BO₃ - ácido bórico; Na₂MoO₄.2H₂O - molibdato de amônio; Fe-EDTA - ferro EDTa.

O quantitativo dos fertilizantes e a composição química da solução nutritiva minerais estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química das soluções nutritivas minerais.

Solução	
Sais	Furlani
g 1000 L ⁻¹ de água	
NO ₃	200,44
NH ₄	16,51432
P	32,7
K	310,275
Ca	168
Mg	24,65
S	32,5
Mn	0,636714
Zn	0,199144
Cu	0,0671
B	0,356592
Mo	0,114452
Fe	2,234

NO₃- nitrato; NH₄- amônio; P- Fósforo; K- Potássio; Ca- Cálcio; Mg- Magnésio; S- Enxofre; Mn- Manganês; Zn - Zinco; Cu- Cobre; Bo- Boro; Mo- Molibidênio; Fe- Ferro.

A formulação das soluções foram realizada utilizando-se a ferramenta SOLVER; para isto, montar-se-á uma planilha eletrônica no Microsoft Office Excel contendo a composição química da água salina; (nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato de potássio, fosfato monoamônico, cloreto de potássio, sulfato de magnésio e na forma de sulfato, os micronutrientes cobre, zinco, manganês e ferro).

Uma vez formulados e pesados os nutrientes minerais foram misturados na água de chuva armazenada em cisterna e verificou-se a condutividade elétrica de 1,9 dS m⁻¹, as demais soluções nutritivas foram também preparadas utilizando água de chuva sendo adicionado Cloreto de sódio (NaCl) de modo a apresentarem as seguintes condutividades elétricas: (S₂- 2,4; S₃-2,9; S₄-3,4; S₅-3,9; S₆-4,4 e S₇-4,9 dS m⁻¹). Durante a condução do experimento as soluções foram calibradas realizando-se leituras de condutividade elétrica (CE) e potencial

hidrogeniônico (pH) utilizando-se um condutivímetro portátil, além de um peagâmetro; os níveis da CE de todas as soluções foram mantidos levando em consideração 20% para mais ou 20% para menos, quando a CE aparentava 20% maior da inicial em cada solução, a reposição era realizada com água de chuva e quando a CE apresentava 20% menor da inicial a reposição era feita com a solução estoque de cada solução nutritiva. O manejo da solução nutritiva foi realizado diariamente através da reposição da água consumida, do acompanhamento da condutividade elétrica (CE) e do potencial hidrogeniônico (pH) mantendo-o próximo à neutralidade, com a utilização de uma solução de NaOH ou HCL (1mol L^{-1}) e independente dos tratamentos, as soluções nutritivas foram trocadas em períodos equidistantes de 7 dias.

A Semeadura das sementes da alface crespa, Cultivar 1= ELBA (EL), Cultivar 2 = CRISTINA (CR) e Cultivar 3 = VENERANDA (VE) foram colocadas para germinar em bandejas e em espuma de fenólica com 3 cm de diâmetro e 2 cm de altura previamente enxaguada com água corrente com o objetivo de eliminar possíveis compostos ácidos remanescentes de sua fabricação. Durante os primeiros seis dias as espumas foram umedecidas apenas com água de abastecimento da cidade de Campina Grande-PB; nos 7°, 13° e 19° dias acrescentou-se a solução S₁, de modo que ela apresentasse, respectivamente, 33,33; 66,66 e 100% da concentração nutricional sugerida por Furlani (1995), as plântulas foram mantidas no berçário por 24 dias após a germinação.

Viabilidade econômica

Custos de produção

A metodologia de análise de custo de produção sugerida por Martin et al. (1998), foi utilizada pois ela procura reunir os componentes de custos, agregando-os de tal forma a permitir uma análise detalhada dos mesmos e da análise de rentabilidade.

Consideraram-se os seguintes custos:

Custo operacional efetivo (COE): é somatório entre os custos fixos (estufa e sua depreciação) e variáveis (sementes, energia elétrica, manutenção, mão de obra e solução nutritiva). A estufa corresponde a uma área de 850 m^2 e uma produção estimada de $120.000\text{ plantas ano}^{-1}$, contudo, considerou-se para efeito de cálculo, uma produção comercial (plantas bem conformadas sem sinais de queima e pendoamento) de $100.000\text{ plantas ano}^{-1}$.

Pelo método linear, a taxa anual de depreciação foi calculada dividindo-se o custo inicial (preço de aquisição ou preço de reposição) menos um valor final presumido de sucata pelo número de anos de duração provável.

Em qualquer ano, depreciação é:

$$D = \frac{Vi - Vf}{N}$$

Onde:

D = valor da depreciação ao ano

V i= valor inicial, em R\$

Vf = valor final, em R\$

N = vida útil, em anos

Além da depreciação também foi levada em consideração a manutenção necessária para manter os equipamentos e as instalações em plena condição de uso. Para cobrir os gastos, estipulou-se um percentual de 4% sobre o valor total investido.

Custo operacional total (COT): é o custo operacional efetivo acrescido dos encargos sociais (36% sobre o valor da despesa com mão-de-obra), Contribuição à Seguridade Social Rural, CSSR (2,2% do valor da renda bruta).

Neste item também foi considerada uma remuneração empresarial, necessária para cobrir as despesas básicas do produtor durante cada ano. Esta remuneração foi de R\$ 35.928,00/ano.

Custo total de produção (CTP): é o custo operacional total acrescido dos gastos com o arrendamento da terra. (R\$ 2.000,00/ano).

Os indicadores de análise de resultados utilizados no trabalho foram os seguintes:

a) Receita Bruta (RB): é a receita esperada para uma determinada produção, para um preço de venda pré-definido, ou efetivamente recebido, ou seja:

$$RB = P * Pu$$

Em que:

P = produção da atividade;

Pu = preço unitário do produto da atividade.

b) Margem Bruta (MBCOE): é a margem em relação ao custo operacional efetivo (COE), isto é, o resultado ocorrido após o produtor arcar com o custo operacional efetivo, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade.

Formalizando, tem-se:

$$\text{MBCOE} (\%) = ((\text{RB} - \text{COE}) / \text{COE}) * 100$$

Onde:

MBCOE = margem bruta em relação ao COE

RB = receita bruta;

COE = custo operacional efetivo.

c) Margem Bruta (MBCOT): é definida de forma análoga à margem bruta (COE) para o custo operacional total (COT). É estimada por:

$$\text{MBCOT} (\%) = ((\text{RB} - \text{COT}) / \text{COT}) * 100$$

Onde:

MBCOT (%) = margem bruta em relação ao COT.

COT = custo operacional total.

Assim essa margem indica qual a disponibilidade para cobrir além dos custos efetivos, os encargos sociais e remuneração empresarial (proprietário).

d) Margem Bruta (MBCTP): é a margem em relação ao custo total de produção (CTP), isto é, o resultado ocorrido após o produtor arcar com o custo com todos os custos, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade. É calculada por:

$$\text{MBCTP} (\%) = ((\text{RB} - \text{COT}) / \text{COT}) * 100$$

Onde:

MBCTP (%) = margem bruta em relação ao CTP.

COT = custo total de produção.

Além desses conceitos, utilizaram-se também os indicadores de custo em relação às unidades de produto, denominados de ponto de equilíbrio. Este determina qual a produção mínima necessária para cobrir o custo, dado o preço de venda unitário para o produto. Assim foram considerados os seguintes pontos de equilíbrio:

d) Ponto de Equilíbrio (COE) = COE/Pu

e) Ponto de Equilíbrio (COT) = COT/Pu

f) Ponto de Equilíbrio (CTP) = CTP/Pu

g) Lucro Operacional: constitui a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total (COT) por ano.

Desse modo tem-se:

$$\text{LO} = \text{RB} - \text{COT}$$

O indicador de resultado lucro operacional (LO) mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade.

h) Índice de lucratividade (IL): esse indicador mostra a relação entre o lucro operacional (LO) e a receita bruta (RB), em percentagem. É uma medida importante de rentabilidade da atividade agropecuária, uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais, encargos, etc., inclusive as depreciações.

Nesta pesquisa foi realizada uma simulação para produção anual de 100.000 plantas comerciais levando-se em consideração um investimento inicial de R\$ 70.000,00 adquirido pelo produtor junto a uma instituição financeira com a cobrança de juros de 4,6% a.a, (Banco do Nordeste, Grupos e Linhas de Crédito PRONAF Grupos e Linha e Linhas - Pronaf Mais Alimentos (Plano Safra 2019/2020) para aquisição de estufa e equipamentos necessários para o funcionamento da mesma. A previsão de quitação do saldo devedor foi de 5 anos, com prestações anuais no valor de R\$ 15.698,36.

Para o valor de venda unitário da alface produzida nesta pesquisa adotou-se a metodologia proposta por Monteiro Filho (2015), onde o valor de venda unitário da alface é estipulado correlacionando o peso médio da alface produzida com os comercializados nos principais supermercados do município de Campina Grande, Paraíba, seguido o seguinte critério (Tabela 3):

Plantas com peso inferior a 80 g = R\$ 0,50;

Plantas com peso entre 81 e 100 g = R\$ 0,80;

Plantas com peso entre 101 e 150 g = R\$ 1,00;

Plantas com peso entre 151 e 200 g = R\$ 1,30 e

Plantas com peso superior a 201 g = 1,50.

Tabela 3. Peso médio (g) das três cultivares da alface crespa produzidas com as soluções minerais, S₁ = 100% da solução de Furlani preparada com água de chuva e (S₂; S₃; S₄; S₅; S₆ e S₇) também preparadas utilizando água de chuva sendo adicionado Cloreto de sódio (NaCl) de modo a apresentarem as seguintes condutividades elétricas: (S₂ = 2,4; S₃ = 2,9; S₄ = 3,4; S₅ = 3,9; S₆ = 4,4 e S₇ = 4,9 dS m⁻¹)

Cultivares	Soluções nutritivas						
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
g							
Elba	166,25	205,26	169,11	166,01	179,52	154,18	176,34
Cristina	153,86	175,33	157,88	174,78	121,57	132,9	147,53
Veneranda	253,00	194,00	262,00	206,33	230,73	162,94	221,54

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Custos de produção

As planilhas de custo de implantação (operação e material de consumo), custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT) e o custo total de produção (CTP) da alface hidropônica encontram-se detalhadas na Tabela 4.

Observando-se a Tabela 4, nota-se que o custo operacional efetivo (COE) foi R\$ 37.357,26 para todas as soluções. Monteiro Filho (2015) encontrou em sua pesquisa resultados similares com soluções minerais em comparação com solução organominerais. Xavier et al. (2018) após trabalharem com efeito da concentração nutritiva com água salina e residuária e no crescimento da alface hidropônica, concluíram que a utilização de soluções menos concentradas e conseqüentemente com menor quantidade de fertilizantes diminuem o custo de produção sem alterar a produtividade da cultura.

Tabela 4. Valores unitários dos itens utilizados no custo de produção da alface hidropônica em função das diferentes soluções nutritivas, $S_1 = 100\%$ da solução de Furlani preparada com água de chuva e (S_2 ; S_3 ; S_4 ; S_5 ; S_6 e S_7) também preparadas utilizando água de chuva sendo adicionado Cloreto de sódio (NaCl) de modo a apresentarem as seguintes condutividades elétricas: ($S_2 = 2,4$; $S_3 = 2,9$; $S_4 = 3,4$; $S_5 = 3,9$; $S_6 = 4,4$ e $S_7 = 4,9$ $dS\ m^{-1}$)

Soluções nutritivas							
Custo fixo (A)	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
Valor monetário R\$ _____							
Estufa	15698,36	15698,36	15698,36	15698,36	15698,36	15698,36	15698,36
Depreciação	6300	6300	6300	6300	6300	6300	6300
Custos variáveis (B)							
Sementes	1098,9	1098,9	1098,9	1098,9	1098,9	1098,9	1098,9
Energ. elétrica	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
Espuma	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Manutenção	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Mão-de-obra	5.988	5.988	5.988	5.988	5.988	5.988	5.988
Solução nutritiva	1372	1372	1372	1372	1372	1372	1372
COE (A+B)	37357,26	37357,26	37357,26	37357,26	37357,26	37357,26	37357,26
Outros Custos Operacionais (C)							
Encargos sociais	2155,68	2155,68	2155,68	2155,68	2155,68	2155,68	2155,68
CESSR	2420	3300	2860	2860	2860	2860	2860
Remuneração empresarial	35.928	35.928	35.928	35.928	35.928	35.928	35.928
COT (COE + C)	77860,94	78740,94	78300,94	78300,94	78300,94	78300,94	78300,94
Outros Custos Fixos (D)							
Arrendamento (F)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
CTP(A+B+C+D+F)	79860,94	80740,94	80300,94	80300,94	80300,94	80300,94	80300,94

COE = Custo Operacional Efetivo; COT = Custo Operacional Total; CTP = Custo Total de Produção; CESSR = Contribuição à Seguridade Social Rural; Energ. Elétrica=Energia elétrica

Ainda de acordo com a Tabela 4, o COE representou, em média, 46,78% do custo total de produção (CTP), sendo o pagamento do financiamento da estufa o item que apresentaria maior impacto correspondendo a 42,02% do COE. De acordo com Silva & Schwonka (2001), os maiores custos de implantação do sistema hidropônico estão relacionados à aquisição da estufa e equipamento.

O custo operacional total (COT) aumentou em relação ao custo operacional efetivo (COE) na ordem de 108,42; 110,78; 109,60; 109,60; 109,60; 109,60; 109,60 e 109,60%, com o uso das soluções nutritivas S1, S2, S3, S4, S5, S6 e S7 respectivamente. Este acréscimo foi proveniente das despesas com a remuneração empresarial, encargos sociais e Contribuição Especial da Seguridade Social Rural (CESSR), considerando toda a produção anual. As pequenas oscilações observadas entre os percentuais de incremento ocorreram devido à CESSR, já que esta contribuição é calculada sobre a receita bruta do empreendimento.

É imprescindível ressaltar que a remuneração empresarial durante o processo produtivo correspondeu, em média, a 45,89% do COT. Segundo Monteiro Filho et al. (2018) este valor se destaca dada à sua importância pois garante uma renda mensal ao agricultor durante o processo produtivo, mesmo sem contar com os lucros advindos da produção.

Finalmente, o CTP foi determinado somando-se, ao custo operacional total, a despesa com o arrendamento da terra, o qual foi estimado em R\$ 2.000,00 ano⁻¹; este é o valor médio cobrado pelo arrendamento de 1 ha nas granjas localizadas no município de Lagoa Seca, Paraíba. O CTP atingiu valores de R\$ 78860,94; 80.740,94 para as alfaces cultivadas com as soluções nutritivas S1 e S2 respectivamente as demais soluções apresentaram CTP com valor de R\$ 80300,94.

Rentabilidade da produção

Os indicadores de rentabilidade obtidos para as diferentes cultivares e soluções nutritivas encontram-se na Tabela 5. Percebe-se que as cultivar Elba apresentou maior receita bruta (RB) com a utilização das soluções minerais $S_2 = 2,4 \text{ dS m}^{-1}$, com receita de R\$150.000,00. Já para a cultivar Cristina os maiores valores de receita bruta foram obtidos com a utilização das soluções nutritivas S_1 , S_2 , S_3 e S_4 com valor de R\$ 130.000,00. A Cultivar Veneranda apresentou receita bruta de R\$ 130.000,00 para a solução S_6 as demais soluções apresentaram renda de R\$ 150.000,00.

Tabela 5. Índices de rentabilidade das cultivares de alface crespa em função das diferentes $S_1 = 100\%$ da solução de Furlani preparada com água de chuva e ($S_2; S_3; S_4; S_5; S_6$ e S_7) também preparadas utilizando água de chuva sendo adicionado Cloreto de sódio (NaCl) de modo a apresentarem as seguintes condutividades elétricas: ($S_2 = 2,4; S_3 = 2,9; S_4 = 3,4; S_5 = 3,9; S_6 = 4,4$ e $S_7 = 4,9 \text{ dS m}^{-1}$)

Cultivar Elba								
	UND	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
RB	R\$	110000	150000	130000	130000	130000	130000	130000
MBCOE	%	194,45	301,53	247,99	247,99	247,99	247,99	247,99
MBCOT	%	41,28	90,50	66,03	66,03	66,03	66,03	66,03
MBCTP	%	37,74	85,78	61,89	61,89	61,89	61,89	61,89
PNCOE	1000 UND	33961,15	24904,84	28736,35	28736,35	28736,35	28736,35	28736,35
PNCOT	1000 UND	70782,67	52493,96	60231,49	60231,49	60231,49	60231,49	60231,49
PNCTP	1000 UND	72600,85	53827,29	61769,95	61769,95	61769,95	61769,95	61769,95
L.O	R\$	32139,06	71259,06	51699,06	51699,06	51699,06	51699,06	51699,06
I.L	%	29,22	47,51	39,77	39,77	39,77	39,77	39,77
Cultivar Cristina								
RB	R\$	130000	130000	130000	130000	110000	110000	110000
MBCOE	%	247,99	247,99	247,99	247,99	194,45	194,45	194,45
MBCOT	%	66,03	66,03	66,03	66,03	41,28	41,28	41,28
MBCTP	%	61,89	61,89	61,89	61,89	37,74	37,74	37,74
PNCOE	UND	33961,15	24904,84	28736,35	28736,35	28736,35	28736,35	28736,35
PNCOT	UND	71182,67	52200,63	60231,49	60231,49	59893,03	59893,03	59893,03
PNCTP	UND	73000,85	53533,96	61769,95	61769,95	61431,49	61431,49	61431,49
L.O	R\$	51699,06	51699,06	51699,06	51699,06	32139,06	32139,06	32139,06
I.L	%	39,77	39,77	39,77	39,77	29,22	29,22	29,22
Cultivar Veneranda								
RB	R\$	150000	130000	150000	150000	150000	130000	150000
MBCOE	%	301,53	247,99	301,53	301,53	301,53	247,99	301,53
MBCOT	%	90,50	66,03	90,50	90,50	90,50	66,03	90,50
MBCTP	%	85,78	61,89	85,78	85,78	85,78	61,89	85,78
PNCOE	UND	33961,15	24904,84	28736,35	28736,35	28736,35	28736,35	28736,35
PNCOT	UND	71582,67	52200,63	60569,95	60569,95	60569,95	60231,49	60569,95
PNCTP	UND	73400,85	53533,96	62108,42	62108,42	62108,42	61769,95	62108,42
L.O	R\$	71259,06	51699,06	71259,06	71259,06	71259,06	51699,06	71259,06
I.L	%	47,51	39,77	47,51	47,51	47,51	39,77	47,51

RB= Receita Bruta; MBCOE= Margem Bruta Custo Operacional Efetivo; MBCOT = Margem Bruta Custo Operacional Total; MBCTP = Margem Bruta Custo Total de Produção; PNCOE = Ponto de Nivelamento Custo

Operacional Efetivo; PNCOT = Ponto de Nivelamento Custo Operacional Total; PNCTP = Ponto de Nivelamento Custo Total de Produção; L.O = lucro operacional; I.L = índice de lucratividade.

Na análise de investimento deve-se estipular uma taxa mínima de atratividade como base para os cálculos de viabilidade; esta é uma taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento. Borges & Dal’Sotto (2014) avaliando a viabilidade econômica da implantação de um sistema hidropônico para produção de alface, sugeriram lucros mínimos equivalentes aos proporcionados pelas aplicações financeiras de renda fixa, como os certificados de depósito bancário (CDB).

Essas taxas costumam variar ao longo do ano; assim, nesta simulação e para efeito prático, admitiu-se uma taxa de atratividade mínima de 12% a.a. Os resultados obtidos neste trabalho são promissores uma vez que, todas as soluções nutritivas, independentemente das cultivares utilizadas, apresentaram superiores a 39 %.

Em geral, os preços das hortaliças apresentam variação ao longo do ano em virtude do seu valor ser definido em função da qualidade do produto que, por sua vez, é influenciada diretamente pelas condições climáticas. O cultivo hidropônico pode oferecer, aos produtores, maior rentabilidade devido à diferenciação do produto, pois a qualidade sanitária e nutricional, além do aspecto visual dos produtos hidropônicos, pode agregar maior valor ao produto junto ao consumidor (Olshe et al., 2001; Souza et al., 2008).

Potrich et al. (2012), pesquisando o valor que o consumidor estaria disposto a pagar pelo alface produzido em hidroponia concluíram que 94,4% dos entrevistados pagariam entre R\$ 0,5 e R\$ 1,00 a mais pela unidade da alface hidropônica em função do seu aspecto visual e menor contaminação por agrotóxicos. Andrade & Silva (2010), também constataram a possibilidade da alface hidropônica obter melhores preços em relação à convencional; em sua pesquisa realizada na região de Uberaba, MG, os autores concluíram que 61,29% dos consumidores estão dispostos a pagar R\$ 1,00 a mais pela alface hidropônica.

O ponto de nivelamento da atividade para que não ocorra perda econômica é obtido quando se tem a igualdade entre a receita bruta (RB) e o custo total de produção (CTP). Analisando a Tabela 5 verifica-se que em todos os tratamentos o ponto de nivelamento do custo total de produção (PNCTP) foi inferior a 73400 unidades ano⁻¹, assim o empreendimento, em qualquer combinação de solução nutritiva e cultivar, apresenta uma necessidade de produção inferior a capacidade anual projetada. Situação oposta foi reportada por Geisenhoff et al. (2010), avaliando a viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras, MG, Brasil; neste caso, os autores propuseram um aumento de 2,13%

na produção, passando de 6.000,0 para 6.128 a fim de a receita total cobrir todos os custos totais de produção da atividade.

Alguns estudos relacionados à viabilidade econômica da alface hidropônia como os de Costa (2001) observaram uma rentabilidade de 71,87% estudando a viabilidade econômica da alface hidropônica nos períodos de outono e inverno na cidade de Campinas, São Paulo. Borges & Dal'Sotto (2014) encontraram, em um estudo de viabilidade econômica para implantação de um sistema de cultivo hidropônico em uma propriedade rural no oeste do Paraná, rentabilidade de 20,70% a.a., já Monteiro Filho et al. (2018) reportaram rentabilidade superior a 30% em cultivo hidropônico de alface, e Silva (2016), encontrou rentabilidade superior a 24% testando três cultivares de alface crespa cultivadas em soluções nutritivas com diferentes condutividades elétricas..

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. De acordo com a simulação realizada, O cultivo hidropônico da alface mostrou-se como atividade economicamente rentável.
2. As soluções nutritivas S1, S3, S4, S5 e S7 promoveram os melhores rendimentos econômicos, quando utilizadas na produção da cultivar Veneranda. A solução nutritiva S2 apresentou o melhor o melhor rendimento econômico quando foi utilizada na produção da cultivar Elba.

REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 153p. FAO, 1999.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande. UFPB. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. rev. 218p. 11991.

ALVES, M. S. et al. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.5, p. 491-498, maio 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.phparttext&pid=S1415-43662011000500009>. Acesso em: 22 out. 2019.

ANDRADE M. P. R, SILVA A. R. P. Marketing do Comportamento do consumidor e da comercialização da alface hidropônica. Trabalho apresentado no 5ª Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de agrologia – SUDENE. 1971. **Levantamento exploratório**. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1971. p. 670. (Boletim Técnico, 15).

BANCO DO NORDESTE. Grupos e Linhas de Crédito PRONAF <https://bnb.gov.br/documents/165130/228956/Grupos+e+Linhas+de+Cr%C3%A9dito+do+Pronaf/9e353e24-d3e9-39ef-2698-14f212171a61>. Acesso 22 de out. de 2019.

BORGES R, DAL’SOTTO T.C. Estudo da viabilidade econômica de um sistema de cultivo hidropônico. Trabalho apresentado no 4º Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Ponta Grossa, 3-5 de dezembro de 2014.

COSTA, E. Avaliação da produção de alface em função dos parâmetros climáticos em casas de vegetação com sistema hidropônico nos períodos de outono e inverno. Campinas: UNICAMPI. 2001. 144 p. Dissertação Mestrado.

CUPINI, D. M.; ZOTTI, N. C.; LEITE, J. A. O. Efeito da irrigação na produção da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade "Pira Roxa" manejada através de "Tanque Classe A" em ambiente protegido. **Revista Perspectiva**, v.34, p.53-61, 2010.

DIAS, N. S.; JALES, A. G. O.; SOUSA NETO, O. N.; GONZAGA, M. I. S.; QUEIROZ, I. S. R.; PORTO, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. **Revista Ceres**, v.58, p.632-637, 2011.

FURLANI, P. R., SILVEIRA, L. C. P., BOLONHEZI, D., FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo. (**Boletim Técnico IAC**, 180). 52p. 1999.

GEISENHOFF L. O, PEREIRA G. M, FARIA L. C, JÚNIOR J. A. L, COSTA G. G, GATTO R. F Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras – MG. **Agrarian**. 2: 61-69. 2010.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v.26, p.894-904, 2010.

HENZ, Gilmar Paulo. SUINAGA, Fábio Tipos de Alface Cultivados no Brasil. **Comunicado Técnico 75**. Brasília, DF Novembro, 2009.

LOPES, C. A.; DUVAL, A. M. Q.; REIS, A. **Doenças da alface**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, . 68 p. 2010.

MARTINS, C.; RIELLA, M.C. Composição e valor nutritivo dos alimentos. In: RIELLA, M. C. **Suporte nutricional parenteral e enteral**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.416-431. 1993.

MONTEIRO FILHO, A. F.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, M. R. Q. A.; FERNANDES, J. D.; SOUSA, S. ; FERNANDES, P. D. Economic viability of lettuce (*Lactuca sativa*, L.) grown in hydroponic system with different optimized nutrient solutions. **Australian Journal of Crop Science-AJCS** 12(03):422-429 2018.

MONTEIRO FILHO, A. F.. Viabilidade do cultivo hidropônico de genótipos de alface com soluções minerais e organominerais otimizadas. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. 2015. Pág.165.

OLIVEIRA, L. L. P.; FARIAS, W. C.; LINHARES, P. S. F.; MELO, M. R. S.; CAVALCANTE, J. J.; DOMBRONSKI, J. L. D. Análise de diferentes dosagens de solução nutritiva no cultivo de mudas de alface americana (*Lactuca sativa* L.). **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.10, n.2, p14-17, 2014.

OLSHE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, v. 58, n.1, p.181-185, 2001.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Revista Horticultura Brasileira**, v.28, n. 1, jan.- mar p.29-35, 2010.

POTRICH ACG, PINHEIRO RR, SCHMIDT D. Alface hidropônica como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. **Enci Bios**. 8: 36-48. (2012).

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, v.25, p.113-118, 2012.

SILVA, C. R. da. Cultivo hidropônico de alface com soluções organominerais apropriadas a agricultura familiar. Universidade Estadual da Paraíba- UEPB. Dissertação Mestrado - 2016.

SILVA, M. G. da; SOARES, T. M.; OLIVEIRA, I. de S.; SANTOS, J. C. da S.; PINHO, J. S.; FREITAS, F. T. O. de. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. Fortaleza, CE, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.9, nº.4, p.246 - 258, 2015.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.147-155, 2011.

SILVA ET & SCHWONKA F. Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em Colombo, região metropolitana de Curitiba, PR. **Scientia Agraria** 2:111-116. 2001.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. de. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agro@ambiente**, v.7, p.154-161, 2013.

SOUZA, I. R. S.; ARBAGE, A. P.; NEUMANN, P. S.; DIESEL, J. M. F. V.; SILVEIRA, P. R.; SILVA, A.; BAUMHARDT, C. C. E.; LISBOA, R. S. Comportamento de compra dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 32, p. 511-517, 2008.

XAVIER, J. DE F.; AZEVEDO, C. A. V. DE; AZEVEDO, M. R. DE Q. A.; MONTEIRO FILHO, A. F.; SILVA, C. R. DA. Economic Viability and Profitability of Lettuce in Hydroponic System Using Different Effluents **Journal of Agricultural Science**; Vol. 10, No. 7; 2018 ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760.

CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS DO SISAL E DE SEUS DERIVADOS

Gustavo Teotônio de Oliveira Cavalcante ¹
Hermes Alves de Almeida ²

RESUMO

A preocupação com a degradação do meio ambiente, presente nos diversos embates nacionais e internacionais que analisam o assunto, é um indicativo da prioridade em se buscar e executar alternativas que consigam ao menos mitigar essa problemática, sem que as necessidades da sociedade atual deixem de ser satisfeitas. Nesse sentido, o sisal que é uma planta que possui diversas utilizações e características sustentáveis pode contribuir positivamente e ser uma dessas alternativas. O objetivo deste artigo é identificar os principais aspectos e aplicações sustentáveis do sisal, a partir da análise de diversos estudos realizados sobre esse tema. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em três bases de dados (Google Acadêmico, Science Direct e Periódicos Capes) através de cinco descritores. Vinte e sete estudos foram utilizados, sendo apenas um deles um livro. Os trabalhos deveriam analisar alguma característica e/ou aplicação sustentável do sisal e, prioritariamente, ser empírico ou estar baseado em dados ou outros estudos empíricos. A pesquisa foi dividida em duas análises, na qual uma delas abordou as características sustentáveis próprias do sisal e de seu cultivo, e a outra verificou suas aplicações que de alguma forma contribuem para a diminuição dos impactos ambientais. Os resultados mostram que o sisal necessita de pouca ou nenhuma utilização de substâncias poluentes (fertilizantes, agrotóxicos etc.), quase não existe irrigação nas plantações, além de substituir diversos materiais sintéticos na indústria automobilística, em compósitos poliméricos, em substratos comerciais e na construção civil, possibilitando redução dos impactos ambientais quando do descarte ou da reutilização desses produtos.

Palavras-chave: Sisal, Sustentabilidade, Desenvolvimento, Aplicações Sustentáveis.

INTRODUÇÃO

No que pese o número elevado de debates, nos últimos anos, que giram em torno das preocupações com as questões ambientais, tornou-se imprescindível a busca por alternativas que alinhem desenvolvimento e sustentabilidade. Nesse sentido, considerando as características peculiares do semiárido nordestino, o sisal apresenta-se como uma alternativa para a busca por esse alinhamento, tendo em vista a sua adaptabilidade satisfatória à boa parte da região nordestina e os seus aspectos sustentáveis, os quais se pretende abordar e desenvolver de maneira analítica neste trabalho.

O sisal ou *agave sisalana* (família *Asparagaceae*) é uma planta que teve sua origem no México, na Península de Yukatan (DIAS et al., 2015) e é a partir do desfibramento de suas

¹ Mestrando em Desenvolvimento Regional da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, gustavotoc50@gmail.com;

² Doutor em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, hermes_almeida@uol.com.br.

folhas que se é produzida uma das fibras naturais mais importantes para o Brasil em termos de produção. Apenas a partir dos anos 1940, momento em que se vivia a Segunda Guerra Mundial e havia uma necessidade maior por fibras naturais na indústria naval, é que ocorre um crescimento da importância econômica da cultura do sisal, apesar de sua introdução no Brasil ter acontecido bem antes, no início do século XX (MACHADO, 2006).

A partir do momento em que as fibras sintéticas são introduzidas no mercado e tendo em vista um cenário de economia globalizada, a cultura do sisal passa por um momento difícil na década de 1980 por conta da alta concorrência e queda nos preços, iniciando-se um processo de reestruturação apenas nos anos 1990 (SANTOS; SILVA, 2017). É relevante destacar também que, de acordo com Cabral (2016, p. 396), “na presente conjuntura há uma expectativa de expansão da produção de sisal, conforme preconizado pela Câmara Setorial de Fibras Naturais da Bahia, como também pelo Ministério da Agricultura (...)”, o que pode ser um indicativo do potencial econômico que o sisal ainda possui.

No que se refere a uma perspectiva sustentável, o sisal possui diversas utilizações que buscam conferir um melhor desempenho a produtos e menores impactos ao meio ambiente, além de constituir-se como uma fibra natural com diversas outras características que serão analisadas neste trabalho. Scopel et al. (2013) destacam o potencial socioeconômico do sisal para o Brasil e sua viabilidade como substituta de diversas fibras sintéticas, com o intuito de proporcionar maior sustentabilidade a diversos produtos nos quais é empregado.

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais de sisal. De acordo com o último Censo Agropecuário, que foi realizado em 2017 pelo IBGE e que levou em consideração apenas estabelecimentos agropecuários com 50 pés ou mais, o país produziu 35.717,316 toneladas de fibra e 13.703,182 toneladas de folhas de sisal, entre o período de 1º de outubro de 2016 e 30 de setembro de 2017 (IBGE, 2017). Deve-se destacar que esses valores não condizem com a produção real de sisal no Brasil, tendo em vista que os estabelecimentos com menos de 50 pés que cultivam a planta não foram considerados nesse estudo realizado pelo IBGE.

Entre os estados que se destacam nessa cultura é possível citar a Bahia e a Paraíba que atualmente lideram a produção do país. O primeiro é o maior produtor brasileiro de sisal e foi responsável pela produção de 34.840,499 toneladas de fibras e 13.399,022 toneladas de folhas de sisal (IBGE, 2017). O segundo destacou-se como maior produtor da planta até os anos 1960, quando foi ultrapassado pela Bahia (DIAS et al., 2015). Sua produção, de acordo com o Censo Agropecuário de 2017, foi de 602,241 toneladas de fibra de sisal e 91,620 toneladas de folha de sisal (IBGE, 2017).

Vale ressaltar, assim, que essa planta conseguiu se adaptar satisfatoriamente ao clima e ao solo de parte da região nordestina e se tornou uma alternativa de renda principalmente para pequenos produtores rurais, destacando-se principalmente a região baiana conhecida como “Território do Sisal”. Segundo o CODES – Sisal (Conselho de Desenvolvimento Rural Sustentável da Região Sisaleira), esse território é constituído de 20 municípios baianos que estão localizados no nordeste do estado (SILVA; SANTOS, 2010).

Diante desse cenário e tendo em vista a necessidade da valorização de alternativas que corroborem para o desenvolvimento sem que as questões ambientais sejam deixadas de lado, coloca-se o seguinte questionamento: quais as principais características sustentáveis presentes na cultura do sisal e quais as suas principais aplicações reduzem os impactos ambientais? O presente artigo tem o objetivo de identificar os principais aspectos e aplicações sustentáveis do sisal, a partir da análise de diversos estudos realizados sobre esse tema. É importante destacar que não será desenvolvida nenhuma análise detalhada sobre os aspectos econômicos que envolvem a produção de sisal, tendo em vista o foco principal desta pesquisa ser uma análise das questões ambientais que envolvem essa cultura.

Na seção a seguir, ressaltam-se todos os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho e como os estudos aqui analisados foram escolhidos a fim de se cumprir o objetivo proposto. Além disso, demonstra-se também toda a maneira como este artigo foi organizado, com o intuito de tornar mais didática a sua compreensão.

METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica com o fito de verificar o que já foi identificado em outros estudos que buscaram analisar os aspectos e aplicações sustentáveis em torno da cultura do sisal. Foram identificados os principais estudos sobre o tema e analisados os seus respectivos resultados a fim de se observar todos os aspectos sustentáveis relacionados ao sisal.

Para isso, foram utilizadas as seguintes bases de dados na internet: Periódico CAPES, Science Direct e Google Acadêmico. Da mesma forma, foram utilizados dados de pesquisas de instituições governamentais, além de livros que continham pesquisas sobre a problemática aqui apresentada. A busca pelos estudos utilizados nas análises contidas neste trabalho foi realizada no mês de outubro de 2019.

Outrossim, na pesquisa por esses estudos, foram utilizados os seguintes descritores nas bases de dados citadas acima: “Sisal e sustentabilidade”, “Fibras naturais e sustentabilidade”,

“Aplicações sustentáveis do sisal”, “Aspectos sustentáveis do sisal” e “Sisal e compósitos”. Foram encontrados e utilizados nas análises desenvolvidas no tópico a seguir vinte e sete (27) estudos, dos quais dezenove (19) são em língua portuguesa e oito (8) são em língua inglesa. Para a escolha dessas pesquisas, foram utilizados os seguintes critérios: o trabalho deveria abordar características e/ou aplicações sustentáveis relacionadas ao sisal, além de se ter dado prioridade para estudos empíricos ou que estivessem embasados em outros estudos ou dados empíricos.

Além disso, este trabalho está organizado da seguinte forma: A seção seguinte (Resultados e Discussão) será desenvolvida em cima de dois pilares principais (características e aplicações sustentáveis) a fim de se discutir e analisar os resultados obtidos nesta pesquisa. A partir do primeiro pilar, serão analisados os aspectos sustentáveis do sisal e, a partir do segundo pilar, serão abordadas as suas diversas utilizações sustentáveis; Por fim, na última seção (Considerações Finais), será apresentado um fechamento sobre as discussões aqui desenvolvidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicia-se esta análise pelo primeiro pilar a ser examinado: os aspectos ou características sustentáveis da cultura do sisal. Em primeiro lugar, é importante destacar o fato de que o sisal, como uma fibra natural, concorre diretamente com as fibras sintéticas. Um dos principais motivos que levarão a cultura do sisal a entrar em crise na década de 1980, foi a introdução de fibras sintéticas, principalmente desenvolvidas a partir do petróleo. Com a globalização da economia, a fibra do sisal não conseguiu competir com esse tipo de fibra. Apesar disso, tendo em vista uma maior preocupação com impactos ambientais presente nos últimos anos, uma tendência de substituição de fibras sintéticas por fibras naturais passa a ser levada em consideração (VENTURA, 2009).

Corroborando com esse fato, é possível destacar que “a utilização total ou parcial de fibras vegetais como substitutas de diversos produtos sintéticos ou outras fibras minerais têm apresentado um grande potencial de aplicação tecnológica” (OASHI, 1999, p. 126). Tendo em vista os impactos causados no desenvolvimento e utilização de fibras sintéticas, destaca-se uma primeira característica sustentável da fibra do sisal que é o fato de ela ser uma fibra natural, necessitando de menos tempo para ser absorvida pelo meio ambiente e causando menor impacto a este quando é descartada.

No que se refere a utilização de fertilizantes, é importante perceber que a cultura do sisal tem sido desenvolvida no semiárido brasileiro há décadas sem a aplicação dessas substâncias que trazem impactos ao meio ambiente. Além disso, em algumas localidades, é possível identificar a aplicação, mesmo que de maneira não constante e pouco tecnológica, de resíduos da própria produção do sisal como fertilização orgânica (SANTOS et al., 2014). Assim, a utilização de fertilizantes nas plantações de sisal não são comuns, constituindo-se em mais uma característica sustentável dessa cultura.

Em relação à sua necessidade hídrica, faz-se necessário perceber que o sisal é uma planta bastante resistente às secas (DIAS et al., 2015), possuindo uma adaptação satisfatória à região semiárida do Brasil. O modo de produção do sisal praticamente não mudou (MACHADO, 2006), de modo que acontece quase como um processo artesanal, em que são raros os casos onde é possível observar algum tipo de irrigação. Apesar da pouca necessidade de água no cultivo, após o desfibramento de suas folhas, as fibras do sisal precisam ser mergulhadas em água para a remoção de alguns resíduos (MAPA, 2008). Nesse sentido, em relação a utilização de água, o processo produtivo do sisal depende quase que exclusivamente das chuvas locais, devendo-se destacar apenas a utilização de recursos hídricos na lavagem da fibra, que é uma das fases de seu processo produtivo e que possui o fito de remover determinados resíduos.

Outra característica do cultivo do sisal é a sua resistência a pragas. Por esse fato, pouco ou nenhum pesticida faz-se necessário para que a produção do sisal obtenha êxito, o que corrobora para uma menor utilização de substâncias poluentes e, conseqüentemente, um menor impacto ambiental dessa cultura. A fim de que essa característica seja melhor compreendida, de acordo com o MAPA (2008), a folha do sisal possui uma epiderme constituída por uma cutícula cerosa e grossa que funciona como uma proteção, o que dificulta a penetração de doenças em sua estrutura. Outrossim, tendo em vista também o seu modo de cultivo tradicional, os pequenos produtores rurais não costumam utilizar substâncias químicas em suas plantações.

Finaliza-se a análise do primeiro pilar do objetivo desta pesquisa e passa-se agora para a análise do segundo ponto a ser verificado: as aplicações sustentáveis da fibra do sisal. Dentro dessa análise, é relevante destacar o que dizem Scopel et al. (2013, p. 514) em relação ao potencial de aplicação sustentável das fibras naturais, colocando o sisal em posição de destaque para o Brasil: “As fibras naturais têm sido pesquisadas e empregadas de maneira crescente no desenvolvimento de produtos com sustentabilidade econômica, social e

ambiental, sendo o sisal uma das mais importantes para o Brasil, pela sua posição de liderança na produção mundial”.

Dessa maneira, percebe-se que ocorre uma tendência de crescimento no desenvolvimento de pesquisas que buscam a substituição de materiais sintéticos por fibras naturais, o que demonstra um maior incremento de características sustentáveis na criação e desenvolvimento de produtos. Nos parágrafos seguintes, serão analisadas várias utilizações da fibra do sisal com o intuito de conferir mais sustentabilidade ambiental a vários itens ou a formas de produção.

Primeiramente, faz-se necessário identificar os produtos mais tradicionais, que são produzidos em quase sua totalidade ou na sua totalidade de composição, a partir das fibras do sisal. Entre esses produtos, é possível destacar principalmente as cordas de sisal, os tapetes, os capachos, as mantas e alguns artesanatos (ANDRADE et al., 2009), além de embalagens e estofos (CABRAL, 2016).

Assim, apesar de esses produtos já serem culturalmente produzidos a partir da fibra do sisal no semiárido nordestino há vários anos, eles podem ser destacados como um diferencial sustentável do sisal, tendo em vista que nos dias atuais esses produtos podem ser desenvolvidos com outros materiais que não são ambientalmente sustentáveis, como por exemplo os produtos produzidos a partir de materiais derivados do petróleo. Isso se dá pelo fato de o sisal ser proveniente de uma fonte renovável e de ser biodegradável (IZQUIERDO; RAMALHO, 2014), o que confere maior sustentabilidade aos produtos nos quais ele é empregado.

Nesse sentido, um aspecto importante a ser destacado é a questão do reaproveitamento dos subprodutos resultantes da produção da fibra do sisal, ou seja, a alocação dos resíduos provenientes do processo produtivo da fibra do sisal para determinados fins, evitando o desperdício ou o tratamento inadequado dessas sobras.

Uma das principais destinações desses resíduos, executadas principalmente por pequenos produtores e que já acontece há algumas décadas, é a alimentação dos animais da própria propriedade rural. Porém, muitas vezes isso acontecia de maneira inadequada, levando vários animais a morte. Assim, é necessário que, após o desfibramento das folhas, os resíduos passem por um processo a fim de que seja retirada a bucha da mucilagem, que é a parte do resíduo que pode causar danos aos animais (OASHI, 1999).

Ainda em relação a reutilização, é relevante perceber que a análise da possibilidade de utilização desses resíduos como substratos agrícolas se mostra como uma importante solução

para que esses subprodutos possam ser reaproveitados de maneira satisfatória, a fim de que os impactos ao meio ambiente sejam mitigados (COSTA et al., 2013).

Dentro dessa perspectiva, o resíduo proveniente do desfibramento da folha do sisal pode ser empregado, por exemplo, na produção de substratos comerciais que são aplicados no desenvolvimento de mudas. É possível observar isso na pesquisa de Silva et al. (2015) que conseguiram confirmar a possibilidade de utilização de resíduos de sisal em um substrato comercial utilizado no desenvolvimento de mudas de jiló e brócolis.

Assim como na produção de substratos comerciais para mudas, os resíduos do sisal também podem ser utilizados como adubo orgânico (MARTIN et al., 2009) em plantações, ou seja, após o estágio de mudas, quando o vegetal já se encontra no campo. Isso pode ser constatado, por exemplo, no estudo de Pereira et al. (2017), em que foi verificado que o resíduo de sisal em determinada proporção no substrato agrícola conseguiu elevar o índice de clorofila e a massa seca total de plantas de feijão-caupi cultivadas em solo de mineração de chumbo.

Ainda em relação à utilização dos resíduos do sisal como adubo orgânico (MAPA, 2008), é relevante destacar também sua utilização por parte de pequenos produtores rurais, que reutilizam o pó proveniente do desfibramento da folha do sisal nas próprias plantações (inclusive de sisal) como forma de repor os nutrientes da terra onde ocorre o cultivo.

Outro setor em que a fibra do sisal é bastante utilizada é a construção civil, o que pode ser explicado principalmente por suas propriedades de resistência, de baixo custo e por ser ambientalmente correto (REIS, 2012). O sisal pode, por exemplo, ser utilizado como compósito, na produção de argamassas e concretos. Dentro dessa análise, faz-se necessário destacar o trabalho de Silva et al. (2010) que conseguiram desenvolver um compósito resistente utilizando fibras de sisal com o intuito de proporcionar maior durabilidade. A fibra de sisal se mostrou eficiente nessa aplicação, porém é importante destacar que a alcalinidade da matriz do cimento traz danos a estrutura do sisal comprometendo a resistência, sendo necessário que a fibra passe um processo anterior que evita que isso ocorra (TOLÊDO FILHO et al., 2000; TOLÊDO FILHO et al., 2003).

Ainda dentro das análises da utilização dos resíduos de sisal na construção civil, é possível identificar também sua aplicação no desenvolvimento de telhas. A pesquisa de Tenoli et al. (2011) mostra bem essa aplicação. Eles compararam telhas corrugadas de cimento amianto, telhas cerâmicas e telhas à base de cimento adicionadas de polpa de celulose de sisal (associadas ou não a fibras sintéticas). Os resultados mostraram que, em temperatura ambiente (25°C), telhas de cimento reforçadas com polpa de sisal possuem as melhores

propriedades térmicas, enquanto, a 60°C, telhas de cimento reforçadas com polpa de sisal e adicionadas de fibras de polipropileno são as mais eficientes no que se refere às propriedades térmicas (TENOLI et al., 2011).

Da mesma maneira, é identificada a utilização de sisal associado ao gesso. Pinto e Carvalho (2018) compararam as propriedades de flexão de gesso sem reforço e de três compósitos de matriz de gesso reforçados de maneiras diferentes com manta de sisal “in natura”. Os resultados mostraram que a fibra é a principal responsável pelo desempenho do material no que diz respeito à resistência (PINTO; CARVALHO, 2018). Já Medeiros (2017) desenvolveu compósitos a partir de gesso adicionado de fibras de sisal e resíduos de papel, objetivando uma maior sustentabilidade do material através da reutilização desses resíduos. Nesse estudo, observou-se que houve perda de algumas propriedades em relação ao gesso puro, porém os aspectos de reutilização de resíduos e redução de custos possibilitam a viabilidade de sua utilização em Drywall em áreas internas (MEDEIROS, 2017).

Mais um setor de destaque que usa o sisal e que pode ser evidenciado é o setor de desenvolvimento de compósitos poliméricos, que o utiliza a fim de proporcionar mais reforço. A partir desse aspecto, é possível destacar o trabalho de Rosário et al. (2011), que compararam a utilização de matriz polimérica reciclada adicionada de resíduos de sisal e sem essa adição. Os resultados mostraram que a primeira demonstrou maior resistência que a segunda, porém a propriedade mecânica “deformação na ruptura” foi afetada negativamente, sendo necessário um tratamento prévio para que isso seja minimizado (ROSÁRIO et al., 2011).

No que se refere ao desenvolvimento de compósitos plásticos, a fibra do sisal também vem sendo pesquisada. Nessa perspectiva, é relevante citar a pesquisa de Scopel et al. (2013), que utilizaram uma metodologia de análise de patentes realizada entre 1960 e 2009 e que identificou a evolução da importância dessa fibra natural como reforço desses compósitos se relacionados a patentes em outros setores tecnológicos.

Ainda em relação às análises referentes a utilização de fibras naturais (inclusive fibras de sisal) em compósitos poliméricos, é relevante destacar o trabalho de Ashori (2008), que demonstrou o potencial dessas fibras para a indústria automobilística. Seus resultados identificaram que compósitos que associam fibras vegetais e termofixos ou termoplásticos são promissores como um material mais sustentável e biodegradável, a além de se obter maior durabilidade e resistência. Apesar disso, elas possuem uma característica de forte polaridade que ocasiona certa incompatibilidade com grande parte das matrizes poliméricas, necessitando assim de um tratamento prévio para mitigar esse problema (ASHORI, 2008).

Além disso, é possível verificar a aplicação de fibras de sisal no desenvolvimento de compósitos de matriz geopolimérica. A pesquisa de Correia (2011) comparou o desempenho desses compósitos associados à fibra vegetal de banana e à fibra vegetal de sisal. Os resultados mostraram que ambas as associações apresentaram desempenho melhor que o da matriz sem reforço. Apesar de o compósito com fibra vegetal de banana ter apresentado alguns resultados superiores em relação ao do compósito com fibra de sisal, boa parte desses apresentaram desempenhos semelhantes, demonstrando a viabilidade do procedimento (CORREIA, 2011).

Outrossim, é relevante citar a utilização da fibra do sisal no desenvolvimento de materiais compósitos empregados no desenvolvimento de itens utilizados na engenharia naval. Nesse sentido, o trabalho de Nicolai (2007) pode ser destacado. Ele analisou a aplicação de fibras naturais de sisal e coco e fibras de vidro como reforço de materiais compósitos de matriz estervinílica, utilizados na engenharia naval, mais especificamente, no design (NICOLAI, 2007).

Alguns trabalhos citam também a possibilidade de utilização de fibras naturais na indústria aeroespacial (IZQUIERDO; RAMALHO, 2014; SILVA, 2010). Dentro dessa perspectiva, vale destacar a pesquisa de Scarponi e Andreotti (2009), que compararam fibras naturais (inclusive a fibra de sisal) com fibras de vidro, aço e alumínio, desenvolvendo uma análise dos seus custos de vida. Os resultados identificaram que a substituição desses materiais por fibras naturais proporcionam redução dos custos do ciclo de vida e menor impacto ambiental. Scarponi e Andreotti (2009) ressaltam também a viabilidade de sua aplicação na indústria aeroespacial, tendo em vista a grande importância da economia de peso no desenvolvimento de aeronaves.

Por fim, faz-se necessário destacar também a sua utilização na indústria da celulose (CABRAL, 2016). Dentro desse campo, faz-se necessário destacar o estudo de Almeida (2009), que conseguiu desenvolver um filme de maior resistência e melhores propriedades mecânicas a partir da associação de celulose de sisal e quitosana, se comparado com o filme de quitosana, levantando-se a hipótese de sua utilização na indústria como embalagem de alimentos.

Finalizando esta análise, com o intuito de organizar e sistematizar as características e aplicações sustentáveis identificadas em estudos empíricos ou em estudos baseados em outros estudos empíricos, apresenta-se a tabela a seguir (Tabela 1) que mostra o material derivado da planta ou a própria planta, a sua característica ou aplicação sustentável identificada e sua

respectiva fonte bibliográfica. A tabela está dividida em três colunas de maneira que seja possível perceber cada resultado encontrado nesta pesquisa bibliográfica.

Tabela 1 – Relação de derivados do sisal com suas respectivas características/aplicações sustentáveis e fontes bibliográficas.

Derivado do sisal (ou a própria planta)	Características ou aplicações sustentáveis	Fontes bibliográficas
Planta	Substituta de fibras sintéticas	(VENTURA, 2009).
Planta	Fibra natural (menor impacto ambiental)	(OASHI, 1999)
Planta	Resistentência a pragas (menor necessidade de pesticidas etc)	(MAPA, 2008)
Resíduos do sisal	Fertilizante orgânico (menor necessidade de fertilizantes sintéticos)	(SANTOS et al., 2014)
Planta	Resistência às secas (baixa necessidade hídrica)	(DIAS et al., 2015)
Planta	Cultivado de maneira tradicional (quase não há cultivo com irrigação)	(MACHADO, 2006)
Planta	Fonte renovável e biodegradável	(IZQUIERDO; RAMALHO, 2014)
Fibra do sisal	Aplicação em diversos produtos com sustentabilidade	(SCOPEL et al., 2013)
Fibra do sisal	Cordas de sisal, tapetes, capachos, mantas e artesanatos	(ANDRADE et al., 2009)
Fibra do sisal	Embalagens e estofos	(CABRAL, 2016).
Resíduos do sisal	Alimentação animal	(OASHI, 1999)

	(necessária a retirada da bucha)	
Resíduos do sisal	Substrato agrícola	(COSTA et al., 2013)
Resíduos do sisal	Substrato agrícola	(PEREIRA et al. 2017)
Resíduos do sisal	Substrato comercial para mudas	(SILVA et al., 2015)
Resíduos do sisal	Adubo orgânico para plantações (inclusive do próprio sisa)	(MARTIN et al., 2009)
Fibra do sisal	Construção civil	(REIS, 2012)
Fibra do sisal	Produção de argamassas e concretos	(SILVA et al., 2010)
Fibra do sisal	Produção de argamassas e concretos (necessidade de tratamento prévio)	(TOLÊDO FILHO et al., 2000; TOLÊDO FILHO et al., 2003)
Resíduos do sisal	Desenvolvimento e produção de telhas	(TENOLI et al., 2011)
Fibra do sisal	Desenvolvimento e aplicação em gessos	(PINTO; CARVALHO, 2018)
Fibra do sisal	Desenvolvimento e aplicação em gessos (associado a resíduos de papel)	(MEDEIROS, 2017).
Resíduos do sisal	Desenvolvimento de compósitos poliméricos (necessidade de prévio tratamento)	(ROSÁRIO et al., 2011)
Fibra do sisal	Desenvolvimento de compósitos plásticos	(SCOPEL et al., 2013)
Fibra do sisal	Desenvolvimento de partes de carros na indústria automobilística	(ASHORI, 2008).
Celulose do sisal	Aplicação no	(CABRAL, 2016)

	desenvolvimento de produtos na indústria da celulose	
Celulose do sisal	Aplicação no desenvolvimento de produtos na indústria da celulose (filme)	(ALMEIDA, 2009)
Fibra do sisal	Compósitos de matriz geopolimérica	(CORREIA, 2011)
Fibra do sisal	Materiais compósitos (design na engenharia naval)	(NICOLAI, 2007).
Fibra do sisal	Indústria aeroespacial	(SCARPONI e ANDREOTTI, 2009)

Fonte: Elaborada pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de tudo o que foi apresentado nesta pesquisa é possível perceber o amplo campo de utilização do sisal como um elemento que proporciona mais sustentabilidade a vários produtos. Principalmente nos dias atuais, em que as preocupações com as questões ambientais e a busca pela garantia da disponibilidade de recursos naturais para as gerações futuras são colocadas como prioridades, elementos biodegradáveis e ecologicamente corretos são constantemente pesquisados e implementados em produtos a fim de que os impactos ao meio ambiente sejam reduzidos.

O sisal e todos os seus derivados (fibras, resíduos, celulose etc.), como são de origem vegetal, por si só já trazem uma primeira característica sustentável, tendo em vista a busca cada vez maior pela substituição de itens sintéticos por itens naturais, que causam menos danos a natureza ao serem descartados. Além disso, o cultivo do sisal é bem adaptado ao clima da região semiárida brasileira e até os dias atuais essa planta ainda é cultivada de maneira quase artesanal, de modo que a maior parte das plantações não utilizam irrigação, trazendo poucos impactos no que diz respeito a consumo de água.

Outrossim, considerando que grande parte da produção de sisal é realizada ainda de maneira arcaica e que a planta é considerada resistente a pragas, a utilização de fertilizantes e

outras substâncias poluentes acontece em uma escala pequena. Assim, o sisal possui diversas características que o torna um item ambientalmente correto e é possível considerá-lo uma importante alternativa de aplicação sustentável nos dias atuais.

Este trabalho analisou o que já foi identificado por outros estudos empíricos no que se refere a utilizações e características sustentáveis do sisal. Estudos futuros podem concentrar seus esforços em identificar pesquisas que estudam novas alternativas de aplicações sustentáveis do sisal, analisando as tendências para um futuro próximo.

Por fim, é possível concluir que além de seu aspecto ambiental, o sisal também é utilizado em diversos setores de maneira satisfatória, conferindo maior sustentabilidade e resistência aos produtos. Inicialmente, sua utilização estava restrita a cordas, tapetes, carpetes, capachos, mantas, artesanatos, embalagens e estofos, ou seja, produtos mais tradicionais. Porém como foi possível perceber nas análises aqui desenvolvidas, hoje o sisal é utilizado em um campo bastante amplo, incluindo: construção civil, indústria automobilística, naval, aeroespacial, substratos comerciais para mudas, desenvolvimento de compósitos poliméricos, entre outros.

Dessa maneira, o sisal não só possibilita o desenvolvimento de produtos mais ambientalmente corretos, como também consegue muitas vezes melhorar a eficiência deles, proporcionando maior proteção, resistência superior e mais durabilidade, além de incrementar a finalidade para a qual eles serão desenvolvidos. Assim, o sisal pode ser considerado uma alternativa viável que consegue unir bom desempenho e questões relacionadas à proteção do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Érika Virginia Raphael de. **Valorização da celulose de sisal: uso na preparação de acetatos e de filmes de acetatos de celulose/celulose e quitosana/celulose**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ANDRADE, Robson; ORNELAS, Jackson; BRANDÃO, Weliton. Situação atual do sisal na Bahia e suas novas possibilidades de utilização e aproveitamento. **Rev. Bahia Agrícola**, v. 9, p. 14-19, 2009.

ASHORI, Alireza. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries!. **Bioresource technology**, v. 99, n. 11, p. 4661-4667, 2008.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Agropecuário, 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pocinhos/pesquisa/24/76693>> e

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pesquisa/24/76693>>. Acesso em: 24 de outubro de 2019.

CABRAL, Milton Bezerra. **Geoeconomia da Paraíba: condicionantes para o desenvolvimento sustentável**. Campina Grande: EDUEPB, 2016.

COSTA, Luiz Antônio de Mendonça et al. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 675-682, 2013.

DIAS, Acácia Batista et al. POTENCIAL DE INDICAÇÃO GEOGRÁFICA DO SISAL NA BAHIA. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 1, p. 174, 2015.

IZQUIERDO, Indara Soto; RAMALHO, Marcio Antônio. Aplicação de cinzas residuais e de fibra de sisal na produção de argamassas e concretos: Revisão. **Ingeniería y Desarrollo**, v. 32, n. 2, p. 344-368, 2014.

MACHADO, Gustavo Bittencourt. **Da identidade de resistência à identidade de projeto no Território do Sisal (Bahia): o caso da Apaeb-Valente**. 2006.

MARTIN, Adriana R. et al. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana. **Polímeros: ciência e tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.

MEDEIROS, Diogo Cavalcanti Bezerra de. **Análise de propriedades térmicas e mecânicas de compósito de gesso, sisal e papel**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

NICOLAI, Fernanda Nicolle Pinheiro. **Material compósito de matriz éster vinílica reforçado com fibras naturais de sisal e coco e com fibra de vidro, a ser aplicado no design da engenharia naval**. 2007. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Ouro Preto.

OASHI, Maria da Conceição Guimarães et al. **Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa e desenvolvimento do agronegócio do sisal na Paraíba**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

PEREIRA, Djalma Silva et al. Crescimento e nodulação natural de feijão-caupi em solos de mineração de chumbo adubados com resíduo de sisal. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 7, n. 4, p. 34-42, 2017.

PINTO, Carolina Carvallo; CARVALHO, Ricardo F. **Estudo das propriedades de flexão em compósitos de matriz de gesso e manta de sisal**. In: 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, p. 1611-1622, 2018.

REIS, J. M. L. Sisal fiber polymer mortar composites: Introductory fracture mechanics approach. **Construction and Building Materials**, v. 37, p. 177-180, 2012.

ROSÁRIO, Francisco et al. Resíduos de sisal como reforço em compósitos de polipropileno virgem e reciclado. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 90-97, 2011.

SANTOS, Adailson Feitoza de Jesus et al. Diazotrophic bacteria associated with sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm): potential for plant growth promotion. **Plant and soil**, v. 385, n. 1-2, p. 37-48, 2014.

SANTOS, Edinusia Moreira Carneiro; SILVA, Onildo Araujo da. SISAL IN BAHIA-BRAZIL. **Mercator (Fortaleza)**, v. 16, p. 1-13, 2017.

SCARPONI, Claudio; ANDREOTTI, Carlos. Industrial applications of natural fibres advanced composites: environmental effects and comparative Life Cycle Analysis. **International Journal of Materials and Product Technology**, v. 36, n. 1/2/3/4, p. 241-260, 2009.

SCOPEL, Felipe; GREGOLIN, José Angelo Rodrigues; FARIA, LIL de. Tendências tecnológicas do uso do sisal em compósitos a partir da prospecção em documentos de patentes. **Polímeros**, v. 23, n. 4, p. 514-520, 2013.

SILVA, Ana Beatriz de Carvalho Gonzaga. **Modelagem numérica de placas laminadas reforçadas com fibras longas de sisal**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, Flavio de Andrade et al. Physical and mechanical properties of durable sisal fiber-cement composites. **Construction and building materials**, v. 24, n. 5, p. 777-785, 2010.

SILVA, Marlon Jocimar Rrodrigues da et al. Resíduo de sisal incorporado à substrato comercial na formação de mudas de jiló e brócolis. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 12-16, 2015.

SILVA, Onildo Araujo; SANTOS, Edinusia Moreira Carneiro. Agentes sociais de produção do espaço rural no território do sisal-Bahia. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, v. 5, n. 9, 2010.

TENOLI, Gustavo Henrique Denzin et al. Thermal performance of sisal fiber-cement roofing tiles for rural constructions. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 1-7, 2011.

TOLÊDO FILHO, Romildo D. et al. Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. **Cement and concrete composites**, v. 25, n. 2, p. 185-196, 2003.

TOLÊDO FILHO, Romildo D. et al. Durability of alkali-sensitive sisal and coconut fibres in cement mortar composites. **Cement and concrete composites**, v. 22, n. 2, p. 127-143, 2000.

VENTURA, Ana Mafalda FM. Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, v. 21, n. 3-4, p. 10-19, 2009.

NOVO PARADIGMA DA SUSTENTABILIDADE DA PISCICULTURA EM AÇUDES DO NORDESTE BRASILEIRO

Hênio do Nascimento Melo Júnior¹
Cibele Figueiredo Cruz Saraiva²

RESUMO

A sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no Semiárido nordestino está comprometida, também, por eventos de circulação vertical turbulenta causando mortalidade generalizada nos cultivos. A origem desse fenômeno natural está nas variações atmosféricas e limnológicas, as quais precisam ser melhor estudadas e compreendida para que as informações sejam difundidas nesse setor produtivo. O objetivo desse trabalho foi sugerir uma metodologia alternativa para a análise da sustentabilidade, contemplando os índices tecnológico e ambiental, com aspectos limnológicos e meteorológicos por entender que estes são ferramentas importantes para garantir a sustentabilidade da atividade, mas principalmente, em virtude das mortalidades ocorridas. Foram considerados como fundamentação teórica estudos que analisaram a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede e posteriormente foi sugerida a inclusão de conceitos de dinâmica limnológica e meteorológica na análise de índices ambientais e tecnológicos da piscicultura baseado no protocolo de diagnóstico e monitoramento de mortalidade nas pisciculturas de açudes do semiárido. Foi realizada análise de estudos sobre a sustentabilidade, enfocando os componentes e indicadores sociais, econômicos, ambientais e tecnológicos da piscicultura em tanque-rede. Neste estudo foi observado que a Limnologia e Meteorologia tem sido preteridas tanto nas atividades práticas das pisciculturas, como também, na maior parte dos estudos de sustentabilidade dessa atividade produtiva. Este trabalho propôs a inclusão de conceitos limnológicos e meteorológicos nas análises de sustentabilidade, sugerindo critérios a serem utilizados como indicadores ambientais e tecnológicos na avaliação de sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede, especialmente no Semiárido, como também, a incorporação desses conceitos no planejamento, manejo e monitoramento das atividades das pisciculturas.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, Tanque-rede, Limnologia, Monitoramento, Semiárido.

INTRODUÇÃO

O consumo global de alimentos aquáticos tem aumentado nas últimas décadas, impulsionado pela expansão da população humana e pela preferência de uma fonte saudável de proteína animal (MOURA; VALENTI; HENRY-SILVA, 2016). Nesse sentido, a aquicultura é uma atividade viável para a produção de pescado de alto valor proteico para o consumo humano (BRITO, 2017).

Com a evolução da questão ambiental e das condições que o planeta apresenta, o cultivo racional de organismos aquáticos, atividade zootécnica mais conhecida como aquicultura, apresenta-se como atividade economicamente emergente na competição

1 Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, professor efetivo da Universidade Regional do Cariri - URCA, heniolimnologia@yahoo.com.br;

2 Graduada do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri - URCA, belesaraiva15@gmail.com;

pelo recurso água, e por isso enfrenta o desafio de moldar-se ao conceito de sustentabilidade, o que implica em agregar novos valores a produção de conhecimento e às práticas do setor (ELLER; MILLANI, 2007).

Conceitos como ecodesenvolvimento, tecnologias apropriadas ou alternativas adequadas passaram a ocupar um crescente espaço nos debates acadêmicos (Assad & Bursztyn, 2000; Almeida, 2013). Nesse sentido, a discussão sobre sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede tem sido fomentada especialmente pelo aspecto legal do uso preponderante dos ecossistemas aquáticos, previsto na resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, a qual preconiza ser possível haver piscicultura em tanque-rede em corpos hídricos utilizados para abastecimento humano.

A sustentabilidade é definida como o gerenciamento dos recursos naturais, financeiros, tecnológicos e institucionais de modo a garantir a contínua satisfação das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras, sendo necessário um padrão de vida dentro dos limites impostos pela natureza, viver dentro da capacidade do capital natural (VALENTI, 2008).

Nascimento (2007) propôs um modelo sistêmico compreendendo três aspectos inter-relacionados que pode facilitar a compreensão dos fatores envolvidos em um sistema de aquicultura sustentável. O referido modelo é dividido em produção tecnológica, aspectos sociais, econômicos e aspectos ambientais onde para alcançar a sustentabilidade, cada um desses aspectos deve ser viável. O sistema aquícola sustentável deve alcançar a eficiência produtiva, ser socialmente adequado e lucrativo, bem como, ambientalmente compatível (EDWARDS; DEMAINE, 1998).

Segundo Braga (2009), propor indicadores para mensurar o nível de sustentabilidade tem a sua complexidade e data do final da década de 1980, o surgimento de propostas que possuam em comum o objetivo de descrever a interação entre a atividade antrópica e o meio ambiente conferindo maior solidez e funcionalidade ao conceito de sustentabilidade.

Conjuntos de indicadores têm sido desenvolvidos para avaliar a sustentabilidade da aquicultura (BOYD et al., 2007; VALENTI, 2008; VALENTI et al., 2011). Estes conjuntos são variáveis definidas para refletirem de forma simplificada um fenômeno ou um processo e que podem medir um atributo de um sistema podendo-se obter uma visão holística, possibilitando a análise de cada parte do sistema produtivo separadamente (ALMEIDA, 2013).

Estes indicadores são ferramentas poderosas na análise da sustentabilidade, uma vez que proporciona uma visão holística do sistema analisado através da avaliação de informações fracionadas (KIMPARA; ZADJBAND; VALENTI et al., 2010).

Deve-se entender que a sustentabilidade ambiental está diretamente ligada ao uso de tecnologia que minimizem o impacto ambiental da atividade mantendo a biodiversidade e a estrutura e funcionamento dos ecossistemas adjacentes (VALENTI, 2008).

A principal influência da piscicultura sobre a qualidade da água é o aumento direto dos sólidos suspensos e dos nutrientes decorrentes da matéria orgânica introduzida no ambiente, por meio da ração não consumida pelos peixes, fezes e subprodutos metabólitos (TOVAR et al., 2000; TACON; FORSTER, 2003; PILLAY, 2004).

A qualidade da água pode ser influenciada por vários fatores como, por exemplo, a origem da fonte de abastecimento de água e manejo alimentar (SIPAÚBA-TAVARES, 1994; BOYD; TUCKER, 1998; ELER et al., 2001; KUBITZA, 2003; ARANA, 2004).

A qualidade ambiental dos reservatórios deve ser observada de acordo com as variáveis físicas, químicas e biológicas através do monitoramento, práticas indispensáveis na piscicultura (OLIVEIRA et al., 2010; LIMA et al. 2013; DA MATA, 2018).

Souza (2006) realizou análise de impacto econômico, social e ambiental do cultivo de peixes em taque-rede na cidade de Paulo Afonso – BA, fez uma análise crítica dos estudos já desenvolvidos nessa piscicultura, realizando uma nova avaliação contemplando a avaliação dos impactos e medidas compensatórias e/ou de mitigação dos impactos negativos, contribuindo assim, para o desenvolvimento com o uso sustentável dos recursos naturais.

Nascimento (2007), baseado no método *ad hoc* proposto por Edward e Demaine (1998), no qual utilizou questionários e cálculo dos índices para avaliação da sustentabilidade da aquicultura, assim avaliando as dimensões de sustentabilidade do Projeto de Piscicultura Curupati-Peixe implantado no açude Castanhão, caracterizando o contexto socioeconômico e ambiental da piscicultura, definindo e mensurando indicadores de sustentabilidade.

Almeida (2013) avaliou a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade, por meio do uso de indicadores utilizando como modelo o monocultivo de tilápias

(*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira. Neste trabalho, foi analisado temperatura, oxigênio dissolvido e saturado, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total, N-NH₃, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻, material em suspensão, taxa de sedimentação e balanço de massa de dois pontos distintos da piscicultura.

Sampaio *et al.* (2013), através do projeto “Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas, MG – suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura”, propôs o desenvolvimento de um modelo para monitoramento e avaliação de impactos na criação de peixes em tanque-rede, bem como a adoção de boas práticas de manejo (BPM) para a gestão ambiental de parques aquícolas. Este trabalho utiliza uma gama de indicadores tecnológicos e ambientais para o contínuo monitoramento das pisciculturas em tanque-rede, direcionando a piscicultura a uma realidade sustentável.

Araújo (2015) analisando a sustentabilidade da piscicultura no município de Coremas – PB, utilizou questionários aplicados diretamente aos piscicultores, os quais continham perguntas acerca dos aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e ambientais relacionados à sustentabilidade da atividade.

Moura; Valenti; Henry-Silva (2016) avaliaram a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede em Santa Cruz, RN, na "Associação dos aquicultores do Apodi", aplicando um conjunto de 49 indicadores econômicos, sociais e ambientais, verificou que a piscicultura nos moldes familiares foi potencialmente sustentável.

Cacho (2017), no açude Umari - RN, utilizando os mesmos indicadores de sustentabilidade utilizados por Moura; Valenti; Henry-Silva (2016), observou que a piscicultura em tanque-rede, no modelo empresarial, não foi economicamente sustentável, inviabilizando a atividade no reservatório nos moldes empresariais.

Em direção contrária a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede, Melo Júnior (2017a), Barbosa (2015), Crispim (2014), Freitas (2013), Barbosa (2010) e Barbosa (2008) relataram diversos casos de mortalidade generalizadas em pisciculturas, sendo esses eventos são causadas por fenômenos de circulação vertical turbulenta, efeito de origem meteorológica e que, conforme demonstrado por Melo Júnior, Dias e Vasconcelos (2019) e COGERH (2016), possuem um padrão sazonal de ocorrência bem definido, muito embora possa ocorrer isoladamente em período fora da sazonalidade.

Portanto, é pertinente que aspectos limnológicos e meteorológicos sejam enfaticamente abordados na análise de sustentabilidade da piscicultura em açudes do Semiárido, mas especificamente, que essa inclusão contemple os métodos de monitoramento das variações relacionadas com a origem dos eventos de mortalidade generalizada nas pisciculturas.

Segundo Sá (2012) é necessário conhecer o ambiente onde a piscicultura está instalada utilizando-se os conhecimentos básicos de Limnologia que podem ser utilizados para o correto manejo desses ambientes, de tal forma a se obter taxas sustentáveis de produtividade, tanto do ponto de vista econômico como ambiental.

Nesse contexto, devemos considerar que a condição primordial para a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no semiárido seja o desenvolvimento de tecnologia alternativa, possibilitando que o setor possa conviver com esse fenômeno natural, portanto, além de propor a inclusão desse método na análise de sustentabilidade, há que se considerar a necessidade dessa metodologia de monitoramento ser implantada no monitoramento ambiental das pisciculturas.

Este estudo tem por objetivo propor uma metodologia alternativa para a análise da sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no semiárido, contemplando os índices tecnológicos e ambientais com aspectos limnológicos e meteorológicos, especialmente por entender que a limnologia é uma ferramenta importante para garantir a sustentabilidade da atividade, mas principalmente, em virtude dos eventos de circulação vertical turbulenta e consequente mortalidade de peixes cultivados ocorridos em diversas pisciculturas do semiárido.

METODOLOGIA

Para analisar a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede foram considerados os estudos de Souza (2006), Nascimento (2007), Sampaio et al. (2013), Almeida (2013), Moura; Valenti; Henry-Silva (2016), Araújo (2015), Melo Júnior (2017) e Cacho (2017), os quais foram utilizados como fundamentação teórica para que possibilitasse melhor compreensão do conceito de sustentabilidade aplicado a piscicultura em tanque-rede, permitindo posteriormente a condição necessária para propor adequações de um modelo especificamente voltado para as condições climatológicas do semiárido.

Também foi analisado os exemplos de quebra da sustentabilidade relatados por Melo Júnior, Dias e Vasconcelos (2019), Vasconcelos e Melo Júnior (2018), Melo

Júnior (2017a), Melo Júnior (2017b), COGERH (2016), Barbosa (2015), Crispim (2014), Freitas (2013), Barbosa (2010) e Barbosa (2008) que mencionam os eventos de mortalidade generalizada nas pisciculturas em tanque rede de açudes do semiárido.

A sugestão de inclusão de conceitos de dinâmica limnológica e meteorológica na análise dos índices ambientais e tecnológicos da piscicultura são baseadas no protocolo de diagnóstico e monitoramento de eventos de mortalidade nas pisciculturas de açudes do semiárido, proposto por Melo Júnior (2017b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos anos a piscicultura em tanque-rede no Nordeste, e especificamente no semiárido, tem sido fonte de grande discussão ambiental, no entanto, dado ao pouco tempo de atividade as discussões sobre a sustentabilidade ocorriam mediante incertezas dos efeitos das pisciculturas nos açudes. Desta feita, diversos pesquisadores desenvolveram estudos sobre a sustentabilidade da atividade iniciando a constituição das informações técnicas a respeito da sustentabilidade, especialmente os aspectos ambientais. Os quadros 01 e 02 demonstram os conceitos teóricos utilizados na análise de sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede.

QUADRO 1: Estudos sobre a sustentabilidade, utilizando componentes e indicadores sociais, econômicos e ambientais, na piscicultura em tanque-rede em açudes.

COMPONENTE	INDICADORES	Autor / Ano						
		SOUZA, 2006	NASCIMENTO, 2007	SAMPAIO et al., 2013	ALMEIDA, 2013	ARAÚJO, 2015	MOURA; VALENTI; HENRY-SILVA, 2016	CACHO (2017)
SOCIAL	Avaliaram o componente							
ECONÔMICO	Avaliaram o componente							
AMBIENTAL	Monitoramento Limnológico Resolução 357/2005 do CONAMA	OD						
		pH						
		NH ₃ / NH ₄						
		NO ₃						
		STD						
		Turbidez						
		Fosfofo total						
Clorofila-a								

QUADRO 2: Estudos sobre a sustentabilidade, utilizando componentes e indicadores ambientais e tecnológicos, na piscicultura em tanque-rede em açudes.

COMPONENTE	INDICADORES	Autor / Ano						
		SOUZA, 2006	NASCIMENTO, 2007	SAMPAIO et al., 2013	ALMEIDA, 2013	ARAÚJO, 2015	MOURA; VALENTI; HENRY-SILVA, 2016	CACHO (2017)
AMBIENTAL	Temperatura (C°)							
	Transparência							
	Condutividade Elétrica							
	Monitoramento Meteorológico							
	Circulação vertical (estratificação/desestratificação)							
	Dependência da Água							
	Proporção de Energia Renonável							
	Uso do espaço							
	Poluição de Eutrofização							
	Poluição Geral							
	Poluição por Hormônio							
	Acúmulo de Fósforo							
	Acúmulo de Matéria Orgânica							
	Acúmulo de Material Particulado							
	Risco da Espécie Cultivada							
	Eficiência no uso de energia							
	Eficiência no uso nitrogênio							
	Eficiência no uso fósforo							
	Eficiência no uso energia							
	Potencial de acidificação							
Produção efetivamente utilizada								
TECNOLÓGICO	Assistência Técnica							
	Balanço de Massa							
	Arraçoamento							
	Características locais							
	Formato e dimensão dos tanques-rede							
	Equipamento limnológicos							
	Infraestrutura operacional e equipamento							
	Manejo e operação							
	Despesa e qualidade do produto							

Dos estudos demonstrados nos quadros 01 e 02, apenas Cacho (2017) relata evento de mortalidade na piscicultura, ocorrido em 2016, no reservatório de Umari,

localizado na bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró, semiárido do estado do Rio Grande do Norte.

A análise dos quadros 1 e 2 demonstram não haver associação do monitoramento limnológico e meteorológico, bem como, que não há informações quanto aos fenômenos causadores dos eventos de mortalidade nas pisciculturas. Possivelmente, essa ausência dessa abordagem nos estudos citados tenha ocorrido pelo fato dos modelos adotados terem sido criados quando os eventos de mortalidade nas pisciculturas em açudes do semiárido ainda não fossem do conhecimento do setor produtivo e de estudiosos.

Os eventos de circulação vertical turbulenta e mortalidade nas pisciculturas demonstraram que a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no semiárido é bem mais complexa do que tradicionalmente tem sido tratada. Nesse sentido, é necessário haver a compreensão de que a Limnologia com ciência aplicada é a maior garantia de que haja sustentabilidade dessa atividade produtiva. Por esse motivo é necessário incrementar os métodos de monitoramento limnológico e análise de sustentabilidade, adaptando-os a realidade da atividade no semiárido.

Os índices tecnológico e ambiental são essencialmente resultantes da compreensão limnológica da piscicultura em tanque-rede. Dessa forma, não é pertinente pensar que a alta produtividade seja o principal componente tecnológico da piscicultura em tanque-rede, portanto, podemos inferir que, para a piscicultura do semiárido, a Limnologia configura-se como um elemento tecnológico de grandiosa importância, o qual deve ser utilizado para contemplar o componente ambiental da sustentabilidade.

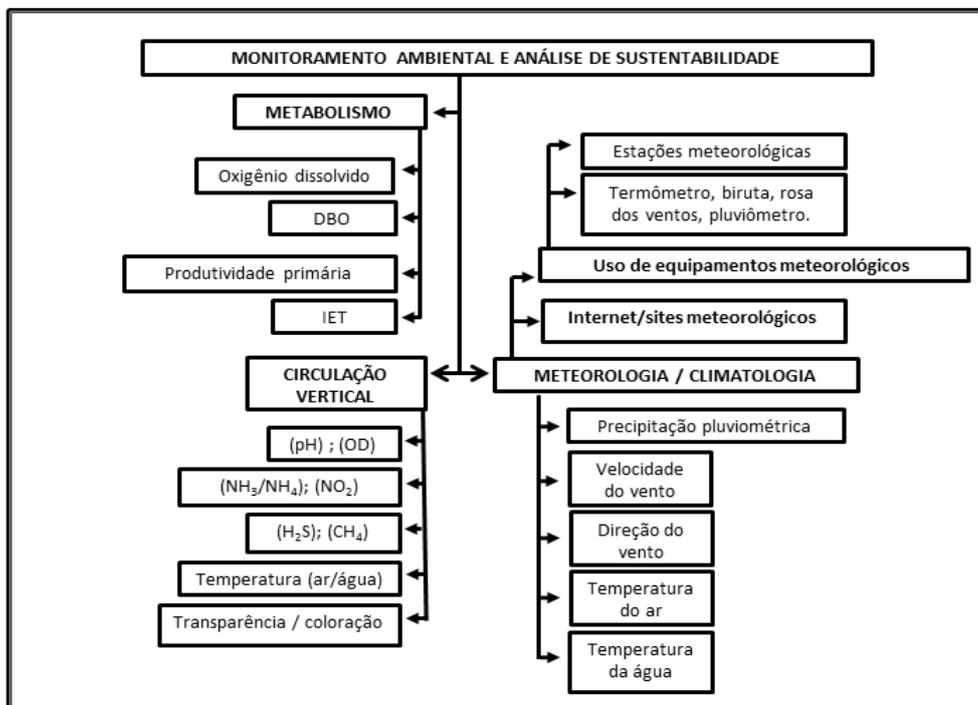
Especificamente quanto à sustentabilidade, a Limnologia está implicitamente relacionada com os aspectos tecnológicos e ambientais, a figura 01 demonstra os aspectos limnológicos diretamente ligados aos eventos de mortalidade nas pisciculturas.

Nos estudos de Nascimento e Araújo (2008) foi demonstrado que a sustentabilidade da piscicultura do açude Castanhão, Estado do Ceará, teve comprometimento elevado nos índices tecnológicos e ambientais, merecendo maior atenção. No referido estudo não foram abordadas as variáveis que constituem o organograma aqui exposto (fig. 01).

Uma das principais causas do encerramento das pisciculturas no açude Castanhão foi exatamente o fato das pisciculturas não adotarem essas metodologias de monitoramento e o desconhecimento dos fenômenos causadores das mortalidades. Outra causa de maior dimensão foi a intensa redução do volume hídrico, aspecto esse

que potencializa as possibilidades de eventos circulação vertical turbulenta e mortalidade nos cultivos.

FIGURA 01. Organograma com aspectos limnológicos e meteorológicos proposto para análise de sustentabilidade e monitoramento da piscicultura em tanque-rede.



Essa realidade não é exclusiva do açude Castanhão, os estudos de Santos *et al.* (2013), Melo Júnior (2017a), Melo Júnior (2017b), Silva e Melo Júnior (2018), Vasconcelos e Melo Júnior (2018), confirmam a variação de fatores meteorológicos como causadores de circulação vertical turbulenta que resultam na alteração de variáveis químicas e físicas do corpo aquático culminando na morte dos peixes cultivados.

As tabela 01 e 02 propõem questões relacionadas com a realidade aqui discutida e com a figura 01, dessa maneira, foram incluídas nos questionários de análise de sustentabilidade os aspectos ligados aos índices ambientais e tecnológicos.

TABELA 1: Sugestões de critérios para utilização como indicadores ambientais e tecnológicos de avaliação da sustentabilidade para a piscicultura em tanque-rede em açudes do semiárido.

DIMENSÕES E CRITÉRIOS	INDICADORES
GESTÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE CULTIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Qual o tempo de permanência do cultivo na mesma área? <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Faz rotação da área de cultivo? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Faz o deslocamento da estrutura da área de cultivo para permitir recuperação da área cultivada, possibilitando resiliência na área do cultivo? ▪ Evita o acúmulo excessivo de resíduos do cultivo no sedimento, reduzindo a possibilidade de comprometimento do sedimento (sedimento anóxico), evitando alta produção de gases tóxicos? ▪ Como faz para diminuir a possibilidade de intoxicação em caso de circulação vertical turbulenta? <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Faz conservação de mata ciliar?
CAPACITAÇÃO TÉCNICA	<ul style="list-style-type: none"> • Recebeu capacitação de como monitorar o ambiente? • Foi orientado a respeito dos seguintes aspectos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de sondas; ▪ Coleta de amostras; ▪ Conservação e envio para laboratório; ▪ Como interpretar o resultado de sondas; ▪ Kits colorimétricos.
CONHECIMENTO LIMNOLÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> • Possui conhecimento sobre eutrofização? • Possui conhecimento sobre o metabolismo do açude a respeito dos seguintes aspectos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fotossíntese; ▪ Respiração; ▪ Decomposição.
DINÂMICA DO ECOSISTEMA	<ul style="list-style-type: none"> • Possui conhecimento sobre a cerca dos seguintes pontos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estratificação; ▪ Desestratificação; • Possui conhecimento sobre circulação vertical turbulenta? • Sobre variação de temperatura, conhece sobre os seguintes pontos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciclo diário; ▪ Ciclo noturno;
SERVIÇOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA	<ul style="list-style-type: none"> • Recebe assistência? • Quais os assuntos discutidos nas visitas? O técnico fala de limnologia? • Qual a frequência que recebe assistência?

TABELA 2: Sugestões de critérios para utilização como indicadores ambientais e tecnológicos de avaliação da sustentabilidade para a piscicultura em tanque-rede em açudes do semiárido.

IMPACTOS SOBRE A PRODUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações climatológicas, meteorológicas afetam a produção? • Sabe citar se já ocorreu algum caso de circulação vertical turbulenta? • Já ocorreu casos de mortalidade? • Saber dizer se a circulação vertical possui relação com as mortalidades?
MONITORAMENTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Possui os seguintes equipamentos para o monitoramento limnológicos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Químicos: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Oxímetro; ▫ Phgmetro; ▪ Físicos: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Termômetro ▫ Disco de Secchi; ▫ Condutivímetro; ▪ Biológicos <ul style="list-style-type: none"> ▫ Incubadora e frasco de DBO; ▫ Produtividade primária; ▪ Meteorológicos: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Termômetro; ▫ Anemômetro; ▫ Biruta; ▫ Pluviômetro; • Sabe dizer em quais períodos ocorreu casos de mortalidade causados por circulação vertical?

No Semiárido as condições de cultivo da piscicultura em tanque-rede são dependentes dos eventos de ordem natural, como a circulação vertical. Vasconcelos e Melo Júnior (2018), Melo Júnior (2017) afirmam que as mortalidades nas pisciculturas em tanque-rede no Semiárido foram consequência desses eventos, causados por fenômenos meteorológicos, os quais exercem influência na circulação vertical do açude.

Os casos de mortalidade nas pisciculturas podem causar insustentabilidade econômica pelos prejuízos financeiros, determinando vulnerabilidade social aos piscicultores e seus familiares. Melo Júnior (2017), em estudos na bacia hidrográfica do rio salgado, afirma que as atividades na piscicultura nos açudes Olho D'Água e Cachoeira não foram encerradas por falhas no autogerenciamento das pisciculturas, mas sim pelas mortalidades que geraram comprometimento financeiro resultando em desestímulo e impossibilidade de continuar a atividade.

Para analisar as esferas tecnológica e ambiental como componente da sustentabilidade ambiental é necessário tomar conhecimento do sistema de produção da

piscicultura utilizando indicadores que caracterizam a tecnologia utilizada no cultivo e levar em consideração as características do processo produtivo, práticas adotadas e indicadores ambientais que possam refletir o impacto da piscicultura sobre o meio ambiente (NASCIMENTO, 2007).

Além disso, nas análises de sustentabilidade, é importante que os conhecimentos limnológicos e meteorológicos, assim como a aplicação desses conhecimentos, sejam postos em prática para alcançar maiores índices de sustentabilidade nos componentes tecnológico e ambiental, sendo estes a base para que o piscicultor possa conviver com as intempéries da natureza tornando a atividade mais rentável e lucrativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas atividades de piscicultura em tanque-rede, em açudes do semiárido, a Limnologia tem sido preterida, como ciência que pode conduzir a piscicultura em tanque-rede a sustentabilidade, bem como, é o principal caminho para o atendimento as questões legais do monitoramento ambiental, especialmente a resolução 357/2005 do CONAMA.

É necessário que à Limnologia e Meteorologia sejam incorporadas nas análises de sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede, estas duas ciências representam fortemente os componentes tecnológico e ambiental constituintes das análises de sustentabilidade, bem como, que métodos de monitoramento limnológico e meteorológico sejam fortemente inseridos nas atividades cotidianas dos cultivos.

Para garantir a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no Semiárido é primordial que estudos limnológicos e meteorológicos sejam desenvolvidos para caracterizar a dinâmica da circulação vertical do corpo hídrico, e que essa condição seja considerada no planejamento da atividade.

A Limnologia e Meteorologia são de extrema importância para auxiliar o piscicultor a conviver com a circulação vertical turbulenta e com os demais aspectos do metabolismo do ecossistema, os quais exercem forte influência nas condições de cultivo.

É importante compreender que a Limnologia e Meteorologia configuram-se como novo paradigma da piscicultura em açudes do semiárido, podendo garantir a continuidade e o encaminhamento da atividade para a sustentabilidade, especialmente, em virtude dos eventos de mortalidade terem causado o fim de diversas pisciculturas, bem como, por ser um fenômeno natural, para o qual é necessário desenvolver

tecnologias de convivência para possibilitar que a piscicultura em açudes do semiárido seja uma atividade com maior nível de segurança.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIRA, RENATO DE. **Indicadores de sustentabilidade do cultivo de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanque-rede em reservatório tropical**. 2013. p. 57 Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da UNESP, Jaboticabal-SP, 2013.
2. AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. **Revista Científica ANAP**. Brasil, v. 6, n. 7, p. 137-150. jul. 2013.
3. ARANA, L. Vinatea. **Fundamentos de aquicultura**. Editora da UFSC. p.348. 2004.
4. ARAÚJO, Leonardo da Silva. **Estudo da sustentabilidade da piscicultura no município de Coremas PB**. Dissertação (Mestrado Profissional da Universidade Federal de Campina Grande) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Pombal-PB. p. 62. 2015.
5. ASSAD, L. T.; BURSZTYN, M. Aquicultura sustentável. Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. **CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia**, Brasília, p. 303-323, 2000.
6. BARBOSA, H. Mortandade de peixes intriga pescadores no açude Orós: o açude Orós recebe, por meio do Rio Jaguaribe e de seus afluentes, detritos de dezenas de cidade e de vilas rurais que não têm saneamento básico. **Diário do Nordeste**, 19 fev. 2015. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/mortandade-de-peixes-intriga-pescadores-no-acude-oros-1.1223846>. Acesso em: 25 out. 2015.
7. BARBOSA, H. Morte de 20 toneladas de peixes preocupa criadores. **Diário do Nordeste**, 23 jul. 2010. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/morte-de-20-toneladas-de-peixes-preocupa-criadores-1.373425>. Acesso em: 11 set. 2019.
8. BRAGA, T. M.; DE FREITAS, A. P. G; DUARTE, S. G; SOUZA-CAREPA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 23, set./dez. 2009.
9. BRITO, T. P.; SANTOS, A. T. S.; QUINTAIROS, R. R. D.; COSTA, L. C. O. Aspectos tecnológicos da piscicultura do município de Capitão Poço, Pará, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá v. 7, n. 1, p. 17-25, 2017.
10. CACHO, Júlio César da Silva. **O cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques rede em reservatório do semiárido brasileiro é sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente?** Dissertação (Universidade Federal Rural do Semiárido). Mossoró-RN. p. 92. 2017.
11. COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Nota técnica 05/2016 GEDOP/DIOPE. **Eventos de mortandade de peixe no Estado do Ceará** - Governo do Estado do Ceará – Secretaria de Recursos Hídricos 10/06/2016.
12. CRISPIM, R. Mortandade atinge 12t de peixes em Aurora: fenômeno conhecido como "ressurgência" pode ter provocado a perda de cerca de 70% da produção local. **Diário do Nordeste**, 27 jun. 2014. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/mortandade-atinge-12t-de-peixes-em-aurora-1.1045852>. Acesso em: 10 jun. 2016.

13. DA MATA, D. A.; SOUZA, T.; GOMES, C. M.; DE ANDRADE, R. A.; APOLINÁRIO, M. O. Limnologia e sua correlação com a produtividade da tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Agropecuária Científica No Semiárido**. v. 14, n. 3, p. 254-265, 2018.
14. EDWARDS, P.; DEMAINE, H. **Rural aquaculture: Overview and Framework for Country Reviews**. Agricultural and Aquatic Systems Program School of Environment, Resources and Development Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand. 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x6941e/x6941e00.htm>> Acesso em: mar/2019
15. ELER, M. N; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Sociedade Brasileira de Zootecnia. v. 36, n. suplemento especial, p. 33-44, 2007. ISSN 1516-3598.
16. FREITAS, E. Mortandade de peixe causa apreensão em Jaguaribara. **Diário do Nordeste**, [S. l.], 30 set. 2013. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/mortandade-de-peixe-causa-apreensao-em-jaguaribara-1.450907>. Acesso em: 11 set. 2019.
17. KIMPARA, J. M.; ZADJBAND, A. D.; VALENTI, W. C. Medindo a sustentabilidade na aquicultura. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**. v.38, n.2, 2010.
18. LIMA, A. F.; SILVA, A. P.; RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN, G. T.; TORATI, L. S.; PEDROZA FILHO, M. X.; MACIEL, P. O. Qualidade da água: piscicultura familiar. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2013.
19. MELO JÚNIOR, H. do N. Sustentabilidade da piscicultura em taque-rede em açudes da bacia hidrográfica do Rio Salgado – semiárido Cearense. *In: 6º Colóquio Sociedade, Políticas Públicas Cultura e Desenvolvimento e 2º Simpósio do Observatório das Migrações no Estado do Ceará, 2017, Crato-CE. Anais*. Universidade Regional do Cariri – URCA. p. 1115 – 1134. 2017. Disponível em: <<http://www.urca.br/novo/portal/docs/pdf/2017/Eventos/VI-CEURCA-Anais.pdf>>. Acesso em: set/2019
20. MELO JÚNIOR, H. do N.; DIAS, M. I. B.; VASCONCELOS, F. F. de. Indicadores etnolimnológicos e meteorológicos de circulação vertical turbulenta na piscicultura em tanque-rede. *In: SAMPAIO, F. G; DA SILVA, C. M; TORIGOI, R. H; PACKER, A. P. C; MANZATTO, C. V; DA SILVA, J. L (ed.). Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura: portfólio de monitoramento ambiental da aquicultura em água da União. São Paulo: Instituto de Pesca, 2019. v. 4, p. 19-20. ISBN 978-65-80646-00-5. E-book.*
21. MERCANTE, C. T. J.; MARTINS. Y. K.; DO CARMO, C. F.; OSTI, J. S.; PINTO, C. S. R. M.; TUCCI, A. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Bioikos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 79-88, 2007.
22. MOURA, R. S. T.; VALENTI, W. C.; HENRY-SILVA, G. G. Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. **Ecological indicators**, v. 66, p. 574-582, 2016.
23. NASCIMENTO, Sandra Carla Oliveira do. **Avaliação da sustentabilidade do projeto de piscicultura curupati-peixe no açude Castanhão, Jaguaribara-CE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. p. 127
24. OLIVEIRA, R. P. C.; SILVA, P. C.; BRITO, P. P.; GOMES, J. P.; SILVA, R. F.; SILVEIRA FILHO, P. R.; ROQUE, R. S. Variáveis hidrológicas físico-químicas na

- criação da tilápia do Nilo no Sistema Raceway com diferentes renovações de água. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 482-487, jul./set. 2010.
25. PILLAY, T. V. R. Aquaculture and the environment. **Oxford: Blackwell Publishing**, 2004. Ed 2. 94p.
 26. SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanque-rede em reservatórios. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 34, n. 272, p. 1-11, jan/fev. 2013.
 27. SANTOS, T. M. L, dos.; MELO JÚNIOR, H, do N.; FEITOSA, I. M. M.; SOUSA, F. de F. S. Mortalidade de peixes em tanque-rede versus meteorologia – Açude Olho d’água – Várzea Alegre, Ceará. **III Congresso Nacional de Educação Ambiental e o V Encontro Nordestino de Biogeografia**. p. 9. 2013
 28. SILVA, M. I. S.; MELO JÚNIOR, H. do N. Circulação vertical e mortalidade de peixes em piscicultura em tanque-rede em açudes no semiárido cearense. **Anais - II Simpósio de Aquicultura e Recursos Pesqueiros**. Serra Talhada – PE. p. 10. 2018.
 29. SILVA, M. I. S.; MELO JÚNIOR, H. DO NASCIMENTO. Circulação vertical e mortalidade de peixes em piscicultura em tanque-rede em açudes no semiárido cearense. **Anais (II Simpósio de Aquicultura e Recursos Pesqueiros)**, Serra Talhada – PE. p. 10. 2018.
 30. SOUZA, João Augusto Potenciano Landi de Lima. **Estudo de impactos sociais, econômicos e ambientais, ocasionados pela piscicultura em tanque-rede na região de Paulo Afonso – BA**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins). Palmas, TO. p. 131. 2006
 31. TACON, A. G. J.; FOSTER, I. P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, v.226, p.181-189, 2003.
 32. TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Centro de Aquicultura (Jaboticabal, SP). São Paulo, SP. FUNEP, 1995.
 33. TOVAR, A.; MORENO, C.; MÁNUEL-VEZ, M. P.; GARCÍA-VARGAS, M. Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. **Water Resource**, v.34, n.1, p.334-342, 2000.
 34. VALENTI, W. C. A aquicultura Brasileira é sustentável? *In*: IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair. Florianópolis, SC, 2008. p. 11. **Anais**. Disponível em: <http://www.avesui.com/anais>. Acesso em: set/2019.
 35. VALENTI, W. C. Measuring aquaculture sustainability. **World Aquac.** n. 42,26–30. 2011.
 36. VASCONCELOS, F. F.; MELO JÚNIOR, H. DO NASCIMENTO. Diagnóstico dos processos determinantes de mortalidade em piscicultura em tanque-rede no semiárido. **Anais (II Simpósio de Aquicultura e Recursos Pesqueiros)**, Serra Talhada – PE. p. 11. 2018.

REÚSO DE EFLUENTE DA PISCICULTURA COMO FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

ANNA Paula Marques Cardoso ¹
VANESSA de Brito Abrantes ²

RESUMO

A prática do reúso de águas residuárias é uma alternativa sustentável, uma vez que pode ser benéfico para a Agricultura, além reduzir custos, baratear os processos de produção e preservar os recursos naturais. Neste sentido, objetiva-se sistematizar uma revisão de literatura, sobre a prática do reúso de efluente da piscicultura como fertirrigação na produção de mudas. Para isso, realizaram-se estudos nas bases de dados da *SciELO* e *Scopus*. Foram localizadas 146 publicações, no total. Destas, 15 publicações foram analisadas quanto ao reúso de efluente da piscicultura e ao uso como fertirrigação na produção de mudas. Os resultados destacam a necessidade de pesquisas que englobem a importância da adoção de práticas sustentáveis voltadas para o reúso de efluente da piscicultura na agricultura e que potencialize os recursos naturais.

Palavras-chave: Reutilização, Fertirrigação, Piscicultura.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a escassez dos recursos hídricos vem causando preocupação a todos os setores da sociedade, principalmente na agricultura que requer grandes quantidades de água para o seu desenvolvimento. No entanto, há lacunas na literatura no tocante à reutilização do efluente da piscicultura como fertirrigação na agricultura.

O uso de efluentes da piscicultura como irrigação em culturas agrícolas, é bastante atual e bem empregado (Castro et al., 2006; Baumgartner et al., 2007; Medeiros et al., 2008). Comparado aos efluentes domésticos e industriais, seu impacto ambiental é quase insignificante (Cyrino et al., 2010). No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) propõe condições para os parâmetros de qualidade da água nos efluentes, incluindo a atividade de aquicultura (CONAMA, 2005; CONAMA, 2009).

¹ Discente do Programa de Pós Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal-Central), annaagro2012@gmail.com;

² Discente do Programa de Pós Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal-Central), abrantes_vanessa@hotmail.com;

A necessidade de minimizar os riscos ambientais associados à aplicação do reúso de água (efluente) levou um número crescente de países a desenvolver diretrizes e regulamentos para o uso seguro de efluentes tratados (BIXIO E WINTGENS, 2006). No Brasil, a primeira regulamentação relativa aos limites de concentração de poluentes em efluentes para reutilização foi pela Norma Técnica NBR 13.969 em 1997 (ABNT, 1997). Essa norma também define as classes de água de reutilização e os respectivos padrões de qualidade.

Em 2005, foram estabelecidas no Brasil pela Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005 / promulgada pelo CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), as modalidades, diretrizes e critérios gerais para reutilização direta de água não potável (CNRH, 2006). Nessa Resolução foram descritas as modalidades para reutilização para fins urbanos, reutilização para fins agrícolas e florestais, reutilização para fins ambientais, reutilização para fins industriais e reutilização na aquicultura.

Dessa forma, os padrões, procedimentos e legislação aplicáveis à reutilização são, em geral, definidos, a partir da criação de parâmetros e valores de referência para usos na agricultura, recarga de aquíferos e cenários urbanos e industriais. (RODRIGUES et al., 2017).

Pois bem, diante da atual crise hídrica destaca a importância de melhorar a gestão da água (URBANO et al., 2015). Então, muitos países, como Brasil, Itália, Índia, Espanha e Estados Unidos, estão investindo em pesquisas que promove a irrigação com águas residuais tratadas e reavalia o gerenciamento da água utilizada para essas atividades (JAVAREZ JR. et al., 2010; PEREIRA et al. al., 2011; CIRELLI et al., 2012; PEDRERO et al., 2012; SINGH et al., 2012; SOUZA et al., 2015) devido a seus potenciais benefícios ambientais e econômicos (CIRELLI et al., 2012).

Sendo assim, para promover o uso múltiplo das águas e a gestão dos recursos hídricos, a integração agricultura-aquicultura pode ser uma estratégia sustentável para a utilização de recursos hídricos, como no emprego de água salina de efluentes de piscicultura para a produção de culturas moderadamente tolerantes à salinidade, em áreas onde a disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação é limitada (SIMÕES et al., 2016).

Frequentemente, o uso de efluentes da piscicultura beneficia as plantas tanto na irrigação quanto na fertilização (VALENCIA et al., 2001). Desta maneira, o reúso do efluente da piscicultura é uma alternativa viável, podendo ser benéfico às plantas (SILVA et al., 2018). Além de ser uma importante ferramenta para o gerenciamento dos recursos hídricos em sistemas agrícolas, contribuindo através dos nutrientes presentes, atuando como uma fertirrigação ao longo do ciclo da cultura.

Em regiões que sofrem pelo déficit hídrico, essa prática torna-se uma solução para a escassez do recurso, possibilitando uma produção agrícola com menores custos, pelo uso de fertilizante natural e água de menor qualidade, derivados do uso de efluentes tratados (SALGADO, et al., 2018).

Além disso, como recomenda a agenda 2030, faz-se necessário como meta a garantia de sistemas sustentáveis de produção de alimentos e a implementação de práticas agrícolas robustas, que aumentem a produtividade e a produção. Bem como que ajudem na manutenção dos ecossistemas, fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças do clima, às condições meteorológicas extremas, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo. (PLATAFORMA AGENDA 2030).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo sistematizar uma revisão de literatura sobre o reúso de efluente da piscicultura como fertirrigação na produção de mudas a partir publicações científicas. Essa revisão de literatura contribui com a atualização de dados através das pesquisas recentes, que irá servir como fonte de base teórica para outras pesquisas na área de Ciências Ambientais e afins.

METODOLOGIA

Com base no estudo proposto, procedeu-se através de uma revisão de literatura mediante a síntese de conhecimento teórico e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática (BENTO, 2012). Para a revisão de literatura, foram selecionadas duas bases digitais de pesquisa científica: *Scopus* e *SciELO*.

A *Scientific Electronic Library Online - SciELO* é uma biblioteca eletrônica que abrange uma grande coleção selecionada de periódicos científicos brasileiros. A *Scopus* é considerada a maior base de resumos e referências bibliográficas de literatura científica revisada por pares, com grande número de títulos de editoras internacionais, além de ser uma base multidisciplinar, e que permitem a seleção de textos a partir da combinação de palavras-chave e conectores (CAPES, 2012).

Após a escolha dessas bases de dados, buscou-se artigos através de palavras-chave em inglês, variando entre: reuse water, fertigation e production of seedlings. Na base de dados da *Scopus* e *SciELO* foram usados os critérios inclusão restrita ao tipo de artigo, na área temática de Ciências Ambientais e com busca em acesso livre.

Para direcionar uma melhor busca dos termos foi usado uma variação de palavras com conector booleano “AND”. Dando sequência ao levantamento utilizou-se um recorte temporal

de 2015 a 2019 para obtenção de dados mais atualizados sobre reúso de efluente da piscicultura como prática sustentável na produção de mudas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados títulos e resumos dos artigos, selecionando apenas os que tratassem da temática abordada, que resultou em 146 artigos. Por fim, ao alinhá-los à temática da pesquisa restaram 15 artigos que formaram o corpus da pesquisa estudada. A Tabela 1 lista os artigos selecionados para compor a Revisão Sistemática de Literatura.

Tabela 1 – Artigos selecionados para compor a Revisão Sistemática de Literatura

ID	Título	Autores	Ano
1	Physical-chemical effects of irrigation with treated wastewater on Dusky Red Latosol soil	URBANO <i>et al.</i>	2015
2	Influência da fertirrigação por sulco utilizando água residuária e diferentes níveis de adubação na produtividade do feijoeiro	SOUZA <i>et al.</i>	2015
3	Beet cultivation with saline effluent from fish farming	SIMÕES <i>et al.</i>	2016
4	Growth of young <i>Tabebuia aurea</i> seedlings under irrigation with wastewater from fish farming	PINTO <i>et al.</i>	2016
5	Production of <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke seedlings irrigated with fish farming wastewater	ALMEIDA <i>et al.</i>	2017
6	Potential for reuse of effluent from fish-processing industries	RODRIGUES <i>et al.</i>	2017

7	Technical feasibility of reuse of effluent generated from reverse osmosis system in a pharmaceutical plant	ANDRADE <i>et al.</i>	2017
8	Use of wastewater in the production of aroeira seedlings	BRITO <i>et al.</i>	2018
9	Fish farming effluent application in the development and growth of maize and bean plants	SILVA <i>et al.</i>	2018
10	Cultivo de melancia no semiárido irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado	SALGADO <i>et al.</i>	2018
11	Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção	ALVES <i>et al.</i>	2018
12	Análise de componentes principais aplicada à desinfecção solar de águas cinza para reúso no semiárido potiguar	CAVALCANTE <i>et al.</i>	2018
13	Soil attributes and quality under treated domestic sewage irrigation in sugarcane	BARBOSA <i>et al.</i>	2018
14	Wastewater from Fish Farms for Producing <i>Eucalyptus grandis</i> Seedlings	PAULUS <i>et al.</i>	2019
15	Production of chili pepper under organic fertilization and irrigation with treated wastewater	SILVA <i>et al.</i>	2019

Fonte: *SciELO* e *Scopus* (2019).

Das bases *Scopus* e *SciELO* foram encontrados 15 publicações pertencentes aos periódicos mencionados a partir dos anos de 2015 a 2019 (Tabela 2). Em todos os periódicos teve publicação no período estudado, dando enfoque para Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, que teve o maior número de publicações.

Tabela 2 – relação entre periódicos e quantidade de publicações

Título de periódicos	Quantidade
<i>Científica</i>	1
<i>Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental</i>	5
<i>Irriga</i>	2
<i>Engenharia Sanitária Ambiental</i>	2
<i>Revista Ambiente e água</i>	3
<i>Floresta e Ambiente</i>	1
<i>Revista Caatinga</i>	1
Total	15

Fonte: *SciELO* e *Scopus* (2019).

A Tabela 3, corresponde ao ano de publicação de cada artigo selecionado, a partir de 2015. Cabe resaltar que em 2015, 2016, e 2019 foram identificadas apenas 2 publicações em cada ano. Os anos de 2017 e 2018 foram os que apresentaram o maior número de publicações no período estudado.

Tabela 3 – relação entre o ano de publicação e quantidade de publicações.

Ano de publicação	Quantidade
2015	2
2016	2
2017	3

2018	6
2019	2

Fonte: *SciELO* e *Scopus* (2019).

A partir da análise de literatura, viu-se uma ampla discussão sobre o tipos de reúso de efluente como:

- Efluente de esgoto sanitário;
- Efluentes industriais;
- Efluentes de esgotos domésticos;
- Efluente de piscicultura.

Os estudos encontrados abordaram diferentes formas de reúso de efluentes e suas relações com a agricultura. A maioria dos artigos enuncia uma preocupação com a escassez dos recursos hídricos e de alternativas através da gestão do reúso.

No entanto, não evidencia, de forma ampla trabalhos referente ao reúso de água residuária da piscicultura como fertirrigação na produção de mudas, destacando poucos trabalhos sobre o tema em específico.

Diante dessa redução da oferta hídrica para os mais diversos fins, os quais estão inseridos a prática da irrigação e o consumo humano direto, o estudo de técnicas mais racionais de uso da água tem sido cada vez mais constante (ALVES et al., 2018).

Efluente de esgoto sanitário

O uso do esgoto sanitário no meio agrícola vem sendo evidenciado em muitos estudos (MEDEIROS et al., 2008; COSTA et al., 2009; RIBEIRO et al., 2009; DEON et al., 2010; RIBEIRO et al., 2012; FREITAS et al., 2013) como uma alternativa viável para a destinação correta de resíduos através da possibilidade de suprir as exigências hídricas e nutricionais de algumas culturas. Além disso, muitos dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas podem ser encontrados em níveis consideráveis em água residuária sanitária tratada.

Durante a análise, alguns autores abordaram o reúso de água de esgoto na agricultura como uma atividade que pode amenizar o consumo de água de melhor qualidade, além de evitar o despejo em rios, o que pode comprometer a sua qualidade (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006; BASTOS et al., 2008, SILVA et al., 2015).

A irrigação com águas residuárias oferece benefícios socioeconômicos e ambientais, principalmente a redução do lançamento dos efluentes nos corpos de água e a recuperação de nutrientes (RODRÍGUEZ-LIÉBANA et al., 2014), permitindo reduzir o uso de fertilizantes químicos (GIL; ULLOA, 1997).

Efluente de esgoto industrial

As indústrias são um dos maiores consumidores de água bruta e ou tratada (FAO, 2010; ANA, 2013). Devido aos custos mais elevados na aquisição de água doce e no descarte de águas residuais, algumas empresas mudam o seu modo de produção para atender às novas regulamentações, especialmente para a reutilização de efluentes (ANDRADE et al. 2017).

O uso da água é necessário para a transformação da matéria-prima em produtos destinados ao consumidor. Como o volume total de efluente está diretamente relacionado à quantidade de água utilizada, a reutilização e a reciclagem devem ser consideradas como possibilidades para minimizar o uso da água e a consequente geração de efluentes. No entanto, essas alternativas não foram implementadas na maioria das indústrias de alimentos, dada a falta de informações disponíveis sobre a produção, tratamento e uso do efluente (RODRIGUES, 2017, p.731-741).

Estudos mostram que o efluente quando submetido a um tratamento pode obter qualidade para reutilização industrial. Destaca-se ainda, a possibilidade de tratar esses efluentes de modo que atendam como recursos de água potável (RODRIGUES et al. 2017).

Pesquisas evidenciam que refinarias de petróleo, indústrias de papel e celulose, fabricantes de automóveis, indústrias químicas e fábricas de alimentos têm buscado alternativas para reduzir o consumo de água e a descarga de efluentes (CASANI et al., 2005; VOURCH et al., 2008; SUÁREZ et al., 2014 ; VAJNHANDL e VALH, 2014). O manual da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) cita exemplos de reutilização em diferentes setores produtivos, incluindo empresas de agricultura, papel e celulose, fabricantes de alimentos e outras indústrias (USEPA, 1992; 2012).

Efluente de esgoto doméstico

O emprego de esgoto doméstico para irrigação e suprimento nutricional de plantas é uma prática sustentável; porém, os atributos e a qualidade do solo podem ser alterados devido às propriedades físico-químicas do esgoto doméstico (BARBOSA et al. 2018). Além de que podem possuir características salinas que podem vir a comprometer a qualidade agrônômica do

solo. O efeito salino do esgoto doméstico tratado contribui com o aumento da condutividade do solo, reduz a capacidade das plantas de absorver água e causar impactos negativos em fatores microbiológicos (CHOWDHURY et al., 2011; SETIA et al., 2013).

Nesse contexto, Brito (2018, p.688-694) considera que:

O reaproveitamento em larga escala de efluentes de esgoto doméstico, na atividade florestal, devido às suas particularidades, apresenta-se como uma alternativa promissora, principalmente por não envolver a produção de alimentos para consumo humano. O estímulo à produção de mudas de espécies florestais nativas voltadas para a recuperação de áreas degradadas é uma maneira de não apenas reabastecer e manter os recursos florestais, mas também preservar o equilíbrio econômico, social e ambiental.

Outro ponto relevante é que o uso de efluente de esgoto doméstico na agricultura irrigada tem sido recomendado por muitos autores como uma alternativa ao controle da poluição ambiental, e uma opção viável para aumentar a disponibilidade de água em regiões áridas e semi-áridas (SOUZA et al., 2010; ASGHARIPOUR; AZIZMOGHADDAM, 2012; SARAIVA; KONIG, 2013).

No que diz respeito aos assuntos abordados, estudos apontam um aumento no crescimento e melhores características morfológicas de mudas de aroeira, apresentando melhor desenvolvimento de plantas quando cultivadas em esterco bovino + substrato de solo sob irrigação com solução contendo 100% de esgoto doméstico efluente (BRITO et al., 2018).

Efluente da piscicultura

O interesse do uso de água residuais como fonte de água na propagação de mudas florestais está aumentando devido à necessidade de recuperar áreas degradadas (ALMEIDA, 2017). Devido a grande necessidade de recuperação de áreas degradadas a uma busca constante de estratégias de remediação, como reflorestamento.

Á vista disso, é essencial a instalação de viveiros de produção de mudas, que promovam a diminuição do alto consumo de água. Com isso, verifica-se que o uso de águas residuais na produção de mudas é essencial, pois pode substituir o uso de água tratada ou potável (PINTO, 2016).

Durante a análise, verificou-se que uma das publicações abordou que a redução de custos com fertilizantes, pode proporcionar um destino nobre a estas águas, aumentando a

produção, diminuindo os gastos com adubos e aumentando a lucratividade do produtor (SILVA et al. 2015).

A questão do impacto ambiental das descargas de água rica em nutrientes nos rios ou a necessidade de tratá-los e a alta concentração de nutrientes na água de criação de peixes levaram a novos estudos com efluentes, o que pode reduzir a concentração normal de nutrientes aplicados aos rios. (PAULUS, 2019, p .3-9).

Para o sucesso do efluente na agricultura é necessário etapas fundamentais, tais como: a escolha da cultura a ser utilizada, considerar suas características fitotécnicas, espécies facilitadoras do manejo com água residuária, e socioeconômicas, associadas à inserção regional da cultura agrícola ou florestal (ALVES et al., 2018).

Nessa perspectiva, alguns autores indicam a possibilidade de utilizar águas residuais da piscicultura no cultivo de alface (*Lactuca sativa*) (ORTEZ et al., 2009) ou na produção de mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) (RODRIGUES et al., 2010). No entanto, faltam estudos que buscam associar a piscicultura e a produção de mudas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, frente aos resultados encontrados de acordo com o recorte temporal, que os estudos sobre reúso de efluente da piscicultura como fertirrigação na produção de mudas são escassos. As principais publicações estão relacionados ao reaproveitamento de efluente de esgotos tratados.

Os periódicos que foram publicados com maior frequência foram na Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental e na Revista Ambiente e água. Ademais, os resultados alcançados podem fornecer, elementos proveitosos acerca da relação entre os tipos de reúso e de como estão sendo dispostos ao meio ambiente.

Podem, ainda, contribuir para o aprofundamento teórico sobre o assunto, na medida em que apontam caminhos para a realização de novos estudos, os quais, inclusive, se revelam necessários face à atualização da legislação voltada para o reúso de efluente.

O presente trabalho permitiu revelar as contribuições de alguns autores sobre o tema específico do estudo: reúso de efluente da piscicultura como fertirrigação na produção de mudas. Além de que os estudos levantados mostraram, que é essencial o desenvolvimento de práticas sustentáveis e que potencialize o uso de recursos naturais, e entre eles, a água. Com isso, ampliam-se as possibilidades e os desafios de desvendamento dessa temática, tanto do

ponto vista de novas revisões de literatura mais amplas, como no que se refere às pesquisas de campo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA (Brasil). **Relatório sobre a conjuntura dos recursos hídricos no Brasil de 2013**. 2013. Disponível em: <http://shorturl.at/aDEP2>. Acesso em: 01 mar. 2015.

ALMEIDA, J. P. N. de; et. al. Production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings irrigated with fish farming wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.21, n.6, p.386-391, 2017.

ALVES, Pablo Fernando Santos. et al. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. **Engenharia Sanitária Ambiental**.v.23 n.5.set/out 2018.

ANDRADE et al. Technical feasibility of reuse of effluent generated from reverse osmosis system in a pharmaceutical plant. **Revista Ambiente e Água** vol. 12 n. 5 Taubaté – Sep. / Oct. 2017.

ASGHARIPOUR, M. R.; AZIZMOGHADDAM, H. R. Effects of raw and diluted municipal sewage effluente with micronutrient foliar sprays on the growth and nutrient concentration of foxtail millet in southeast Iran. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Amsterdã, v. 19, n. 4, p. 441–449, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13969**: tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BAUMGARTNER et al., Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.152-163, jan./abr. 2007

BASTOS, R.K.X.; KIPERSTOK, A.; CHERNICHARO, C.A.L.C.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L.O.; SPERLING, M.V.; AISSE, M.M.; BEVILACQUA, P.D.; PIVELI, R.P. (2008) Subsídios à regulamentação do reúso da água no Brasil – Utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e pisciculturais. **Revista DAE**, n. 177, p. 50-62. <https://doi.org/10.4322/dae.2014.016>

Barbosa. Eduardo A. A. et al. Soil attributes and quality under treated domestic sewage irrigation in sugarcane. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.2, p.137-142, 2018.

BENTO, A. (2012, maio). Como fazer uma revisão da literatura: Considerações teóricas e práticas. **Revista JA** (Associação Acadêmica da Universidade da Madeira), nº 65, ano VII (pp. 42-44). ISSN: 1647-8975.

BIXIO, D.; WINTGENS, T. Manual de gerenciamento de sistemas de reutilização de água - **AQUAREC**. Luxemburgo: CE, 2006.

BRITO et al. Use of wastewater in the production of aroeira seedlings. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 687 – 694, jul. – set., 2018.

CAPES. **Treinamentos de bases de dados serão transmitidos ao vivo**. 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pnews&component=Clipping&view=pnewsclipping&cid=154&mn=0>. Acesso em: 06 de mai. 2019.

CASTRO RS, Azevedo CMB, Bezerra-Neto F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**. Volume 110, September 2006, Pages 44-50.

CASANI, S.; ROUHANY, M.; KNOCHER, S. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. **Water Research**, v. 39, p. 1134-1146, 2005.

CIRELLI, GL; CONSOLI, S.; LICCIARDELLO, F.; AIELLO, R.; GIUFFRIDA, F.; LEONARDI, C. Reutilização de águas residuais municipais tratadas na produção de vegetais. **Agricultural Water Management**, v. 104, 2012.

CHOWDHURY, N.; Marschner, P.; Burns, R. G. Soil microbial activity and community composition: Impact of changes in matric and osmotic potential. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, p.1229-1236, 2011.

CONAMA (2005). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> (Acesso em 21 mar 2019).

_____ (2009). **Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> (Acesso em 21 mar 2019).

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH (Brasil). **Resolução nº 54, de 28 de novembro**. de 2005. Estabelecer regras específicas e diretrizes gerais para a prática de acesso direto não potável à água, e fornece outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 09 mar. 2006.

Cortez GEP, Araújo JAC, Bellingieri PA, Dalri AB. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2009.

COSTA, F.X.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, C.A.V.; SOARES, F.A.L.; ALVA, I.D.M. (2009) Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 687-693.

Cyrino JEP, Bicudo AJA, Sado RY, Borghesi R, Dairiki JK. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. vol.39, Viçosa July 2010.

DEON, M.D.; GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; SILVA, E. (2010) Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1149-1156.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - **FAO**. AQUASTAT: Information System on Water and Agriculture. Roma, 2010. Disponível em: <http://shorturl.at/hwHQ9>. Acesso em: 27 out. 2019.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. (2006) Uso do Esgotos Tratados para Produção Animal. In: FLORENCIO, L. (Org.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. **Projeto PROSAB**. Rio de Janeiro: ABES. p. 301-330

FREITAS, C.A.S.; SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; MOTA, F.S.B.; GONÇALVES, L.R.B.; BARROS, E.M. (2013) Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 727-734.

GIL, I.; ULLOA, J. J. Positive aspects of the use of water: the reuse of urban wastewater and its effect on areas of tourism. **Options**. Mediterraneennes, Paris, v.31, p.218-229, 1997

JAVAREZ JR., A.; RIBEIRO, T. A. P.; PAULA JR., D. R. Eficiência do reuso de águas residuárias na irrigação da cultura do milho. **Irriga**, v. 15, n. 3, 2010.

Medeiros MA, Freitas AVL, Guimarães IP, Madalena JAS, Maracajá PB (2008) Produção de mudas de tomateiro em bandejas multicelulares e irrigadas com efluente de piscicultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** 3(3):59-63.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A. (2008) Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 109-115.

PLATAFORMA AGENDA 2030. **A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.agenda2030.com.br/sobre/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

Paulus D, Zorzi IC, Rankrape F, Nava GA. Wastewater from Fish Farms for Producing Eucalyptus grandis Seedlings. **Floresta e Ambiente**. 2019.

PEDRERO, F.; ALLENDE, A.; Gil, MI; ALARCÓN, JJ Propriedades químicas do solo, status mineral das folhas e produção de culturas em um pomar de limoeiro irrigado com dois tipos de águas residuais. **Gestão Agrícola de Água**, v. 109, 2012.

PEREIRA, BFF; HE, ZL; SILVA, MS; HERPIN, U.; NOGUEIRA, SF; MONTES, CR et al. Águas residuais recuperadas: Impacto no sistema solo-planta em condições tropicais. **Journal of Hazardous Materials**, v. 192, 2011.

Pinto, J. R. de S.; Freitas, R. M. O. de; Leite, T. de S.; Oliveira, F. A. de; Ferreira, H.; Leite, M. de S. Growth of young *Tabebuia aurea* seedlings under irrigation with wastewater from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.20, p.519-524, 2016.

RIBEIRO, M.S.; LIMA, L.A.; FARIA, F.H.S.; REZENDE, F.C.; FARIA, L.A. (2009) Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 569-577.

RIBEIRO, M.C.F.; ROCHA, F.A.; SANTOS, A.C.; SILVA, J.O.; PEIXOTO M.F.S.P.; PAZ, V.P.S. (2012) Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 639-646.

RODRÍGUEZ-LIÉBANA, J. A.; ELGOUZIA, S.; MINGORANCEA, M. D.; CASTILLOA, A.; PEÑA, A. Irrigation of a Mediterranean soil under field conditions with urban wastewater: effect on pesticide behaviour. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 185, n. p.176-185, 2014.

Rodrigues LM, Ferracioli VD, Luiz DB, Naval LP (2017) Potencial de reutilização de efluentes de indústrias de processamento de peixes. **Revista Ambiente e Água** 12: 730–742

Rodrigues DS, Leonardo AFG, Nomura ES, Tachibana L, Garcia VA, Correa CF. Produção de mudas de tomateiro em sistemas flutuantes com adubos químicos e água residenciais de viveiros de piscicultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 2010; 5 (1): 32-35. 10.5039 / agraria. v5i1a567

SALGADO, Vinicius Couto. et al. Watermelon cultivation in the semi-arid irrigated with different heights of treated domestic sewage. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.23 n.4. jul/ago 2018. 727-738

SARAIVA, V. M.; KONIG, A. Productivity Purple-Elephant-Grass Irrigated With Treated Domestic Sewage in the Semiarid Potiguar and its Uses. **Holos**, Natal, v. 29, n. 1, p. 28-46, 2013.

Setia, R.; Gottschalk, P.; Smith, P.; Marschner, P.; Baldock, J.; Setia, D.; Smith, J. Soil salinity decreases global soil organic carbon stocks. **Science Total Environment**, v.465, p.267-272, 2013.

SILVA, Elzane Freitas Leite et al. Fish farming effluent application in the development and growth of maize and bean plants. **Journal of Agrarian Sciences**. Jaboticabal v.46, n.1, p.74–81, 2018.

SILVA, R.J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; NASCIMENTO, C.W.A.; KATO, M.T. (2015). Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 323-330.

SIMÕES, Welson L. et al. Beet cultivation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. vol.20 no.1 Campina Grande. Jan. 2016.

SOUZA, et. al. Influência da fertirrigação por sulco utilizando água residuária e diferentes níveis de adubação na produtividade do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 348-362, março - junho, 2015.

_____, N. C. et al. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 478-484, 2010.

SUÁREZ, A.; FIDALGO, T.; RIERA, F. A. Recovery of dairy industry wastewater by reverse osmosis: production of boiler water. **Separation and Purification Technology**, v. 133, p. 204-211, 2014.

URBANO. Vanessa Ribeiro et al. Physical-chemical effects of irrigation with treated wastewater on Dusky Red Latosol soil. **Revista Ambiente e Água**.vol. 10 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec. 2015.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency - USEPA. **Guidelines for Water Reuse**. Washington, DC, 1992

UNITED STATES. Environmental Protection Agency - USEPA. **Guidelines for Water Reuse**. Washington, DC, 2012.

VAJNHANDL, S.; VALH, J. V. The status of water reuse in European textile sector. **Journal of Environmental Management**, v. 141, p. 29-35, 2014.

Valencia E, Adjei M, Martin J (2001) Aquaculture efflu-ent as a water and nutrient source for hay production in the seasonally dry tropics. *Communications in soil science and plant analysis* 32(7-8):1293-1301. doi: 10.1081/CSS-100104113

VOURCH, M.; ALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. **Desalination**, v. 219, p. 190-202, 2008.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Programa de bolsa institucional do Programa de pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais - Mestrado Profissional (PPgUSRN) pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

CONSERVAÇÃO DE *PANTHERA ONCA* (LINNAEUS, 1758) NO BRASIL: DESAFIOS, COMPORTAMENTO E VULNERABILIDADE

Edja Lillian Pacheco da Luz¹
Patrícia Nazaré Ferreira dos Santos²

RESUMO

Animais ameaçados de extinção, como a *Panthera onca*, sofrem com a perda crescente de habitat, desmatamento e escassez de presas. Sua função ecológica como predador de topo é essencial na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, porém sua presença vem se tornando cada vez mais rara nos 5 dos 6 biomas brasileiros, fazendo das iniciativas de conservação e reprodução *ex situ* de indivíduos uma importante estratégia para evitar sua extinção. Portanto, este trabalho visa fornecer aspectos ainda pouco conhecidos sobre a biologia e comportamento desses animais, de modo a auxiliar o planejamento de ações de conservação. Assim, foi feito um estudo comportamental de mãe e filhote, com observações que totalizaram de 201,33 horas. Foram utilizados os métodos *ad libitum* e Animal Focal (ALTMANN, 1974). Durante a coleta de dados foram identificados dos 13 padrões comportamentais ao longo de 7713 registros. Por fim, foi verificado que o filhote mesmo nascido em cativeiro apresentou maior frequência de comportamentos relacionados à caça, exploratórios e de interação com o ambiente. Estes comportamentos são essenciais na vida selvagem, mostrando a aptidão desse animal para incorporar programas de reintrodução ao ambiente selvagem, desde bem planejado.

Palavras-chave: Onça-pintada, Ameaças, Repertório comportamental.

INTRODUÇÃO

A espécie *Panthera onca* é a única representante viva do gênero *Panthera* encontrado no Novo Mundo. Era originalmente distribuída em 19 países da América, sendo que em dois deles, El Salvador e Uruguai, encontra-se extinta (IUCN, 2018). Atualmente é encontrada em 5 (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica) dos 6 biomas brasileiros existentes, a exceção do Pampa. A sua adaptabilidade a diferentes ambientes como explica Silveira (2004) permite que ocupe desde regiões áridas até áreas pantanosas, moldando sua ecologia e comportamento conforme as variedades ambientais físicas e biológicas, predando as espécies localmente mais abundantes.

De acordo com Torre, Nuñez e Medellín (2016) tecnologias como a telemetria e novas técnicas de análise proporcionadas por sistemas de informação geográficos (SIG) têm possibilitado um melhor entendimento dos padrões de movimentação e uso de habitat pelas

¹Mestra pelo curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, lillian2800@hotmail.com; ² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, san_patty@hotmail.com;

espécies, sabendo que esses padrões estão ligados a processos importantes para a manutenção dos ecossistemas, como o fluxo genético, mesmo diante dos efeitos da fragmentação desses habitats.

Por ser uma espécie com alta exigência ecológica, que ocupa grandes áreas, ser territorial e encontrar-se relativamente em baixas densidades a *Panthera onca* se torna muito mais vulnerável à extinção do que outras espécies de animais. Predadores de topo como a onça pintada, agem como elemento-chave nas comunidades ecológicas, e sua perda pode levar a mudanças dramáticas no funcionamento do ecossistema (SWANK; TEER, 1989 p. 14; RICKLEFS, 2010 p.338).

Segundo Beisiegel et al. (2013) mesmo sendo o Brasil um país-chave para as onças-pintadas, concentrando as maiores populações de onças do mundo. O estado de conservação dos biomas brasileiros não é o mesmo; entre os mais degradados estão a Caatinga, a Mata Atlântica e o Cerrado que esbarram em graves problemas de conservação das espécies em seus remanescentes. Embora possua grandes áreas de conservação a Amazônia enfrenta atualmente uma alarmante situação de vulnerabilidade com recordes de aumento de desmatamento e focos de incêndios que refletem diretamente nas condições de vida nesse ambiente.

Como destacam Paula, Desbiez e Cavalcanti (2013) em cada bioma há diferentes tipos e níveis de ameaças. Na Amazônia, a população de onças-pintadas são ameaçadas pela perda de habitat, a caça e a redução das populações de presas. O declínio da população de onças-pintadas é percebido especialmente onde a ocupação humana é maior devido a combinação das ameaças mencionadas acima. A alteração ou perda do habitat e consequentemente fragmentação, surge como principal ameaça para a população de onça-pintada e sua distribuição na Caatinga. Além das ameaças citadas a caça de subsistência e esportiva que ocorre em toda a Mata Atlântica agravam a situação da espécie nesse bioma.

Os mesmo autores apontam que no cerrado as principais ameaças são o desenvolvimento residencial e comercial, o agropecuária, modificações nos sistemas naturais (desmatamentos e represamento da água). Já no pantanal uma das maiores ameaças para a onça-pintada vem da alta retaliação dos fazendeiros devido à predação do gado e mesmo a caça esportiva praticada ilegalmente.

Para Morato (2013) apesar de ser uma espécie amplamente estudada, inúmeros aspectos da sua biologia ainda não são totalmente conhecidos. O desenvolvimento de novas tecnologias tem permitido um melhor entendimento da história natural da espécie, porém

aspectos como longevidade, sucesso reprodutivo e comportamentos, entre outros, ainda são pouco compreendidos.

Contudo, a conservação de exemplares em cativeiro quando bem manejados além de alternativa para evitar a extinção de espécies ameaçadas, possibilita a reabilitação, reprodução e futura reintrodução na vida selvagem. Segundo Castro (2009) além de propiciar a realização de pesquisas em condições controladas, oferecendo oportunidade de entender os fatores relacionados às espécies animais, com abordagens que não são viáveis em ambiente natural, como é o caso das onças-pintadas animais arredios e de hábitos crepusculares a noturnos.

Uma vez que, sabe-se que as concepções das pessoas acerca do comportamento e das funções cognitivas dos animais não humanos tornaram-se um tema relevante para a compreensão do relacionamento entre outros animais e humanos, com implicações éticas e epistemológicas. Diante destes pressupostos fica evidente a urgência de compreender e validar múltiplos elementos como: a) os mecanismos que determinam os padrões de comportamento natural dos animais; b) os elementos que determinam seu grau de bem estar, que juntos lhes conferem valor adaptativo para sobrevivência; c) os programas de preservação; d) as pesquisas em produção animal; e) a criação de animais em cativeiro (zoológicos, biotérios); f) a melhoria na relação médico veterinário - paciente e, sobretudo; g) a adequada e respeitosa utilização dos animais na experimentação animal. Assim, é possível a produção do conhecimento científico desenvolvida, dentro do âmbito da sustentabilidade, um termo que, na interface com o Bem Estar Animal ganha, quase que unanimemente, aceitação global (FRASER, 2012; ZUANON; FONSECA, 2014 p 85).

Assim, cresce a cada dia o interesse por parte da sociedade por uma maior interação e preocupação com a natureza, projetos envolvendo o eco-turismo agregam desenvolvimento econômico e proteção da biodiversidade de uma região. Iniciativas como o Onçafari, como explicam Souza et al. (2015) procuram desenvolver uma técnica para conservação da onça pintada do Brasil, por meio do eco-turismo sustentável de observação na região do Mato Grosso do Sul. Este processo não envolve qualquer método de domesticação da onça pintada ou outra atitude que desequilibre seu habitat natural. Contudo, devido ao comportamento arredio desses animais a visualização da onça pintada em vida livre é dificultada.

Diante do atual cenário de risco que enfrentam os biomas brasileiros, com perda de biodiversidade, perda de habitats, caça predatórias entre outros, espécies topo de cadeia, importantes no equilíbrio e na estruturação das comunidades tróficas, como as onças-pintadas, estão ameaçadas de desaparecer. Portanto, estudos como este, que ajudam na compreensão de

aspectos ainda pouco conhecidos sobre a biologia e comportamento desses animais são de fundamental importância para a conservação da espécie, fornecendo informações que indiquem as necessidades biológicas, comportamentais e ecológicas da espécie, essenciais para planos de manejo e reprodução em cativeiro, que visem o bem-estar animal, contribuindo para projetos de reintrodução da espécie *Panthera onca* na natureza.

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi elaborada por meio de um amplo estudo bibliográfico realizado a partir de pesquisas em artigos científicos, livros, sites, teses e dissertações. Foram utilizadas literaturas de conteúdo das áreas de zoologia, ecologia, etologia bem como, biologia da conservação.

Afinal, segundo Alves e Paulista (2015) a revisão bibliográfica é uma maneira que o pesquisador tem de proporcionar uma visão crítica e significativa para o trabalho que está sendo desenvolvido, além de reunir aspectos importantes de outros trabalhos e mostrar relações entre os diferentes pontos de vista.

Já o estudo sobre o repertório comportamental da *Panthera onca*, foi feito a partir observações de mãe e filhote, no Parque Estadual Dois Irmãos-PE, na cidade de Recife, Pernambuco, Brasil.

Instalações e manejo

O recinto foi ambientado de acordo com os hábitos da espécie, com opção de luz solar e sombra, com área livre composta de troncos, chão de terra, pequenas plantas herbáceas e tanque com água, há uma área de refúgio que se encontra mais afastada do campo de visão dos visitantes. Além da utilização do enriquecimento ambiental do espaço físico do recinto já mencionado, foi verificado também o uso do enriquecimento com objetos para manipulação dos animais como cocos secos.

Os animais eram alimentados todos os dias, exceto aos domingos. Sempre no fim da tarde, o alimento era oferecido separadamente, e consistia em 1,5 kg a 2 kg de carne bovina ou de frango, com adição de vitaminas. Ocasionalmente era feito enriquecimento alimentar com a adição de presas vivas na dieta, para estimular o comportamento natural de caça. Peixes vivos eram liberados no tanque para pesca dos animais, galinhas caipiras eram soltas no recinto para perseguição e captura, além do oferecimento do alimento de formas

alternativas, como pendurados no teto do recinto para dificultar sua obtenção estimulando a exploração e o comportamento de saltar.

Espécimes estudados

Foram estudados e observados dois exemplares de *Panthera onca*, mãe e filhote, ambos melânicos (onças pretas), nascidos em cativeiro. A mãe chegou ao Parque Estadual de Dois Irmãos no início da gestação, transferida do zoológico de Salvador-BA, com cerca de 70 kg e aproximadamente 11 anos de idade. O filhote nascido em Dois Irmãos, durante o período de observação contava 1,5 anos de idade e pesa cerca de 45 kg.

Coleta de dados

Foi utilizado o método *ad libitum* (ALTMANN,1974) para definições das categorias comportamentais e registro das interações entre os indivíduos. Foi empregado também o método Animal Focal (ALTMANN,1974), usado para animais que podem ser facilmente observados, como em ambientes de cativeiro (DEL-CLARO, 2004), sendo as observações registradas durante 10 minutos para um animal, seguido de um intervalo de 10 minutos sem observações, e 10 minutos de observação do outro animal, o que permite uma confiabilidade maior nos dados coletados. O registro dos comportamentos dos animais em estado parado só era considerado quando o comportamento tinha duração igual ou superior a 10 segundos, com exceção de permanecer sobre as duas patas, estado em que o animal permanecia por período menor de tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois indivíduos, mãe e filhote, foram observados durante 201,33 horas acumuladas ao final dos 30 dias de amostras. Foram obtidos 7713 registros dos comportamentos de ambos os indivíduos, sendo que destes, 3.868 estão relacionados à fêmea adulta, representando 50,15% do total, já o filhote obteve 3.845 registros o que representa 49,85% do total. Os comportamentos observados foram identificados e divididos em 13 padrões comportamentais.

Durante os dias de observação foram caracterizados 13 padrões comportamentais para ambos os animais (Figura 1). A curva de acumulação de padrões atingiu uma assíntota

primeiro com o filhote, que exibiu os 13 padrões já no segundo dia, enquanto que a mãe demorou quatro dias a mais.

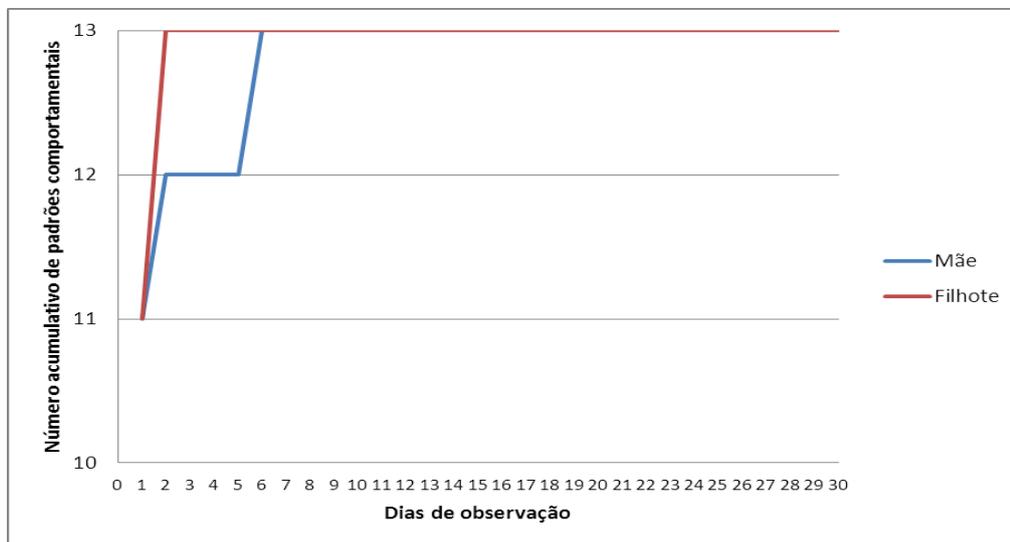


Figura 1- Curva de acumulação dos padrões comportamentais observados durante os dias de coleta de dados no Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

A caracterização de cada ato comportamental realizado pelos indivíduos está descrita abaixo:

1. PARADO: Comportamentos em que os indivíduos não se deslocaram.

1.1.1. Em pé nas quatro patas no solo: Permanecer em pé sobre os quatro membros em contato com o solo, movimentando ou não a cauda e cabeça.

1.1.2. Em pé nas quatro patas sobre o tronco: Permanecer em pé sobre os quatro membros acima do nível do solo, sobre o tronco, movimentando ou não a cauda e cabeça.

1.2.1. Em pé nas duas patas no solo: Ficar em pé nos dois membros posteriores em contato com o solo, apoiando os anteriores em alguma superfície.

1.2.2. Em pé nas duas patas sobre o tronco: Ficar em pé nos dois membros posteriores acima do nível do solo, sobre o tronco, apoiando os anteriores em alguma superfície.

1.3.1. Deitado acordado no solo: Permanecer deitado com uma das partes laterais do corpo no solo; deitado com o ventre encostado no solo, membros anteriores posteriores e flexionados semelhante a uma esfinge. A cabeça pode estar erguida ou abaixada.

1.3.2. Deitado acordado sobre o tronco: Permanecer deitado em contato apenas com o tronco, acima do nível do solo. Membros anteriores e posteriores flexionados semelhante a uma esfinge sobre a superfície do tronco ou apenas os anteriores pendurados e relaxados fora

do tronco a cabeça pode estar erguida ou abaixada; Ambos os membros relaxados e pendurados fora do tronco com cabeça e ventre encostado ao tronco.

1.4.1. Deitado dormindo no solo: Deitado com uma das partes laterais do corpo no solo; deitado com o ventre encostado no solo, membros posteriores e anteriores flexionados semelhante a uma esfinge. A cabeça pode estar erguida ou abaixada. Olhos fechados, não exibindo nenhum outro tipo de comportamento.

1.4.2. Deitado dormindo sobre o tronco: Permanecer deitado em contato apenas com o tronco, acima do nível do solo. Membros anteriores e posteriores flexionados semelhante a uma esfinge sobre a superfície do tronco ou pendurados e relaxados fora do tronco a cabeça pode estar erguida ou abaixada; Ambos os membros relaxados e pendurados fora do tronco com cabeça e ventre encostado ao tronco. Olhos fechados, não exibindo nenhum outro tipo de comportamento.

1.5.1. Sentado no solo: Sentados com a parte posterior (pélvica) do corpo no solo. Membros posteriores flexionados, anteriores estendidos, com a região ventral não tocando o solo. Olhos abertos.

1.5.2. Sentado sobre o tronco: Sentado com a região posterior (pélvica) sobre o tronco acima do nível do solo. Membros posteriores flexionados, anteriores estendidos, com a região ventral não tocando o tronco. Olhos abertos.

2. LOCOMOÇÃO: Comportamentos que envolvem o deslocamento dos indivíduos.

2.1. Caminhar: Apresentar movimentos alternados dos quatro membros. Um dos membros sempre está em contato com o chão

2.2. Correr: Apresentar movimentos alternados dos quatro membros em velocidade maior que uma caminhada. Os quatro membros podem não estar em contato com o chão ao mesmo tempo.

2.3. Escalar: Movimento onde, com as garras protraídas, Os quatro membros do indivíduo o fazem locomover-se de um nível para outro mais elevado.

2.4. Saltar: Através de impulso de flexão dos membros posteriores, o indivíduo move-se de um local para outro, para cima ou para baixo, ou ainda em linha reta.

2.5. Nadar: Mover-se na água ou sustentar-se sobre ela, o indivíduo movimenta os membros anteriores e posteriores alternadamente, movimentando ou não a cauda. A cabeça permanece fora da água.

2.6. Mergulhar: imergir na água, permanecendo com o corpo, incluindo a cabeça, submerso. Os olhos ficam abertos.

2.7. Locomoção repetitiva estereotipada: Caminhada em padrão repetitivo, sendo que uma mesma área é percorrida diversas vezes, num movimento de ir e vir, sem função aparente.

3. CUIDADOS CORPORAIS: Movimento do indivíduo que envolve as partes de seu corpo e sua própria pelagem.

3.1. Lambedura individual: Refere-se ao ato de utilizar a língua para higienização dos membros, dorso, ventre ou cauda.

3.2. Lambedura região ano-genital: O indivíduo utiliza a língua lambendo a região anal e genital.

3.3. Coçar: O animal usa os membros posteriores para esfregar a pelagem e pele.

3.4. Mordiscar: Consiste em pequenas e contínuas mordidas em qualquer parte do corpo do animal.

4. MARCAÇÃO: Comportamento relacionado à marcação do ambiente.

4.1. Marcar com jato de urina: os jatos de urina são lançados em superfícies verticais. A cauda é mantida ereta, podendo estar parado ou caminhando.

4.2. Afiar garras: Sentado ou em pé, o indivíduo arranha superfícies com as garras protraídas dos membros anteriores, num movimento de frente para trás.

4.3. Esfregaço: O animal fica em pé nas quatro patas, sentado ou deitado esfregando a cabeça, pescoço e/ou parte da lateral do corpo contra uma determinada superfície.

5. CONFORTO: Movimentos do animal em que o resultado é um aparente relaxamento físico.

5.1. Bocejar: O indivíduo levanta a cabeça, abrindo amplamente a boca e fechando os olhos. Os dentes ficam expostos e a língua é protraída para um pouco além da boca.

5.2. Espreguiçar: O animal alonga toda ou parte do corpo, podendo está em pé ou sentado.

5.3. Rolar nas costas: Deitado com o dorso no substrato o animal faz movimentos ondulatório de um lado para o outro do corpo no substrato.

6. EXPLORATÓRIO: Captação de informações e estímulos do ambiente.

6.1. Olhar fixo: O indivíduo direciona o olhar ao estímulo fixamente, locomovendo-se ou em posição de descanso (em pé, deitado e sentado).

6.2. Estar atento: O animal mantém a cabeça erguida, os olhos abertos em alerta, orelhas eretas.

6.3. Flehmen: Posição em pé, a cabeça levantada, o indivíduo abre a boca, mas não como um bocejo, mas os dentes ficam expostos. O animal levanta o focinho e enrugando o nariz, mantendo os olhos quase fechados. As orelhas continuam relaxadas e não ocorre vocalização.

6.4. Cheirar: O animal direciona o focinho ao objeto, podendo estar se locomovendo (caminhar) ou em posição de descanso (em pé nas quatro patas, em pé nas duas patas ou sentado). Pode estar direcionado a substratos, chão, grade, tronco, paredes. Quando o indivíduo cheira “ar”, em posição em pé, não direciona o focinho para um objeto específico, mantém a cabeça levantada, fazendo movimentos curtos e lentos para cima. A boca pode estar semiaberta.

7. EVENTOS FISIOLÓGICOS: Comportamentos relacionados às necessidades fisiológicas.

7.1. Urinar: Eliminação de urina, nesse caso, se dá com o animal posicionado com os membros posteriores levemente flexionados e a cauda não está levantada. O indivíduo urina no solo.

7.2. Defecar: Ato de eliminar fezes. O indivíduo levanta a cauda, mantendo os membros posteriores flexionados durante o processo.

7.3. Regurgitar: Expelir pela boca o conteúdo do estômago. A eliminação é precedida pelo ato de colocar a língua para fora e para dentro da boca repetidas vezes.

7.4. Espirrar: expulsão reflexa, brusca e sonora do ar pelo nariz e pela boca.

8. VOCALIZAÇÃO: Emitir sons produzidos pelo aparelho bucal.

8.1. Rosnar: Emitir sons baixos, em sinal de ameaça, arreganhando os dentes.

8.2. Emitir sons suaves e curtos: O indivíduo vocaliza sons baixos e suaves de curta duração (menos de dois segundos).

8.3. Emitir roncos fortes: O animal vocaliza sons graves e roucos de curta duração, emitido uma única vez, ou vezes seguidas.

8.4. Urros: O indivíduo vocaliza sons altos e longos (cerca de 3 segundos) na forma de “u”, seguidas vezes.

8.5. Esturros: Roncos emitidos em sequência iniciando com sons curtos e regularmente próximos e terminando em sons mais longos e espaçados.

9. INTERAÇÕES AGONÍSTICAS: Envolve condições de conflito entre os indivíduos, ou situação em que um indivíduo exerce uma influência negativa sobre outro. Não envolve obrigatoriamente agressão real.

9.1. Interações agonísticas entre os indivíduos sem contato físico entre os animais.

9.1.1 Dar patada no ar: Com uma das patas anteriores indivíduo dá tapas no ar sem atingir outro indivíduo.

9.1.2. Perseguir: Corrida curta atrás de outro indivíduo.

9.1.3. Mostrar os dentes: Abertura da boca do animal expondo os dentes em ameaça, não há vocalização.

9.1.4. Aproximação com afastamento: A chegada de um indivíduo no local ocupado por outro provoca o afastamento do ocupante que se desloca para outra área.

9.2. Interações agonísticas entre os indivíduos havendo contato físico entre eles.

9.2.1. Dar patada em outro animal: O indivíduo golpeia com os membros anteriores outro animal.

9.2.2. Morder: O animal dá dentadas em outro animal, porém sem haver perfuração da pele.

9.2.3. Saltar sobre outro animal: Um indivíduo agacha-se e através de impulso de flexão dos membros posteriores, ele salta em direção a outro animal.

9.2.4. Dar cabeçadas: O animal move voluntariamente a cabeça empurrando lentamente outro indivíduo.

9.2.5. Brigar sobre 2 patas: Os animais mostram os dentes em ameaça, ficam apoiados sobre os membros posteriores, enquanto os membros anteriores tentam atingir o outro. Os membros anteriores podem envolver o outro indivíduo, pode haver mordidas. Ocorrendo vocalização durante o conflito

9.2.6. Agarrar outro animal: Usar os membros anteriores e garras para prender outro indivíduo segurando-o com força.

9.2.7. Rolar junto com outro animal: O animal leva o outro ao chão, os dois ficam envolvidos com os membros anteriores e posteriores rolando no solo. Pode ocorrer mordidas e vocalização durante o processo.

10. INTERAÇÕES PACÍFICAS: Atividades compartilhadas com ou sem contatos físicos entre si, sem ocorrência de comportamentos agonísticos.

10.1. Lamber socialmente: O indivíduo lambe outro, pode alternar com lambedura individual, ou receber lambida enquanto lambe o outro.

10.2. Esfregar-se socialmente: O animal move o corpo, principalmente cabeça, dorso e cauda, esfregando-o contra o corpo do outro indivíduo.

10.3. Cheirar socialmente: É cheirada qualquer região de outro indivíduo.

10.4. Caminhar ao lado de outro animal: O indivíduo acompanha a locomoção do outro indivíduo, caminhando ao lado deste.

11. INTERAÇÕES COM O AMBIENTE: Ações do animal relacionadas com o ambiente que o cerca.

11.1. Mascar grama: O animal arranca com a boca pedaços de vegetação do solo e inicia mastigação, havendo ou não ingestão após o processo.

11.2. Enterrar: Movimento dos membros posteriores de jogar terra sobre objeto, nesse caso, fezes do outro indivíduo.

11.3. Cavar: revolver a terra ou nela produzir cavidade, depressão ou buraco usando os membros anteriores e garras.

11.4. Carregar objeto com a boca: Segurar objeto entre a mandíbula e maxilar transportando-o enquanto caminha.

12. COMPORTAMENTOS ALIMENTARES: Comportamentos do animal em relação a algum item alimentar seguido da ingestão.

12.1. Alimentar-se: O alimento é cortado e mastigado sendo depois ingerido. A posição pode ser em pé nas quatro patas, sentado ou deitado.

12.2. Ingerir líquidos: A região anterior do corpo fica abaixada, enquanto a parte posterior está levantada. A língua leva a água para dentro da boca.

12.3. Lamber o alimento: O animal lambe o alimento, mas não o ingere.

12.4. Carregar comida com a boca: O animal transporta o alimento entre os dentes enquanto caminha, levando-o para local mais reservado, como o alto do tronco.

12.5. Brincar com comida: O indivíduo usa os membros anteriores para dar patadas no alimento ou para rolar o alimento no solo.

13. COMPORTAMENTOS DE CAÇA: Comportamentos envolvidos na tentativa e captura de presas.

13.1 Espreitar: O animal primeiramente fica parado em pé nas quatro patas, ou deitado em posição de esfinge, com a cauda em movimento ou não, olhando fixo para a

“presa” que se encontra parada, depois ocorre o salto, ou caminhada vagarosa, ou ainda uma corrida em direção a ela.

13.2. Seguir: O indivíduo acompanha o movimento da “presa” locomovendo-se na direção que ela tomar, inicialmente em velocidade compatível com a dela para depois tentar superá-la e fazer a captura.

13.3. Pescar: O animal olha fixo na água em seguida mergulha e começa a seguir a presa, ficando submerso, a captura é feita utilizando os dentes e garras.

Houve um maior número de registros de locomoção e parado para ambos os animais, com destaque para a quantidade de registros dedicados ao ato de explorar pelo filhote (Figura 2).

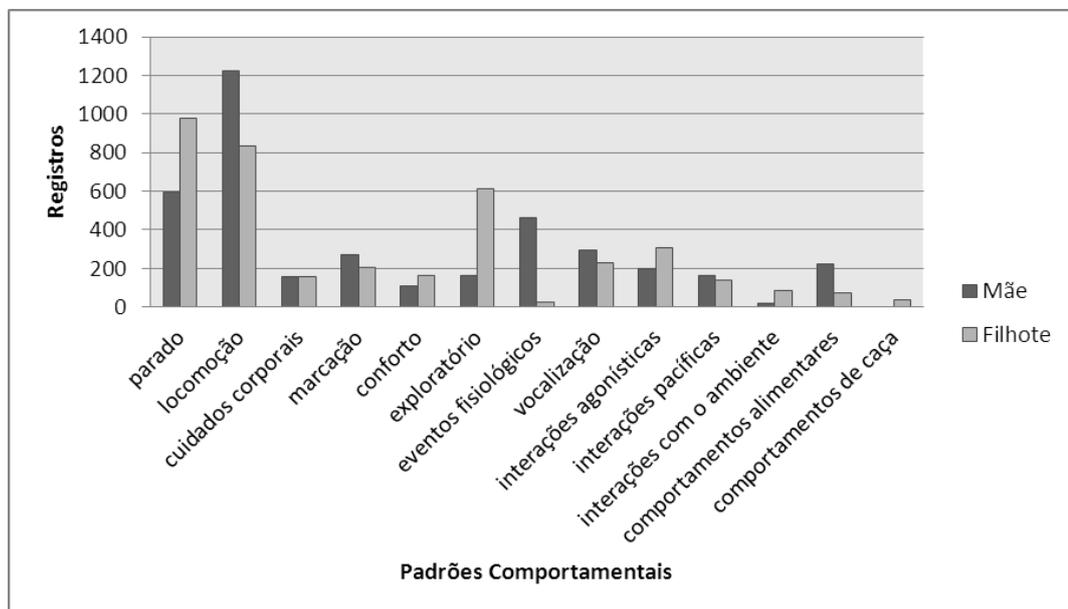


Figura 2- Quantidade total de padrões comportamentais registrada para ambos os indivíduos no Parque de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil

De modo geral o filhote mostrou-se mais suscetível as influências dos estímulos que o cercam, exibindo com maior frequência comportamentos de interações com o ambiente, de caça e exploratório em comparação com sua mãe. Os comportamentos de caça eram empregados principalmente quando pequenos animais voadores, como pássaros ou insetos maiores, passavam pela tela de proteção do teto do recinto. Este comportamento foi empregado também uma vez que foi oferecido enriquecimento alimentar com presas vivas no recinto. Segundo Franco e Nora (2017) oferecer o alimento em lugares alternativos proporciona aos animais a oportunidade de explorar o ambiente, incentivando comportamentos e habilidades naturais da espécie.

De acordo com Carthy (1980) animais mais jovens tendem a reagir mais fortemente aos estímulos ao seu redor. Com o passar do tempo o animal aprende a não reagir, quando esses estímulos não estão relacionados com algum tipo de recompensa ou punição.

As atividades que envolvem elementos de agressão entre mãe e filhote, identificadas como agonísticas e que apresentam uma frequência relativamente alta no repertório comportamental de ambos os animais têm grande importância no desenvolvimento do filhote, é na fase jovem que o indivíduo aprende as bases do comportamento adulto. Segundo Souto (2003) essa interação entre mãe e filhote é ainda maior em cativeiro, já que a mãe pode dar mais atenção ao filhote por não precisar dedicar-se a obtenção do alimento e a proteção contra ameaças do ambiente natural.

Com relação ao horário os animais apresentaram menor atividade no intervalo das 10:00-14:00, período com maior registro dos comportamentos de dormir sobre o tronco ou no solo da área de refúgio e permanecer deitado sobre uma dessas superfícies durante essas horas mais quentes do dia. Resultado semelhante em relação aos períodos de menor atividade foi observado por Silveira (2004) para essa espécie em vida livre através da rádio-telemetria.

Assim, como ressaltam Franco e Nora (2017) diante do atual cenário de declínio das populações de *Panthera onca* nos biomas brasileiros, esforços de conservação que objetivem a integração de ações de manejo de populações in situ e ex situ tornam-se fundamentais. E segundo Santos (2016) para traçar estratégias de conservação eficientes de uma espécie é preciso decifrar seus hábitos e entender como estas se relacionam com o espaço.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o estudo foram identificados 13 padrões comportamentais para ambos os indivíduos, entre os quais estão distribuídos 67 comportamentos. As maiores frequências encontradas foram para o estado parado e o de locomoção. Os animais também mostraram uma ampla variedade de interações agonísticas e pacíficas entre os dois indivíduos. Houve frequências muito próximas de comportamentos ligados aos cuidados corporais.

Ao longo do estudo foi possível verificar que o filhote mesmo nascido em cativeiro se destacou por apresentar maior frequência de comportamentos relacionados à caça, exploratórios e de interação com o ambiente. Estes comportamentos são essenciais na natureza, mostrando a aptidão desse animal para incorporar programas de reintrodução ao ambiente selvagem, como nos biomas brasileiros da caatinga, floresta atlântica e cerrado,

onde a presença de onças-pintadas é cada vez mais rara. Deve-se ressaltar ainda que ações como esta devem ser bem planejadas para que haja seu efetivo sucesso.

REFERÊNCIAS

ALTMANN, J. Observational study of behavior: Sampling methods. **Behaviour**, v. 49, p. 227-267, 1974.

ALVES, R. A.; PAULISTA, P. H. Proposta de ensaios experimentais para aplicação das ferramentas da qualidade. **Revista Científica da FEPI**, v. 6, n. 1, p. 1-4, 2015.

BEISIEGEL, B.M.; MORATO, R.G.; PAULA, R.C.; MORATO, R.L.G. In: Apresentação da Seção Avaliação do Estado de Conservação dos Carnívoros. **BioBrasil Biodiversidade Brasileira Revista Científica**, ano 3, n.1, p.54-55, 2013.

CASTRO, L. **Influências do enriquecimento ambiental no comportamento e nível de cortisol em felídeos silvestres**. Brasília. Dissertação (Mestrado em Saúde Animal), 2009, Universidade de Brasília. 2009. p.01-88.

CARTHY, J. **Comportamento animal** (Temas de biologia). São Paulo: Editora E.P.U. v.14. 1980. p. 53-54.

DEL-CLARO, K. **Comportamento Animal: Uma introdução à ecologia comportamental**. Jundiaí: Editora- Livraria Conceito. 2004. p. 82.

FRANCO, J.L.A.; NORA, F.P.M. No Extinction (NEX): História de um criadouro científico e do seu papel para a conservação da biodiversidade. **Sustentabilidadeem Debate**, v. 8, n. 1, p. 158-184, 2017.

FRASER, D. **Compreendendo o Bem - estar Animal: a Ciência no seu contexto cultural**. Londrina. PR: Eduel. 2012. p.436.

IUCN- International Union for Conservation of Nature. **Red List of Threatened Species**. Version 2017-3. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 29/03/ 2018.

MORATO, R.G.; BEISIEGEL, B.M.; RAMALHO, E.E.; CAMPOS, C.B.; BOULHOSA, R.L.P. Avaliação do risco de extinção da Onça-Pintada *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **BioBrasil Biodiversidade Brasileira Revista Científica**, ano 3, n.1, p.122-132, 2013.

PAULA, R.C.; DESBIEZ, A.; CAVALCANTI, S. (Org.) **Plano de Ação Nacional para Conservação da Onça-Pintada**. Brasília: ICMBio, 2013.

RICKLEFS, R. **A Economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 6. ed. 2010. p. 491.

SANTOS, P. K.A. **Seleção de habitat de Panthera onca (Linnaeus, 1758) em uma paisagem heterogênea no Pantanal sul-matogrossense**. 2016. 36f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro,

Rio Claro, 2016.

SILVEIRA, L. **Ecologia comparada e conservação da Onça pintada (*Panthera onca*) e onça parda (*Puma concolor*), no cerrado e pantanal.** 2004. 188f. Tese (Foutora) Biologia Animal, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

SOUTO, A. **Etologia Princípios e Reflexões.** Recife: Editora Universitária Ufpe. 2003. p. 224.

SOUZA, K. A.; VALERO, M.V.; GUERRERO, A.; SAÑUDO, C.; PRADO, I.N. Refúgio ecológico e sistema de produção extensivo de bovinos de corte: exemplo da fazenda Caiman no Pantanal do Mato Grosso do Sul. **Pubvet**, Maringá, v. 9, p. 467-501, 2015.

SRBEK-ARAÚJO, A. C.; MENDES, S. L.; CHIARELLO, A. G. Jaguar (*PANTHERA ONCA* LINNAEUS, 1758) roadkill in brazilianatlantic forest and implications for species conservation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. 581-586, 2015.

SWANK, W.; TEER, J. Status of the Jaguar-1987. **Oryx**. v.23,n.1. p.14-21, 1989.

TORRE, J. A.; NÚÑEZ, J. M.; MEDELLÍN, R. A. Habitat availability and connectivity for jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Mayan Forest: Conservation priorities for a fragmented landscape. **Biological conservation**, v. 206, p. 270-282, 2016.

ZUANON, A.; FONSECA, C. A relação do homem com os demais animais e o que se conhece deles a partir da Etologia e da Ciência do Bem Estar Animal. **ArsVeterinaria**, v. 30, n. 2, p. 83-91, 2015.

AVALIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM REGIÃO SEMIÁRIDA DA PARAÍBA, BRAZIL¹

Juliana Rayssa Silva Costa²
Fernando Moreira da Silva³
Bartolomeu Israel de Souza⁴
George Santos Marinho⁵

RESUMO

O trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração de referência-ET_o para o ano de 2017 em uma área rural do município de Cabaceiras – PB. Como metodologia estimou-se as temperaturas através do software Estima T, os quais foram inseridos nos métodos de Ivanov (1977) e Thornthwaite & Mather (1955) e avaliados pelo índice de concordância ou ajuste de Willmott (1985), tomando por base o que prevê o Relatório AR4 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). O ano escolhido foi 2017, uma vez que existem dados disponíveis e validados, através de estação climatológica instalada em campo. Os resultados mostraram o balanço hídrico com um déficit em todos os meses do ano. A evapotranspiração de referência para a região estudada foi considerada pouco significativa para o cenário B2 (otimista) do IPCC, entretanto para o cenário A2 (pessimista) há perdas consideráveis de umidade na superfície, ficando acima de 100 mm. O método de Ivanov, apesar de ser simples de aplicação, carece de calibração local. O método de estimação de temperatura pelo Estima T não apresentou resultados satisfatórios.

Palavras-chave: Balanço hídrico, Déficit Hídrico, Caatinga, Cabaceiras.

INTRODUÇÃO

O aquecimento global é um fato em discussão no Brasil e no mundo, ainda que muitas questões que envolvem esse tema, direta e indiretamente, não permitam até o momento estabelecer algumas relações com grande certeza. O que se sabe é que a elevação do campo térmico atmosférico tem afetado a população de diversas maneiras, a exemplo dos impactos na agricultura e no meio ambiente, com projeções que indicam situações cada vez mais extremas.

¹ Projeto de Pesquisa;

² Discente do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, julianacosta.rn@gmail.com;

³ Docente do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, fernandoxmoreira@bol.com.br;

⁴ Docente do Curso de Geografia da Universidade da Paraíba - UFPB, bartolomeuisrael@gmail.com;

⁵ Docente do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, gmarinho@ct.ufrn.br;

Vários autores apontam que o gás carbônico (CO₂) é o maior responsável pelo aumento de temperatura via efeito estufa, apresentando taxa de elevação em 0,4% ao ano, embora sua concentração seja de 30 a 200 vezes inferior ao vapor d'água (H₂O) (VIANELLO, 2000).

Nesse contexto, a mudança climática atual é caracterizada pela elevação da temperatura e pelas alterações nos padrões de precipitação (BRUNNER *et al.*, 2015). Segundo o IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*, em seu IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR4, 2007), para cenários de precipitação e temperatura média mensal do ar com redução da precipitação de 10% e aumento da temperatura do ar em 1°C (cenário B2) temos uma previsão otimista, enquanto para o cenário com redução da precipitação pluvial de 20% e aumento da temperatura média do ar em 4°C (cenário A2) constitui-se uma previsão pessimista. Indo um pouco mais além, no cenário otimista, a radiação global irá atingir seu ponto máximo no meio desse século, recuando posteriormente, enquanto no cenário pessimista teríamos um aumento constante nessas taxas.

Diante dessa perspectiva, regiões do Brasil que sofrem historicamente com as oscilações naturais do clima podem ter uma situação econômica, social e ambiental agravadas, destacando-se nesse aspecto o espaço abrangido pelo semiárido no país. Para a temperatura do ar, por exemplo, as projeções para essa região revelam um aumento de no mínimo 2°C, podendo chegar até mais de 4°C ao longo do século presente (TEBALDI *et al.*, 2007).

Concebendo a discussão anterior como algo de elevada probabilidade de ocorrer ao longo do tempo, cabe questionar como será o comportamento da evapotranspiração em áreas de caatinga, diante desses cenários. Essa estimativa é de suma importância, pois está agregada a determinação da contabilização de água na relação solo-planta-atmosfera. Em outras palavras, conhecer o balanço hídrico para uma determinada região é de extrema relevância, pois este fornece a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa em um volume de solo vegetado (MOTA, 1987; TUBELIS e NASCIMENTO, 1992; PEREIRA *et al.*, 2002). Portanto, através do balanço hídrico podemos entender a dinâmica da água no sistema, conseqüentemente isso nos permite conhecer melhor como diversos elementos poderão ser afetados com os cenários futuros estimados pelo IPCC.

O solo é o reservatório natural de água para a vegetação. Sua entrada no sistema é feita pela precipitação e/ou irrigação, enquanto a saída se dá pela evapotranspiração. Apresenta uma capacidade de armazenamento de água que uma vez satisfeita, permite a percolação desse excedente para o lençol freático, que é contabilizada pelo balanço hídrico. Nesse contexto, se faz necessária uma breve discussão sobre alguns trabalhos que realizaram estimativas de balanço hídrico aplicados a regiões do Brasil que apresentam elevada sazonalidade pluviométrica.

Amorim *et al.* (1995) analisaram vários métodos de estimativa da evapotranspiração na região semiárida do Rio Grande do Norte, cujo método padrão foi o lisímetro. Os métodos analisados foram: Tanque Classe “A”, Thornthwaite, Hargreaves, Penman, Benavidez & Lopes, Blaney & Criddle, escolhidos por serem bastante usados no semiárido. Todos os métodos estudados superestimaram, em termos de média, os valores da evapotranspiração de referência medidos pelo lisímetro, com exceção do método de Blaney & Criddle que não apresentou diferenças significativas estatisticamente.

Nunes *et al.* (2011) estimaram a Evapotranspiração de Referência (ET_o) através da metodologia proposta por Ivanov (1977) para o município de Palmas – TO. Os resultados indicaram que a ET_o estimada estava próxima dos valores obtidos por outros métodos empíricos para a região de estudo. Dessa forma, foi avaliado que a metodologia proposta por Ivanov (1977) é uma boa alternativa para a estimativa da ET_o e de fácil aplicação.

Medeiros *et al.* (2015) trabalharam com o balanço hídrico e a erosividade a partir de dados de temperatura estimados pelo modelo Estima_T, enfatizando os cenários do IPCC para o município de Cabaceiras - PB. Os resultados demonstraram que o cenário otimista (B2) e o pessimista (A2) indicaram situações críticas das condições do solo que ocasionarão grandes perdas para os recursos hídricos e cultivos de sequeiro. Além disso, os índices pluviométricos para o cenário A2 não seriam suficientes para o desenvolvimento de vários tipos de culturas, ocorrendo também alta erosividade.

O modelo empírico Estima T oferece uma estimativa da temperatura do ar a partir de uma superfície quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI & SILVA, 2006), sendo amplamente usada em áreas desprovidas de informações medidas por estações climatológicas, situação essa dominante em grande parte do Brasil.

Com base no exposto, esse artigo tem como objetivo a estimativa da Evapotranspiração de Referência em vegetação de caatinga no município de Cabaceiras/PB e sua resposta aos cenários do IPCC, bem como efetuar a validade dos resultados e do modelo Estima T em um município selecionado no semiárido da Paraíba.

METODOLOGIA

Foram utilizados dados mensais de temperatura e umidade relativa do ar para o ano de 2017 coletados na estação climatológica automática do Projeto Cariri, vinculada ao Departamento de Geociências da UFPB, bem como as informações dos cenários previstos pelo IPCC, através do seu 4º relatório - AR4 (IPCC, 2007). O município selecionado para desenvolvimento desse trabalho foi Cabaceiras – PB, o qual passou a contar com uma estação climatológica do referido projeto a partir do ano anteriormente mencionado. A estação climatológica está localizada no perímetro rural de Cabaceiras, Fazenda Salambaia, latitude de 7° 30' Sul, longitude de 36° 17' Oeste, em uma altitude de 390 m.

Cabaceiras apresenta uma área de 400,22 km². Está inserido na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Oriental, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (IBGE, 2010). É considerada parte de um dos pólos xéricos do Brasil e o município de menor média histórica de chuvas do país (NIMER, 1979).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominante abaixo de 600 mm anuais e temperatura média menor que 26°C (VIANELLO & ALVES, 1990; MEDEIROS, 2015). Essas características fazem desse município uma importante referência para desenvolvimento de trabalhos com a abordagem do presente trabalho, destacando-se ainda o fato de que, desde 2012, a região onde ele está inserido (Cariris Velhos), entre outras do semiárido brasileiro, vem passando por uma forte estiagem.

A estimativa da evapotranspiração de referência foi efetuada através dos métodos desenvolvidos por Ivanov (1977), bem como por Thornthwaite & Mather (1955), descritos a seguir:

a) Ivanov (1977)

$$ET_o = 0,0006 (25 + T)^2 (1 - UR/100) \quad (01)$$

Onde:

ET_o = Evapotranspiração de referência (mm/dia)

T = Temperatura média do ar (°C)

UR = Umidade relativa média do ar (%)

b) Thornthwaite&Mather (1955)

O balanço hídrico é o computo das entradas e saídas de água de um sistema. Várias escalas espaciais podem ser consideradas para se contabilizar o balanço hídrico. Na escala macro, o “balanço hídrico” é o próprio “ciclo hidrológico”, cujo resultado nos fornecerá a água disponível no bioma. Desta forma a variação da água em um volume de controle é dado por:

$$\Delta A = P - ET \pm ES \pm DF \quad (02)$$

Onde:

ΔA => Variação no armazenamento;

P => Precipitação;

ET => Evapotranspiração;

ES => Escoamento superficial;

DF => Drenagem profunda.

Esse é um método clássico utilizado para monitorar a variação do armazenamento de água no solo ao longo do ano. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), pela evapotranspiração potencial (ETP), levando em consideração o nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriada à região em questão. O balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM). O modelo hidrológico de Thornthwaite&Mather (1955) pode ser consultado em Tubelis& Nascimento (1990):

$$ET_o = 1,6 (10T/I)^a \quad (03)$$

Onde ET_o é a evapotranspiração de referência (cm), “ a ” é uma constante local, T é a temperatura do ar (°C) e I é o índice térmico dado por:

$$I = (T/5)^{1,514} \quad (04)$$

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,01792 I + 0,49239 \quad (05)$$

c) Estima_T

O Estima T, que segundo Cavalcanti, Silva e Souza (2006) é um programa computacional, cujo neste determinaram-se os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal, em função das coordenadas locais (longitude, latitude e altitude, conforme proposto por Cavalcanti & Silva (1994). Este encontra-se disponível gratuitamente na website do Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA) da Universidade Federal de Campina Grande, no endereço: http://www.dca.ufcg.edu.br/estima_t/.

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar elaborado por Cavalcanti & Silva (1994) é uma superfície quadrática, dada por:

$$T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\phi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\phi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\phi + a_8\lambda h + a_9\phi h \quad (06)$$

d) Teste de concordância

Os resultados das evapotranspirações com base em Ivanov (1977) e Thornthwaite & Mather (1955), bem como as estimativas da temperatura pelo Estima T, foram avaliados pelo índice de concordância ou ajuste de Willmott (WILLMOTT *et al.*, 1985), onde os valores variam de zero, quando não existe concordância, a 1, para a concordância perfeita, sendo dado pelas equações:

$$d = 1 - [\sum(Y_i - X_{med})^2 / \sum(\text{abs}(Y_i - X_{med}) + \text{abs}(X_i - X_{med}))] \quad (07)$$

$$r = \sum[\text{abs}(X_i - X_{med})(\text{abs}(Y_i - Y_{med})) / [\sum((X_i - X_{med})^2)]^{0,5} [\sum((Y_i - Y_{med})^2)]^{0,5}] \quad (08)$$

$$c = r d \quad (09)$$

Onde “d” é o índice de concordância, “r” é o coeficiente de correlação de Pearson, “c” é o coeficiente de confiança ou desempenho, “Xi” e “Yi” são as variáveis de evapotranspiração por Thornthwaite & Mather (1955) e Ivanov (1977), respectivamente. A tabela 01 mostra a interpretação do coeficiente de concordância (HOPKINS, 2000):

Tabela 01 - Coeficiente de concordância

Coeficiente“c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Sofrível
0,41 – 0,50	Mau
< 0,40	Péssimo
< 0,40	Péssimo

Fonte: HOPKINS, 2000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 02 mostra os resultados obtidos para a temperatura, umidade do ar, precipitação, precipitação média histórica e evapotranspiração de referência para três cenários distintos estimados pelo método de Ivanov (1977) para região de Cabaceiras.

Tabela 02 - Dados medidos e estimados da temperatura, umidade do ar, precipitação em 2017, precipitação média histórica e evapotranspiração de referência para três cenários distintos pelo método IVANOV (1977) na cidade de Cabaceiras/PB.

Meses	Temperatura média (°C)	UR (%)	Prec_2017 (mm)	Prec_média (mm)	ETo_COR (mm)	ET0_B2 (mm)	ET0_A2 (mm)
Jan	26,8	52,2	6,0	23,0	140,3	185,9	207,6
Fev	27,0	53,3	0,0	39,2	138,0	165,5	184,8
Mar	27,2	55,6	5,4	59,8	139,1	175,3	195,7
Abr	26,6	58,9	16,6	60,2	136,5	153,3	171,3
Mai	26,1	61,5	21,6	42,3	135,8	145,7	163,0
Jun	23,9	65,6	22,4	43,5	132,1	115,4	129,7
Jul	22,4	79,2	76,6	36,8	126,5	67,8	76,5
Ago	24,2	69,5	1,0	14,9	130,8	107,4	120,6
Set	24,6	59,3	9,6	5,2	135,1	140,4	157,5
Out	26,4	55,0	1,6	3,4	138,6	172,7	193,1
Nov	27,4	50,0	0,0	3,8	141,0	192,0	214,2
Dez	27,3	53,0	2,2	9,3	140,4	186,2	207,8
Total	---	---	163,0	341,4	1.634,3	1.807,7	2.021,7

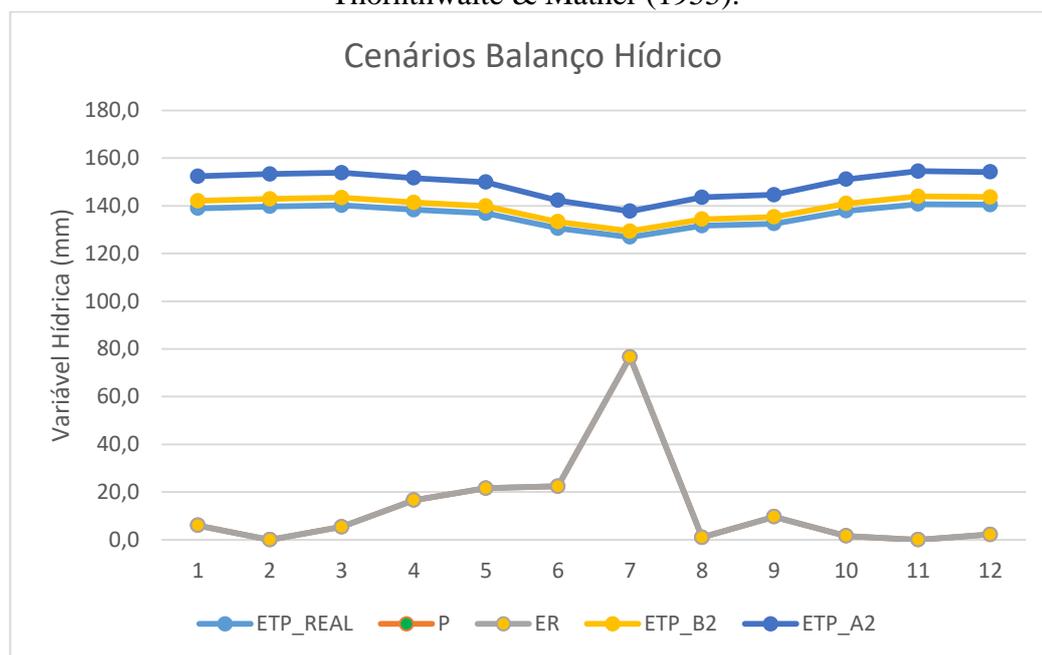
Verifica-se que o acumulado anual da precipitação para o ano de 2017 foi abaixo da média histórica (52%). O trimestre mais chuvoso corresponde a maio, junho e julho. A temperatura média anual ficou em 25,8°C, condizente com a Medeiros *et al.* (2015), enquanto

a umidade relativa de 59,4% traduz uma atmosfera seca. A Evapotranspiração de Referência pelo método de Ivanov (1977) apresentou valor total anual de 1.634,3 mm para o cenário real (ETo_COR), 1.807,7 mm para o cenário B2 (ETO_B2) e 2.021,7 para o cenário A2 (ETO_A2). Portanto, nos três casos temos uma evolução ascendente nas perdas de água na área de estudo, elevando-se no cenário otimista (B2) e ficando ainda pior no cenário pessimista (A2).

Observa-se ainda que em todos os meses a ETo está acima de 100mm, exceto no mês de julho que ficou abaixo da capacidade de campo nos dois cenários, B2 e A2. Vale salientar que os maiores valores de ETo ocorreram nos meses em que a temperatura do ar é bastante elevada e a umidade relativa do ar apresenta seus valores mais baixos. Por outro lado, o mês de julho apresentou a menor ETo em todos os cenários, isso porque a temperatura diminuiu e a umidade relativa do ar aumentou consideravelmente. É importante destacar que no mês de julho, em 2017, foram registradas as maiores chuvas na área de estudo, com 76,6 mm, ainda que, geralmente os maiores eventos pluviométricos ocorram em março (NIMER, 1979). Tal aspecto demonstra a elevada dinâmica existente quanto às chuvas no semiárido brasileiro, no que diz respeito ao total ocorrente, sua distribuição temporal e espacial, caracterizando um sistema complexo.

Na Figura 01 temos o total registrado e a distribuição mensal das chuvas para o ano 2017, juntamente com os três cenários da evapotranspiração estimados pelo balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955). Observamos, inicialmente, que a estação seca ocorreu praticamente o ano todo, exceto no mês de julho (número 7 da figura), quando choveu 76,6 mm, conforme já mencionamos anteriormente.

Figura 01 - Cenários da evapotranspiração estimados pelo balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955).



Novamente verificamos que as evapotranspirações estimadas apresentaram aumento conforme a elevação das temperaturas médias do ar. No cenário B2, com aumento de 1°C, ocorre uma elevação pouco significativa de 35,9 mm na ETo, enquanto no cenário A2, aumento de 4°C, existem mudanças expressivas na ETo, com 154,9 mm.

Com base nesses resultados, no cenário B2, ainda que a vegetação mais sensível à perda de umidade seja atingida, levando em consideração que na caatinga temos diversas espécies perenes, é provável que tenha capacidade para suportar essa queda, particularmente as arbóreas e arbustivas, uma vez que, em resposta a esse cenário mais seco elas tenderiam a investir mais biomassa em órgãos de raízes, otimizando a absorção e minimizando as perdas por transpiração, como observado por Markesteijn & Porter (2009) em diversas espécies de árvores tropicais, embora deva haver diminuição das herbáceas, pelo fato das mesmas não apresentarem esse mecanismo evolutivo (MARKESTEIJIN & PORTER, 2009; BRUNNER *et al.*, 2015).

Para o cenário A2 a vegetação melhor adaptada fisiologicamente a esse elevado *stress* hídrica, como cactos e bromélias, deverá ocupar mais espaço, em substituição às espécies arbóreas e arbustivas, uma vez que apresentam maior eficiência em suportar esse tipo de comportamento do balanço hidrológico, tal como observado por Nobre & Oyama (2003) e Salazar *et al.* (2007) para toda a América do Sul, Pinheiro *et al.* (2016) para o bioma Caatinga

e Vico *et al.* (2015) e Raz-Yaseef *et al.* (2010) para os ecossistemas secos em todo o mundo, onde estiagens longas e intensas favoreceriam a expansão das plantas decíduas em detrimento das perenes, com grande mortalidade de árvores, induzindo a ocorrência de mudanças na composição e distribuição geográfica de diversas espécies.

Os solos, por sua vez, ficarão mais desprotegidos, com perdas de umidade na superfície (WETHERALD & MANABE, 2002; JUNG *et al.*, 2010). Nesse caso, mesmo sem mudanças importantes na quantidade de chuva, a elevação da temperatura do ar poderia levar a um aumento da evapotranspiração, gerando diminuição do armazenamento de água no solo (PINHEIRO *et al.*, 2016; SALAZAR *et al.*, 2007).

Com menor cobertura vegetal, os solos ficarão mais aquecidos inclusive internamente. Nesse caso, o aumento dessa temperatura em suas camadas subsuperficiais, onde dominam os processos de germinação de sementes, pode afetar a capacidade de diversas espécies em se reproduzir, haja vista que na Caatinga a temperatura ideal dos solos para que ocorra esse processo para a maioria das espécies vegetais não deve superar os 30°C, limite que já foi ultrapassado em grande parte da região do Cariri paraibano, conforme dados de Souza *et al.* (2015), devido a desmatamentos intensivos que ocorreram e continuam a assolam essa região, o que explicaria o domínio de paisagens com pouca ou nenhuma cobertura vegetal que há muito tempo não reagem positivamente à ocorrência de chuvas nessas terras, mesmo quando a pluviosidade ocasionalmente é abundante, ficando a dúvida se parte do ambiente já não ultrapassou o seu limite crítico, estando totalmente alterado, como alertam Medeiros *et al.* (2017) para o que pode estar ocorrendo em sistemas dinâmicos susceptíveis à desertificação como essa região.

Portanto, diversas consequências negativas do ponto de vista ambiental ocorrerão em virtude do domínio desse cenário, algumas destas já possíveis de serem medidas, implicando em uma série de questões econômicas e sociais, afetando diretamente a qualidade de vida da população local e das adjacências.

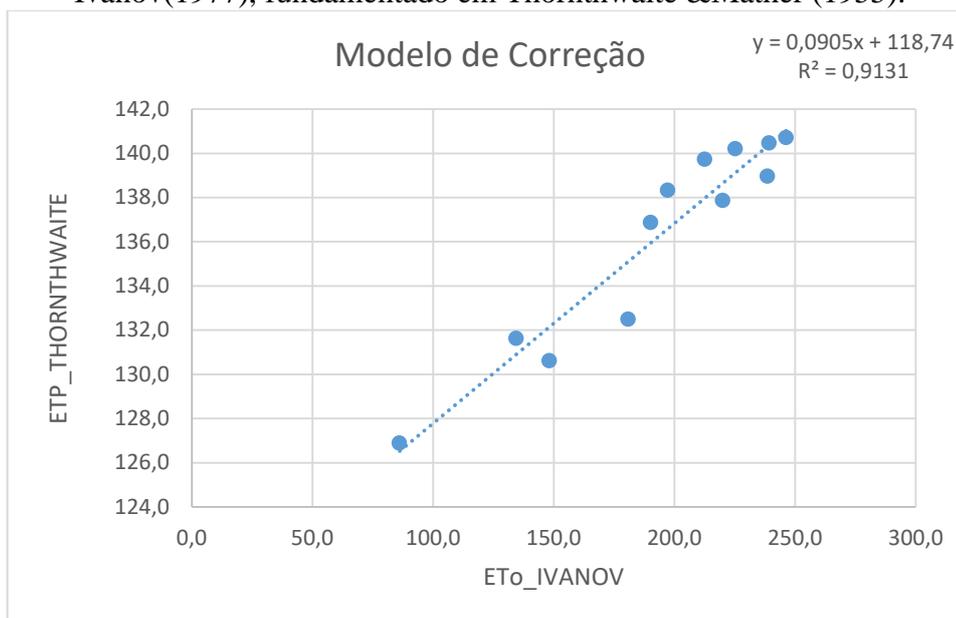
O teste de concordância de Willmott (Tabela 03) para as evapotranspirações apresentou resultados não satisfatórios, sendo necessário uma correção polinomial (Figura 02). Após essa correção o resultado mostrou-se ótimo e, portanto, bastante satisfatório para região de Cabaceiras.

Tabela 03 - Teste de Concordância entre os métodos de

evapotranspiração por Thornthwaite & Mather e Ivanov.

	Ivanov (1977)	Ivanov_Cor
d	0,49	0,98
r	0,96	0,96
c	0,47	0,93
Conclusão:	Mau	Ótimo

Figura 02 - Correção pelo método dos mínimos quadrados do modelo de Ivanov(1977), fundamentado em Thornthwaite &Mather (1955).



O teste de concordância de Willmott aplicado no comportamento do modelo de estimação de temperatura, Estima T, com os dados medidos pela estação climatológica automática instalada na Fazenda Salambaia - ECA (Tabelas04 e 05), mostrou que este não foi capaz de reproduzir satisfatoriamente o desempenho temporal do campo térmico da caatinga em Cabaceiras/PB (Tabela 4).

Tabela 04 - Dados de temperaturas da estação climatológica (ECA) e estimados pelo modelo Estima T.

Temp_ECA(°C)	Temp_Estima_T(°C)
26,8	24,3
27,0	24,3
27,2	25,3
26,6	25,6
26,1	25,6
23,9	25,0
22,4	25,3
24,2	26,5

24,6	28,3
26,4	28,0
27,4	25,5
27,3	24,5

Tabela 05 - Teste de Concordância do método Estima T e dos dados coletados da ECA.

	Estima T
D	0,217393
R	0,96
C	0,21
Conclusão:	Péssimo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um déficit hídrico na área de estudo para todos os cenários do IPCC nos dois métodos aplicados, Ivanov e Thornthwaite & Mather (1955). A Evapotranspiração de Referência sofrerá uma pequena queda para o cenário B2, indicando que nessa situação possivelmente o sistema vegetal atual, no caso das árvores e arbustos, não será grandemente atingido negativamente, dada a capacidade de adaptação a essa condição de diminuição leve de umidade disponível nos solos, a partir de mecanismos relacionados às respostas das raízes a essa condição. A exceção fica por conta das herbáceas, por não apresentarem essas adaptações evolutivas, o que implica, do ponto de vista econômico, que a pecuária dessa região, particularmente o rebanho bovino, será afetado com relativa intensidade, devido a diminuição de pasto disponível.

Para o cenário A2, há perdas consideráveis de umidade na superfície, sendo estas acima de 100mm, com implicações negativas intensas para diversas espécies arbóreas e arbustivas, tanto em número quanto em diversidade, caracterizando um ambiente árido. É importante destacar que parte desse cenário já é observada em algumas áreas do Cariri, inclusive em Cabaceiras, em função de desmatamentos intensivos que, se não tem origem em mudanças climáticas, tem o homem como criador dessa situação ao modificar a entrada de água nos solos e também favorecer a elevação das temperaturas superficiais, com repercussões diretas no balanço hídrico local.

Sobre os métodos utilizados, o de Ivanov (1977), apesar da simplicidade na sua aplicação, carece de calibração local. O Estima T não apresentou resultados satisfatórios,

demonstrando a elevada importância da presença de equipamentos analógicos fixos em regiões como a estudada, para que a captura de dados reais possa ser efetuada e, com base nestes, seja possível a criação de cenários climáticos mais confiáveis e próximos do que poderá acontecer no futuro.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M.C.; SOBRINHO, J.E.; NETO, F.B. MAIA NTO, J.M; CORDEIRO, L.G. Análise de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência em áreas ribeirinhas do rio Mossoró, na região nordeste do Rio Grande do Norte. In: **IX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 1995, Campina Grande – PB.

BRUNNER, I.; HERZOG, C.; DAWES, M. A.; AREND, M.; SPERISEN, C. How tree roots respond to drought. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, article 547, 2015.

CAVALCANTI, E.P. e SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia. Belo Horizonte, outubro de 1994.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para estimativa da temperatura do ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.140-147, 2006.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **ClimateChange–the Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge Univ. Press., 2007.

JENSEN, M. **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1973.

JUNG, M.; REICHSTEIN, M.; CIAIS, P.; SENEVIRATNE, S. I.; SHEFFIELD, J.; GOULDEN, M. L.; BONAN, G.; CESCATTI, A.; CHEN, J.; de JESUS, R.; DOLMAN, A. J.; EUGSTER, W.; GERTEN, D.; GIANELLE, D.; GOBRON, N.; HEINKE, J.; KIMBALL, J.; LAW, B. E.; MONTAGNANI, I.; UM, Q.; MUELLER, B.; OLESON, K.; PAPALE, D.; RICHARDSON, A. D.; ROUPSARD, O.; RUNNING, S.; TOMELLERI, E.; VIOVY, N.; WEBER, U.; WILLIAMS, C.; WOOD, E.; ZAEHLE, S.; ZHANG, K. Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. **Nature**, 467: 951 – 954, 2010.

HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso em: 12 set. 2018.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 julho 2018.

MARKESTEIJN, I. & PORTER, I. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought and shade tolerance. **J. Ecol.** 97, p. 311 – 325, 2009.

MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; SABOYA, L. M.F. SABOYA; FRANCISCO, P. R. M. **Cálculo do balanço hídrico e da erosividade para o município de Cabaceiras-PB.** Enciclopédia Biosfera. Goiânia: Centro Científico Conhecer, v.11 n.21; 2015.

MEDEIROS, E. S.; CALDAS, I. L.; BAPTISTA, M. S.; FEUDEL, U. TR apping phenomenon attenuates the consequences of Tipping Points for limite cycles. **Scientific Reports** 7, 42351, 2017.

MOTA, F.S. **Meteorologia Agrícola.** São Paulo: Livraria Nobel, 1987.

NIMER, E. **Pluviometria e recursos hídricos dos Estados de Pernambuco e Paraíba.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1979.

NOBRE, A. A. & OYAMA, M. D. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 23, p. 2199 – 2203, 2003.

NUNES, R.G.; SILVA, R.A.; MACIEL, G.F.; SOUSA, E.S.; BORGES, F.W.L.; BRITO, R.S. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Palmas - TO através do método de Ivanov. In **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2011, Guarapari - ES.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.S. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba: Livraria FEALQ, 1997.

PINHEIRO, E. A. R.; METSELAAR, K.; van LIER, Q. J.; ARAÚJO, J. C. Importance of soil-water to the Caatinga biome, Brazil. **Ecohydrology** 9: 1313 – 1327, 2016.

RAZ-YASEEF, N.; YAKIR, D.; ROTEMBERG, E.; SCHILLER, G.; COHEN, S. Ecohydrology of a semi-arid forest: partition in among water balance and its components implications for predicted precipitation changes. **Ecohydrology** 3: 143 – 154, 2010.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. **Geophysical Research Letters** 34: 1- 6, 2007.

SILVA, V.P.; AZEVEDO, P.V. Capacidade de água disponível nos solos do estado da Paraíba. In **IX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 1995, Campina Grande – PB.

SOUZA, B. I.; MACÊDO, M. L. A.; SILVA, G. J. F. Temperaturas dos solos e suas influências na regeneração natural da caatinga nos Cariris Velhos – PB. **Ra'ega**, v. 35. P. 261 – 287, 2015.

TEBALDI, C.; HAOHOW, K.; ARBLASTER, J.; MEEHL, G. Goig to extremes. Na intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. **Climatic Change**, v. 79, p. 185 – 221, 2007.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. New Jersey: **Drexel Institute of Technology**, 1955.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações** Brasileiras. São Paulo: Livraria Nobel S/A, 1992.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: Livraria UFV, 2000.

VICO, G.; SALLY, E. T.; MANZONI, S.; MOLINI, A.; ALBERTSON, J. D.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; FAY, P. A.; FENG, X.; GUSWA, A. J.; LIU, H.; WILSON, T. G.; PORPORATO, A. Climatic, ecophysiological, and phenological controls on planteco hydrological strategies in seasonallydry ecosystems. **Ecohydrology** 8: 660 – 681, 2015.

WETHERALD, R. T. & MANABE, S. Simulation of hydrologic changes associated with global warming. **Journal of Geophysical Research – Atmospheres**, 107, 2002.

WILLMOTT, C.J.; CKLESON, S.G.; DAVIS, R.E. Statistics for the evaluation and comparision of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995- 9005, 1985.

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO RIACHO DO MEIO, UNIDADE DE CONSERVAÇÃO PARQUE ESTADUAL MATA DO XEM-XÉM, BAYEUX – PB

Camila Costa da Nóbrega ¹
Beatriz de Moraes Mendes ²
Rômulo Henrique Teixeira do Egito ³
Luan Henrique Barbosa de Araújo ⁴

RESUMO

O homem vem destruindo de forma acelerada os seus recursos naturais. Nos grandes centros urbanos observamos que alguns parques e principalmente os rios sofrem bastante por conta da ação antrópica. O trabalho tem como objetivo fazer uma análise ambiental e da qualidade da água encontrada no Parque Estadual Mata do Xem-Xém, no Riacho do Meio, que tem sua nascente no parque, na cidade de Bayeux/PB. Para o desenvolvimento do trabalho foram realizadas duas visitas, a primeira com o objetivo de fazer uma análise de percepção ambiental da região, quais eram os principais impactos encontrados, e na segunda visita foram coletadas amostras de três pontos do Riacho do Meio. Os resultados encontrados foram comparados com trabalhos feitos em regiões semelhantes, como também foram utilizados instrumentos normativos como leis e resoluções para a confirmação dos dados. Os resultados mostraram que o riacho encontra-se com altos teores de coliformes fecais, causados principalmente pelo contato direto e indireto de esgotos e resíduos no riacho. Conclui-se que medidas de preservação, restauração e fiscalização na região são necessárias com urgência, assim como, ações mais concretas do poder público na região.

Palavras-chave: Gestão Ambiental, Meio ambiente, Qualidade ambiental, Recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

A interferência humana nos grandes centros urbanos, vêm afetando negativamente o meio ambiente. Esses impactos podem ser observados nas Unidades de Conservação (UC's) inseridas nesse tipo de região, que afetam a natureza e o homem, expondo a relação causa – efeito do cenário. Outro aspecto que pode ser observado na questão das intervenções negativas do homem sobre a natureza é a qualidade das águas superficiais, principalmente nos rios urbanos.

¹ Professora do Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Doutoranda do Curso de Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, camila.nobrega@ifpb.edu.br;

² Graduanda do Curso de Gestão Ambiental do Instituto Federal da Paraíba - IFPB, bia12moraes@gmail.com;

³ Mestrando do Curso de Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, romuloegito2@hotmail.com

⁴ Doutorando do Curso de Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, araujo.lhb@gmail.com

Por conta dessa necessidade de preservar melhor os nossos recursos naturais, foi criada no ano de 2000 a Lei nº 9.985 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Os principais objetivos das Unidades de Conservação são a proteção e conservação (*in situ e ex situ*) de ecossistemas e a qualidade de vida da sociedade, portanto, fica claro a necessidade da diminuição dos impactos causados pelo ser humano nessas áreas verdes, principalmente em um país como o Brasil, rico em diversidade (HASSLER, 2005, p. 79-89).

De acordo com o SNUC a categoria de Parques Urbanos, surgem com a função de preservar a biodiversidade, no âmbito social e ambiental. Assumindo assim, o papel de proteção ao ambiente para contemplação e bem-estar da população que o utiliza e vive no seu entorno. É importante salientar que o Parque deve ter uso restrito pelos atores sociais (população), admitindo-se apenas atividades de educação e interpretação ambiental, com a finalidade de preservação dos recursos naturais (CARDOSO; SOBRINHO; VASCONCELOS, 2015, p. 74-90).

A interferência humana negativa dentro das áreas protegidas influência diretamente na sua conservação, sendo mais notadamente observada quando inseridas nos centros urbanos. Somado a isso, as políticas públicas e o clima interferem direta e indiretamente para a preservação ambiental destas áreas. Os rios e mananciais localizados nesses tipos de regiões são bastante afetados, tanto em sua qualidade como em sua disponibilidade de água (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019, p. 6-59). As áreas verdes dentro dos centros urbanos contribuem positivamente para a proteção desses recursos hídricos, já que, protegem os corpos hídricos através da interceptação das águas de chuvas, armazenagem em seu subsolo e redução das inundações, diminuição do assoreamento, além de outras funções (MORSCH; MASCARÓ, 2016, p. 1-6).

Os rios são componentes essenciais da cidade, podendo enriquecer a composição da paisagem urbana. Apesar de trazerem diversos benefícios à população, com o tempo, esses rios foram sofrendo impactos negativos através das ações humanas, perdendo a sua identidade original e afetando sua qualidade e disponibilidade (MORSCH, MASCARÓ, PANDOLFO, 2017, p. 305-321).

De acordo com o relatório “Observando os Rios 2019” 93,6% dos 220 rios monitorados em 17 estados no Brasil pelo projeto, em regiões do Bioma Mata Atlântica, estão com qualidade regular, ruim ou péssima. Os motivos para esses números são vários, mas principalmente, a poluição e a precária condição ambiental, demonstrando a fragilidade nas condições desse recurso, sendo demandada atenção especial dos gestores públicos e da sociedade. A

vulnerabilidade da qualidade da água está diretamente relacionada à saúde dos cidadãos, do ambiente e à sustentabilidade local (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019, p. 6-59).

No município de Bayeux/PB, na região da grande João Pessoa/PB, localiza-se o Parque Estadual Mata do Xém-Xém, sua criação ocorreu em 28 de agosto de 2000 pelo decreto estadual nº 21.252. O Parque apresenta um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica da região, com cerca de 182 hectares inseridos em um ambiente urbanizado. Abriga mais de 60 espécies de árvores, e, tratando-se de uma Unidade de Conservação em ambiente urbano, compatibiliza a proteção de espécies nativas com a promoção de qualidade de vida aos moradores de seu entorno, amenizando o clima, protegendo o solo contra erosão e reduzindo a poluição atmosférica. Além disso, oferece ótima oportunidade de recreação e contemplação da natureza (SILVA JUNIOR, 2014).

A Unidade de Conservação abriga duas nascentes que dão origem ao Riacho do Meio, e segue perpassando o município de Bayeux. Apesar de não ser utilizada para consumo humano, no perímetro externo do Parque a população do entorno usufrui do recurso hídrico para recreação. A Lei Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC em suas diretrizes expressa que, as Unidades:

“VIII - assegurem que o processo de criação e a gestão das unidades de conservação sejam feitos de forma integrada com as políticas de administração das terras e águas circundantes, considerando as condições e necessidades sociais e econômicas locais;

IX - considerem as condições e necessidades das populações locais no desenvolvimento e adaptação de métodos e técnicas de uso sustentável dos recursos naturais;”

Diante disso, constata-se a importância e a responsabilidade sobre as águas nas Unidades e circunvizinhanças, mantendo sempre o controle de qualidade e quantidade do recurso, através do monitoramento de sua qualidade, por exemplo. Dando suporte assim, a gestão eficiente da Unidade, dos recursos naturais e da comunidade do entorno.

Para uma melhor gestão das Unidades de Conservação é necessário que seja desenvolvido um documento chamado Plano de manejo. O Plano é um documento técnico mediante o qual se estabelece o zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, incluindo a implantação das estruturas físicas necessárias à sua gestão, de acordo com a Lei Nº 9.985/2000 que estabelece o SNUC (MARIA, 2017). O plano de manejo do Parque Estadual Mata do Xém-Xém, foi realizado no ano de 2019, a partir de uma ação conjunta da Secretaria de Meio Ambiente de Bayeux (SEMABY) e da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA).

O principal objetivo do Parque Estadual Mata do Xém-Xém é a preservação desse remanescente de Mata Atlântica. Desde sua criação, o Parque vem sofrendo com problemas/impactos, comuns a outras áreas protegidas do país, colocando em risco a sua efetividade enquanto instrumento para a conservação da biodiversidade (SILVA JÚNIOR, 2014).

De acordo com a Resolução do CONAMA 01/86, impacto ambiental é qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente provocada por atividades antrópicas que, de forma direta ou indiretamente, impactam a qualidade de vida e a integridade da população, atividades socioeconômicas, a biota, os atributos sanitários e estéticos da natureza e a qualidade dos recursos naturais.

Os impactos ambientais possuem uma relação causa-efeito, comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas, os processos socioeconômicos, e conseqüentemente, a qualidade de vida do homem. Visto isso, é importante a abordagem e estudos que visem a minimização dos efeitos negativos dos impactos sobre o meio ambiente, que podem ser de curto, médio e longo prazo (OLIVEIRA FILHO, 2013, p. 15-28).

A lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, no art. 3º, inciso I, das diretrizes gerais fala da: “gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade”. Através da análise microbiológica da água é possível verificar a presença ou ausência de Coliformes Totais e EC (*Escherichia Coli*), indicadores de ocorrência e grau de contaminação da água. Esse grupo é empregado por estarem presentes em fezes de animais de sangue quente, indicando a contaminação do recurso.

A presente pesquisa tratou da análise bacteriológica da água do Riacho do Meio, que nasce e percorre a Unidade de Conservação Parque Estadual Mata do Xém-Xém, continuando seu percurso pela cidade de Bayeux até desaguar no Rio Paraíba. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba é a segunda maior do Estado da Paraíba, abrangendo 38% do território do Estado, correspondendo a 20.071,83 km² de área. O Rio Paraíba é considerado um dos mais importantes do semiárido nordestino (PARAÍBA, 2019), percorrendo os dois biomas do Estado, Caatinga e Mata Atlântica, evidenciando a grande importância da conservação dos biomas para a manutenção e proteção do recurso hídrico.

Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água do Riacho do Meio, e os efeitos das ações antrópicas que interferem e prejudicam a Unidade de Conservação Parque Estadual Mata do Xém-Xém, localizado no município de Bayeux-PB. Dessa maneira, espera-se contribuir com o tema, com a comunidade acadêmica e a população, através do apontamento

dos impactos negativos sobre o riacho, assim como, sobre o remanescente de Mata Atlântica e qualidade de vida da população do entorno.

A metodologia foi subdividida em: descrição da área, visitação *in loco*, coleta e análise das amostras. A descrição da área é baseada na Unidade de Conservação, o Parque Estadual Mata do Xém-Xém, e na cidade de Bayeux que abriga o Riacho do Meio e a UC. A visita foi realizada para um reconhecimento primário da área. Em seguida, sucedeu a coleta de dados na localidade, abrangendo a coleta de água.

Por fim, foi executada a análise da água pelo método dos tubos múltiplos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHAN, 1995), por conseguinte, sendo aplicada a tabela da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, para quantificação de coliformes pelo NMP (Número Mais Provável), com nível de confiabilidade de 95%.

Com base na legislação mais recente, a Portaria de Consolidação nº 5 de 03 de Outubro de 2017, do Ministério da Saúde, no inciso I, art. 22º, Seção V: Dos Laboratórios de Controle e Vigilância, o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* é uma norma internacional de metodologia analítica para determinação de parâmetros previsto na Portaria. Além disso, foram utilizadas as resoluções 274/2000 e 357/2005, sobre balneabilidade e classificação dos corpos d'água, respectivamente, para análise dos resultados.

Os resultados encontrados foram essenciais para constatar indícios de interferências negativas no corpo hídrico e no Parque. Deste modo, foi possível comprovar que são indispensáveis medidas interventivas voltadas para proteção da área, envolvendo a população, os gestores públicos e os acadêmicos.

METODOLOGIA

Descrição da área

O município de Bayeux está localizado na região metropolitana de João Pessoa, e segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), possui uma área territorial de 27,536 Km². O último censo do Instituto, de 2010, revela que a população é de 99.716 pessoas, e a estimativa para 2019 é de 96.880 pessoas, indicando um possível êxodo. Estatísticas do IBGE indicam que o Índice de Desenvolvimento Humano do Município – IDHM é de 0,649.

Em relação ao meio ambiente, o esgotamento sanitário de cidade está em torno de 45,95%, ou seja, menos da metade da cidade, é atendida por esse serviço. A arborização de vias públicas encontra-se em torno de 42,3% (IBGE, 2010).

O Parque Estadual Mata do Xém-Xém é uma área de proteção integral, com 182 hectares, localizada no município de Bayeux-PB (Fig. 1). A vegetação predominante é Mata Atlântica. O local tem acesso a partir das rodovias BR-230, BR-101 e PB-042.

O espaço é utilizado pelo Centro de Treinamento do 16º Regimento de Cavalaria Mecanizado para atividades de treinamento diversos, assim como pelas comunidades do entorno e escolas, que também fazem uso dela para lazer, recreação e educação ambiental.

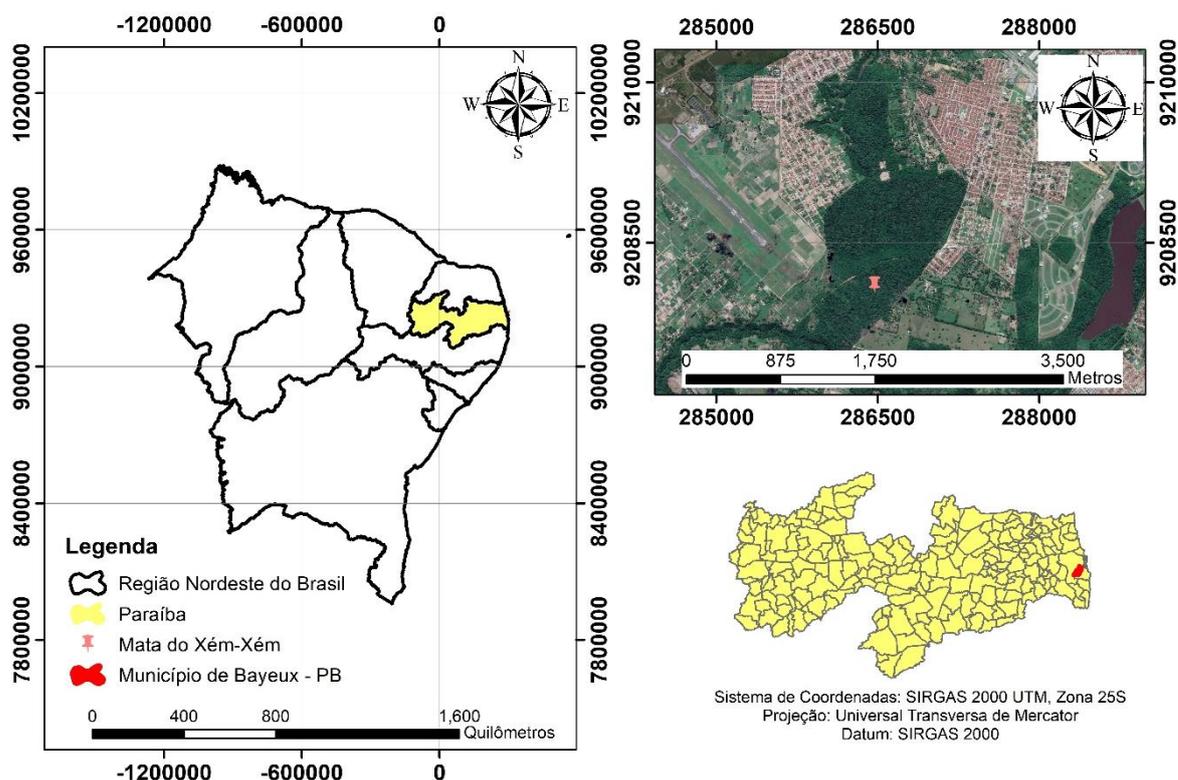


Fig 1. Localização do Parque Estadual Mata do Xém-Xém – Bayeux/PB

(Fonte: Autoria Própria, 2019)

O Riacho do Meio tem sua nascente no perímetro da Unidade de Conservação Mata do Xém-Xém, Bayeux/PB. O corpo hídrico se encontra com o Rio Marés para desaguar no Rio Paraíba, já fora do perímetro da UC. O Riacho do Meio é classificado de acordo com a DZS 205 – Enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, como Classe III de água doce (PARAÍBA, 1988).

Visita técnica

A visita técnica foi realizada em abril de 2019, tendo por objetivo uma percepção visual do Riacho do Meio, assim como sua área, a Unidade de Conservação, possibilitando a verificação dos tipos e a gravidade das interferências humanas no Riacho, imediatamente da Mata do Xem-Xém.

A visitação *in loco* ocorreu por toda a área passível de vistoria. Atualmente, por ser uma região cercada, a ida foi realizada com a presença de um membro da Secretaria de Meio Ambiente de Bayeux – SEMABY e com a Polícia ambiental, para melhor acesso e segurança.

A partir dessa visita foram traçados objetivos e metas para análise ambiental do Parque, dentre eles a análise das águas do Riacho do Meio, pois trata-se do Riacho que corta toda a extensão da Unidade de Conservação.

Coleta de amostras

A coleta foi realizada em agosto de 2019, inverno na região, época caracterizada por maiores concentrações de chuvas. Foram coletadas três amostras de água na extensão do Riacho, dois pontos dentro da Unidade de Conservação e um ponto fora da Unidade, a saber: Nascente (ponto 1); Jusante dentro da UC (ponto 2); Jusante fora da UC (ponto 3). Os materiais utilizados na coleta foram: luvas, frascos de vidro com volume de 125 mL, etiquetas de identificação, caixa de isopor e gelo.

Análise das amostras

Após a coleta *in loco*, as amostras foram levadas ao Laboratório de Microbiologia Ambiental do Instituto Federal da Paraíba – Campus João Pessoa, onde foram realizadas as análises bacteriológicas da água em que passaram a ser aferidos a quantidade de coliformes totais e termotolerantes, do Riacho do Meio. A finalidade da pesquisa foi constituir laudos comprobatórios das condições da qualidade da água presente dentro da Unidade de Conservação e em seu entorno.

A técnica utilizada foi a de tubos múltiplos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHAN, 1995). O Manual Prático de Análise de Água fornecido pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (BRASIL, 2013) foi aplicado na determinação da quantidade de coliformes, utilizando a tabela de valores com confiabilidade limite de 95%, seus valores variam entre 0 e 1600 NMP (Número mais provável), permitindo a quantificação por “número mais provável” (NMP) de microrganismos. O método é dividido em duas partes:

teste presuntivo e confirmativo, mas o teste confirmativo é realizado caso o presuntivo seja positivo (Fig. 2).

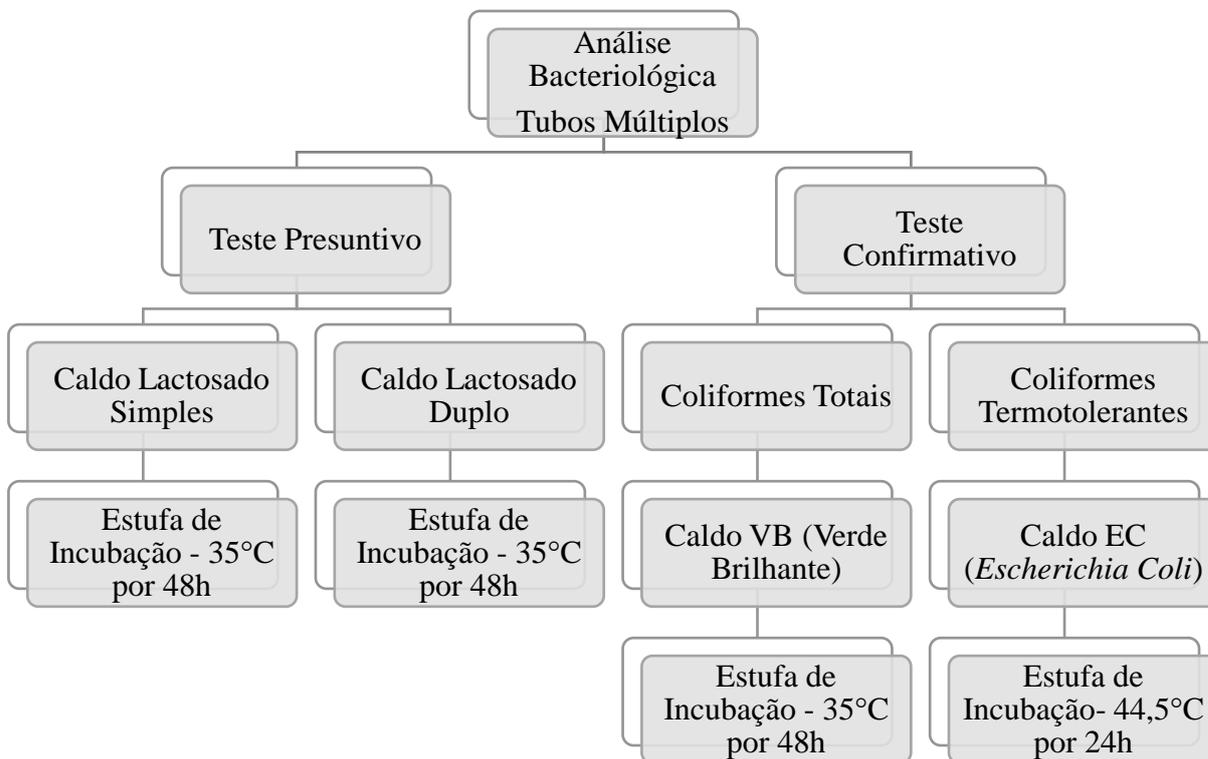


Fig 2. Esquema sobre a Análise Microbiológica por Tubos Múltiplos

(Fonte: APHAN adaptado pelo autor, 1995)

As amostras foram analisadas quanto ao caráter microbiológico objetivando-se a caracterização da presença de coliformes totais e fecais. Os coliformes totais são provenientes de água não tratada ou inadequadamente tratada. A presença de coliformes fecais indica contaminação fecal recente, e a possível presença de patógenos. Cada amostra foi analisada separadamente, pelos mesmos métodos.

Resoluções utilizadas para classificação e análise de águas

- ✓ Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000 – Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras;
- ✓ Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

- ✓ Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde de 03 de outubro de 2017 - Anexo XX

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante das análises realizadas, foi possível inferir sobre a qualidade da água do Riacho do Meio. Em todos os pontos de coleta foi verificado a presença de coliformes, o que foi comprovado através das análises bacteriológicas realizadas. Foi constatado que a água do Riacho está contaminada por coliformes fecais, como pode ser verificado na tabela 1.

Tabela 1. Análise microbiológica das amostras, nos três pontos de coleta, da água do Riacho do Meio, do Parque estadual Mata do Xém-Xém em Bayeux-PB

Diluições	Teste Presuntivo	Teste Confirmativo	
	Caldo Lactosado	VB	EC
Amostra 1 – Nascente			
0,1 mL	5	5	5
1,0 mL	5	5	5
10 mL	5	5	5
Resultado	Positivo	1600 NMP/100 mL	1600 NMP/100 mL
Amostra 2 – A jusante 1			
0,1 mL	5	5	5
1,0 mL	5	5	5
10 mL	5	5	5
Resultado	Positivo	1600 NMP/100 mL	1600 NMP/100 mL
Amostra 3 – A jusante 2			
0,1 mL	5	5	5
1,0 mL	5	5	5
10 mL	5	5	5
Resultado	Positivo	1600 NMP/100 mL	1600 NMP/100 mL

(Fonte: Autoria própria, 2019)

Comparando os índices de NMP/100 mL obtidos nas amostras dos três pontos, observa-se que em todos os pontos há presença de coliformes fecais e esses índices superam 1000

coliformes fecais por 100 mL, o máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para enquadramento. Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por (COSTA et al., 2015, p. 274-283) analisando a água do Rio Itapecuru em Caxias, MA. Os dados das análises microbiológicas também vão de encontro com os resultados de (SILVA et al., 2018, p. 11-25), avaliando a qualidade microbiológica da água do Rio Ribeirão Tranqueira, município de Guarái, TO.

Juntamente, foi possível observar em vários pontos do Riacho do Meio a poluição na água por meio da presença de resíduos e da mudança na cor da água, em alguns locais com aspecto de lama, óleos e graxas, além da presença de algas e organismos aquáticos indicativos de eutrofização do Riacho, e evidências de assoreamento (Fig. 3, 4, 5 e 6).



Fig 3. Nascente do Riacho do Meio, do Parque Estadual Mata do Xém-Xém em Bayeux-PB
(Fonte: Autoria própria, 2019)



Fig 4. Água com aspecto de lama e óleos no Riacho do Meio no perímetro do Parque Estadual Mata do Xém-Xém em Bayeux-PB
(Fonte: Autoria própria, 2019)



Fig 5. Local utilizado para recreação de contato primário e evidência de assoreamento no Riacho do Meio fora do perímetro do Parque Estadual Mata do Xem-Xém em Bayeux-PB
(Fonte: Autoria própria, 2019)



Fig 6. Presença de algas e organismos aquáticos indicativos de eutrofização no Riacho do Meio no perímetro do Parque Estadual Mata do Xem-Xém em Bayeux-PB
(Fonte: Autoria própria, 2019)

Seguindo a mesma tendência de (COSTA et al., 2015, p. 274-283), foi possível verificar que apesar das amostras terem sido coletadas de locais distintos, há uma propensão em todas as amostras à contaminação por coliformes, evidenciando assim, que o Riacho em sua completa extensão encontra-se com alto nível de poluição.

O dia de coleta coincidiu com o período chuvoso na região, sabendo-se que nesse período o volume de água tende a aumentar e conseqüentemente a quantidade de coliformes diminuirão, devido a maior diluição, o grande número de coliformes identificados no corpo hídrico confirma o alto índice de poluição/degradação do recurso.

No período seco, há a diminuição do volume de água e conseqüente não renovação desta, ocasionando maior concentração de coliformes. Os usuários que utilizam desse recurso de má qualidade para recreação, podem ser acometidos por problemas de saúde causados por esses microrganismos patogênicos, como diarreia e verminoses (LIMA; GARCIA, 2008, p. 1-24).

De acordo com um levantamento realizado pela SOS Mata Atlântica “Observando os Rios 2019”, verificou-se que os resultados obtidos em 2019 indicam que a qualidade da água

dos rios das bacias da Mata Atlântica permaneceu estável de 2018 para 2019, não havendo evolução significativa dos indicadores, apresentando em 93,6% dos Rios monitorados qualidade da água regular, ruim ou péssima (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019. p. 6-59).

A água do riacho é classificada como classe III de águas doces, imprópria à recreação de contato primário, no entanto, em alguns pontos do riacho, foi possível observar banhistas e resíduos característicos de uso para lazer.

Como pode ser visto na Fig. 4, há presença de resíduos, formando uma crosta equivalente à lama, e de acordo com a Resolução CONAMA nº 274/2000 para balneabilidade, em seu parágrafo 4º, item d “a presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação” é indicativo de águas consideradas impróprias.

Ficou evidente a degradação do Riacho, em toda a sua extensão, quando percebido a presença de algas e organismos aquáticos que caracterizam processo de eutrofização avançado, como pode ser visto na Fig. 6. A Resolução CONAMA nº 274/2000 para balneabilidade, em seu parágrafo 4º, item f, diz que floração de algas ou outros organismos é um indicativo de águas consideradas impróprias.

O município não possui saneamento básico adequado, conseqüentemente, a população faz uso de fossas sépticas para despejo de dejetos, além de utilizar os limites do Parque para o descarte de resíduos domésticos, causando grande interferência na preservação dos recursos naturais, o que impacta diretamente na qualidade da água do Riacho do Meio.

Em virtude disso, é importante intensificar as ações dos gestores públicos em conjunto com a comunidade, visando a recuperação do Parque e do Riacho do Meio, para atender aos objetivos propostos em lei, assim como, beneficiar a população que vive em seu entorno, na perspectiva de que, a conservação e a preservação vai além dos limites do Parque, onde, potencializando a qualidade da água, é possível que a população possa usufruir desse recurso para recreação fora do perímetro da Unidade, sendo necessário para isso a reclassificação das águas de classe III para II.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe grande interferência humana nessa Unidade de Conservação, sendo evidente pela presença de coliformes totais e fecais em todas as amostras que foram coletadas no Riacho do Meio. Os coliformes são evidências da má qualidade da água local. A presença de coliformes fecais indica que há uma contaminação fecal recente e a possível presença de patógenos.

Conclui-se dessa forma que, a água proveniente na nascente e dois pontos a jusante do Riacho do Meio encontra-se contaminada por coliformes fecais, os quais ultrapassam a quantidade permitida por lei, caracterizando a água como imprópria para consumo e para balneabilidade.

São necessárias ações dos gestores da Unidade de Conservação e do município em que a UC está inserida, com vistas à melhoria do saneamento básico da cidade, manutenção da mata ciliar do Riacho do Meio e estudos que possam recuperar o Riacho devido à presença de assoreamento e a eutrofização.

REFERÊNCIAS

APHAN – American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: Byrd Prepress Spingfiel, 1995.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília 08 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 29 ago. 2019.

BRASIL. Constituição (2000). **Lei nº 9.985, de 18 de junho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 18 jun. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 27 abr. 2019.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed., Brasília: FUNASA, 2013. 150 p.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (Org.). **Estatísticas: Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>>. Acesso em: 20 set. 2019.

CARDOSO, S. L. C.; VASCONCELLOS SOBRINHO, M.; VASCONCELLOS, A. M. A. Gestão ambiental de parques urbanos: o caso do Parque Ecológico do Município de Belém Gunnar Vingren. **URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Prado Velho, v. 7, n. 1, p. 74-90, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/urbe/v7n1/2175-3369-urbe-7-1-0074.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2019.

CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 23 jan. 1986. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>> Acesso em: 27 abr. 2019.

CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 29 nov. 2000. Disponível em: <

http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf> Acesso em: 27 abr. 2019.

CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 17 mar. 2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf> Acesso em: 27 abr. 2019.

COSTA, C. F.; AZEVEDO, C. A. S.; FERREIRA, S. S.; MOURA, E. P. S. Análise microbiológica da água do R Itapecuru em Caxias, MA, Brasil. **Revista Interface**, Botucatu, Ed. 10, p. 274-283, 2015.

HASSLER, M. L. A importância das Unidades de Conservação no Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 33, p. 79-89, 2005. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/download/9204/5666>> Acesso em: 27 abr. 2019.

LIMA, W. S.; GARCIA, C. A. B. Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 4, n. 12, p.1-24, 2008. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/650>>. Acesso em: 01 out. 2019.

MARIA, A. Plano de manejo do Parque Estadual Mata do Xém-Xém é aprovado. **PB em Destaque – Paraíba**. 01 dez. 2017. Disponível em: < <http://pbemdestaque.com.br/plano-de-manejo-do-parque-estadual-da-mata-do-xem-xem-e-aprovado/>> Acesso em: 27 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Consolidação Nº 5, de 03 de Outubro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 03 out. 2017. Disponível em: < https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: 02 set. 2019

MORSCH, M. R. S.; MASCARÓ, J. J. Restauração dos rios urbanos como estratégia para uma cidade mais sustentável. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 5., 2016, Passo Fundo. **Anais...** . Passo Fundo: IMED, 2016. p. 1-6. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_21.pdf>. Acesso em: 02 out. 2019.

MORSCH, M. R. S.; MASCARÓ, J. J.; PANDOLFO, A. Sustentabilidade urbana: recuperação dos rios como um dos princípios da infraestrutura verde. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 305-321, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400199>>. Acesso em: 02 out. 2019.

OLIVEIRA FILHO, G. R. Uma breve reflexão sobre o conceito de impacto ambiental. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 27, n. 1, p. 15-28, 2013. Disponível em: <<https://seer.cesjf.br/index.php/cesRevista/article/view/307/0>> Acesso em: 27 abr. 2019.
PARAÍBA. AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. **Rio Paraíba**. 2019. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>>. Acesso em: 01 out. 2019.

PARAÍBA. SUDEMA. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **DZS 205 – Enquadramento dos corpos d’águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.** 1988. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/DZS%20205%20-%20Enquadramento%20dos%20Corpos%20D%27%C3%A1gua%20da%20Bacia%20Hidrog%27%C3%A1fica%20do%20Rio%20Para%C3%ADba.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2019.

SILVA, B. B.; ROCHA, L. G.; SILVEIRA, L. P. O.; CARVALHO, A. V.; GUIMARÃES, A. P. M. Análise de qualidade da água do Ribeirão Tranqueira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v.9, n.8, p.11-25, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-858.2018.008.0002>

SILVA JUNIOR, V. Percepção Ambiental como subsídio à gestão do Parque Estadual Mata do Xém-Xém. 2014. 101 f. **Monografia** (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: <<http://www.ccen.ufpb.br/cccb/contents/monografias/2014.2/percepcao-ambiental-como-subsidio-a-gestao-do-parque-estadual-mata-do-xem-xem.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

SOS MATA ATLÂNTICA (Brasil) (Org.). **Observando os Rios 2019:** O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2019. 69 p. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/observando-os-rios/analise-da-qualidade-da-agua/>>. Acesso em: 02 out. 2019.

MAPEAMENTO E DELIMITAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE MARANGUAPE – CE

Éder Guedes Freitas ¹
Vlândia Pinto Vidal de Oliveira ²

RESUMO

A exploração desenfreada dos recursos naturais tem gerado quadros de degradação ambiental, com a perda de solos produtivos, salinização e outros impactos decorrentes da inadequação dos modelos produtivos às potencialidades/fragilidades do meio. Dentro desta perspectiva faz-se necessário (re)pensar um modelo de ordenamento territorial que leve em consideração as características intrínsecas da paisagem, de modo a minimizarem-se os impactos negativos, das atividades produtivas, sobre o meio ambiente. A adoção da perspectiva sistêmica, sobretudo nos estudos ambientais, tem ganhado grande destaque devido ao seu caráter holístico e dialético na análise de questões ambientais permitindo uma análise integrada entre os elementos que constituem a paisagem de determinada área. O município de Maranguape, ocupa área de 590,873 km² (IBGE, 2010) estando integralmente inserido em regiões de clima semiárido, as principais formas de uso e ocupação verificadas no território são ligadas, essencialmente, às atividades agropecuárias, com as lavouras e as pastagens responsáveis pela utilização de cerca de 46,35% do território municipal (IBGE, 2006). Desse modo, o presente artigo, teve como objetivo central o mapeamento e a caracterização dos sistemas ambientais do Município de Maranguape – CE, tomando como base os trabalhos de Bertrand (1968), Tricart (1977) e Ross (2009), de modo a fornecer subsídios ao processo de planejamento territorial em bases sustentáveis. Na área em questão, foram identificadas três unidades ambientais distintas: as planícies fluviais, a Depressão Sertaneja maranguapense e os Maciços Residuais; cada qual com suas características, limitações e potencialidades ao uso e ocupação, que podem servir de base ao planejamento territorial do território.

Palavras-chave: Sistemas ambientais; Planejamento territorial; Zoneamento geoambiental; Análise ambiental; Análise sistêmica.

INTRODUÇÃO

A exploração do potencial natural de uma dada região é um elemento fundamental no desenvolvimento econômico da área. Porém, já não se pode mais falar em um processo de uso dos recursos naturais visando apenas o crescimento econômico, pautado em uma visão de recursos infinitos e ignorando completamente os impactos diretos, e indiretos, da apropriação desordenada dos recursos naturais. Faz-se necessária uma nova forma de se relacionar com o meio ambiente, uma forma integrada que englobe os diversos elementos que fazem parte do espaço físico – o ambiental, o social e o biológico.

¹ Doutorando pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará- UFC, ederguedes91@gmail.com;

² Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, vladiahufc@gmail.com.
(83) 3322.3222

Conforme Crepani *et. al.* (2001), o tipo de atividade desenvolvida em determinada unidade de paisagem, pode representar tanto sua destruição, como uma atividade econômica rentável, dependendo do grau de vulnerabilidade dos ambientes à ocupação antrópica e as práticas conservacionistas utilizadas. “Isto parece mostrar que a escolha entre um desastre ecológico ou o desenvolvimento sustentado, passa pelo conhecimento da natureza da interação existente entre as unidades de paisagem natural e os polígonos de intervenção antrópica” (p. 17).

O município de Maranguape, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), no estado do Ceará, tem área de 590,873 km² (IBGE, 2010) possui uma população de 113.561 habitantes, fazendo limite com os municípios de Maracanaú e Caucaia, ao norte, Pentecoste e Caridade, a oeste, ao sul com os municípios de Palmácia, Caridade e Guaiúba, e a leste com Maracanaú e Pacatuba. O município teve seu processo de ocupação e de ordenamento territorial relacionado diretamente às suas condicionantes ambientais, passando por sucessivos ciclos econômicos, marcando a paisagem municipal conforme o grau de desenvolvimento técnico experimentado.

Enquanto a cidade (localizada no distrito sede) passou por diversos ciclos econômicos e transformações paisagísticas, os demais distritos que compõem o território municipal tiveram sua economia fortemente ligada ao binômio, agricultura de subsistência e pecuária, imprimindo na paisagem as marcas do seu desenvolvimento. A exploração dos recursos naturais, associadas às práticas inadequadas de manejo dos solos, tem exposto estes ambientes a níveis de pressão incompatíveis às características ambientais da área.

Tendo seu território integralmente inserido em regiões de clima semiárido, o município de Maranguape, tem seu processo de uso e ocupação ligado à exploração dos seus recursos naturais, sobretudo, com a prática de atividades agropecuárias. As principais formas de uso e ocupação verificadas no território são ligadas, essencialmente, às atividades agropecuárias, sendo as lavouras e as pastagens responsáveis pela utilização de cerca de 46,35% do território municipal (IBGE, 2006). As áreas urbanas, por sua vez, representam cerca de 107,243 km², ou cerca de 18,15% do total do território municipal.

É dentro deste contexto, de exploração do potencial ecológico do território e de adequação dos sistemas produtivos às limitações/potencialidades oferecidas pelo ambiente, que se dá a necessidade da delimitação e caracterização dos Sistemas ambientais. Os sistemas ambientais, se apresentam como reflexos das relações sistêmicas existentes entre as

condicionantes ambientais, que ocorrem em determinada parcela do território, possuindo dinâmicas, fluxos e fragilidades inerentes ao processo evolutivo e ao grau de intervenção ao qual são submetidas pelos diversos sistemas econômicos, sendo o homem o principal agente de desregulação da dinâmica interna no sistema.

Reconhecer as potencialidades e as limitações de cada unidade distinta de paisagem permite, ao planejador, o melhor aproveitamento dos recursos naturais e a garantia da manutenção da qualidade ambiental, permitindo ainda que haja a exploração econômica do território de forma sustentável, garantindo a preservação do ambiente. Assim partindo desta perspectiva o objetivo do presente trabalho é o de buscar definir áreas de melhor aproveitamento, levando em consideração as condicionantes naturais de cada unidade de paisagem do município de Maranguape, através da delimitação e caracterização dos sistemas ambientais existentes, sendo este um passo primordial para o planejamento territorial calcado em bases sustentáveis.

METODOLOGIA

A presente pesquisa adotou como embasamento teórico a perspectiva sistêmica, tomando como base os trabalhos de Bertrand (1968), Tricart (1977) e Ross (2009). Segundo Nunes *et. al.* (2006, p. 123), o enfoque sistêmico “... trabalha com a idéia de sistemas complexos, a partir das trocas de energia e matéria, abandona a visão fragmentada, centrada no ‘elemento’ e absorve a idéia de interatividade e conjunção”. No âmbito das ciências ambientais, essa abordagem tem tido papel importante na descoberta e construção do mundo multidimensional, se tornando uma ferramenta necessária e produtiva para o estudo de fenômenos complexos, como a natureza (RODRIGUEZ E SILVA, 2013).

Oliveira e Souza (2012) destacam que essa abordagem considera as variações no conjunto da paisagem, como produto dos fluxos de matéria e energia, sendo o homem um importante elemento impulsionador no sistema. Desse modo, a análise ambiental integrada, com suas bases calcadas na abordagem sistêmica, ao considerar a integração entre as componentes físicas, bióticas e socioeconômicas, permite compreender os problemas socioambientais resultantes da ação antrópica e seus impactos sobre o meio ambiente e sobre os sistemas econômicos (SANTOS, 2011). Tal compreensão é de fundamental importância ao processo de planejamento ambiental, pois, permite apresentar uma proposta ideal de como se

deve organizar o território, de acordo com suas características, potencialidade e limitações de forma a minimizar efeitos negativos e manter a integridade dos sistemas ambientais.

O diagnóstico da paisagem, para Rodriguez e Silva (2013), se faz essencial no processo de planejamento do uso e ocupação do território, pois permite a criação de “mecanismos hábeis para subsidiar o planejamento e as ações dos sistemas socioeconômicos que exploram o potencial ecológico das paisagens” (MANOSSO, *et. al.*, 2009, p. 83). Assim, o conhecimento da dinâmica e das características dos elementos componentes da paisagem e dos elementos socioeconômicos é fundamental no processo de planejamento ambiental de dada área, permitindo a implementação de atividades compatíveis com as potencialidades ambientais de cada paisagem (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Posição semelhante é defendida por Ross (2009) para quem é de fundamental importância o entendimento da dinâmica de cada um dos ambientes identificados na superfície terrestre, sobretudo da dinâmica passada e presente, para entender a seguir suas estruturas (estático) e suas funcionalidades (dinâmica) e, por último, suas suscetibilidades diante das atuais e futuras intervenções humanas. Essencialmente, o processo de planejamento ambiental requer uma visão “... holística, sistêmica e dialética das relações natureza e sociedade, com base na ideia de que os sistemas ambientais estão inter-relacionados, formando uma totalidade” (RODRIGUEZ E SILVA, *op. cit.* p. 287). Os sistemas ambientais são resultantes dessas inter-relações complexas e sistêmicas entre os componentes ambientais e socioeconômicos e estão sujeitas a uma complexa rede de cadeias de causa-efeito, que é submetida à retroalimentação.

Os sistemas ambientais são resultantes dessas inter-relações complexas e sistêmicas entre os componentes ambientais e socioeconômicos e estão sujeitas a uma complexa rede de cadeias de causa-efeito, que é submetida à retroalimentação. Para Ross (2009), os sistemas ambientais constituem espaços territoriais que apresentam certa “homogeneidade fisionômica”, sendo reflexo dos fluxos de matéria e energia que compõem o meio e das atividades socioeconômicas ao longo do tempo. Essa unidade homogênea é passível de ser delimitada pelas características mais perceptíveis à visão humana: seja o relevo ou pela vegetação. Segundo Rodriguez e Silva (2013) os sistemas ambientais têm uma dimensão histórica, sendo representações de um longo processo de evolução que reflete as características genéticas do passado, seguindo determinadas leis que permitem estabelecer a dinâmica do sistema, podendo ser caracterizado por uma sequência de estados de equilíbrio e

desequilíbrio e pela sucessão de diversos ciclos de transformação, auto-organização, dissipação, e novamente auto-organização. Assim o reconhecimento e a delimitação dos sistemas ambientais, é passo essencial e fundamental para o planejamento territorial calçado em bases sustentáveis.

Para a execução dos trabalhos de delimitação dos sistemas ambientais, foi inicialmente realizado o levantamento bibliográfico e geocartográfico, representando o ponto de partida ao desenvolvimento desta pesquisa. Assim, neste primeiro momento foram levantados dados acerca de informações gerais sobre Geologia, Geomorfologia, Clima e Recursos Hídricos, Solos, Vegetação e Uso e ocupação, bem como de materiais preexistentes sobre cada temática apontada, nos órgãos responsáveis por sua elaboração.

Para a delimitação dos sistemas ambientais do município de Maranguape, foram realizados, inicialmente, o cruzamento de dados geológicos e geomorfológicos (exposição das vertentes, altimetria e declividade), obtidos através da utilização de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 90 m, para delimitação das unidades geoambientais. Posteriormente foi realizada a sobreposição dos dados obtidos com os dados de uso e ocupação dos solos, o que permitiu a compartimentação, mais detalhadas, das unidades ambientais da área pesquisada. Por fim, após a obtenção dos dados primários e a geração das bases cartográficas, foi realizada a etapa de campo para análise e validação das informações obtidas em escritório e correção das, eventuais, discrepâncias observadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização ambiental da área de estudo

Localizada na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF, figura 1, o município de Maranguape possui uma área de, aproximadamente, 590,9 km² (IBGE, 2010). Sua geologia é marcada pela primazia de rochas do embasamento cristalino, de idades pré-cambrianas, localmente representadas pelos Complexos Canindé do Ceará (de idades Paleoproterozóicas), e pelos Complexo Tamboril-Santa Quitéria, Ceará e pela unidade litoestratigráfica dos Granitóides diversos, ambos de idades neoproterozóicas.

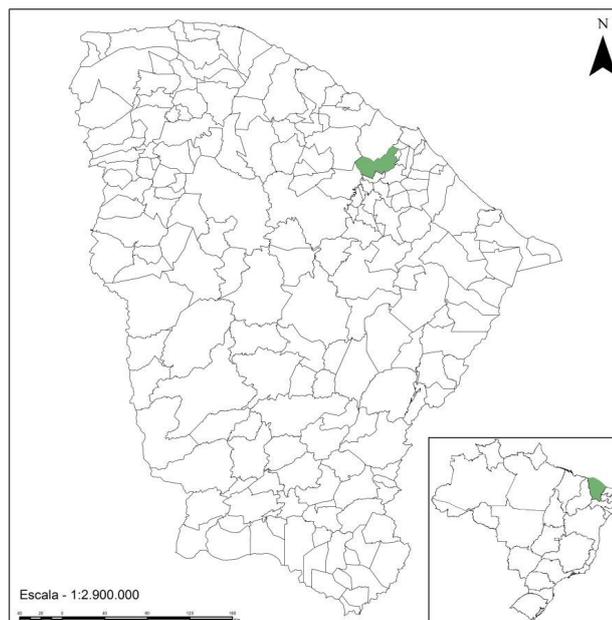


Figura 1 – Localização do município de Maranguape.

A unidade dos Complexos Canindé do Ceará é composta por uma sequência de rochas metassedimentares, com destaque para migmatitos, gnaisses, xistos, quartzitos e metacalcários, e também por uma sequência metaplutônica de composição tonalítica e granodiorítica (BRANDÃO; MEDEIROS 2004). Já o complexo Ceará é composto por rochas com idades entre 740 e 634 milhões de anos, com a ocorrência de gnaisses com baixa taxa de fusão, xistos, quartzitos, rochas calciossilicáticas, metacalcários e raros corpos de rochas metabásicas, o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, com idades entre 795 e 591 milhões de anos, por sua vez, é composto por migmatitos, gnaisses e granitoides. A unidade dos granitoides é formado por rochas de idade neoproterozóica, cristalizadas em ambiente de regime tectônico compressivo, classificadas como sin a tardi-colisionais, apresentando feições deformacionais dúcteis, com orientação preferencial dos grãos minerais desenvolvida, principalmente, nas bordas dos maciços graníticos.

Geomorfologicamente, é caracterizada pela existência de amplas superfícies aplainadas resultantes dos processos erosivos que truncam, indistintamente, as rochas que formam o embasamento geológico, pontilhadas pela existência de áreas mais elevadas no relevo regional (representadas pelos maciços úmidos e secos) dispersos na paisagem maranguapense, resultante de processos de intemperismo diferenciados, a exemplo do Maciço residual de Maranguape, Aratanha e Baturité.

O clima local apresenta grande irregularidade pluviométrica, possuindo um período chuvoso bem marcado, com precipitações variando de 600 a 1.600 mm/anuais, concentradas

nos meses de fevereiro a maio, período de atividade da ZCIT. Freitas (2016), ao analisar as séries históricas de precipitação das estações pluviométricas dispostas no município, notou que o período compreendido entre os meses de fevereiro a maio concentravam, aproximadamente, 72,5% das precipitações anuais, sendo os meses de março e abril os mais chuvosos. O município está, em sua grande parte, inserido na bacia hidrográfica Metropolitana, de onde nascem alguns afluentes dos rios Ceará, Cocó e Pacoti, dentre os principais rios. A drenagem apresenta padrão dendrítico a subdendrítico, denotando forte influência do embasamento cristalino nas condições de drenagem.

Apresentam regime de drenagem intermitente sazonal (SOUZA, 2000), condicionado pelas características climáticas regionais semiáridas, dessa forma, os rios passam maior parte do ano seco. O município apresenta uma variedade de solos em seu território, condicionada pelas condições geológicas, geomorfológicas e climáticas, tendo este último preponderância nos processos de transformação e diferenciação dos solos da área em questão. As principais classes de solos que ocorrem na área são: Argissolos, Luvisolos, Neossolos Litólicos e Flúvicos, Planossolos e Vertissolos, sendo os luvisolos aqueles de maior expressão espacial.

Quanto à vegetação foram classificadas três unidades fitoecológicas distintas, sendo elas reflexos de condições hidroclimáticas e pedológicas diferenciadas, ocupando setores distintos do relevo municipal. As formações vegetacionais identificadas na área de estudo são: Caatinga, Mata Seca e Mata Úmida. As caatingas, ocupam a maior parte do território municipal, dominando nas áreas do relevo com cotas inferiores a 300 metros, onde predominam condições hídricas mais restritivas. As matas secas, ocorrem nas áreas de encostas dos maciços residuais que bordejam o território municipal, onde as condições de umidade edáfica são favoráveis ao seu desenvolvimento, desenvolvendo-se a partir da cota de 300 m. Por fim, as matas úmidas ocupam as vertentes úmidas e íngremes dos principais maciços residuais do município de Maranguape, a saber: Serra da Aratanha, Baturité e Maranguape, ocorrendo em altitudes superiores a cota de 600 metros, onde as condições de clima e temperatura se fazem mais favoráveis ao desenvolvimento e sustentação de uma formação vegetal de porte arbóreo e de caráter perenifólio.

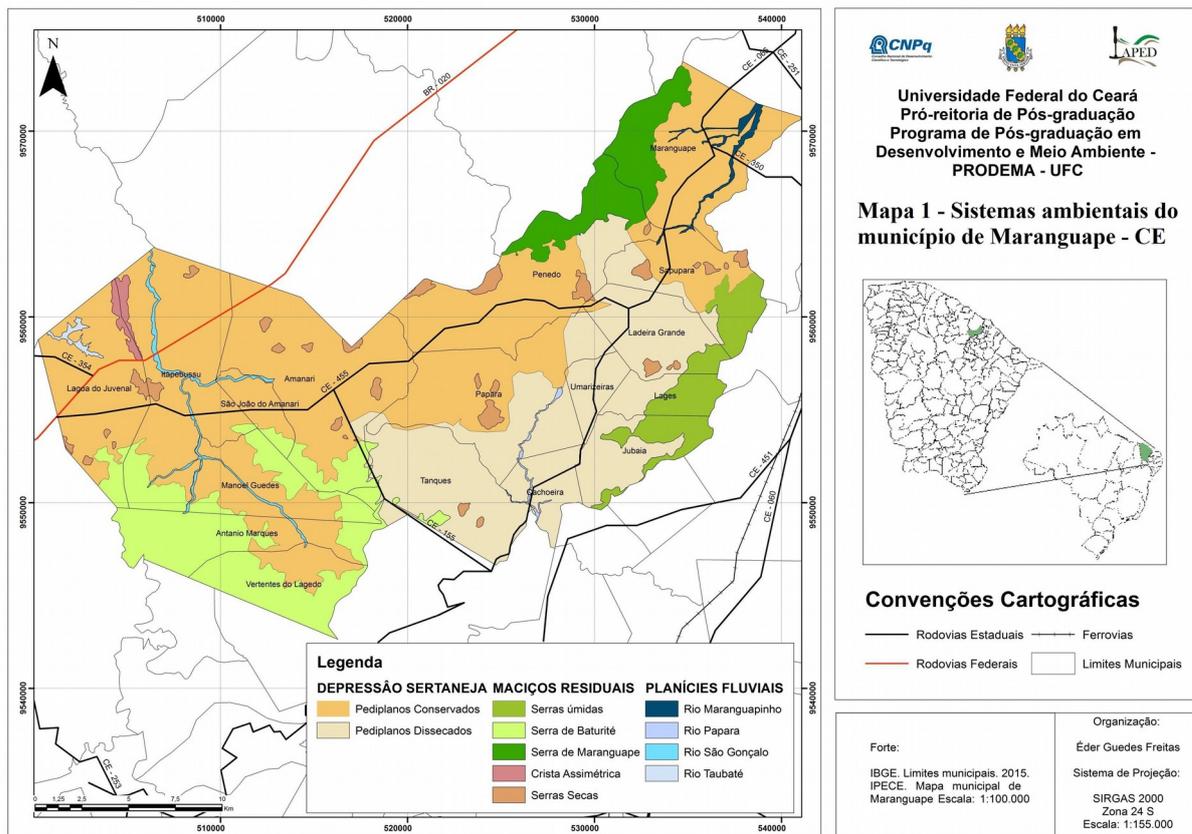
Quanto ao uso e ocupação, percebe-se o predomínio das atividades agropecuárias, sendo as lavouras e pastagens as de maior representatividade no território municipal. As lavouras cobrem cerca de 24,85% do território maranguapense, sendo as pastagens temporárias as responsáveis pela maior área utilizada, 66,6% do total, seguidos pelas áreas

plantadas com lavouras permanentes, 19,7%, pelas áreas plantadas com forrageiras, 13%, e por áreas de cultivo de flores, ocupando apenas 0,7% da área. As pastagens, por sua vez, cobrem uma área de cerca de 12.709 ha, correspondendo a 21,5% do total, sendo que somente as pastagens naturais ocupam 77,77% do total, as pastagens plantadas ocupam 14,56% e as pastagens plantadas degradadas correspondem a 7,67% do total (IBGE, 2006).

Mapeamento e delimitação dos sistemas ambientais do Município de Maranguape-CE

O município de Maranguape apresenta um conjunto diversificado de paisagens, resultantes da interação entre seus elementos constituintes, sendo o clima um dos agentes mais atuantes na diferenciação das unidades de paisagem. Cada unidade representa, de forma sintética, o desencadeamento dos processos de esculturação da paisagem que se desenvolveram ao longo do tempo, sendo resultante do conjunto complexo de relações existentes entre geologia, clima, geomorfologia, solos e vegetação, ao longo do tempo. Na área de estudo, foram reconhecidos 03 (três) Unidades Geoambientais, sendo elas as: Planícies Fluviais, Maciços Residuais e Depressão Sertaneja (sertão), representadas no mapa 1, cada qual com características distintas no contexto local, e evidenciando o processo de evolução dinâmica ao qual estão submetidas.

As **planícies fluviais** configuram-se geomorfologicamente, como áreas de relevo plano apresentando valores de declividade inferiores a 3%. Geologicamente, são compostas por depósitos aluviais de textura arenosa. Quanto aos solos, nessas unidades desenvolvem-se solos do tipo neossolo flúvico, com drenagem variando de boa a excessiva. O padrão de drenagem observado é do tipo dendrítico à sub-dendrítico com talvegue simples e apresentam larguras variando entre 5 a 30 metros.



Mapa 1 – Delimitação dos sistemas ambientais de Maranguape

Esta unidade geoambiental foi subdividida em 04 (quatro) sistemas ambientais, perfazendo um total de 8,52 km² o que corresponde a cerca de 1,44% do território municipal. As principais limitantes ao seu uso dizem respeito às condições de drenagem imperfeita desses ambientes, a alta suscetibilidade às variações temporais do regime hidrológico e o risco de salinização dos solos. Quanto à potencialidade destacam-se a preservação ambiental e a exploração sustentável do potencial agrícola. Devido ao conjunto de condições ambientais, que caracterizam estas feições da paisagem, somadas ao uso e exploração, faz com que estes apresentem-se como ambientes transicionais, com grau de vulnerabilidade variando de alta a muito alta, sobretudo influenciada pela ação do homem, como vetor de alteração da dinâmica no sistema, seja pela exploração agropecuária, seja pelo represamento dos canais para a construção de barragens artificiais.

Unidade Geoambiental	Sistemas ambientais	Características Geoambientais	Limitações	Potencialidade	Impactos ambientais
Planícies Fluviais	Rio Cedro	Geologia: Depósitos Aluviais; Solos: Neossolos flúvicos, permeabilidade moderada à alta; Canais em “U”, com baixa amplitude altimétrica e larguras variando entre 5 a 30 m, apresentam ainda padrão de drenagem dendrítico a subdendrítico.	Ambientes com grau de vulnerabilidade de alta a muito alta; Drenagem variando de má a imperfeita; Suscetível às variações temporais do regime hidrológico; Risco de salinização do solo; Elevado potencial erosivo.	Preservação ambiental; Exploração sustentável do potencial agrícola.	Alterações do regime de drenagem dos rios (canalização, retificação, açudagem); Lançamento de esgoto residencial e industrial sem tratamento; Desmatamento e impermeabilização do solo.
	Rio Maranguapinho				
	Rio Papara				
	Rio São Gonçalo				

Quadro 1 – Síntese da caracterização ambiental das áreas de planícies fluviais de Maranguape

A **Planície do Rio São Gonçalo** é a maior planície fluvial do município, ocupando uma área de 4,05 km². Drena parte dos distritos de Antônio Marques, Vertente do Lagedo, Manoel Guedes, Itapebussu, São João do Amanari e Amanari. As formas de intervenção antrópicas encontradas na planície são: Represamento e agricultura.

A **Planície do Rio Maranguapinho** compreende uma área de 2,48 km², sendo a segunda maior do município. Tem as nascentes de sua drenagem localizadas nas serras de Maranguape e Aratanha, drenando parte dos distritos de Penedo, Sapupara, Ladeira Grande e Maranguape. Por se localizar, em grande parte, dentro do perímetro urbano da sede municipal, tem seu curso drasticamente modificado em decorrência de canalizações e retificações, além da emissão de efluentes domésticos e industriais não tratados, além da supressão da vegetação natural nas áreas próximas aos leitos fluviais para a implantação de empreendimentos imobiliários e agricultura (MAIA, 2010; FREITAS, 2016). Comparativamente, esta é a área de planície que sofreu maiores transformações de origem antrópica.

A **Planície do Rio Cedro**, por sua vez, corresponde a segunda menor área de planície no município, ocupando uma área de 1,14 km², drenando parte do distrito de Lagoa do Juvenal (no extremo oeste do município). A principal forma de intervenção sobre os cursos d'água são as barragens (açudes) construídos ao longo do curso do canal do rio, tendo sido identificados, ao todo, a existência de 06 (seis) barragens artificiais.

Planície do Rio Papara: ocupando uma área de 0,85 km², esta é a menor área de planície do município. Drena boa parte do setor central do município (Cachoeira, Jubaia, Ladeira Grande, Lages, Papara, Penedo, Tanques, e Umarizeiras). As principais formas de uso e ocupação verificadas são: desmatamento e agricultura.

A **Depressão Sertaneja maranguapense** possui cotas altimétricas variando entre 50 e 150 metros, com predomínio de rochas do embasamento cristalino e apresenta um suave declive em direção ao mar com declividades, no geral, menores que 8%, em poucos pontos assumindo declividades um pouco maiores (em torno de 12%) podendo ser subcompartimentada em Superfícies Aplainadas e Superfícies Dissecadas em colinas. Correspondem a unidade mais representativa do município do relevo municipal, ocupando uma área total de 406 km², esta unidade abrangendo cerca de 68,72% do território municipal.

Sistema ambiental	Sistemas ambientais	Características Geoambientais	Limitações	Potencialidade	Impactos ambientais
Depressão Sertaneja	Superfícies dissecadas	Superfície de relevo variando de plano à suave ondulado; Vegetação do tipo caatinga; Níveis altimétricos variando de 50 à 150 m; Índices pluviométricos variando entre 700 e 1000 mm / anuais; ocorrência de solos do tipo Luvisolos, Neossolos Litólicos; Argissolos; Planossolos e Vertissolos	Solos rasos e pedregosos; Variabilidade climática, com concentração das chuvas no primeiro semestre do ano e ocorrência de episódios de seca; Risco de salinização dos solos; Risco de erosão do solo;	Agricultura de pequena a média escala; Pecuária; Extração vegetal; Expansão urbana;	Perda da biodiversidade; Intensificação dos processos de erosão do solo; Perda de produtividade agrícola; Salinização dos solos;
	Superfícies aplainadas				

Quadro 2 – Síntese da caracterização ambiental das áreas de Depressão Sertaneja de Maranguape

Quanto às classes de solo, nesta unidade desenvolvem-se os solos do tipo argissolo (nos setores de relevo suave ondulado a ondulado e dotados de melhores condições climáticas, situadas, sobretudo, no distrito sede do município que sofre influência direta das condições climáticas mais úmidas que predominam no maciço residual, situado a oeste do município), Luvisolos, Planossolos e Vertissolos (nos setores de relevo mais plano e com menores índices pluviométricos anuais). São recobertas por vegetação de caatinga arbustiva densa e desenvolvem-se aí atividades de exploração madeireira, agricultura e pecuária, o que tem contribuído para a supressão da vegetação natural. Nesta área foram identificados 02 (dois) sistemas ambientais distintos: as Superfícies aplainadas e as Superfícies dissecadas.

As **Superfícies aplainadas** abrangem a maior parte do território municipal, ocupando cerca de 270 km². Apresenta altimetria superior aos 100 m, e relevo variando de plano à suave ondulado. Quanto as classes de solos, desenvolvem-se aí os Luvisolos em associação aos Planossolos, Neossolos litólicos e aos Vertissolos. Este ambiente é recoberto por vegetação do tipo caatinga arbustiva densa, e apresenta pluviometria variando entre 700 a 900 mm / anuais. Apresenta baixo a moderado grau de vulnerabilidade, representando ambientes estáveis, do ponto de vista da Ecodinâmica. As principais formas de uso verificadas são: exploração madeireira, agricultura e pecuária. Sua principal limitação reside na grande variabilidade climática a qual esses ambientes estão submetidos e ao baixo grau de desenvolvimento dos solos que apresentam, no geral, horizontes superficiais mais arenosos imediatamente sobrepostos a horizontes de acumulação de argila, favorecendo assim o processo de escoamento superficial e remoção do material do topo do solo.

As **Superfícies dissecadas** compreendem parte do município de Maranguape localizadas no setor sotavento da serra da Aratanha. Apresenta um relevo ondulado, com predomínio de solos do tipo argissolo e vegetação de caatinga arbustiva densa. Ocupa cerca de 136 km², sendo a segunda maior unidade de relevo do território maranguapense. Esta unidade apresenta-se dissecada em colinas baixas e amplas, com altitudes não maiores que 200 m. Apresenta grau de vulnerabilidade variando de baixa à moderada, representando ambientes ecodinamicamente estáveis. Sua principal limitação reside na grande variabilidade climática ao qual esses ambientes estão suscetíveis. Quanto ao uso, verifica-se que este é utilizado para a agricultura e pecuária, além da construção de pequenas barragens ao longo dos canais fluviais.

Os **Maçiços Residuais** ocupam uma área total de 159,26 km², representando 26,9% do território municipal. Do ponto de vista da Ecodinâmica compreendem ambientes intergrades, com moderado a alto grau de vulnerabilidade ambiental. Apresentam-se moderadamente conservadas desenvolvendo-se nelas atividades ligadas à agricultura de subsistência e a exploração madeireira. Podem ser agrupados em duas subunidades: as serras secas e as serras úmidas (abrangendo as feições geomorfológicas de morros e morrotes e crista assimétrica). Compreendem superfícies mais elevadas, resquícios de antigos pedimentos ou pediplanos, relacionados a rochas mais resistentes (GUERRA; GUERRA, 2008), possuem relevos altamente dissecados em forma de topos convexos e aguçados (SOUZA, 2000).

Neste compartimento geoambiental, foram identificados 02 (dois) sistemas ambientais distintos: As serras úmidas, que abrangem as vertentes dos maciços residuais da Serra de

Maranguape, Aratanha e Baturité, dotadas de melhores condições climáticas e maior desenvolvimento pedológico, e as serras secas, que abrangem as feições de morros, morrotes, com solos menos desenvolvidos, vegetação típica de caatinga, e crista assimétrica, localizada no setor ocidental do município, com características ambientais semelhantes aos anteriores.

Unidade Geoambiental	Sistemas ambientais	Características Geoambientais	Limitações	Potencialidade	Impactos ambientais
Maçiços Residuais	Serras secas	Baixas altitudes, inferiores a 400 m, recobertas por vegetação do tipo Caatinga; Apresentam declividades entre 8 a 20%, caracterizando-os como relevos ondulados; São recobertos por solos do tipo Neossolos litólicos em associação aos afloramentos rochosos	Altos valores de declividade como fatores limitantes ao uso direto do solo serrano; Ativação ou intensificação dos processos erosivos;	Áreas de preservação da fauna e flora; Exploração sustentável do potencial turístico; Atividades ligadas à exploração dos recursos florestais; Agricultura de pequena escala.	Processos erosivos acelerados; Perda de biodiversidade e produtividade agrícola dos solos; Risco de desabamentos e deslizamentos em decorrência da retirada da cobertura vegetal natural de áreas com altos valores de declividade.
	Serras Úmidas	Altitudes superiores a 400 m; Vegetação do tipo Mata seca, ocorrendo naturalmente até o nível altimétrico de 600 m, e mata úmida, dominando nos setores mais elevados do relevo serrano; Possuem declividades variando de 3 – 20% nos setores mais planos, podendo chegar até valores maiores ou iguais a 45%.	Empobrecimento da biodiversidade; Altos riscos de deslizamentos e/ou desabamentos.		

Quadro 3 – Síntese da caracterização ambiental das áreas de Maçiços residuais de Maranguape

As **serras secas e crista assimétrica** compreendem os maciços com altitudes inferiores a 400 m que encontram-se dispersos na Depressão Sertaneja Maranguapense, resultantes da erosão diferencial a qual estão submetidos o substrato, e ocupam uma área total de 32,93 km², representando cerca de 5,57% do território do município de Maranguape. Apresentam declividades variando entre 8 a 20% e são recobertas por vegetação do tipo Caatinga. As principais classes de solos encontradas nesta unidade são: Neossolos Litólicos em associação com afloramentos de rocha. As principais formas de uso e ocupação, verificadas nesta unidade, estão ligadas à exploração do potencial madeireiro da caatinga para a utilização como combustível de pequenos empreendimentos comerciais e comercialização do carvão vegetal, além da prática de agricultura de subsistência com a utilização de práticas inadequadas às condições ambientais desta unidade, resultando em um processo acelerado de

erosão do solo, como foi verificado em vários pontos durante a execução da atividade de campo.

As **Serras úmidas**, por sua vez, são representadas pelas vertentes Ocidental da Serra de Maranguape e pelas vertentes Oriental das Serras de Aratanha e Baturité. Ocupam cerca de 126,33 km² assim divididas: Aratanha, 27 km² (cerca de 4,56% da área total do município), Baturité 70,25 km² (cerca de 11,89% da área total) e Maranguape ocupando uma área de 29,08 km² (ou cerca de 4,92% do total), juntos esses maciços representam cerca de 21,38% do território municipal. Compreende um grupo de maciços com orientação predominante NNE-SSW, com níveis altimétricos que variam entre 600 a 800 m, ocasionalmente alcançando valores superiores a 900 m. Exibem dissecação do relevo bastante pronunciada ocasionada pela rede fluvial. Podem-se destacar a “[...] ocorrência de cristas, lombas alongadas, colinas, interflúvios tabulares estreitos, vales em V ou de fundos planos semi-circulares” (SOUZA; OLIVEIRA, 2006, p.91).

Devido às condições de declividades elevadas e a proteção legal dos ambientes serranos, garantidas pela criação de unidades de conservações municipais e estaduais³, estes ambientes apresentam as menores interferências humanas, restritas à práticas de fruticultura, situadas nos setores de declividades menores e próximas aos núcleos urbanos e a atividades de ecoturismo e aventura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A delimitação e o mapeamento dos sistemas ambientais, constitui etapa essencial ao processo de planejamento do uso e ocupação do território em bases sustentáveis. É a partir do reconhecimento das características desse elemento espacial que se pode compreender o sentido da dinâmica da paisagem e as repercussões sobre o sistema econômico de determinado território.

Cada unidade sistêmica possui características (morfológicas, edáficas e vegetacionais) distintas que retratam o processo evolutivo ao qual esta unidade foi submetida, permitindo, ainda, analisar os cenários tendenciais da dinâmica e seus impactos sobre os subsistemas ambientais e econômicos. Apesar de ser passo fundamental no processo de ordenamento territorial, a delimitação dos sistemas ambientais não se encerra na mera delimitação e

³APA da Serra de Maranguape, criada pela Lei Municipal nº 1.168, de 08 de julho de 1993; APA da Serra da Aratanha, criada pelo Decreto Estadual 24.959 de 05 de junho de 1998

cartografiação das unidades sistêmicas existentes em um dado território. Esta é uma etapa inicial no planejamento ambiental que resultará no melhor equacionamento e dimensionamento das formas de uso e ocupação do território.

Como destacado anteriormente, o mapeamento e a caracterização dos sistemas ambientais, existentes num determinado território, constituem-se em etapa primordial no processo de uso e ocupação em bases sustentáveis. É a partir do diagnóstico de cada unidade sistêmica que se é possível apreender os principais vetores de transformação e alteração da dinâmica ambiental de dada área que, por sua vez, possibilitam a predição dos impactos, sobre o meio ambiente e sobre a sociedade, e a adoção de medidas remediadoras ou preventivas ou, até mesmo, corretivas.

Por fim, a discussão sobre o tema não se esgota no mero mapeamento das unidades sistêmicas, fazendo-se necessária a evolução das discussões e análises, pormenorizadas, de cada unidade ambiental a fim de se obterem informações que possibilitem criar instrumentos e técnicas que permitam a utilização racional de cada unidade sistêmica.

REFERÊNCIAS

- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. **RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
- BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, José Carlos Bastos (Orgs.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2004, 214p.
- CREPANI, Edson; MEDEIROS, José Simeão de; HERNANDEZ FILHO, Pedro; FLORENZANO, Tereza Gallotti; DUARTE, Valdete; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- FREITAS, Éder Guedes. **Análise integrada das paisagens da cidade de Maranguape – CE**. Monografia de Graduação do Curso de Geografia. UFC, 2013.
- _____. **Zoneamento geoambiental aplicado ao ordenamento territorial do município de Maranguape – CE**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA-UFC). Fortaleza, 2016. 127f.
- GUERRA; Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Dicionário Geológico-geomorfológico**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.
- IBGE. **Sinopse do Censo 2010**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 de agosto de 2015.
- _____. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 de agosto de 2015.
- MAIA, Ícaro Cardoso A transfiguração das paisagens da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho no município de Maranguape (CE). 2010. 117 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Fortaleza, 2010.
- MANOSSO, Fernando César. Estudo integrado de paisagem nas regiões norte, oeste e centro-

sul do estado do Paraná: relação entre a estrutura geocológica e a organização do espaço. **Boletim de Geografia (UEM)**, v. 26/27, p. 81-94, 2009.

NUNES, João Osvaldo Rodrigues; SANT'ANNA NETO, João Lima; TOMMASELLI, José Tadeu Garcia; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; PERUSI, Maria Cristina. A influência dos métodos científicos na geografia física. **Terra Livre**. Ano 22, v. 2, n.27, p.119-130, 2006.

OLIVEIRA, Anizia; SOUZA, Rosemeri Melo e. Contribuições do método geossistêmico aos estudos integrados da paisagem. **Geoambiente: Revista Eletrônica do Curso de Geografia**. Jataí. n.19, p.157-175, 2012.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente da. **Planejamento e Gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria sistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013, 370p.

ROSS, Jurandy Luciano Sanchez. **Ecogeografia do Brasil**. 2009.

SANTOS, Jäder de Oliveira. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza – CE: contribuições ao ordenamento territorial**. 2011. 311f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, 2011.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, Luiz Cruz; MORAIS, Jäder Onofre de; SOUZA, Marcos José Nogueira de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 6-98.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semiárido do Nordeste brasileiro. **MERCATOR – Revista de Geografia da UFC**, ano 5, n.9, p. 85-102, 2006.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. IBGE: SUPREN, 1977, 91p.

SELETIVIDADE DE ESPUMA POROSA HIDROFÓBICA DE POLIURETANO À BASE DE ÓLEO DE MAMONA PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EM MEIO AQUÁTICO

Fernanda Vieira Amorim ¹
Márcia Ramos Luiz ²
Glória Maria Vinhas ³
Yêda Medeiros Bastos de Almeida ⁴

RESUMO

O avanço dos materiais hidrofóbicos e oleofílicos a partir de materiais sustentáveis e recursos renováveis é de grande atenção comercial e acadêmica para adsorção e separação de óleo/água devido a acidentes ambientais e as águas residuais oleosas no meio industrial. Neste trabalho, um método simples, ágil, eficaz e econômico da espuma de poliuretano a base de óleo de mamona, foi fabricada pelo o método de polimerização a temperatura ambiente, para adsorção e separação de óleo/solventes orgânicos. A espuma apresenta seletividade em vários óleos/solventes orgânicos, com capacidade de adsorver de 5-39 vezes seu próprio peso, com repelência a meios ácidos e alcalinos com ângulo de contato de 132°, funcionalidade de reutilização, recuperabilidade e separação de diversos óleos/solventes orgânicos. De acordo com seus resultados possui excelentes propriedade de repelência a líquidos, seletividade, aplicação em limpeza e separação de óleo/solventes orgânicos. Desse modo, a espuma porosa em estudo tem perspectivas ambientalmente notáveis na seletividade de adsorção de contaminantes em meios aquáticos.

Palavras-chave: Poliuretano; óleo de mamona; hidrofóbico; adsorção; óleo/solventes orgânicos

¹ Doutoranda do Curso de Ciência de Materiais da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, amorimfernandaamorim20@gmail.com;

² Doutora em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, marciarluiz@yahoo.com.br;

³ Pós-Doutora em Química da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, gmvinhas@yahoo.com.br;

⁴ Professora orientadora: Doutora em Química de Materiais da Université Montpellier 2 - Sciences et Techniques, yedamba@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Os derramamentos de combustíveis durante desastres naturais, como o petróleo bruto, acidentes industriais e embarcações têm ampla consequências adversas a longo prazo nos ecossistemas marinhos que impactam a saúde humana através da cadeia alimentar (FINGAS, 2012; SHIU et al., 2018), que podem ser produzidas na vida diária e no processo industrial, incluindo a fábrica de processamento de alimentos e de petróleo (WANG et al., 2017). Com esses problemas a busca por materiais com características hidrofóbicas e oleofílicas têm despertado grande interesse devido à sua limpeza rápida e altamente eficiente de óleo e contaminantes orgânicos da água (WANG; WANG; GENG, 2018).

O processo de adsorção tem demonstrado ser um método eficaz e econômico no tratamento desses efluentes com poluentes orgânicos, sendo necessária a pesquisa de materiais de baixo custo para ser utilizado industrialmente, pois o sucesso da adsorção como processo de separação depende da escolha do material adsorvente e da otimização das variáveis do processo (RUTHVEN, 1996). Vários materiais com capacidade de adsorção, como malhas (LU et al., 2018), têxteis (LI et al., 2015), espumas poliméricas (LIU et al., 2017; ANJU; RENUKA, 2018; BESHKAR et al., 2017), aerogéis (WANG; WANG; GENG, 2018; WANG et al., 2015; JAMET; DIMITRIJEV, 2017) e vegetais (AMORIM et al., 2019; SOUZA et al., 2018) podem ser usados como possíveis materiais de separação óleo/água.

Os materiais poliméricos mais versáteis como os poliuretanos (PU), produzidos por isocianatos e polióis, são utilizados em espumas, revestimentos, adesivos, selantes, elastômeros, fibras e como compostos de fundição. A vantagem desses materiais é que eles podem ser adaptados para atender a uma ampla gama de requisitos específicos. A preparação de poliuretanos com matérias-primas renováveis é importante do ponto de vista ecológico, econômico e tecnológico (IONESCU et al., 2016).

Além dos materiais hidrofóbicos e oleofílicos, os materiais sustentáveis usando recursos renováveis estão atraindo considerável atenção por meio de pesquisa e comercialmente, devido à questão da sustentabilidade (ZHANG et al., 2015; BHOYATE et al., 2018). Derivados de óleo vegetal são considerados materiais sustentáveis como substitutos promissores para produtos químicos à base de petróleo devido à sua não-toxicidade, custo-eficácia, biodegradabilidade e fluidez inerente. Além disso, eles têm vários atributos funcionais (hidroxilas, locais de insaturação, ativos metilenos e ésteres), que facilitam seu uso profundo como matéria-prima para produção de polímeros (AKRAMA et al., 2017).

O óleo de mamona (*Ricinus Communis*) é um óleo vegetal considerado um dos mais importantes recursos renováveis com um triglicerídeo de vários ácidos graxos, que possui alto conteúdo de ácido ricinoléico, $C_{18}H_{34}O_3$ (87-90% em peso), e estrutura única do ácido cis-12-hidroxi-octadeca-9-enóico, 18-ácido graxo hidroxilado de carbono 8 (WANG; WANG; GENG, 2018; WANG et al., 2017). Este óleo naturalmente hidroxilado foi usado diretamente como um polioliol de PU por décadas (HABLOT et al., 2008).

Neste estudo, uma espuma de poliuretano a base de óleo de mamona (*Ricinus Communis*) (PUM) será fabricada pelo método 'one-shot' a temperatura ambiente, com característica hidrofóbia a partir de sua composição do ácido ricinoléico, onde será avaliada sua seletividade de adsorção, recuperabilidade e separação de vários óleos/solventes orgânicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

A espuma de PU a base de óleo de mamona, densidade $\approx 0,07 \text{ g.cm}^{-1}$, obtida pela Imperveg® - Polímeros Indústria e Comércio Ltda é constituída por duas composições: componente A (isocianato, pré-polímero) e o componente B (polioliol, a base de óleo de mamona).

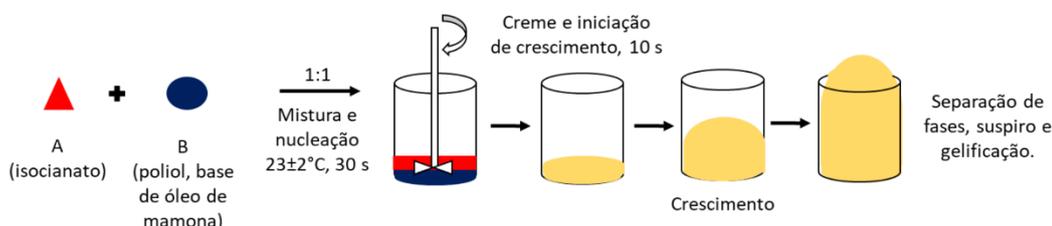
Os contaminantes foram representados através de óleos/solventes orgânicos como: Gasolina, óleo diesel S10 e óleo diesel S500, obtidos em postos de combustíveis (Paraíba-Brasil), querosene 8005 adquirido pela Indústria e Comércio de Solventes, Tintas e Vernizes Tempo Ltda, acetato de etila 99,5% P.A., clorofórmio P.A. ACS, diclorometano P.A. e tolueno P.A. foram fornecidos pela Universidade Estadual da Paraíba (Paraíba, Brasil), óleo de motor 20W-50, adquirido pela Cosan Lubrificantes e Especialidades S.A., óleo de cozinha após utilização em fritura, ácido clorídrico P.A. e hidróxido de sódio P.A.

Fabricação da espuma

A espuma foi obtida pelo método adaptado "one-shot" (FENNER et al., 2016 e 2018; GÓMEZ-FERNÁNDEZ et al., 2016) a temperatura ambiente de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por meio da reação e mistura das composições do componente A (isocianato, pré-polímero) e o componente B (polioliol, base de óleo de mamona) na proporção de 1:1 em um agitador mecânico (Nova

Ética® M 110-VER-4K3/24Vcc) a 1.720 rpm, com tempo de creme de 30 segundos mostrado na Fig. 1.

Figura 1. Fabricação da espuma PU à base de óleo de mamona.



Caracterizações

A espuma foi investigada através da análise de FT-IR pelo espectroscópio Perkin Elmer 400 (LAC-UFPE) com reflexão total atenuada e resolução de 4cm^{-1} e 16 varreduras por amostra. A morfologia da espuma foi avaliada pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) por um microscópio eletrônico (EVO-LS15, Zeiss, LIKA-UFPE). As propriedades térmicas foram realizadas no analisador térmico (TGA/DSC 2 STARE (Mettler Toledo/Suíça, DEN-UFPE) em uma faixa de temperatura de $50\text{-}800^\circ\text{C}$ sob a atmosfera de nitrogênio e uma taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$. A análise de Difração de Raios-X (DRX) foi realizada utilizando um difratômetro de Raios-X SmartLab-RIGAKU, DF-UFPE, com uma radiação $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda=1,54\text{\AA}$). O ângulo de contato, para avaliação da hidrofobicidade da espuma, foi avaliada por meio do equipamento Goniometro Biolin Scientific Attension – OneAttension 3.0, DEM-UFPE, em diferentes faixas de pH de 3, 5, 7, 9 e 13, com gotas de $10\mu\text{L}$, que foram aplicadas a superfície da espuma com medição do valor do ângulo (θ) correspondente à média aritmética de 418 valores medidos em 30s.

Experimentos de adsorção

Seletividade da espuma: Avaliando a capacidade de adsorção de contaminantes (óleos/solventes orgânicos) pela espuma, os experimentos consistiram em realizar simulações em sistemas estático, onde os corpos de provas foram imersos em vários óleos/solventes orgânicos (gasolina, óleo diesel S10, óleo diesel S500, querosene 8005, acetato de etila 99,5% P.A., clorofórmio P.A., diclorometano P.A., tolueno P.A., óleo de motor 20W-50 e óleo de cozinha após utilização em fritura) a temperatura ambiente ($23\pm 2^\circ\text{C}$) durante 1, 2, 4, 6, 12 e

24 horas, em seguida, retirada para medições em relação de massa. A capacidade de adsorção da espuma no processo de adsorção é calculada pela quantidade em massa adsorvida e representada em porcentagem, $C_{\max}(\%) = (M_f - M_i) / M_i \times 100$, onde C_a é a capacidade de adsorção, M_i (g) é a massa inicial e M_f (g) é a massa final da espuma após adsorção dos contaminantes (CHEN et al., 2017; CAO et al., 2018; LIN et al., 2018).

Reutilização e recuperabilidade: Avaliando a capacidade de reutilização e recuperabilidade das espumas, foram aplicados dois métodos de reutilização a espuma. No método de compressão manual, inicialmente, a espuma foi imersa em 10mL de óleo diesel S10 por 10 minutos, em seguida, retirada e pressionada manualmente para remoção parcial de óleo diesel S10, de forma a recuperar o contaminante, para posterior reciclo. Pelo método de liberação do contaminante por solvente, inicialmente imergiu-se a espuma em 10mL de óleo de motor por 10min, em seguida, retirou-se e imergiu-se em 10mL de hexano sob agitação para liberação do óleo adsorvido e posteriormente seca em estufa a 100°C durante 10min para posterior reciclo (LI et al., 2014; WU et al., 2014; GAO et al., 2018; LU et al., 2018).

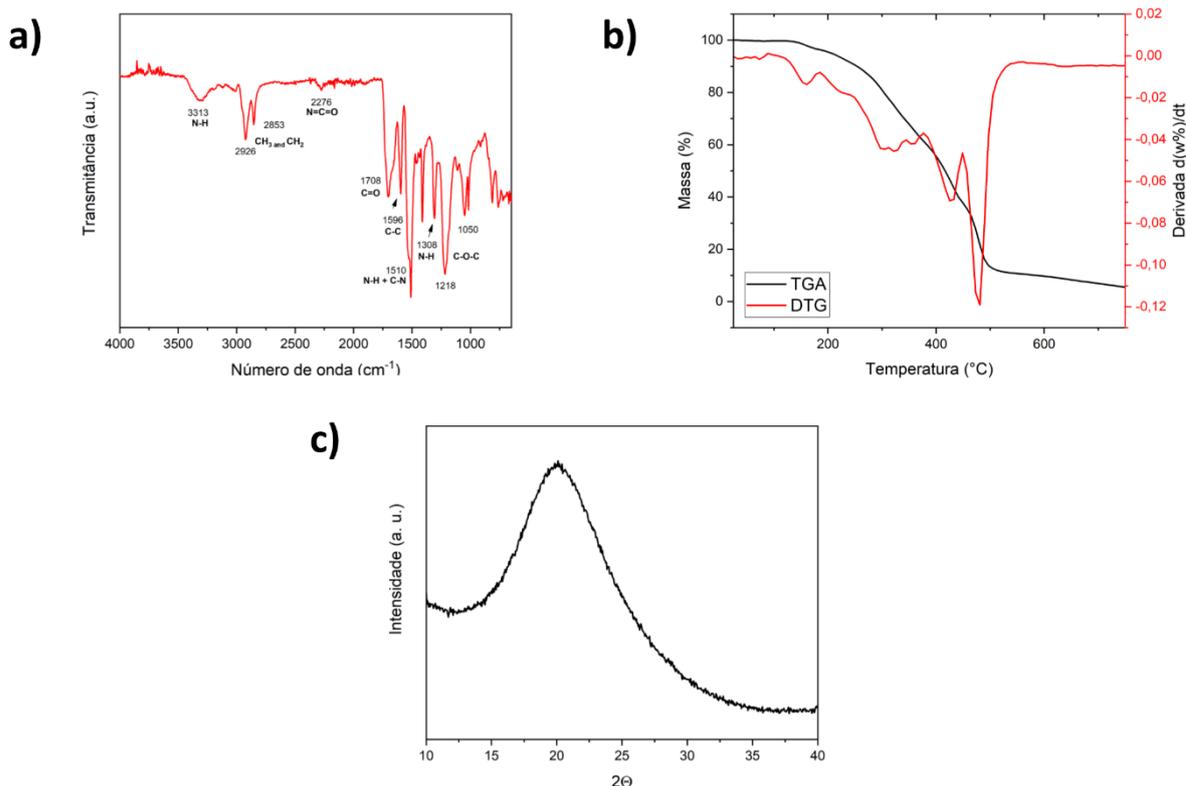
Separação Contínua: A recuperação de contaminantes em meio aquoso, através da separação contínua de contaminante em água se dá através de experimentos de remoção por sucção adaptado a um dispositivo de coleta por bombeamento de decompressão à vácuo (Quimis®/Q955b) a mistura de diesel S10 (10mL) com água (10mL) (WANG et al., 2013; GE et al., 2014; CHEN et al., 2017; ZHANG et al., 2017b; GAO et al., 2018; LU et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig. 2a. está representada o espectro de FTIR da espuma, onde inicialmente no espectrograma o alongamento observado em 3313cm^{-1} é relacionado a amina N-H e duas bandas bem definidas a 2926 e 2853cm^{-1} , correspondendo à deformação de CH_3 e CH_2 . A banda observada em 2276cm^{-1} é característico da presença de isocianato não reagido devido à razão molar usada nestas formulações (1:1) e a banda 1708cm^{-1} corresponde ao trecho de ligação C=O do uretano livre (IONESCU et al., 2016; CARRIÇO et al., 2016; LUO et al., 2013). A banda 1596cm^{-1} corresponde a vibração do anel benzeno e a combinação de deformação de N-H. Em 1510cm^{-1} corresponde a vibração de alongamento de C-N (bandas amida II) (CARRIÇO et al., 2016; MERLINI et al., 2011; LIU et al., 2017). A banda relacionada ao estiramento de ligações assimétricas de N-H em 1308cm^{-1} foi observada (CARRIÇO et al., 2016; CHEN et al., 2009; CINELLI; ANGUILLES; LAZZERI, 2013) e

por fim as bandas em 1217 e 1050cm^{-1} são atribuídos a grupos éter C-O-C e correspondente ao grupo uretano (MERLINI et al., 2011; LIU et al., 2017). Assim caracterizando bandas de absorção referentes a materiais a base de poliuretano.

Figura 2. a) Espectro FTIR de espuma. b) Curva TGA e sua derivada da espuma. c) difratograma de raios-X (DRX) da espuma.

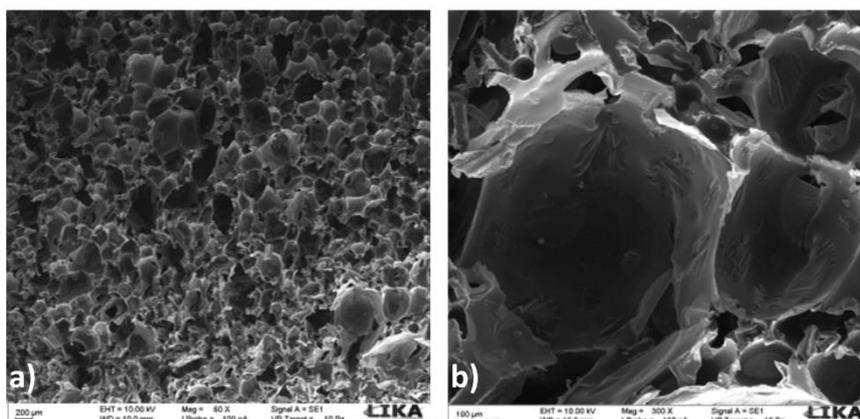


A curva TGA e sua derivada da espuma está apresentada na Figura 2b, demonstrando dois estágios de degradação, o primeiro evento de degradação ocorre entre $263,1$ e $340,9^{\circ}\text{C}$, com pico endotérmico em torno de 324°C e perda de massa de $34,6\%$ correspondente ao rompimento dos grupos de uretano. O rompimento das ligações de uretano tem três mecanismos: dissociação ao isocianato e álcool, formação de amina primária e olefina e formação de amina secundária (ASHIH et al., 2018). O segundo evento de degradação foi observado na faixa entre $463,8$ e $488,4^{\circ}\text{C}$, com pico endotérmico em torno de 426 e 481°C , com perda de massa de $48,3\%$ relacionada a cisão da ligação éster proveniente do poliól (IONESCU et al., 2016; AKRAMA et al., 2017; CARRIÇO et al., 2016; ROJAS et al., 2018; ZHANG et al., 2014). Assim de acordo com a literatura acima sua decomposição ocorre em torno de 263 a 488°C .

A Figura 2c apresenta o difratograma de Raio-X (DRX) da espuma estudada possui característica amorfa, com base larga a 2θ em torno de 20° , confirmando a característica de material polimérico amorfo (SCHIO et al., 2018) e biodegradável de acordo com Alves, Santos e Mulinari (2018), mais fáceis de se degradarem quando comparados aos polímeros semicristalinos (SADEGHIFAR et al., 2011).

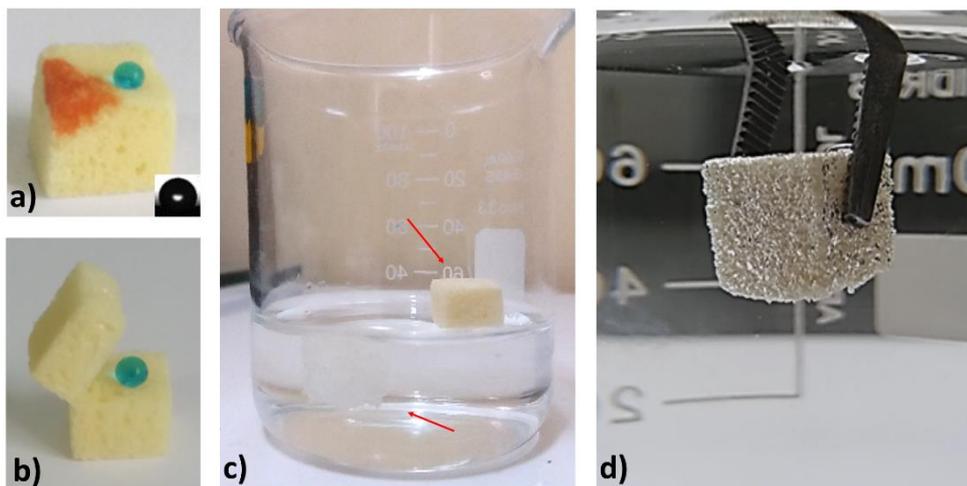
As micrografias obtidas por MEV da espuma são mostradas na Figura 3. Como pode-se observar a espuma tem estrutura macroporosa de geometria irregular (heterogênea) (LI et al., 2015) com poros em diferentes tamanhos (CARRIÇO et al., 2016; ROJAS et al., 2018; ALVES; SANTOS; MULINARI, 2018), com interconectividade entre eles, facilitando a passagem do contaminante pela espuma, o que facilita o processo de adsorção dos contaminantes.

Figura 3. Microscopia Eletrônica de Varredura da espuma a) 60 X. b) 300 X.



A aderência a água na superfície da espuma é obtida e ilustrada na Figura 4. Observa-se na Figura 4a que a gotícula de água (corada de azul) na superfície da espuma mantém uma forma esférica estável com um ângulo de contato de $132,84 \pm 0,52^\circ$, com característica hidrofóbica, mostrando boa repelência à água. Quando o óleo de motor (corado de vermelho) é depositado na superfície da espuma, este é imediatamente adsorvido pela espuma com ângulo de contato medido de 0° , confirmando excelente superoleofilia da espuma (WANG; WANG; GENG, 2018; CAO et al., 2018a; LIN et al., 2018; GAO et al., 2018; CHEN et al., 2018; XIE et al., 2018) quando a espuma é cortada ao meio, a nova superfície exposta ainda possui boa repelência a água apontando que a superfície interna também apresenta características hidrofóbicas, Figura 4b (ZHANG et al., 2017a).

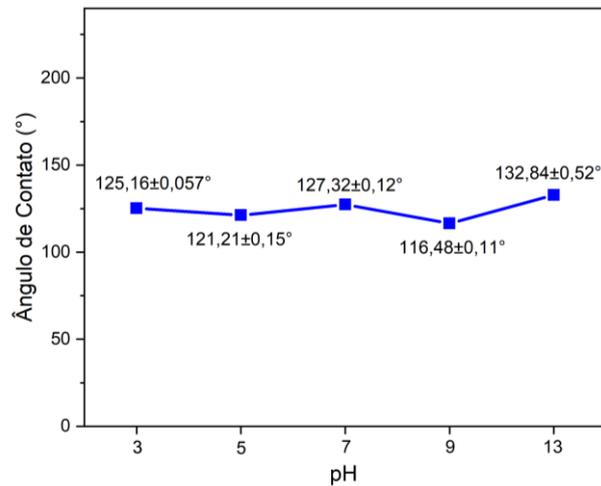
Figura 4. Ângulo de contato a) Óleo de motor (corado em vermelho) e gota de água (corado em azul) na superfície da espuma. b) Gota de água (corada em azul) na superfície interna da espuma depois de cortada ao meio. c) Espuma à base de óleo de mamona flutuando na superfície da água enquanto a espuma derivada do petróleo submerge na água. d) Espuma imersa em água mostrando em sua superfície um filme fino, brilhante e espelhado.



Quando a espuma é colocada na água, Figura 4c, devido à alta repelência a água a espuma flutua em sua superfície, já a espuma derivada de petróleo submerge na água por causa de sua hidrofílicidade (LIU et al., 2017; CAO et al., 2018a; XIE et al., 2018; YANG et al., 2018). Na Figura 4d, quando a espuma é forçada dentro do becker com água, uma película fina, brilhante e espelhada na superfície da espuma pode ser observada, devido à camada de ar aprisionada entre a superfície áspera e a água (CAO et al., 2018a; XIE et al., 2018; ZHANG et al., 2017a).

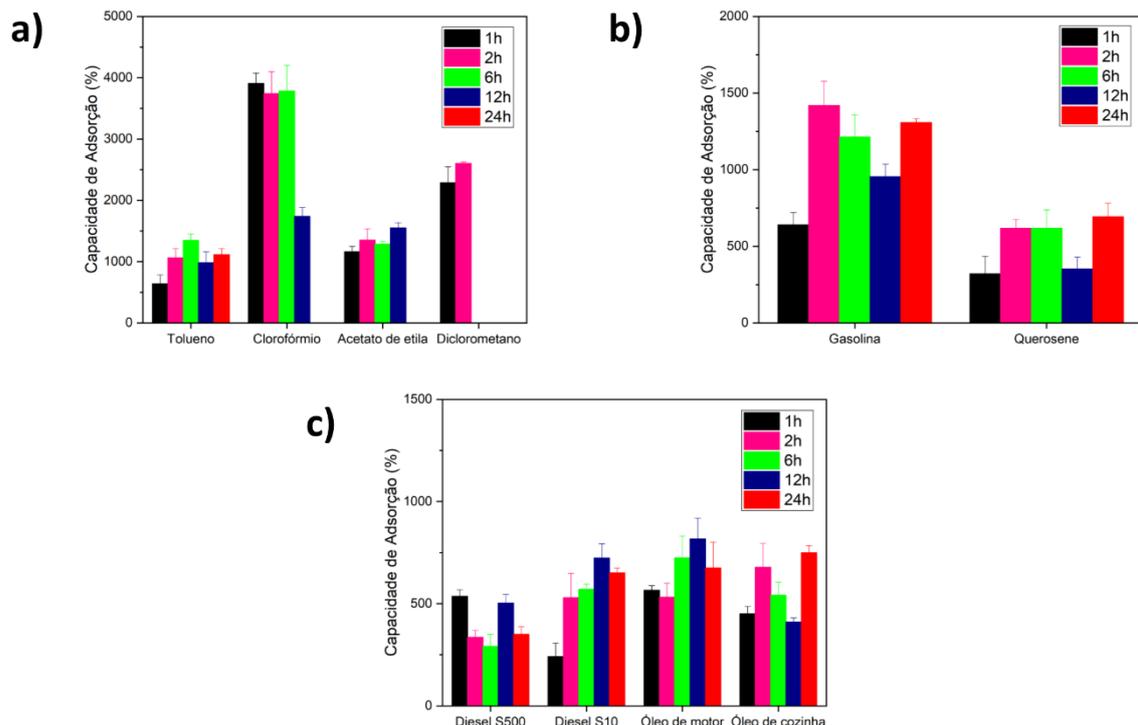
Para avaliar melhor a hidrofobicidade da espuma, gotículas de soluções com variação de pH de 3, 5, 7, 9 e 13, Figura 5, foram expostas em sua superfície e medido seus ângulos de contato que foram de $125,16 \pm 0,057^\circ$, $121,21 \pm 0,15^\circ$, $127,32 \pm 0,12^\circ$, $116,48 \pm 0,11^\circ$ e $132,84 \pm 0,52^\circ$, respectivamente. Os ângulos de contato da superfície da espuma, consequentemente, estão dentro das características de material hidrofóbico (acima de 90°) com boa repelência a água (WANG; WANG; GENG, 2018; FENNER et al., 2018; CAO et al., 2018a; ALVES; SANTOS; MULINARI, 2018; CHEN et al., 2018). A espuma apresentou certa estabilidade com variação de pH, tendo o melhor ângulo de contato em solução básica. A hidrofobicidade da espuma e biocompósitos em solução neutra foi melhor que em soluções ácidas. Em comparação com outros materiais listados na Tab. 1, a espuma em estudo apresenta resultado similar ou superior, demonstrando um bom material para uso em fins de aplicação a separação/adsorção de óleos/solventes orgânicos.

Figura 5. Variação do ângulo de contato na superfície da espuma sob condições ácidas, neutras e alcalinas.



A seletividade de adsorção da espuma para diversos contaminantes, estão demonstrados na Figura 6. O experimento consistiu em avaliar a capacidade máxima de adsorção (C_{max}) da espuma durante um período de 1, 2, 6, 12 e 24 horas. As capacidades de adsorção da espuma dos óleos/solventes orgânicos foram de 5-39 vezes o seu próprio peso.

Figura 6. Capacidade de adsorção da espuma para a) Tolueno, clorofórmio, acetato de etila e diclorometano. b) Gasolina e querosene. c) Diesel S500, diesel S10, óleo do motor e óleo de cozinha.



A C_{\max} do tolueno, Fig. 6a, foi de $1.344,6 \pm 104,5\%$ em 6h, comparado com valores da espuma de PU/ M_nO_2 de Zhang et al. (2017b), que obtiveram $\approx 1.466\%$. A C_{\max} do clorofórmio foi de $3.907,8 \pm 166,7\%$ em 1h, sendo superior a espuma de polipropileno de Wang et al. (2016) com aproximadamente 2.100%; a espuma de grafeno de Wu et al. (2016) com 3.050%, a espuma de fluoreto de vinileno com nanotubos de carbono de Chen et al. (2017) com aproximadamente 1.185%, a espuma de PU/ Al_2O_3 de Kong et al. (2017) com 3.700%, a espuma de PU/ M_nO_2 de Zhang et al. (2017b) com 3.642% e a espuma de polipropileno de Wang et al. (2017) com aproximadamente 3.550%. A C_{\max} do acetato de etila foi de $1.547,8 \pm 86,9\%$ em 12h, superior, a espuma de fluoreto de vinileno com nanotubos de carbono de Chen et al. (2017) com $\approx 570\%$. Após 2h a C_{\max} do diclorometano foi de $2.602,2 \pm 23,7\%$, superior a espuma de fluoreto de vinileno com nanotubos de carbono de Chen et al. (2017) com $\approx 910\%$ e com valor próximo da espuma de polipropileno de Wang et al. (2017) com $\approx 2.600\%$, onde a capacidade de adsorção obtida pode ser afetada devido a evaporação rápida do tolueno, clorofórmio, acetato de etila e diclorometano na espuma.

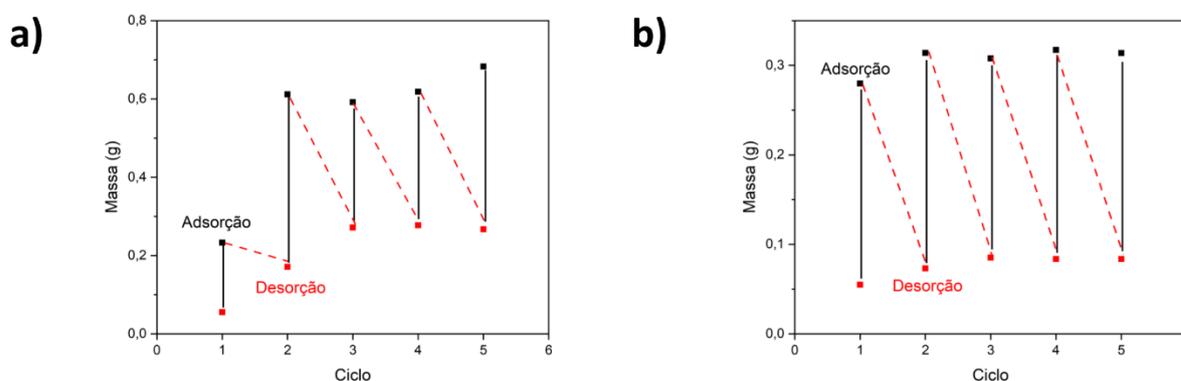
A C_{\max} da gasolina, Fig. 6b, é de $1.418,8 \pm 157,8\%$ em 2h, com valores próximos comparado a espuma de PU/ SiO_2 de Zhang et al. (2017a) com ≈ 15 vezes o seu peso, já querosene com $(693,3 \pm 87,8\%)$ em 24h. A C_{\max} do diesel S10 e óleo de motor ($723,2 \pm 69,6$ e $817,3 \pm 101,2$), ocorreu em 12h e do diesel S500 com $536,4 \pm 31,6\%$ em 1h e o óleo de cozinha com $749,4 \pm 34,1$ em 24h, Fig. 6c, com valor superior ou próximos em comparação com a espuma de PU a base de óleo de mamona de Alves, Santos e Mulinari (2018) que obteve 746,1 e 527,2% para o diesel S10 e S500, respectivamente, e a espuma de PU/ Al_2O_3 de Kong et al. (2017) obteve $\approx 5,5 \text{ g.g}^{-1}$ para diesel. A espuma de fluoreto de vinileno com nanotubos de carbono de Chen et al. (2017) com C_{\max} de óleo de 319,1% tem adsorção inferior a espuma em estudo, já espuma de polietilanimina e óxido de grafeno de Periasamy et al. (2016) obteve $\approx 880\%$ de remoção de óleo.

De acordo com características de cada contaminante, o processo de adsorção foi afetado pela viscosidade dos óleos/solventes orgânicos, os contaminantes com baixa viscosidade como, o acetato de etila, diclorometano, clorofórmio, gasolina e tolueno, obtiveram um alto poder de adsorção sendo superiores aos dos óleos, principalmente devido às propriedades de auto-expansão das espumas em solventes de pequenas moléculas (ZHANG et al., 2017b), já os contaminantes com alta viscosidade como, o diesel S10, diesel S500, óleo de motor, óleo de cozinha e querosene, colapsam os poros das espumas, causados pela baixa

velocidade de difusão, bloqueando o ar nos poros da espuma, assim obtendo diminuição na capacidade de adsorção (CHEN et al., 2017).

O método por compressão manual, Fig. 7a, que consistiu em comprimir as espumas manualmente durante 5 ciclos, foi utilizado diesel S10 para adsorção. Como se observa o primeiro ciclo e sua capacidade de adsorção foi baixa devido o tempo de contato e a sua recuperação não foi total, pois o diesel S10 não pode ser totalmente eliminado. A partir do segundo ciclo a espuma teve um aumento de capacidade de adsorção devido a compressão que expulsa o ar de dentro das esponjas e melhor succiona, ainda ocorrendo diminuição de sua recuperação, que com a sequência dos ciclos chega a uma estabilização de recuperação do diesel s10 e saturação da espuma. Na Figura 7b, para reutilização das espumas foi utilizado óleo de motor com alta viscosidade, solvente hexano para sua liberação e posteriormente seco por 10min a 100°C. O índice de recuperação foi quase total obtendo uma rápida e fácil liberação do óleo, assim a espuma aqui desenvolvida demonstra um grande potencial para reutilização de óleos de alta viscosidade (CHEN et al., 2017; LI et al., 2014; WU et al., 2014; GAO et al., 2018).

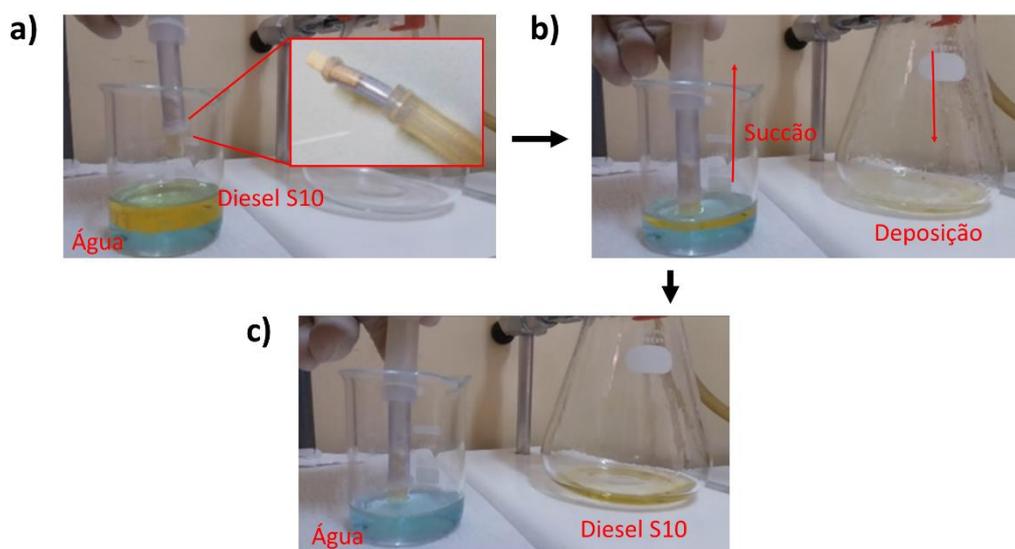
Figura 7. (a) Reutilização da espuma de recuperação diesel S10 usando o método de compressão. (b) Reutilização da espuma para adsorção de óleo de motor libertado com hexano.



Para avaliar a remoção contínua de contaminante em meio aquoso, a espuma foi acoplada a um sistema de sucção a vácuo com depósito de coleta para a contínua adsorção e remoção de óleo/solventes orgânicos em meio aquoso. Como mostrado na Figura 8, uma vez que um pedaço da espuma entra em contato com o diesel S10, o óleo penetra imediatamente na espuma, onde o bombeamento por descompressão, permite a remoção completa do diesel S10 em $37,93 \pm 1,79$ segundos, sem que água seja sugada devido a característica hidrofóbia da espuma (WANG et al., 2013; GAO et al., 2018; GE et al., 2014; ZHANG et al., 2017a; LV et

al., 2018), Chen et al. (2017) succionou por bombeamento a vácuo, 10mL de tolueno, através de uma espuma de carbono, onde sua total remoção ocorreu em aproximadamente 1 minuto, assim a espuma em estudo apresenta grande potencial para remoção contínua de óleo/solventes orgânicos.

Figura 8. Fotos do sistema de bombeamento contínuo descompressivo do diesel S10 (amarelo) em meio aquoso (corado azul) a) Contato da espuma com mistura de diesel S10 e água. b) Processo de sucção contínua para diesel S10. c) Remoção total e completa do diesel S10.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos, a espuma apresenta fabricação relativamente fácil, rápida e de baixo custo comparado com outros materiais da literatura, além de ter características de materiais biodegradáveis.

A espuma apresenta estrutura porosa o que representa um material ideal na aplicação de sorção de óleos e sua característica hidrofóbica apresenta boa repelência em meios ácidos e alcalinos, com ângulos de contato de cerca de 116 e 132° para água. A espuma apresenta ampla seletividade com capacidade de adsorção de 5–39 vezes o seu próprio peso, com capacidade de adsorção sendo influenciada pela viscosidade dos óleos/solventes orgânicos e pelo tempo de contato. Com a variação do tempo foi possível identificar o tempo de saturação do material que varia em torno de 1–12h para os óleos/solventes orgânicos menos viscosos e 12–24h para os mais viscosos e é conveniente em casos que há necessidade de reutilização, recuperabilidade e separação de misturas de óleo/água.

AGRADECIMENTOS

Somos gratos a assistência financeira do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Aos Laboratórios da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Laboratório Integrado de Tecnologia em Petróleo - LITPEG e ao Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami - LIKA por fornecer instalações de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AKRAMA, D.; HAKAMIB, O.; SHARMINA, E. Sharif Ahmad Castor and Linseed oil polyurethane/TEOS hybrids as protectivecoatings: A synergistic approach utilising plant oil polyols, asustainable resource. **Progress in Organic Coatings**, v. 108, p. 1–14, 2017.

ALMEIDA, M. L. B. **Espumas Poliméricas Contendo Resíduo de Catalisador da Indústria de Petróleo como Adsorventes para Contaminantes Orgânicos Aquosos**. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

ALVES, F. C.; SANTOS, V. F.; MULINARI, D. R. **Sorção de óleo diesel s500 e s10 a partir de espuma de poliuretano à base de óleo de mamona**. 12º Encontro Brasileiro Sobre Adsorção, Gramado, 2018.

AMORIM, F. V.; LUIZ, M. R.; SOUZA, E. S. Utilização do bagaço de malte na adsorção de gasolina presente em corpos aquáticos: estudo em leito diferencia. In: Carmen Lúcia Voigt. (Org.). **Princípios de Química**. 1ed.Ponta Grossa: Atena Editora, v. 1, p. 1-304, 2019.

ANJU, M.; RENUKA, N. K. Magnetically actuated graphene coated polyurethane foam as potential sorbent for oils and organics. **Arabian Journal of Chemistry**, In Press, 2018.

ASHISH, J. R.; JAUHARI, S.; PRAJAPATI, V. S.; DHOLAKIYA, B. Z. Synthesis and performance evaluation of vegetable oil based wood finish polyurethane coating. **Bioresource Technology Reports**. v. 3, p. 88-94, 2018.

BESHKAR, F.; KHOJASTEH, H.; SALAVATI-NIASARI, M. Recyclable magnetic superhydrophobic straw soot sponge for highly efficient oil/water separation. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 497, p. 57–65, 2017.

BHOYATE, S.; IONESCU, M.; KAHOLC, P.K.; GUPTA. R. K. Sustainable flame-retardant polyurethanes using renewable resources. **Industrial Crops & Products**, v. 123, p. 480–488, 2018.

CAO, X.; ZHAN, P.; WEI, X.; ZHAI, W.; ZHENG, G.; DAI, K.; LIU, C.; SHEN, C. Lightweight, mechanical robust foam with a herringbone-like porous structure for oil/water separation and filtering. **Polymer Testing**, v. 72, p. 86-93, 2018a.

CAO, W.; GUO, L.; YAN, X.; ZHANG, D.; YAO, X. Assessment of sugarcane bagasse gasification in supercritical water for hydrogen production. **International Journal Hydrogen Energy**, v. 43, p. 13711-13719, 2018b.

CARRIÇO, C. S.; FRAGA, T.; PASA, V. M. D. Production and characterization of polyurethane foams from a simple mixture of castor oil, crude glycerol and untreated lignin as bio-based polyols. **European Polymer Journal**, v. 85, p. 53-61, 2016.

CHEN, F.; LU, Y.; LIU, X.; SONG, J.; HE, G.; TIWARI, M. K. CARMALT, C. J.; PARKIN, I. P. Table Salt as a Template to Prepare Reusable Porous PVDF–MWCNT Foam for Separation of Immiscible Oils/Organic Solvents and Corrosive Aqueous Solutions. **Adv. Funct. Mater.**, v. 27, p. 1702926, 2017.

CHEN, C.; LI, F.; ZHANG, Y.; WANG, B.; FAN, Y.; WANG, X. Runcang Sun. Compressive, ultralight and fire-resistant lignin-modified graphene aerogels as recyclable absorbents for oil and organic solvents. **Chemical Engineering Journal** 350, v. 350, p. 173–180, 2018.

CHEN, F.; LU, Z. Liquefaction of wheat straw and preparation of rigid polyurethane foam from the liquefaction products. **J Appl Polym Sci**, v. 111, n. 1, p. 508-516, 2009.

CINELLI, P.; ANGUILLES, I.; LAZZERI, A. Green synthesis of flexible polyurethane foams from liquefied lignin. **Eur. Polym. J.**, v. 49, n. 6, p. 1174–1184, 2013.

CORCUERA, M. A.; RUEDA, L.; FERNANDEZ D'ARLAS, B.; ARBELAIZ, A.; MARIETA, C.; MONDRAGON, I.; ECEIZA, A. Microstructure and properties of polyurethanes derived from castor oil. **Polym. Degrad. Stabil.** v. 95, n. 11, p. 2175-2184, 2010.

DANTAS, I. R.; CIPRIANO, J. P.; COSTA, I. L. M.; MULINARI, D. R. Sorção De Óleo Diesel A Partir De Compósito De Poluretano Reforçado Com Fibras Da Palmeira. **22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, Natal, RN, 2016.

FENNER, B. R.; MATHEUS, V.G.; ZIMMERMANN, M. P. S.; ZATTERA, A. J. **Avaliação Morfológica De Espumas De Poliuretano Com Diferentes Densidades Para Utilização Como Adsorvente De Óleos**. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016.

FENNER, B. R.; MATHEUS, V.G.; ZIMMERMANN, M. P. S.; ZATTERA, A. J., Comparative analysis among coating methods of flexible polyurethane foams with graphene oxide. **Molliq**, v. 28, n. 4, p. 323-331, 2018.

FINGAS, M.F. The basics of oil spill cleanup. **CRC press.**, 2012.

GAO, H.; SUN, P.; ZHANG, Y.; ZENG, X.; WANG, D.; ZHANG, Y.; WANG, Z. Jiangyu Wua, A two-step hydrophobic fabrication of melamine sponge for oil absorption and oil/water separation. **Surface & Coatings Technology**, v. 339, p. 147–154, 2018.

GE, J.; YE, Y.; YAO, H.; ZHU, X.; WANG, X.; WU, L.; WANG, J.; DING, H.; YONG, N.; HE, L.; YU, S. Pumping through Porous Hydrophobic/Oleophilic Materials: Na Alternative Technology for Oil Spill Remediation. **Angew. Chem. Int. Ed.**, v. 53, p. 3612–3616, 2014.

GÓMEZ-FERNÁNDEZ, S., UGARTE, L.; PEÑA-RODRIGUEZ, C.; CORCUERA, M.; ECEIZA, A. The effect of phosphorus containing polyol and layered double hydroxides on the properties of a castor oil based flexible polyurethane foam. **Polymer Degradation and Stability**, v.132, p. 41-51, 2016.

HABLOT, E.; ZHENG, D.; BOUQUEY, M. L. Averous, Macromol. **Mat. Eng.** v. 293, p. 922e929, 2008.

IONESCU, M.; RADOJČIĆ, D.; WAN, X.; SHRESTHA, M. L.; PETROVIĆ, Z. S.; UPSHAW, T. Highly functional polyols from castor oil for rigid polyurethanes. **European Polymer Journal**, 2016.

JAMET, P.; DIMITRIJEV, S. Physical properties of N₂O and NO-nitrided gate oxides grown on 4H SiC, Appl. **Phys. Let.**, v. 307, p. 319–325, 2017.

KONG, L. et al. Fabrication of hydrophobic and oleophilic polyurethane foam sponge modified with hydrophobic Al₂O₃ for oil/water separation, **J. Ind. Eng. Chem.** 2017.

LI, Y.; SHANSHAN, C.; XIANG, L.; MENGCHUN, W.; JUNQI, S. Highly Transparent, Nanofiller- Reinforced Scratch-Resistant Polymeric Composite Films Capable of Healing Scratches. **ACS Nano**, v. 9, n. 10, 2015.

LI, K.; ZENG, X.; LI, H.; LAI, X. Facile fabrication of a robust superhydrophobic/superoleophilic sponge for selective oil absorption from oily water. **RSC Adv.**, v. 4, p. 23861, 2014.

LIN, B.; CHEN, J.; LI, Z.; HE, F.; LI, D. Superhydrophobic modification of polyurethane sponge for the oil-water separation. **Sct**, 2018.

LIU, Y.; ZHAN, B.; ZHANG, K.; KAYA, C.; STEGMAIER, T.; HAN, Z.; REN, L. On-demand oil/water separation of 3D Fe foam by controllable wettability. **Chemical Engineering Journal**, v. 331, p. 278-289, 2017.

LU, Y.; LI, Z.; HAILU, G.; XU, D.; WU, H.; KANG, W. Study on the oil/water separation performance of a super-hydrophobic copper mesh under downhole conditions. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 72, p. 310-318, 2018.

LUO, X.; MOHANTY, A.; MISRA, M. Lignin as a reactive reinforcing filler for waterblown rigid biofoam composites from soy oil-based polyurethane. **Ind Crop Prod**, v. 47, p. 13-19. 2013.

LV, X., TIAN, D.; PENG, Y.; LI, J.; JIANG, G. Superhydrophobic Magnetic Reduced Graphene Oxide-Decorated Foam for Efficient and Repeatable Oil-Water Separation. **Applied Surface Science**, 2018.

MERLINI, C.; SOLDI, V.; BARRA, G. M. O. Influence of fiber surface treatment and length on physico-chemical properties of short random banana fiber-reinforced castor oil polyurethane composites. **Polymer Testing**, v. 30, n. 8, p. 833–840, 2011.

PERIASAMY, A. P.; et al. Polymer/reduced graphene oxide functionalized sponges as superabsorbents for oil removal and recovery. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 2, p. 888-895, 2016.

ROJAS, M. F.; MIRANDA, L. P.; RAMIREZ, A. M.; QUINTERO, K. P.; BERNARD, F.; EINLOFT, S.; CARREÑO DÍAZ, L. A. New biocomposites based on castor oil polyurethane foams and ionic liquids for CO₂ capture. **Fluid Phase Equilibria**, v. 452, p. 103-112, 2017.

RUTHVEN, D. M. Principles of Adsorption & Adsorption Process. New York, John Wiley & Sons, 1984.

SADEGHIFAR, H.; FILPPONEN, I.; CLARKE, J.; ARGYROPOULOS, D. S. **Journal of Mater. Sci.**, v.46, n. 22, 2011.

SCHIO, R. R.; ROSA, B. C.; GONÇALVES, J. O.; PINTO, L. A. A.; MALLMANN, E. S.; DOTTO, G. L. Synthesis of a bio-based polyurethane/chitosan composite foam using ricinoleic acid for the adsorption of Food Red 17 dye. **Biomac**, v. 121, p. 373-380, 2018.

SHIU, R. F.; LEE, C. L.; HSIEH, P. Y.; CHEN, C. S.; KANG, Y. Y.; CHIN, W. C.; TAI, N. H. Superhydrophobic graphene-based sponge as a novel sorbent for crude oil removal under various environmental conditions, **Chemosphere**, 2018.

SOUZA, E. S.; AMORIM, F. V.; SILVA, V. L. M. DE M.; LUIZ, M. R.; SOUZA, E. S. Avaliação da viabilidade do resíduo de acerola para remoção de contaminante gasolina presentes em corpos d'água. **12º Encontro Brasileiro Sobre Adsorção**, Gramado – RS, 2018.

WANG, G.; PENG, L.; YU, B.; CHEN, S.; GE, Z.; UYAMA, H. Hierarchically porous sponge for oily water treatment: facile fabrication by combination of particulate templates and thermally induced phase separation method. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 62, p. 192-196, 2017.

WANG, C.; LIN, S. Robust Superhydrophobic/Superoleophilic Sponge for Effective Continuous Absorption and Expulsion of Oil Pollutants from Water. **ACS Appl. Mater. Interfaces**, 2013.

WANG, J., WANG, H.; GENG, G. Flame-retardant superhydrophobic coating derived from fly ash on polymeric foam for efficient oil/corrosive water and emulsion separation. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 525, p. 11-20, 2018.

WANG, G.; UYAMA, H. Facile synthesis of flexible macroporous polypropylene sponges for separation of oil and water. **Scientific Reports**, v. 6, p. 21265, 2016.

WU, D.; FANG, L.; QIN, Y.; WU, W.; MAO, C.; ZHU, H. Oil sorbents with high sorption capacity, oil/water selectivity and reusability for oil spill cleanup. **Marine Pollution Bulletin**, v. 84, n. (1-2), p. 263-7, 2014.

WU, R.; YU, B.; LIU, X.; LI, H.; WANG, W.; CHEN, L.; BAI, Y.; MING, Z.; YANG, S. One-pot hydrothermal preparation of graphene sponge for theremoval of oils and organic solvents. **Applied Surface Science**, v. 362, p. 56–62, 2016.

YANG, S.; JI, Y.; WU, TY.; MA, J.; ZOU, Z.; LU, H. Air-dried graphene-based sponge for Water/oil separation and strain sensing. **Colloids and Surfaces A**, v. 555, p. 358–364, 2018.

ZHANG, M.; PAN, H.; ZHANG, L.; HU, L.; ZHOU, Y. Study of the mechanical, thermal properties and flame retardancy ofrigid polyurethane foams prepared from modified castor-oil-basedpolyols. **Industrial Crops and Products**, v. 59, p. 135–143, 2014.

ZHANG, X.; ZHI, D.; ZHU, A. W.; SATHASIVAMB, A. S.; PARKIN, I. P. Facile fabrication of durable superhydrophobic SiO₂/polyurethane composite sponge for continuous separation of oil from water. **RSC Adv.**, v. 7, p. 11362, 2017a.

ZHANG, T.; KONG, L.; DAI, Y.; YUE, X.; RONG, X. R. B.; QIU, JF.; PAN, I. Enhanced oils and organic solvents absorption by polyurethane foams composites modified with MnO₂ nanowires. **Chemical Engineering Journal**, v. 309, p. 7–14, 2017b.

ZHANG, W.F.; LU, X.; XIN, Z.; ZHOU, C.L. A self-cleaning polybenzoxazine/TiO₂ surface with super-hydrophobicity and superoleophilicity for oil/water separation. **Nanoscale**, v. 7, p. 19476–19483, 2015.

XIE, A.; CHEN, Y.; CUI, J.; LANG, J.; LI, C.; YAN, Y.; DAI, J. Facile and green fabrication of superhydrophobic sponge for continuous oil/water separation from harsh environments, **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, 2018.

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS CORPOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CAUSADORES

Francisca Kamila Amancio Frutuoso¹
Monique da Silva Albuquerque²
Lorena Rayssa Cunha França³
Rodrigo de Andrade Barbosa⁴

RESUMO

A gestão ineficiente dos corpos hídricos é um dos principais problemas sanitários no Brasil, e diversos fatores estão associados à degradação destes ecossistemas aquáticos, principalmente o lançamento de esgoto doméstico e/ou industrial. Neste contexto, o presente trabalho objetivou analisar alguns possíveis fatores comprometedores da qualidade da água no estado da Paraíba. Para essa análise utilizou-se de dados disponibilizados em *site* oficiais de qualidade de água (séries históricas dos parâmetros de fósforo e DBO), uso e ocupação do solo e densidade populacional, e no software QGIS foram gerados mapas relacionando essas variáveis. Observou-se que as concentrações de fósforo total estavam acima do recomendado pela CONAMA 357/2005 que estabelece ainda uma variação entre 0,025mg/L e 0,075mg/L, classificando-se esses corpos hídricos entre eutrófico e hipereutrófico para o fósforo total, contudo as concentrações médias de DBO não foram elevadas. Foi verificado ainda que as maiores concentrações de fósforo foram no interior do estado e de DBO foram no litoral. Concluindo-se que estes resultados indicam fontes de poluição pontuais e/ou difusas, em especial associados a atividades agrícolas, as maiores concentrações de fósforo no interior são justificadas pelo seu regime fluviométrico, na qual os corpos receptores não possuem capacidade de diluição o ano inteiro.

Palavras-chave: Fósforo total, DBO, Paraíba, QGIS.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a poluição dos corpos hídricos é um dos principais problemas sanitários resultante das atividades antrópicas. O lançamento das águas de escoamento que carregam poluentes e as ligações irregulares de esgotos domésticos e/ou industriais podem causar impactos negativos na qualidade das águas superficiais e subterrâneas das bacias hidrográficas. Para a Resolução CONAMA 357/2005, a poluição dos corpos hídricos

¹ Mestrando do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, kamilaamancio.ka@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, monique.albuquerque1996@gmail.com;

³ Mestrando do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, lorenarayssacf@gmail.com;

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental-UEPB e Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido-INSA, rodrigo.barbosa@insa.gov.br;

receptores está diretamente relacionada com a proteção da saúde humana, garantia do equilíbrio ecológico e da melhoria da qualidade de vida da população.

De acordo com relatório, elaborado pela AESA (2016), os principais fatores de degradação e focos de poluição observados na maioria das bacias do estado da Paraíba e que afetam aos recursos hídricos, nos seus aspectos qualitativos e quantitativos, são: o desmatamento, que resulta na perda de amplas áreas de atenuação das descargas poluidoras nas águas superficiais; a mineração com o acúmulo e carreamento de minérios no solo; despejos de esgotos domésticos que ocorrem em todas as bacias do estado; despejos de esgotos industriais não previamente tratados antes de serem lançados nos corpos hídricos receptores; e a coleta e destinação inadequada dos resíduos sólidos, muitas vezes depositados em lixões ou despejados em riachos e córregos.

É importante destacar que a poluição dos corpos hídricos por compostos nitrogenados e fosforilados tem origem principal nas águas residuárias sanitárias ou industriais que são despejadas nos cursos d'água, além dos adubos químicos carreados também para os corpos aquáticos próximos aos campos irrigados de agriculturas.

Os poluentes provenientes de tais atividades acarretam alterações nos corpos hídricos de tal forma que tendem a intensificar a eutrofização, a qual é provocada pelo excesso de matéria orgânica e nutriente, principalmente nitrogênio e fósforo, que ao serem lançados nos corpos hídricos desencadeiam uma série de processos que podem levar a sua deterioração em função do rápido crescimento de algas e de outros seres vivos que utilizam esses nutrientes, provocando prejuízos aos múltiplos usos do manancial, em especial, ao abastecimento público (LEAL, 2015; COSTA *et al*, 2018).

Alguns marcos na legislação brasileira estabelecem um limite máximo quanto à concentração de substâncias presentes na água, destacando-se a Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, Anexo X (BRASIL, 2017), que dispõe sobre padrão de potabilidade da água, a qual estabelece limites máximos de 10 mg NO₃⁻ N /L.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), a qual dispõe de padrões de lançamento de efluentes, estabelecer um limite máximo de 20 mg/L de nitrogênio amoniacal total e a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, específica como valor máximo permitido para todas as classes de apenas 10 mg NO₃⁻ N /L . Nesse caso, lançamento de efluentes que contenham amônia são capazes de dificultar o uso da água para abastecimento humano, , acarretando maiores dificuldades e custos no seu tratamento. É

importante destacar que a CONAMA 357/2005 estabelece ainda uma variação entre 0,025mg/L e 0,075mg/L de fósforo total nas variadas classes de águas doces.

Há uma preocupação com a concentração de nitrato e fósforo no corpo humano, devido às diversas alterações e enfermidades relacionadas a eles, o que acarreta um maior cuidado com as quantidades de tais nutrientes nas águas destinadas ao abastecimento público. Relata-se doenças de saúde pública associadas à ingestão elevada de uma das frações de nitrato, como a metahemoglobinemia infantil, também conhecida como “Síndrome do bebê azul”, uma doença na qual os íons nitrato reagem com a hemoglobina sanguínea e a convertem em metemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio para os tecidos (JENSEN, 1986; POWLSON *et al.*, 2008; JAISWAL; MANDAL; VISWESWARA RAO, 2015). Relaciona-se ainda aos nitratos, causas de câncer do trato digestivo em adultos, por em algumas circunstâncias haver a redução do nitrato no estômago, formando N-nitrosoamina com poder mutagênico e carcinogênico (POWLSON *et al.*, 2008; JAISWAL; MANDAL; VISWESWARA RAO, 2015).

O fósforo em maiores concentrações que as recomendadas no organismo humano, pode ocasionar diversos problemas, como: parestesias, hipertensão, confusão mental, formação de cristais de fosfatos que podem obstruir artérias, provocando arteriosclerose, derrames, ataque cardíaco e má circulação sanguínea (SOUZA, 2017).

Em localidades não saneadas ou com saneamento ineficiente, há um maior problema de contaminação de corpos hídricos, uma vez que o esgoto doméstico é lançado nos corpos d'água sem o tratamento adequado ou até mesmo *in natura*, influenciando diretamente na saúde da população.

Por essa razão, faz-se de extrema necessidade o tratamento das águas residuárias, visando mais que a simples diminuição da carga orgânica, mas também a remoção da carga de nutrientes, de forma a viabilizar um lançamento seguro nos corpos aquáticos e/ou solo, ou até mesmo permear pelas possibilidades do reúso, prática que vem crescendo nos últimos anos e necessita de investimentos, pois possui potencial econômico e sustentável. Além disso, para a produção de água para reúso agrícola, não existe a necessidade de remoção dos nutrientes, contribuindo para a simplicidade do tratamento de esgoto e diminuindo os custos.

Deste modo, o presente trabalho analisou alguns possíveis fatores comprometedores da qualidade da água no estado da Paraíba, verificando-se a influência do lançamento de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) sobre os corpos hídricos, em razão do estado não possuir nenhuma unidade de tratamento a nível terciário (com remoção significativa de nutrientes e patógenos), bem como a influência do uso e ocupação do solo e

densidade populacional, fazendo-se uso de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA).

METODOLOGIA

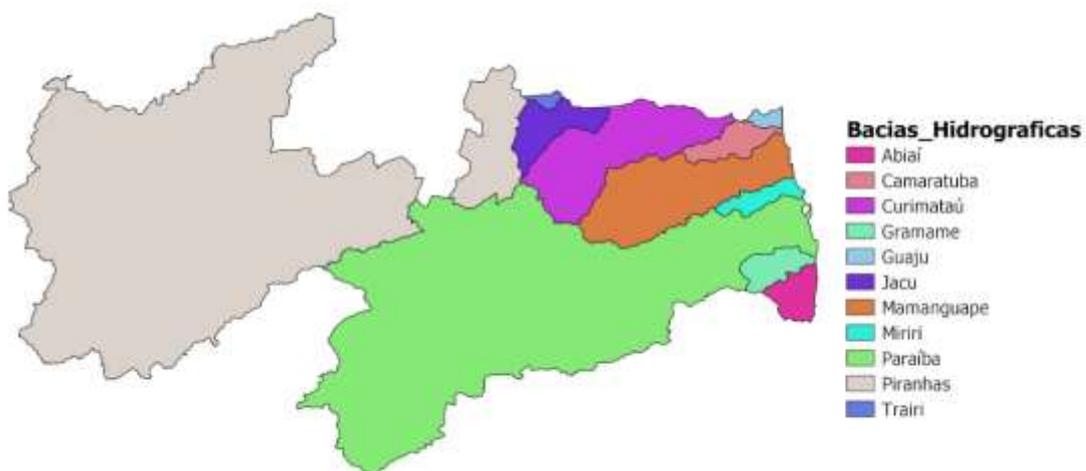
Caracterização da área de estudo

O estado da Paraíba localiza-se na região do nordeste brasileiro, fazendo fronteira com o Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e o Oceano Atlântico. Possui uma extensão territorial de 56.496,466 quilômetros quadrados. É composto por 223 municípios, os quais totalizam cerca de 3.766.528 habitantes (IBGE, 2010), sendo o 5º estado mais populoso do nordeste. Possui um crescimento demográfico de 0,9% ao ano e uma densidade demográfica de aproximadamente 66,7 hab/km².

Quanto ao relevo, caracteriza-se como planície litorânea, planalto e depressões. A vegetação compõe-se por mangues no litoral, uma pequena quantidade de floresta tropical e o restante do território composto por caatinga. Possui clima tropical no litoral e semiárido no interior.

A Paraíba é banhada por inúmeros rios, os quais auxiliam no abastecimento humano da grande maioria da população paraibana, os quais são: Curimataú, Taperoá, do Peixe, Piancó, Gramame, Paraíba, Piranhas-Açu e Mamanguape. Todas as bacias são listadas na Figura 1.

Figura 1 - Bacias Hidrográficas do estado da Paraíba.



Fonte: Autor (2018).

Elaboração de mapas

Os dados utilizados para a elaboração dos mapas foram obtidos dos sites do GeoNetwork da Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Agência Estadual de Águas (AESA). Os mapas foram todos gerados no software QGis versão 3.2.1.

Foram utilizados séries históricas dos dados de fósforo e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), contemplando um espaço temporal de 13 anos (2001 a 2014), e correlacionados às Estações de Tratamento de Esgoto do estado da Paraíba, à capacidade de diluição dos municípios, ao uso tipo e uso do solo e a densidade populacional.

Especificamente, analisou-se a influência do uso do solo sobre as concentrações de fósforo, bem como a capacidade de diluição dos municípios e a eficiências das ETEs.

A escolha do fósforo deve ser entendido como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como um dos fatores limitante causador do processo em remoção de matéria orgânica e densidade populacional sobre as concentrações de DBO (MATTAR NETO et al., 2009).

A análise multilateral é preferível em razão de saber-se que diversos fatores devem influenciar na contaminação de corpos receptores.

Foram então gerados seis mapas, três relacionados à concentração de fósforo nos corpos hídricos, representando a fração de nutrientes, e os outros três com o dado de DBO, representando a fração orgânica.

Estado Trófico

Segundo Cetesb (2015) “o Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d’água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias”.

A cetesb estabelece alguns limites para classificar os corpos hídricos em seu estado trófico, como mostrado nas Tabelas 1 e 2. Estes limites têm como base no Índice clássico de

Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1983), que leva em consideração em especial a clorofila-a e o nutriente fósforo total.

Com base definição e limitações apontou-se em qual classificação os corpos hídricos do estado da Paraíba se encontram em relação ao fósforo total.

Tabela 1 - Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado

Classificação do Estado Trófico - Rios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47		P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52		13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59		35 < P ≤ 137	1,31 < P ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63		137 < P ≤ 296	2,96 < P ≤ 4,70
Superutrófico	63 < IET ≤ 67		296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46
Hipereutrófico	IET > 67		640 < P	7,46 < CL

Fonte: CETESB (2015). *1mg/m³ = 0,001 mg/L

Tabela 2 – Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado

Classificação do Estado Trófico - Reservatórios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < P ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < P ≤ 30,55
Superutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

Fonte: CETESB (2015). *1mg.m⁻³ = 0,001 mg/L

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados quantitativos obtidos no portal da ANA para a série histórica de fósforo total apresentaram valores médios dos diversos pontos do estado variando entre 0,2 a 0,6 mg/L, indicando desse modo, para esse parâmetro uma qualidade comprometida, apontando para contaminação por esgoto doméstico e/ou industrial, bem como por atividades agrícolas. Pode-se classificar quanto ao estado trófico entre eutrófico e hipereutrófico, conforme a classificação da Cetesb (2015) a nível de concentração de fósforo total. Essas concentrações estão em desconformidade com a CONAMA 357/2005, que estabelece uma variação entre 0,025mg/L e 0,075mg/L de fósforo total nas variadas classes de águas doces passíveis de tratamento para abastecimento humano.

Em contrapartida as concentrações médias de DBO nos diversos pontos analisados no estado tiveram valores entre 1,2 e 17,7 mg/L, alguns valores máximos chegaram na faixa de 120 a 200 mg/L, o que é comum caso essa coleta de dado tenha sido realizada em períodos de estiagem. Os valores médios de DBO corroboram com o índice de qualidade de água (IQA) disponibilizado para o estado, também pelo portal da ANA, o qual, classifica a água bruta superficial do estado da Paraíba como boa, com valores de DBO variando entre 51 e 79 mg/L.

Vale salientar ainda que a variabilidade sazonal dos processos ambientais têm influências sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, uma vez que os processos variam ao longo do ano, havendo épocas em que a eutrofização pode se desenvolver mais rápido e outras o processo pode ser mais limitado (CETESB, 2015).

Piratoba *et al.* (2017) em estudos a respeito da qualidade da água na área portuária de Barcarena, Pará, observou também IQA satisfatórios, com aproximadamente metade das amostras caracterizadas com índice bom, e as demais caracterizadas com IQA ótima, porém apesar disso as amostras apresentaram considerável presença de coliformes termotolerantes, relatando que estes índices refletem a capacidade de diluição de poluentes que um rio do porte do Rio Pará tem.

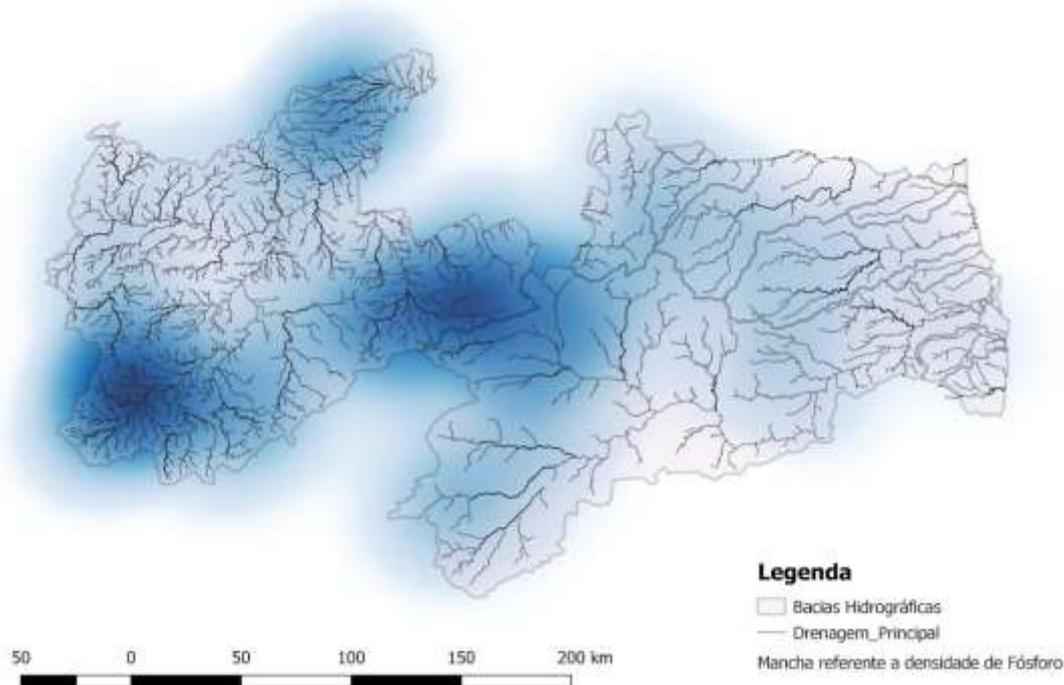
Os resultados de fósforo total do presente estudo, corroboram aos estudos de Frascareli *et al.* (2015), que classificaram tanto no período chuvoso quanto no seco um reservatório como hipereutrófico para o fósforo total, nesse estudo foi verificado a influência do usos do entorno sobre a qualidade da água do reservatório Itupararanga localizado na cidade de Ibiúna, São Paulo.

Análise dos mapas gerados

Os dados das concentrações de fósforo analisadas nos mapas gerados foi possível observar primeiro, como mostrado na Figura 2, que as maiores concentrações de fósforo estão condensadas no sertão da Paraíba; e segundo, evidenciado na Figura 3, que essas concentrações podem ser justificada como consequência dos corpos hídricos terem um regime efêmero ou intermitente, não possuindo, dessa forma, baixa capacidade de diluição e somente em épocas de chuvas.

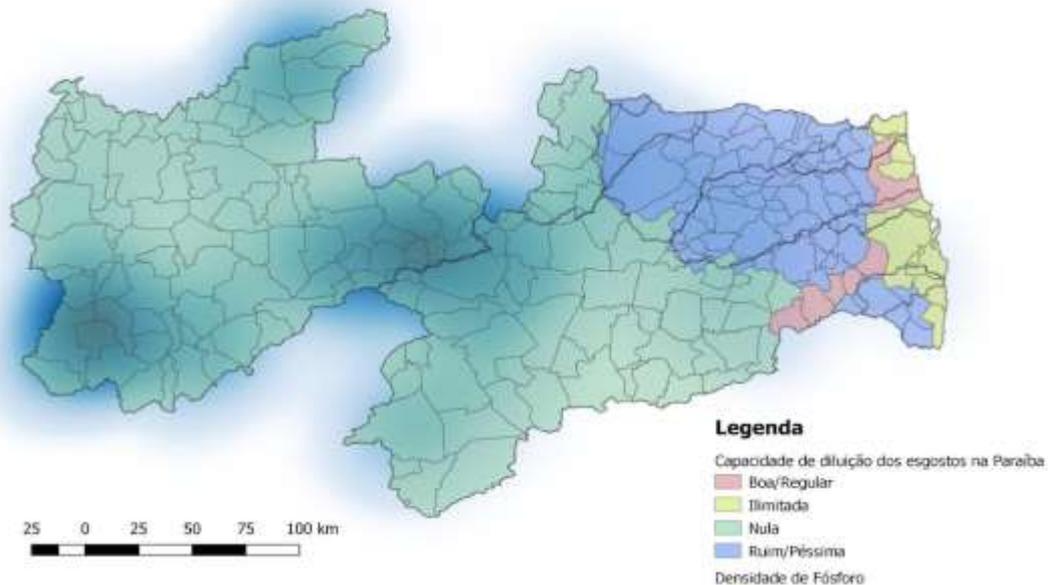
Deste modo, pode-se inferir que fontes de poluição pontuais (lançamento de efluentes bruto ou tratados, uma vez que estações do estado são de nível secundário) e/ou difusas contribuem para o aumento das concentrações de fósforo nos corpos hídricos de todo o estado, contudo com maior evidência na porção interior, já que os corpos receptores não possuem capacidade de diluição o ano inteiro.

Figura 2 - Representação das áreas que possuem as maiores densidades de concentrações de Fósforo, nos corpos hídricos da Paraíba.



Fonte: Autor (2018).

Figura 3 - Densidades da concentração de Fósforo relacionada a capacidade de diluição dos corpos hídricos.



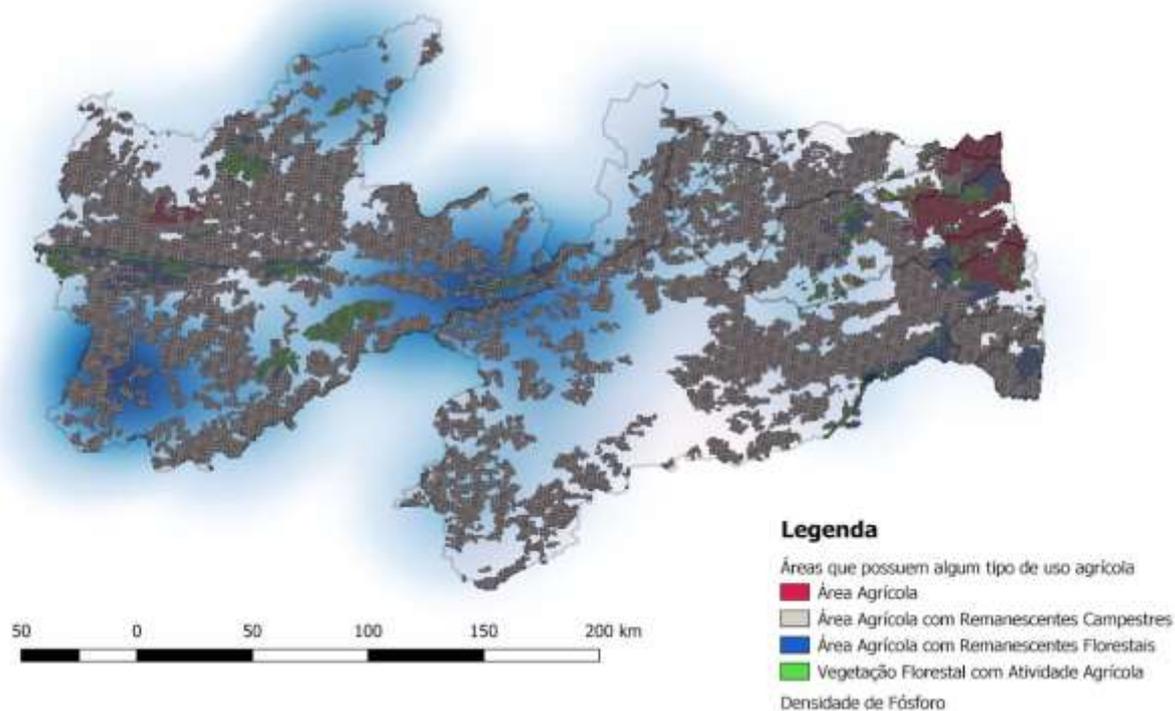
Fonte: Autor (2018).

Na Figura 4 observa-se que as áreas agrícolas, em especial as com remanescente campestre, estão distribuídas por todo o estado, logo a influência dessa atividade sobre a concentração de nutrientes deve ser igual em todas as áreas, sendo mais perceptível no sertão pelo mesmo motivo na não capacidade de diluição dos corpos hídricos.

Esses compostos agrícolas devem em seu excesso serem carregados por lixiviação para os corpos hídricos, assim aumentando a concentração de fósforo, segundo Ribeiro *et al.* (2013) às agroindústrias estão entre as maiores fontes poluidoras no Brasil, em decorrência as grandes quantidades de resíduos ricos em substâncias orgânicas e nutrientes, sobretudo o fósforo.

Tal análise, concorda ainda com Frascareli *et al.* (2015), da qual sugeriram que a eutrofização observada é resultado da entrada excessiva de nutrientes nos trechos a montante do reservatório por atividades antrópicas (agricultura, pasto e atividade urbana).

Figura 4 - Áreas de uso agrícola no estado da Paraíba, relacionado a densidade de concentração de fósforo.

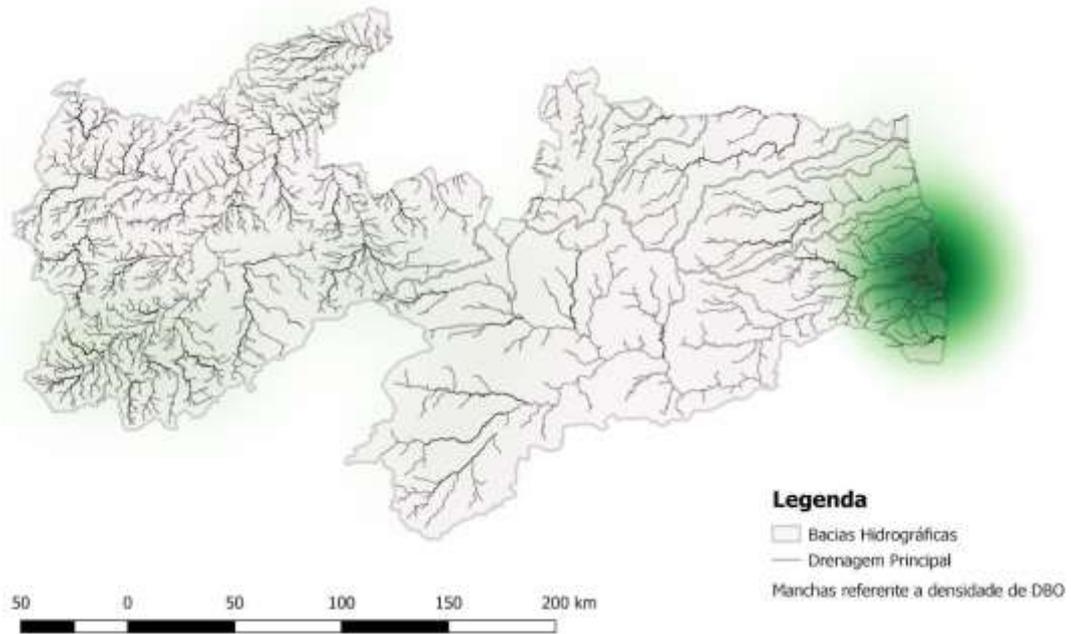


Fonte: Autor (2018).

Diferente da primeira análise, como pode ser observado na Figura 5, as maiores concentração de DBO estão localizada no litoral, especificamente na capital do estado. Não justificando, dessa forma, a capacidade de diluição dos corpos receptores nessa avaliação. Parece contraditório, contudo, vale salientar que se desconhece como é realizada a coleta de dados, nem as frequências destas, levando-se à constatações diferentes para esses dois parâmetros (fósforo e DBO). Pode-se, porém, fazer-se aferições e comparações com os dados disponíveis.

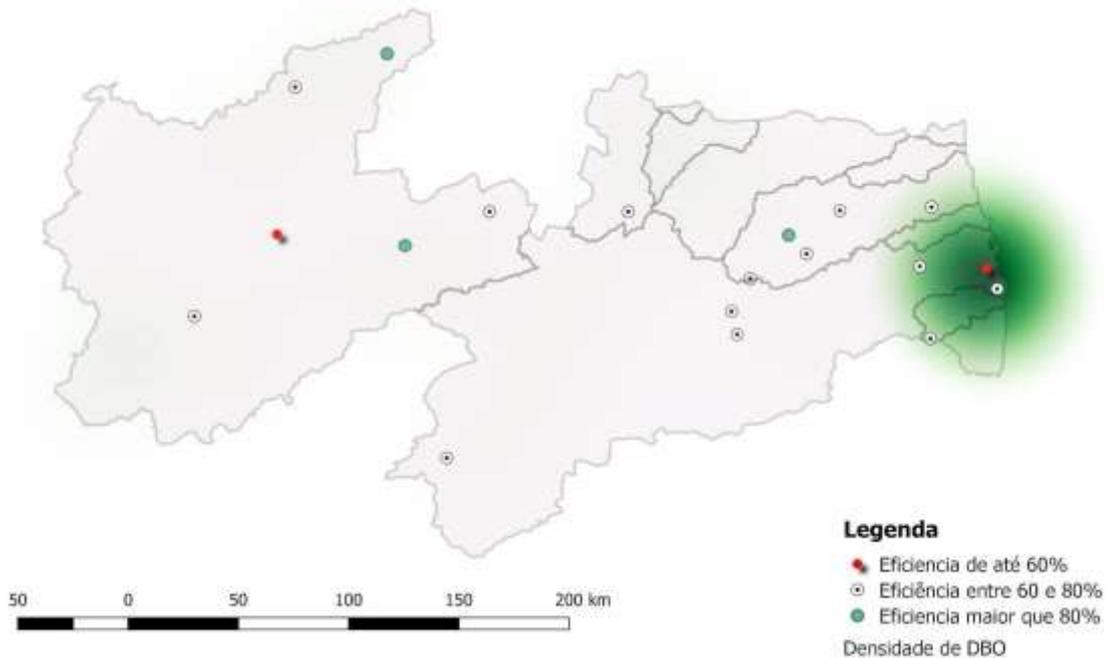
Assim, na Figura 6 nota-se que as ETEs da região litorânea possuem baixa eficiência na remoção de DBO, contribuindo para seu aumento nos corpos hídricos. Já na Figura 7, relaciona-se essa concentração de DBO ao número de habitantes, constatando-se uma relação direta dessas variáveis, o que já era esperado, uma vez que quanto maior a população de um município maior é sua carga orgânica gerada.

Figura 5 - Representação das áreas que possuem as maiores densidades de concentração de DBO, nos corpos hídricos da Paraíba.



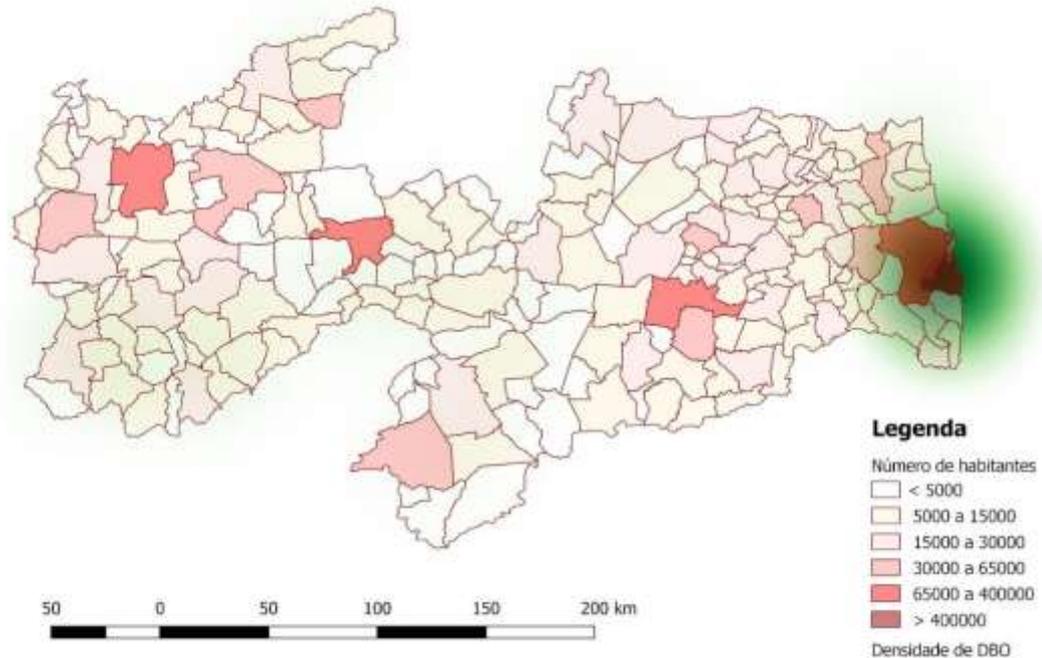
Fonte: Autor (2018).

Figura 6 - Eficiência das ETEs na remoção de DBO no estado da Paraíba e densidade da concentração de DBO.



Fonte: Autor (2018).

Figura 7 - Áreas que possuem as maiores densidades de DBO relacionada ao número de habitantes por município.



Fonte: Autor (2018).

Acredita-se, que possivelmente a baixa eficiência das estações de tratamento contribuíram para o aumento das concentrações de DBO nos corpos hídricos nessa região litorânea, bem como a maior influência da densidade populacional que infere em maior geração de poluição difusa.

Segundo Andrade *et al.* (2018) a urbanização e industrialização sem planejamento, características comuns de cidades populosas e capitais, têm promovido o lançamento de esgoto *in natura* e de lixo nos corpos hídricos, causando a degradação que é refletida diretamente na qualidade da água.

Além de áreas mais urbanizadas, naturalmente sofreram com o aumento do processo de impermeabilização da superfície, resultando no aumento de volume do escoamento superficial e da carga de poluentes (ARAÚJO *et al.*, 2005 apud MATTAR NETO *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As concentrações de fósforo total apontaram para uma classificação quanto ao estado trófico entre eutrófico e hipereutrófico, conforme a classificação da Cetesb (2015), bem como

apresentaram-se superiores as recomendadas pela CONAMA 357/2005, indicando que fatores antrópicos ao longo da série histórica analisada tem contribuído para esse resultado.

Os fatores analisados nos mapas indicam que as causas foram as atividades agrícolas, caracterizando-se como poluição difusa, bem como as fontes de poluição pontuais de lançamento de efluentes brutos e tratados, visto que observou-se poucas ETEs em todo o estado, além destas serem todas de nível secundário, não sendo estas eficientes na remoção de nutrientes. Ainda constatou-se, para o fósforo total, que maiores concentrações estavam presentes no interior do estado, em razão do regime efêmero ou intermitente dos corpos hídricos da região.

Contudo, nas análises de DBO deparou-se com concentrações não elevadas, bem como IQA satisfatório, diferentemente, nessa análise observou-se as maiores concentração de DBO localizadas no litoral, especificamente na capital do estado, relacionando-se esse comportamento também a ineficiência dos sistemas de tratamento e poluições pontuais, mas principalmente devido a densidade populacional.

Por fim, vale salientar que diversos outros fatores possuem influência na contaminação e degradação dos corpos hídricos, tais como, expansão da mancha urbana, carência de educação ambiental, falta de políticas públicas, sendo, deste modo, de grande relevância a avaliação de tais fatores intervenientes da qualidade da água, bem como incentivos a projetos de educação e manejo dos recursos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lazaro Ramom dos Santos; ARAÚJO, Sérgio Murilo Santos; ANDRADE, Marília Zulmira Sena de Souza; *et al.* Degradação ambiental no Açude de Bodocongó na cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 1, p. 74, 2018.

AESA. Agência Estadual de Águas. **Geoportal**. Disponível em:

<<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>> Acesso em: 23 out. 2018.

AESA. **Fatores de degradação e principais focos de poluição**. 2016. Disponível em:

<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_33.pdf> Acesso em: 01 set. 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **GeoNetwork, qualidade da água**. Disponível em:

<<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>> Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430**, de 16 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011 B. 8p.

BRASIL. **Portaria da Consolidação nº 5**, de 3 de outubro de 2017. Brasil. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-de-consolidacao-no-5-de-3-de-outubro-de-2017.pdf/view>>. Acesso em: 02 set. 2019.

CETESB. **Apêndice C - Índices de Qualidade das Águas**. 2015. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso em: 03 set. 2019.

COSTA, J. A. DA et al. Eutrophication in aquatic ecosystems: a scientometric study. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 30, n. 0, 12 mar. 2018.

FRASCARELI, Daniele; BEGHELLI, Frederico Guilherme De Souza; DA SILVA, Sheila Cardoso; *et al.* Heterogeneidade espacial e temporal de variáveis limnológicas no reservatório de Itupararanga associadas com o uso do solo na Bacia do Alto Sorocaba-SP. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 4, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Uso e ocupação do solo do estado da Paraíba**. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>> Acesso em: 23 out. 2018.

JAISSWAL, S. K.; MANDAL, D.; VISWESWARA RAO, R. V. R. L. Recovery and reuse of nitric acid from effluents containing free nitric acid in absence and presence of metal nitrates. **Chemical Engineering Journal**, v. 266, p. 271–278, abr. 2015.
JENSEN, R. Threats to Groundwater Quality. p. 6, [s.d.].

LEAL, Cíntia Dutra. **Avaliação do efeito de diferentes relações DQO/N sobre o processo anammox e viabilidade da aplicação do processo como pós-tratamento de efluente de reator UASB tratando esgoto doméstico**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

MATTAR NETO J.; KRÜGER C. M.; DZIEDZIC M. Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 205-214, 2009.

PIRATOBA, Alba Rocio; RIBEIRO, Hebe Morganne; MORALES, Gundisalvo Piratoba; *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 3, p. 435, 2017.

POWLSON, David S. *et al.* When Does Nitrate Become a Risk for Humans? **Journal Of Environment Quality**, v. 37, n. 2, p.291-5, fev. 2008. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2007.0177>.

RIBEIRO, Erlon A.; SANDRI, Delvio; BOÊNO, Josianny A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 425–433, 2013.

SOUZA, Franscrithiany Silva. **Avaliação do teor de metais em acerolas (*malpighia ermaghinata*) cultivadas no entorno de área industrial da vila Maranhão em São Luís - MA provenientes da poluição atmosférica**. 2017. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE AGENTES COAGULANTES QUÍMICO E NATURAL NO TRATAMENTO DO EFLUENTE DA LAVAGEM DE VEÍCULOS NO MUNICÍPIO DE SUMÉ-PB

Bruno Rafael Pereira Nunes ¹
Crisóstomo Hermes Soares Trajano da Silva ²
Maxsuel da Costa Leal ³
José Jefferson Barros Pires ⁴

RESUMO

A lavagem de veículos é uma das atividades que mais demanda água potável, entretanto, visando a economia deste recurso, o seu reaproveitamento tem sido proposto e estudado. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi comparar a aplicabilidade do sulfato de alumínio e das sementes de moringa (*Moringa oleífera*), no processo de clarificação do efluente proveniente da lavagem de automóveis. Amostras de 1,0 L, coletadas em um lava-jato localizado no Município de Sumé-PB, foram utilizadas para realização dos testes, conduzidos em garrafas PET, sendo aplicados como coagulantes o sulfato de alumínio e sementes de moringa pulverizadas. Aplicou-se o planejamento fatorial, para verificar a influência do tempo de tratamento e quantidade de coagulante sobre a turbidez, o pH e a condutividade elétrica das amostras. Os resultados obtidos para turbidez permitiram verificar uma redução de até 94% quando se utilizou o coagulante obtido a partir da semente de moringa e de até 96%, para o sulfato, que também proporcionou a redução de pH e aumento da condutividade. A análise estatística indicou que, para um nível de confiança de 95%, o efeito do tempo foi significativo sobre a resposta turbidez, para os dois coagulantes utilizados. Para as condições estudadas, é possível afirmar que as sementes de moringa podem ser aplicadas como coagulante no tratamento de águas residuais de lava-jato, reduzindo os teores de turbidez, com a vantagem de ser um produto natural de baixo custo e sem promover alterações significativas no pH e na condutividade das amostras.

Palavras-chave: *Moringa oleífera*, Sulfato de alumínio, Turbidez, Reutilização de água, Planejamento fatorial.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade sofre com diversos problemas ambientais, dentre eles a escassez e o desperdício de água têm gerado grandes discussões. Conseqüentemente, vários estudos vêm sendo realizados objetivando a determinação de métodos que sejam sustentáveis e mais eficazes no tratamento de águas residuais para que essas possam ser reutilizadas. Com o tratamento, efluentes que inicialmente apresentam características que os tornam impróprios para o consumo humano, poderiam proporcionar a substituição de água potável por outra, de qualidade inferior, porém compatível com diversos usos (CARVALHO et al., 2014, p. 3165).

¹ Doutor pelo Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, bruno.nunes@ufcg.edu.br;

² Graduando do Curso de Engenharia de Biosistemas da UFCG, crisostomodm@hotmail.com;

³ Graduando do Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da UFCG, max_8g@hotmail.com;

⁴ Mestrando do Curso de Gestão e Regulação em Recursos Hídricos da UFCG, josejefferson_2@hotmail.com;

Dentre as atividades que, normalmente, utilizam uma elevada quantidade de água potável, para um fim que não necessita deste nível de qualidade, a lavagem de veículos tem se destacado, principalmente devido ao aumento da frota de automóveis no Brasil, o que torna a demanda para higienização destes bens, cada vez maior, principalmente nas áreas residenciais localizadas nas zonas urbanas (LAU; ISMAIL; FIRDAUS, 2013, p. 27; BOLUARTE et al., 2016, p. 44).

Estima-se que no processo padrão para lavagem de um carro, dependendo do porte da empresa que efetua o serviço e do tamanho do veículo, produz-se, em média, entre 150 e 600 litros de efluente por veículo (GÖNDER et al., 2017, p. 380). Além disso, tais processos, geram um efluente com elevado teor de carga orgânica que na maioria das vezes é descartado no meio ambiente de forma imprópria, sem nenhum tipo de tratamento. O efluente gerado nessa atividade pode conter quantidades significativas de matéria particulada, areia, óleos, graxas, metais pesados e surfactantes. Além disso, é possível verificar a presença de compostos fenólicos, que alteram as propriedades organolépticas da água, bem como uma grande quantidade de detergente (BOLUARTE et al., 2016, p. 44).

Em algumas instalações de lavagem, o tratamento empregado consiste em uma caixa separadora de água, óleo e partículas sólidas que faz essa separação pelo processo de decantação. Entretanto, muitas vezes, este tipo de tratamento não tem sido eficiente, pois a maior parte dos efluentes tratados se encontram em desacordo com os padrões máximos permitidos para o lançamento de efluentes no ambiente (DORIGON e TESSARO, 2010, p. 13).

Como esta atividade gera impactos ao meio ambiente, também deve-se levar em consideração que a instalação e funcionamento desse tipo de empreendimento requer o licenciamento ambiental, que deve estar em concordância com os seguintes dispositivos legais: Constituição Federal, art. 225; Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (art. 9º. III); Resolução CONAMA 237/1997; Resolução CONAMA 273/2000 e a Resolução CONAMA 357/2005 (ROSA, et al., 2011, p. 180). No Brasil não existe uma legislação específica para estabelecimentos de lavagem de automóveis, entretanto, a nível estadual já existem algumas leis direcionadas para as empresas de lavagem de veículos, com a preocupação não apenas no tratamento do efluente, mas também no reúso da água. Um exemplo é a Lei 3.812/2006, sancionada em Brasília, Distrito Federal, em 2006, que torna obrigatória a reutilização da água utilizada nos postos de gasolina e na lavagem de veículos (NETO et al., 2015, p. 4).

Neste sentido, existe a necessidade de estabelecer uma prática de reutilização dos efluentes para que as instalações funcionem dentro de uma temática sustentável. Com isso,

várias tecnologias de reutilização existem há décadas e os avanços na ciência da purificação reduziram a complexidade e os custos do tratamento. A reutilização da água é assim reconhecida nos círculos científicos e cada vez mais pelas empresas de água como fonte de água limpa, segura e confiável para fins residenciais, industriais e agrícolas (HARTLEY; TORTAJADA; BISWAS, 2019, p. 1).

A reutilização, além de proporcionar a economia de grandes volumes de água potável, pode gerar benefícios ambientais como reduções nas descargas de águas residuais nos corpos d'água naturais, a diminuição dos impactos da proliferação de algas e eutrofização, reduções no uso de produtos químicos para tratamento, reduções nas emissões de gases de efeito estufa, quando a reutilização é uma alternativa à dessalinização, entre outros (DE GOIS; RIOS; COSTANZI, 2015, p. 264; SANTANA et al., 2019, p. 744).

A prática de reúso de efluentes tem como propósito reduzir a demanda sobre os mananciais devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Esta substituição depende da qualidade pretendida para um uso específico (CARVALHO et al., 2014, p. 3165). Dentre as modalidades de reutilização, este trabalho tem como foco as aplicações em meio urbano que não exijam a potabilidade, como a irrigação de campos de esporte, parques jardins, cemitérios, canteiros de rodovias, usos ornamentas e paisagísticos, combate a incêndios, descarga de toaletes e a própria lavagem de veículos.

Uma das alternativas encontrada para o tratamento de efluentes com elevadas cargas de matéria suspensa, como o proveniente da lavagem de veículos, está no uso de coagulantes, sendo aplicadas técnicas básicas, como coagulação, floculação e a decantação para a remoção de partículas suspensas e da coloração aparente destes efluentes. Conseqüentemente, o processo de coagulação pode ser visto como um dos tratamentos para fornecer um efluente final que possa ser reutilizado nas atividades de higienização e outras que requeiram um nível de pureza menor.

O processo de coagulação é geralmente usado em estações de tratamento de águas, visando reduzir a concentração de sólidos em suspensão, partículas coloidais não sedimentares e patógenos em suspensão, diminuindo a turbidez e a cor, e, conseqüentemente, melhorando a qualidade da água (CHEN et al., 2018, p. 322; MEGERSA et al., 2019, p. 319). A não remoção deste tipo de matéria pode causar problemas na aparência como cor, odor e turbidez (WAN et al., 2019, p. 29). Estes aspectos visuais são perceptíveis e podem causar repulsa por parte dos usuários, que darão preferência a uma fonte de aspecto mais agradável (LIMA JR. e ABREU, 2018, p. 719). O odor está relacionado à matéria orgânica em decomposição, microrganismos e gases dissolvidos. Águas com odores fortes e/ou

desagradáveis, também tendem a ser rejeitadas, por isso faz-se necessário que a água de reúso para qualquer aplicação apresente odor não ofensivo (REZENDE, 2016, p. 36).

Além disso, os sólidos em suspensão totais e a turbidez são variáveis importantes pois interferem nos processos de desinfecção, podendo contribuir para a formação de aglomerados de contaminantes indesejados e sítios de proteção de patógenos causadores de doenças de veiculação hídrica (vírus, bactérias e protozoários), causando objeção à água de reúso além de problemas com a irrigação por aspersão (LIMA JR. e ABREU, 2018, p. 717; REZENDE, 2016, p. 73).

A coagulação é um processo físico-químico que promove a redução do potencial repulsivo da dupla camada elétrica de coloides por meio da aplicação de coagulantes. Como resultado da ação destes materiais, ocorre a floculação, em que as micropartículas coloidais começam a se aglomerar e a formar flocos maiores, passíveis de sedimentação. Esse fenômeno de aglomeração inclui vários mecanismos, como neutralização de carga, aprisionamento, adsorção e complexação com os íons metálicos do coagulante em agregados insolúveis (RIBEIRO, 2015, p. 9; SILLANPÄÄ, et al, 2018, p. 56).

As reduções das partículas dependem do tipo e dosagem do coagulante, pH da água, temperatura, qualidade da água bruta e características das partículas (CHEN et al., 2018, p. 322). Em relação ao efeito da dosagem de coagulantes, determinar a quantidade ideal é um pré-requisito para uma eficiência otimizada. Assim, a superdosagem do coagulante resulta em um aumento substancial na quantidade de lodo gerado e uma diminuição no pH, enquanto uma dose mais baixa é geralmente a causa dos metais residuais restantes na água tratada, daí a necessidade de processos de coagulação aprimorados (SILLANPÄÄ, et al, 2018, p. 56).

Na prática, o tratamento da água por coagulação é realizado pela adição de uma determinada quantidade de coagulantes, geralmente inorgânicos, como sais de alumínio ou ferro, que, em solução são dissociados em sua forma iônica trivalente (Al^{3+} e Fe^{3+}), hidrolisados e acabam formando complexos carregados positivamente altamente interativos com o coloides com carga negativa (SILLANPÄÄ, et al, 2018, p. 56).

Os coagulantes inorgânicos mais frequentemente utilizados são os sais de alumínio, policloreto ($Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$) e sulfato ($Al_2(SO_4)_3$), além dos sais de ferro, cloreto férrico ($FeCl_3$) e o sulfato ferroso ($FeSO_4$). Os sais de titânio também vêm sendo estudados como promissores agentes de tratamento de água devido à excelente capacidade de remoção de turbidez, remoção de matéria orgânica e propriedades de reutilização do lodo gerado durante o processo. Outros materiais que geralmente são aplicados para auxiliar a floculação são os polímeros sintéticos, que podem ser orgânicos ou inorgânicos, dentre os quais, destacam-se

aqueles a base de poliacrilamida, ácido poliacrílico, poli (cloreto de dialil dimetil amônio) e poliamina (MEGERSA et al., 2019, p. 319; WAN et al., 2019, p. 29; LIMA JR. e ABREU, 2018, p. 712 - 713).

Possíveis impactos ambientais são constantemente discutidos como consequências da utilização de coagulantes inorgânicos a base de alumínio e de ferro. Altos volumes de lodo, com teores de íons metálicos, inorgânicos, não biodegradáveis e tóxicos, são gerados, causando problemas na hora da destinação final, demandando tratamento posterior. Outro inconveniente é que geralmente coagulantes a base de alumínio, atuam em faixas de pH mais restritas, causando a necessidade da aplicação de produtos químicos para a correção deste parâmetro. Estes dois problemas geram a elevação do custo envolvido no processo. Além disso, vários estudos apontam para os danos causados pela exposição humana ao alumínio, correlacionando-o com doenças neurodegenerativas como Parkinson e Alzheimer (LIMA JR. e ABREU, 2018, p. 713; RIBEIRO, 2015, p. 2).

Em relação ao uso de polímeros sintéticos, estes podem conter contaminantes do processo de produção, incluindo monômeros residuais e subprodutos da reação, que podem ser prejudiciais aos organismos vivos (SILLANPÄÄ, et al, 2018, p. 61). Além da preocupação com a toxicidade de monômeros em solução, faz-se necessário também uma análise de possíveis impactos ambientais das moléculas poliméricas (LIMA JR. e ABREU, 2018, p. 714).

Nesse contexto, torna-se interessante propor alternativas para reduzir os efeitos adversos causados pelos coagulantes químicos. Uma forma de mitigar as dificuldades existentes pode ser a utilização de coagulantes naturais que são rentáveis, podem reduzir os danos ao ambiente e à saúde humana e são tão eficazes como os coagulantes utilizados tradicionalmente (MEGERSA et al., 2019, p. 319; VUNAIM et al., 2019, p. 1).

Vários estudos têm sido realizados visando a produção de coagulantes derivados de biomassa, a fim de desenvolver alternativas aos coagulantes convencionais. Foram investigados como coagulantes ou auxiliares de coagulação, biomateriais provenientes de plantas, espécies marinhas ou organismos microbianos. (SILLANPÄÄ, et al, 2018, p. 61). Alguns dos coagulantes à base de plantas estudados incluem *Moringa oleifera*, *Margaritarea discoidea*, *Maerua subcordata*, *Moringa stenopetala*, *Medicago sativa*, *Dolichos lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Quercus robur* e *Opuntia ficus indica*. (MEGERSA et al., 2019, p. 319).

A utilização de coagulantes naturais torna-se vantajosa, pois seu uso não gera subprodutos, os custos envolvidos tornam-se menores, e são materiais que não representam risco à saúde humana. Outras características que favorecem a aplicação deste tipo de material

são a não exigência do controle e da correção de pH, o volume de lodo gerado é muito menor, sendo que o lodo produzido pode ser utilizado para a adubação, por possuir menores teores de substâncias tóxicas e metais, e além disso, a utilização de produtos naturais para a produção de coagulantes, geralmente, não compete com a produção de alimentos (RIBEIRO, 2015, p. 13 - 14).

Com isso, houve um crescente interesse em biocoagulantes, dentre os quais destacam-se as sementes de *Moringa oleífera*, que têm sido aplicadas como coagulante de impurezas presentes na água e em águas residuais, sendo que há cerca de 40 anos estudos científicos vêm sendo realizados sobre o tema, (VUNAIM et al., 2019, p. 1; MOULIN e al., 2019, p. 297).

A semente de *Moringa oleífera* contém proteína solúvel que serve como agente clarificador e desestabiliza as partículas presentes na água. Quando o pó da semente de *Moringa oleífera* é usado, ao misturar-se com a solução a ser tratada, produz proteínas solúveis em água, que possuem carga líquida positiva. A solução age como um polieletrólito catiônico natural que se liga às partículas predominantemente carregadas negativamente (silte, argila, bactérias e outras suspensas em uma forma coloidal) que tornam as águas brutas turvas (ADESINA, 2019, p. 46; VUNAIM et al., 2019, p. 2). Além de serem utilizados como coagulantes, as sementes de moringa apresentam atividade antimicrobiana. O pó obtido da semente pode remover mais de 90% da carga bacteriana de amostras de água bruta (MOULIN e al., 2019, p. 297).

A agregação das impurezas particuladas é o primeiro passo na purificação da água, o que promove a redução de uma grande fração destas partículas e diminui a turbidez, sendo esta etapa essencial para os processos subsequentes de separação gravitacional e filtração. As proteínas das sementes são pequenas, catiônicas e são difíceis de desnaturar em solução, mostrando uma acentuada tendência de se auto associar em solução aquosa, caso a concentração não seja muito baixa. O mecanismo sugerido neste processo envolve a adsorção de proteínas a uma ampla gama de partículas diferentes e isso favorece a associação. Essencialmente, as fortes interações de atração entre as moléculas são transferidas para as partículas que são cobertas com proteínas. Isso permite a coagulação e heterocoagulação eficazes de uma ampla gama de impurezas particuladas (MOULIN e al., 2019, p. 297).

A eficiência do coagulante natural obtido a partir das sementes de *Moringa oleífera* no tratamento de águas residuais depende do método aplicado em sua preparação. Em geral, estudos demonstraram que os coagulantes naturais preparados por fracionamento de proteínas exibem melhor desempenho, contudo, o pó obtido por meio da moagem das sementes

apresenta uma maior facilidade na preparação e, portanto, passível de aplicação em diversos ambientes, sejam urbanos ou rurais (VUNAIM et al., 2019, p. 2).

Assim, nas aplicações mais tradicionais, se emprega a forma pulverizada das sementes de moringa, e em alguns casos específicos, aplica-se o óleo extraído delas. Com isso, mesmo com a eficácia estabelecida em termos da redução de turbidez e de bactérias, as investigações sobre o desenvolvimento do processo, e otimização da quantidade do material necessário para o tratamento de água, são importantes e têm sido realizadas (MOULIN e al., 2019, p. 297).

Neste sentido, o objetivo geral do trabalho foi verificar a eficiência da semente da *Moringa oleífera* como coagulante no tratamento da água oriunda da lavagem de automóveis, no município de Sumé-PB e comparar o seu desempenho com o alcançado quando se aplicou o coagulante químico sulfato de alumínio. Além disso, objetivou-se aplicar o planejamento fatorial, para avaliar se os fatores tempo de tratamento e quantidade de coagulante teriam influência sobre as respostas pH, condutividade elétrica e turbidez.

METODOLOGIA

Amostras das sementes de moringa (*Moringa oleífera*) foram coletadas nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus de Pombal-PB, conforme apresentando na Fig. 1. As sementes foram devidamente separadas das vagens (fruto), logo em seguida retiradas suas cascas e então pulverizadas em moinho de facas tipo Willey macro - Tn650/1 com peneira, gerando partículas com diâmetro entre de 0,25 e 0,53 μm . O processo de moagem das sementes foi realizado no Laboratório de Solos (Lasol), na UFCG, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), campus Sumé-PB.



Figura 1 – Sementes da *Moringa oleífera* antes da moagem

Em seguida, amostras de água provenientes da lavagem de automóveis foram coletadas no Lavajato Sumeense, na cidade de Sumé-PB, conforme apresentado na Fig. 2. Essas amostras foram armazenadas em galões de água mineral de 20 litros, previamente lavados, permitindo assim a preservação das propriedades físico-químicas das amostras que foram avaliadas em tempo de até 24 horas após a coleta, como estabelecido pelo protocolo de análises de águas, descrito por Oliveira e Silva (2006).



Figura 2 – Processo de coleta do efluente gerado na lavagem de automóveis

Os ensaios de tratamento do efluente foram conduzidos em garrafas PET, conforme apresentado na Fig. 3, sendo utilizado como coagulante químico o Sulfato de Alumínio em pó ($Al_2(SO_4)_3$) e em solução diluída, e como coagulante natural sementes de moringa descascadas e trituradas em moinho de facas, na forma de solução preparada na proporção de 20 gramas (g) de sementes para 1 litro (L) de água destilada.



Figura 3 – Ensaios de tratamento das amostras de 1 L de água, obtidas no processo de lavagem de automóveis.

Para realização dos testes, aplicou-se o planejamento experimental com dois fatores e três repetições no ponto central, visando verificar a influência das variáveis de entrada, tempo

de tratamento e quantidade de coagulante, sobre as respostas turbidez, pH e condutividade elétrica. Os fatores avaliados e seus respectivos níveis, reais e codificados, encontram-se dispostos Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz de planejamento com níveis reais e codificados das variáveis independentes

Ensaio	Níveis codificados	Tempo de processo	Quantidade de coagulante	
			Solução	Pó
1	-1	30 min	20 mL	0,050 g
2	+1	210 min	20 mL	0,050 g
3	-1	30 min	100 mL	0,100 g
4	+1	210 min	100 mL	0,100 g
5	0	120 min	60 mL	0,075 g
6	0	120 min	60 mL	0,075 g
7	0	120 min	60 mL	0,075 g

Alíquotas das amostras de água, antes e após os tratamentos, foram coletadas para realização das determinações físico químicas. As análises físico-químicas das amostras, foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água (LQA), no CDSA da UFCG.

Para determinar o pH, inicialmente realizou-se a calibração do pHmetro (Quimis) com soluções tampão padrão de pH 4,0 e 7,0. Em seguida, os eletrodos foram inseridos nas amostras de água para leitura do pH e os dados foram registrados.

Para a determinação da condutividade elétrica das amostras de água, foi utilizado um condutivímetro (MS TECNOPON). Seus eletrodos foram devidamente lavados e após a calibração, foram imersos nas amostras de água, com isso os valores de condutividade foram coletados.

A turbidez foi medida através do turbidímetro (MS TECNOPON), comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Assim, coletou-se os dados referentes a este parâmetro para cada uma das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises físico-químicas, na determinação do pH, condutividade elétrica (σ) e turbidez, das amostras de efluente de lava jato, antes (B) e após os ensaios de tratamento, com as três formas de coagulantes aplicados, encontram-se disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises obtidos antes e após a etapa de tratamento das amostras

Ensaio	Sementes em solução			Sulfato em solução			Sulfato em pó		
	pH	σ ms/cm	Turbidez NTU	pH	σ ms/cm	Turbidez NTU	pH	σ ms/cm	Turbidez NTU
B	7,30	0,33	839	7,98	0,35	1068	7,79	0,36	1115
1	7,20	0,34	181	2,74	4,78	178	7,07	0,37	237
2	7,30	0,34	54	2,75	4,74	39	7,11	0,37	53
3	6,97	0,36	225	2,19	16,21	171	6,73	0,38	201
4	6,95	0,33	49	2,21	16,21	46	6,80	0,37	45
5	7,28	0,29	97	2,36	11,11	77	6,67	0,39	91
6	7,36	0,35	95	2,39	10,18	71	6,85	0,38	112
7	7,33	0,34	94	2,34	10,62	68	6,81	0,38	99

Avaliando os resultados obtidos para a condutividade das amostras de água tratada, comparando-se com os valores observados nas amostras de água bruta, foram verificadas poucas alterações, ao utilizar os coagulantes natural em solução e químico em pó, em todos os ensaios. Porém, ao aplicar o coagulante químico em solução, foram verificados grandes aumentos neste parâmetro, alcançando-se o valor de 16,21 ms/cm, nos ensaios 3 e 4.

Conforme descrito em Brasil (2014), a condutividade elétrica da água indica a sua capacidade em transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que podem se dissociar em ânions e cátions, com isso, quanto maior a concentração de íons em solução, maior deve ser a capacidade em conduzir corrente elétrica. Neste sentido, é possível propor que as alterações na condutividade das amostras tratadas aplicando o coagulante químico em solução, podem ter ocorrido devido a adição do íon alumínio ao meio, fazendo com que à presença do alumínio residual na água, tenha gerado o aumento, principalmente nos ensaios onde o volume aplicado foi o maior (LOPES, 2014, p. 33).

Em relação aos valores de pH, foram verificadas pequenas alterações, ao serem aplicados as sementes de moringa em solução e o sulfato em pó, e uma grande redução ao utilizar o sulfato em solução, sendo, neste caso, alcançados valores entre 2,19 e 2,75, para todos os ensaios. Segundo Rosalino (2011), quando o agente coagulante é adicionado na água ocorre uma série de reações de hidrólise que proporcionam o aumento do teor de íons H^+ e consequentemente diminuem o pH. Além disso ocorre o aumento da dificuldade na formação de mais precipitado. Nestes casos, o valor do pH deve ser regulado pela presença de alguma substância alcalina, o que poderá influenciar diretamente o processo de coagulação, em particular na remoção da matéria orgânica natural e de substâncias químicas orgânicas sintéticas.

Os resultados obtidos na aplicação dos coagulantes para a remoção da turbidez permitiram verificar um redução de 96,35% quando foi utilizado o sulfato de alumínio em solução, para um tempo de 220 minutos (3,5 horas) e um volume de 20 mL. Na aplicação do sulfato em pó (granulado) foi possível obter uma redução de 95,96% da turbidez, para um tempo de 220 minutos e 0,5 g de sulfato de alumínio. Já para a solução de sementes de moringa, a redução da turbidez foi de 94,16% , também para um tempo de 220 minutos (3,5 horas), utilizando 100 mL de solução. É possível verificar que os maiores percentuais de redução foram alcançados nos ensaios onde o tempo de tratamento foi o maior.

Keogh et al. (2017) alcançaram 85% de redução da turbidez de amostras de água bruta, utilizando a moringa em forma de pó, para um tempo de 24 horas. Paula et al. (2014), também aplicaram as sementes de moringa no tratamento de amostras de água bruta e afirmaram que um tempo de tratamento mais prolongado se faz necessário para que ocorra a liberação das proteínas catiônicas ativas responsáveis pelo efeito do coagulante.

Por meio da realização da análise estatística dos resultados, considerando-se um nível de confiança de 95%, foi possível confirmar quais fatores exerceram influência sobre as respostas, ou seja, quais foram estatisticamente significativos.

Como forma de facilitar a compreensão de como os fatores podem influenciar as repostas e quais são mais importantes, foram construídos os diagramas de Pareto para todos os coagulantes aplicados e parâmetros físico-químicos avaliados. Este tipo de diagrama é um recurso utilizado na análise estatística que permite apresentar os resultados em uma ordem hierárquica, ajudando a identificar e avaliar quais parâmetros e interações são mais significativas sobre cada variável de resposta estudada (SILVA et al., 2015, p.3).

Nas Figs. 4 (a), (b) e (c), encontram-se os diagramas de Pareto dos efeitos padronizados em $p = 0,05$, para o pH, condutividade e turbidez, respectivamente, nos ensaios realizados aplicando o coagulante natural a base de sementes de moringa.

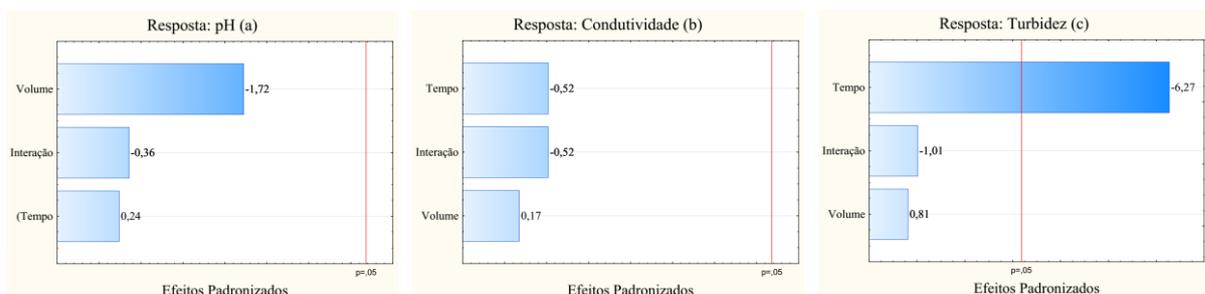


Figura 4 – Diagramas de Pareto para os efeitos padronizados em $p = 0,05$, para as repostas pH (a), condutividade (b) e turbidez (c), aplicando o coagulante natural.

Avaliando os diagramas de Pareto e os valores dos efeitos dos fatores, verifica-se que apenas o tempo foi estatisticamente significativo sobre a resposta turbidez, sendo que este efeito foi negativo, o que representa que um aumento do período de tratamento pode permitir a redução da turbidez, gerando uma água tratada com menor teor de sólidos em suspensão.

Nas Figs. 5 (a), (b) e (c), encontram-se os diagramas de Pareto dos efeitos padronizados, para todas as respostas, aplicando o sulfato de alumínio em solução.

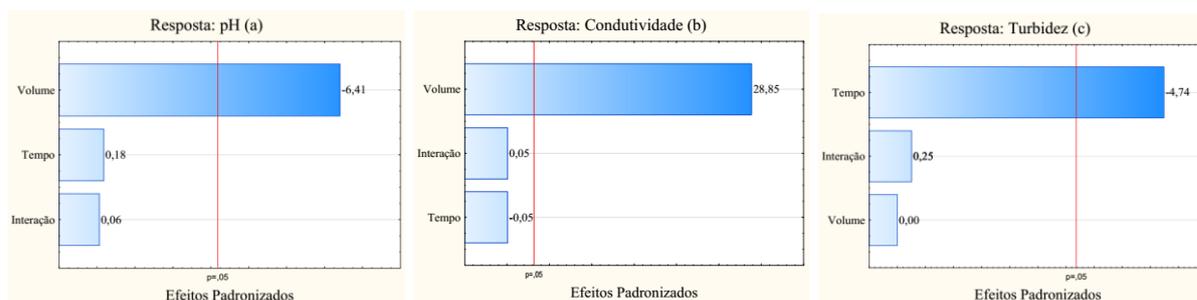


Figura 5 – Diagramas de Pareto para os efeitos padronizados em $p = 0,05$, para as repostas pH (a), condutividade (b) e turbidez (c), aplicando o sulfato em solução.

Avaliando os diagramas de Pareto e os valores dos efeitos, verifica-se que o volume de solução foi um fator estatisticamente significativo sobre as repostas pH e condutividade. O efeito foi negativo para o pH, o que representa que um maior volume irá gerar a redução do parâmetro, gerando uma água tratada com maior acidez. Em relação a condutividade o efeito foi positivo, o que permite afirmar que o aumento do volume de coagulante irá produzir uma água tratada com maior condutividade elétrica. As causas para estas alterações nos parâmetros foram explicadas anteriormente, quando os resultados contidos na Tabela 2 foram apresentados.

Ao avaliar o efeito dos fatores sobre a turbidez, verifica-se que o tempo foi estatisticamente significativo e que o valor observado também foi negativo, assim como o obtido na análise estatística dos resultados para os ensaios realizados aplicando o coagulante natural, portanto, um maior tempo de tratamento irá proporcionar uma maior redução na turbidez do efluente a ser tratado.

Nas Figs. 6 (a), (b) e (c), encontram-se os diagramas de Pareto dos efeitos padronizados em $p = 0,05$, para o pH, condutividade e turbidez, respectivamente, nos ensaios realizados aplicando o sulfato de alumínio em pó como coagulante.

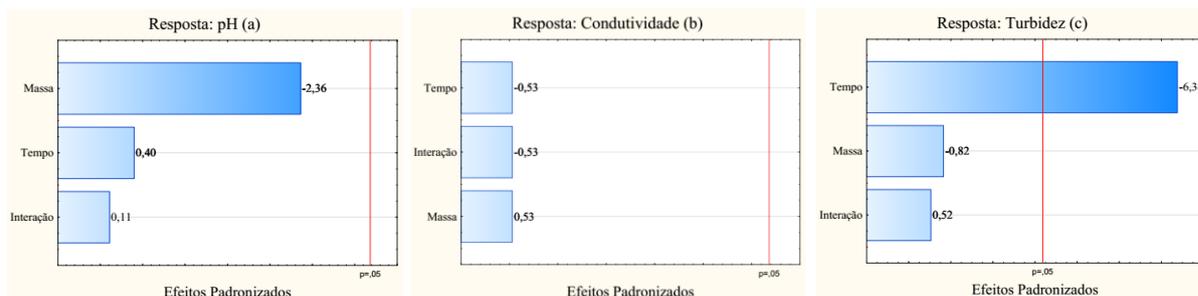


Figura 6 – Diagramas de Pareto para os efeitos padronizados em $p = 0,05$, para as repostas pH (a), condutividade (b) e turbidez (c), aplicando o sulfato em pó como coagulante.

Para o coagulante químico em pó, ao avaliar os diagramas de Pareto, verifica-se que apenas o tempo foi estatisticamente significativo sobre a resposta turbidez, sendo este efeito, novamente negativo, o que representa que um aumento do período de tratamento irá permitir uma maior redução da turbidez.

Assim, em virtude dos resultados obtidos, e utilizando a análise estatística como ferramenta, fica comprovado que, ao tratar o efluente gerado no processo de lavagem de veículos, há possibilidade da substituição do coagulante convencional, sulfato de alumínio, pelo coagulante natural obtido a partir das sementes de *Moringa oleifera*.

O coagulante natural proporcionou, em média, 94,16% de remoção da turbidez, o que representa uma diferença de apenas 2%, quando comparado com os resultados obtidos aplicando o sulfato de alumínio, o qual é responsável por produzir um lodo inorgânico, que pode ser corrosivo, devido a redução no pH. Ademais, a aplicação da moringa, por se tratar de um produto natural e biodegradável, pode ser considerada uma alternativa eficiente que possibilita o reuso da água havendo uma economia em relação ao custo do produto e também a redução dos impactos ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as condições estudadas, é possível afirmar que as sementes de *Moringa oleifera*, em solução, podem ser aplicadas como coagulante no tratamento de águas provenientes da lavagem de veículos, reduzindo os teores de turbidez em até 95%, valores semelhantes aos obtidos com o coagulante químico, gerando a possibilidade de uso alternativo dessas águas em aplicações não potáveis, com a vantagem de ser um produto natural de baixo custo, boa disponibilidade e sem promover alterações significativas no pH e na condutividade elétrica das amostras.

Por meio da aplicação do planejamento fatorial, e da análise estatística dos resultados, pode-se afirmar que, para as condições aplicadas, a variável tempo apresenta efeito sobre a turbidez, independente da quantidade de coagulante aplicada, sendo comprovado que um maior tempo de tratamento proporciona uma maior redução da turbidez, para todos os coagulantes aplicados. Verificou-se também que para o coagulante químico em solução, o aumento do volume gera alterações nos parâmetros pH e condutividade elétrica, sendo observados a redução e o aumento, respectivamente, devido ao aumento de íons em solução.

REFERÊNCIAS

ADESINA, O. A., ABDULKAREEM, F., YUSUFF, A., LALA, M., OKEWALE, A. Response Surface Methodology Approach to Optimization of Process Parameter for Coagulation Process of Surface Water using *Moringa oleifera* Seed. **South African Journal of Chemical Engineering**, v. 28, ps. 46 – 51, 2019.

BOLUARTE, I. A. R., ANDERSEN, M., PRAMANIK, B. K., CHANG, C.-Y., BAGSHAW, S., FARAGO, L., JEGATHEESAN, V. SHU, L. Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 113, ps. 44 – 48, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília, Funasa, 112 p., 2014.

CARVALHO, N. L., HENTZ, P., SILVA, J. M., BARCELLOS, A. L. Reutilização de águas residuárias. **REMOA**, v. 14, n. 2, p. 3164 – 3171, 2014.

CHEN, S., YUAN, Z., HANIGAN, D., WESTERHOFF, P., ZHAO, H., & NI, J. Coagulation behaviors of new covalently bound hybrid coagulants (CBHyC) in surface water treatment. **Separation and Purification Technology**, v. 192, ps. 322–328, 2018.

DE GOIS, E. H. B., RIOS, C. A. S., & COSTANZI, R. N. Evaluation of water conservation and reuse: a case study of a shopping mall in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, ps. 263–271, 2015.

DORIGON, E. B., TESSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI – Oeste catarinense. **Unoesc & Ciência – ACBS**, v. 1, n. 1, ps. 13-22, 2010.

GÖNDER, Z. B., BALCIOĞLU, G., VERGILI, I., & KAYA, Y. Electrochemical treatment of carwash wastewater using Fe and Al electrode: Techno-economic analysis and sludge characterization. **Journal of Environmental Management**, v.200, ps. 380 – 390, 2017.

HARTLEY, K., TORTAJADA, C., & BISWAS, A. K. A formal model concerning policy strategies to build public acceptance of potable water reuse. **Journal of Environmental Management**, v. 250, ps. 109 - 119, 2019.

KEOGH, M. B., ELMUSHARAF, K., BORDE, P., MCGUIGAN, K. G. Evaluation of the natural coagulant *Moringa oleifera* as a pretreatment for SODIS in contaminated turbid water. **Solar Energy** 158, 448-454, 2017.

LAU, W. J., ISMAIL, A. F., & FIRDAUS, S. Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes. **Separation and Purification Technology**, v.104, ps. 26–31, 2013.

LIMA JÚNIOR, R. N., ABREU, F. O. M. S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Flocculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 3, ps. 709-735, 2018.

LOPES, B. V. **Eficiência de Coagulantes na Remoção de Diferentes Concentrações de Ferro e Manganês para ETA Terras Baixas**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas RS, 2014.

MEGERSA, M., GACH, W., BEYENE, A., AMBELU, A., & TRIEST, L. Effect of salt solutions on coagulation performance of *Moringa stenopetala* and *Maerua subcordata* for turbid water treatment. **Separation and Purification Technology**, v. 221, ps. 319–324, 2019.

MOULIN, M., MOSSOU, E., SIGNOR, L., KIEFFER-JAQUINOD, S., KWAAMBWA, H. M., NERMARK, F., ... RENNIE, A. R. (2019). Towards a molecular understanding of the water purification properties of *Moringa* seed proteins. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 554, ps. 296 – 304, 2019.

NETO, L. C. G., SENNA, L. B., SANTOS, P. D. D., NASCIMENTO, P. R. A. Análise dos Impactos Ambientais na Lavagem de Automóveis. **Anais do XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v.1, ps. 1 – 18, 2015.

OLIVEIRA R. DE, SILVA, S. A. **Manual de Análises Físico Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias**. 1ª edição, Rio de Janeiro: ABES, 266 p., 2006.

PAULA, H. M. de. ILHA, M. S. de O. ANDRADE, L. S. Concrete plant wastewater treatment process by coagulation combining aluminum sulfate and *Moringa oleifera* powder. **Journal of Cleaner Production**, v. 76, ps. 125 - 130, 2014.

REZENDE, A. T. **Reúso Urbano de Água Para Fins não Potáveis no Brasil**. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora – MG, 2016.

RIBEIRO, I. **Aplicação de Coagulantes e Flocculantes Orgânicos Alternativos no Pós-Tratamento de Efluente de Laticínio**. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira – PR, 2015.

ROSA, L. G.; SOUSA, J. T.de.; LIMA, V. L. A. de.; ARAUJO, G. H.; SILVA, L. M. A. da.; LEITE, V. D. Caracterização de águas residuárias oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais. **AmbiÁgua**, v. 6, n. 3, p. 179-199, 2011.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa – Lisboa – 2011.

SANTANA, M. V. E., CORNEJO, P. K., COROMINAS, L., RODRÍGUEZ-RODA, I., & BUTTIGLIERI, G. Holistic life cycle assessment of water reuse in a tourist-based community. **Journal of Cleaner Production**. v.233, ps. 743-752, 2019.

SILLANPÄÄ, M., NCIBI, M. C., MATILAINEN, A., & VEPSÄLÄINEN, M. Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. **Chemosphere**, v. 190, ps. 54–71, 2018.

SILVA, M. do S. B., DANTAS, S. L. de A., BARILLAS, J. L. M, DUTRA JR., T. V. Planejamento Experimental para Análise de Parâmetros Utilizados da Injeção de Polímeros em Reservatório de Petróleo. **Anais do CONEPETRO**, v.1, 2015.

VUNAIN, E., MASOAMPHAMBE, E. F., MPEKETULA, P. M. G., MONJEREZI, M., & ETALE, A. Evaluation of coagulating efficiency and water borne pathogens reduction capacity of Moringa oleifera seed powder for treatment of domestic wastewater from Zomba, Malawi. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, ps. 103 – 118, 2019.

WAN, Y., HUANG, X., SHI, B., SHI, J., & HAO, H. Reduction of organic matter and disinfection byproducts formation potential by titanium, aluminum and ferric salts coagulation for micro-polluted source water treatment. **Chemosphere**, v. 219, ps. 28 – 35, 2018.

CONDIÇÕES HIDROCLIMÁTICAS DAS ÁREAS DE NASCENTES DO ALTO CURSO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIGUEIREDO/CEARÁ/BRASIL

Diêgo Souza Albuquerque¹
Larissa Silva Queiroz²
Maria Losângela Martins de Sousa³
Manoel Cirício Pereira Neto⁴

RESUMO

A região semiárida nordestina apresenta características climáticas específicas. Figurando nesse contexto geoambiental, está a sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, localizada no leste do estado do Ceará, Brasil. O presente trabalho teve por objetivo analisar as condições hidroclimáticas das áreas de nascentes do alto curso da sub-bacia supracitada, considerando, especificamente, os atributos de precipitação e temperatura. Para tanto, houve a compilação bibliográfica para discutir a questão climática do Nordeste brasileira e da região semiárida, com base em Vieira; Gondim Filho (2002), Ceará (2002), Ferreira; Mello (2005), bem como pesquisas acerca da área em estudo, a exemplo de Sousa (2012) e Maia (2015). Posteriormente, procedeu-se a fase de aquisição e tabulação dos dados. Para análise climática foram considerados valores referentes aos municípios que fazem parte da área em estudo. Os índices de precipitação foram cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Quanto aos dados de temperatura optou-se por utilizar o programa de estimativa de temperatura, o Estima_T, criado pelo Departamento de Ciências Atmosféricas, da Universidade Federal de Campina Grande. Assim, o período de análise para o estudo da precipitação foi de 1979 a 2018 e de temperatura, de 1973 a 2003. Evidenciou-se variações nos atributos analisados, sendo que o município de Pereiro apresentou maior pluviometria e menor temperatura do ar em relação a Ereré e Iracema, o que se dá pelo fato de Pereiro situa-se sobre o Maciço do Pereiro, que apesar de se caracterizar como uma serra seca, influencia nas características hidroclimáticas locais.

Palavras-chave: Semiárido, Estudo Hidroclimático, Precipitação, Temperatura.

INTRODUÇÃO

Os aspectos climáticos de toda e qualquer área são influenciados pela associação de um conjunto de fatores ligados a dinâmica atmosférica e geográfica. Desse modo, ao longo do tempo, o homem se preocupa em compreender aspectos de tempo e clima, uma vez que é indubitável a influência destes nas atividades humanas (SANT'ANNA NETO, 1998).

¹ Geógrafo, Mestrando do Curso de Pós-graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido – PLANDITES/UERN, diealbuquerque07@gmail.com;

² Geógrafa, Mestranda do Curso de Pós-graduação em Geografia – PPGeo/UERN, lariqueiroz98@gmail.com;

³ Doutora em Geografia/UFC, Professora do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, *Campus* Avançado de Pau dos Ferros, e do Curso de Pós-graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido – PLANDITES/UERN, losangelaufc@gmail.com;

⁴ Doutor em Geografia/UFC, Professor do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, *Campus* Avançado de Assú, e do Curso de Pós-graduação em Geografia – PPGeo/UERN, ciricio.ufrn@yahoo.com.br;

O referido autor compreende o clima como um fenômeno geográfico que desempenha papel importante na organização do espaço, influenciando nas características de natureza, bem como na forma da organização social e nas respostas dadas pelo homem perante os atributos climáticos vivenciados.

Em uma compreensão sistêmica, os fatores climáticos podem responder a questões referentes aos processos formadores, numa estrutura espaço-temporal, de sistemas geográficos, tanto naturais como antrópicos, influenciados pelas concepções sistêmicas de análise da paisagem. (SANT'ANNA NETO, 1998). O clima se torna um importante elemento no estudo geográfico, uma vez que esse ou, processos dele originados, podem transformar a paisagem e/ou causar problemas de ordem social e econômica.

A presente escrita tem por finalidade discutir as condições hidroclimáticas das áreas de nascentes do alto curso da sub-bacia do Rio Figueiredo, estado do Ceará, considerando, especificamente, os atributos elementos de precipitação e temperatura. Faz parte da pesquisa de mestrado do primeiro autor, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido (PLANDITES), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, *Campus* Avançado de Pau dos Ferros.

Nesse sentido, o estudo hidroclimático se faz necessário para que se possa compreender como esses atributos influenciam no contexto geoambiental local, bem como nas dinâmicas das populações locais com relação à disponibilidade e uso dos corpos hídricos.

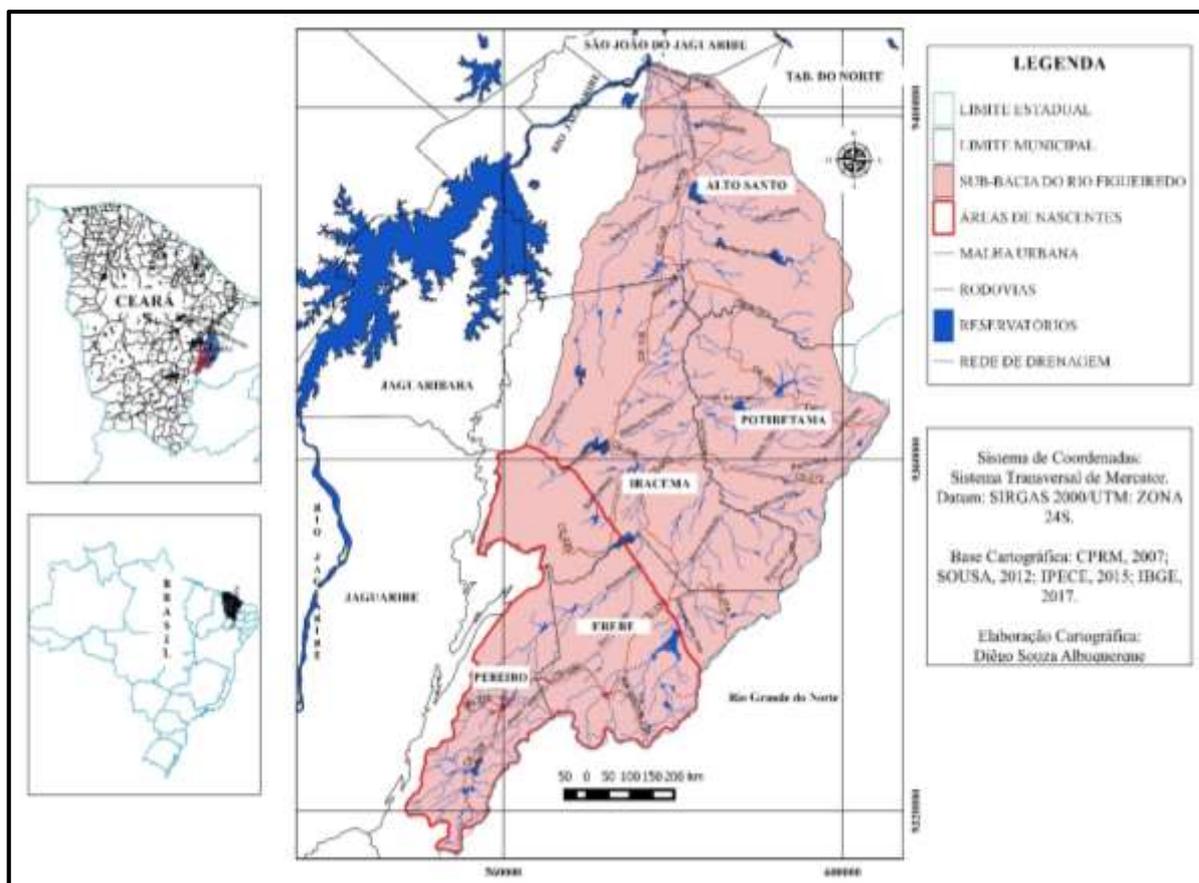
A sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo (Figura 01) integra as paisagens dos sertões semiáridos cearenses, e compreende a drenagem de uma área de aproximadamente 2.320 km² (SOUSA, 2012). Ainda de acordo com a autora, a sub-bacia constitui-se como importante afluente na margem direita da bacia do Médio Jaguaribe, que recebeu a construção do quinto maior açude do estado, a Barragem do Figueiredo, com a capacidade de acumulação de 519.600.000 m³.

As áreas de nascentes do alto curso da sub-bacia em evidência (Figura 01, delimitação em vermelho), *locus* deste estudo, apresenta o início de três (03) importantes canais fluviais da bacia, a saber: Rio Figueiredo, o riacho Jatobá e o riacho do Amparo. O primeiro se constitui como o principal rio, nasce no Maciço do Pereiro, município de Pereiro, a Sudoeste do recorte de estudo; o segundo, riacho Jatobá, também nasce no município de Pereiro, especificamente a Oeste do recorte de estudo e o terceiro, riacho Amparo, com nascente também no Maciço, ao Sul da área de estudo, no município de Ererê.

O recorte possui extensão de aproximadamente 680 km², recobre o alto curso da sub-bacia, compreendendo territórios municipais de Pereiro, Ererê e Iracema. Limita-se a Norte

com o médio curso da sub-bacia do Figueiredo, ao Sul e Oeste com o Maciço do Pereiro e bacia do Médio Jaguaribe e a Leste faz divisa com a bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, estado do Rio Grande do Norte

Figura 01: Localização da Sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo/CE



Fonte: elaborado por Diêgo S. Albuquerque, 2019.

METODOLOGIA

Para a realização das discussões hidroclimáticas, valeu-se de pesquisas acerca dos estudos climáticos para a região Nordeste, evidenciando dinâmicas meteorológicas influenciadoras no clima regional e local, bem como trabalhos acadêmicos desenvolvidos na sub-bacia. Utilizou-se informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) e Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH).

Objetivando ter entendimento da dinâmica pluviométrica da área de estudo, realizou-se análises das séries históricas de precipitação disponibilizados pela FUNCEME em estações

pluviométricas presentes nos municípios de Pereiro, Ereré e Iracema. A escolha pelos dados dos 03 municípios se justifica pela área de estudo ocupar partes dos mesmos. Os dados foram tabulados e gerados tabelas e gráficos pluviométricos com dados diários, mensais e anuais de precipitação dos quatro postos pluviométricos selecionados. Três destes então situados nas sedes municipais e o quarto na sede distrital de Bastiões-Iracema. Os postos de Iracema e Pereiro possui uma série de 39 anos (1979-2018), o de Ereré de 29 anos (1989-2018) anos e de Bastiões 18 anos (2000-2018).

Realizou-se, também, a análise da temperatura do ar desse recorte. Para tanto, tendo em vista a ausência de dados referentes à temperatura do ar para a área em questão, optamos por utilizar o programa de estimativa de temperatura para os estados da região Nordeste, o Estima_T, criado pelo Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimat.htm>.

Para a área de estudo, o Estima_T gerou uma serie história de 1950-2003, sendo escolhido o período de 1973 a 2003 que compreende 30 anos, para serem feitas as análises de temperatura do ar para o recorte trabalhado. As informações usadas para a estima de temperatura foram: Pereiro – latitude (s) 6° 02', longitude 38° 27' (w), altitude 502 metros; Ereré – latitude 6° 01' (s), longitude 38° 20' (w), altitude 230,5 metros; e Iracema - 5° 48' latitude (s), longitude 38° 18' (w) e altitude 140 metros. As médias mensais de precipitação e de temperatura foram transferidas e manipuladas em planilha eletrônica para, então, gerar os gráficos demonstrativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Contexto Climático Regional do Semiárido Nordestino

Em um contexto brasileiro de diversidade climática, se encontra a região Nordeste marcada por singularidades ambientais. Ab'Saber (1974) sinaliza que, em grande parte, a região é vegetada pelo domínio das caatingas, resultante das condições ambientais locais, em especial, a climática, destacando-se a secura, altas temperaturas, precipitações irregulares e mal distribuídas no tempo e espaço que podem não atingir 300 mm anual “áreas core da secura”, drenagens dotadas de intermitência e sazonalidade. No entanto, como contraste, surgem áreas de exceções ao contexto regional, exibindo características climáticas e fitopedológicas que fogem ao majoritário aspecto de sertão seco.

São reconhecidos na região a presença de três tipos climáticos, Clima Litorâneo Úmido, Clima Tropical e Clima Tropical Semiárido (KAYANO; ANDREOLI, 2009). Dentre esses, o Tropical Semiárido abrange maior extensão territorial, inclusive na área em estudo.

O semiárido nordestino, por sua vez, é caracterizado por temperaturas máximas muito elevadas, sempre acima de 30° C, chuvas escassas e mal distribuídas durante o ano e baixos totais pluviométricos, em torno de 400 a 600 mm (NUNES, 2006). Assim, observa-se que acontece um contraste entre o regime de temperatura do ar com o regime pluviométrico da região.

Correia Filho et al. (2010), destacam que um dos maiores problemas das regiões semiáridas é a irregularidade das chuvas conjuntamente com a ocorrência de elevadas temperaturas, as quais em combinação geram altas taxas de déficits hídricos.

Para Vieira e Gondim Filho (2002), de forma prática, o semiárido tem sido caracterizado pela região em que ocorrem as secas prolongadas. O termo seca se refere a falta de chuvas, adicionado as causas e efeitos que a inexistência hídrica acarreta na produção agropecuária, no abastecimento humano, conseqüentemente, repercute nas condições sociais, econômicas e políticas da região. Assim, surge a definição do polígono das secas, convindo para definir áreas susceptíveis e atingida pelas menores precipitações, sendo recorte estratégico para aplicação de políticas que visem mitigar os efeitos climáticos severos na região (VIEIRA; GONDIM FILHO, 2002).

Para os autores (Op. cit) a semiaridez resulta em uma cobertura vegetal caduca que se adequou as características climáticas locais, tem como característica o embasamento cristalino predominante, o que repercute na pouca profundidade dos solos e das poucas reservas de águas subterrâneas, evaporação potencial acima de 2000 mm, precipitação em média de 800 mm e eventos hidrológicos extremos, ocorrendo secas frequentes e cheias excepcionais. Vale salientar as exceções territoriais como bem fundamenta Ab'Saber (1973, 2003).

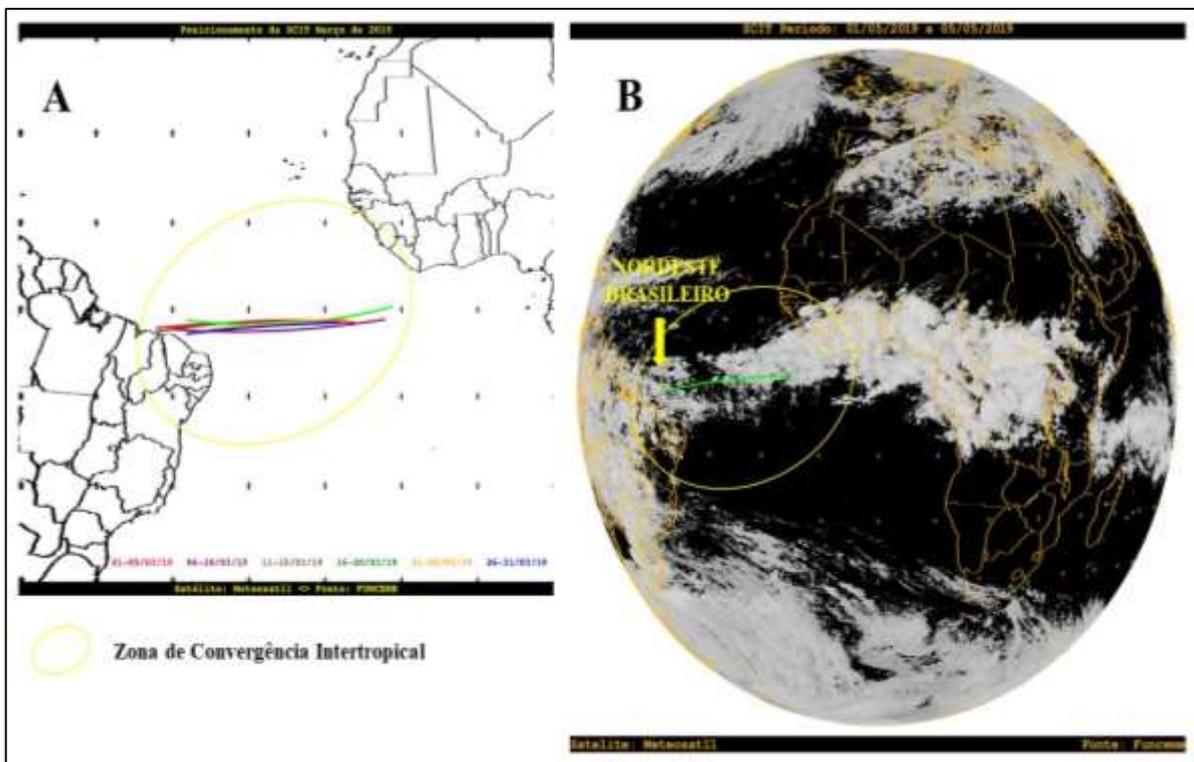
Devido a diversidade de paisagens existentes nesse território, existem evidências de áreas que se diferem das condições mais típicas, existindo locais mais amenos e úmidos. Assim, como afirma Conti (2005), a extensão de semiaridez brasileira está distante de ser homogêneo, manifestando atributos distintos conforme os fatores geocológicos locais, havendo apaziguamento da severidade semiárida em diferentes locais.

Em estudo sobre a dinâmica atmosférica nordestina, Ferreira e Mello (2005, p. 16) argumentam que o clima de qualquer região é determinado, em maioria, pela circulação geral da atmosfera, resultante:

[...] em última instância, do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e também das características topográficas sobre os continentes. Padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o globo. No entanto, essa redistribuição não é homogênea agindo algumas vezes no sentido de diminuir as variações regionais dos elementos climáticos, tais como, temperatura e precipitação (FERREIRA; MELO, 2005, p.16).

Os autores supracitados elencam alguns fatores que influenciam os sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste brasileiro (NEB), condicionando a ocorrência de chuvas ou inibindo-as. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (figura 02 - AB), por exemplo, pode ser compreendida como um conjunto de nebulosidade que circula na porção equatorial terrestre, formada especialmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul (FERREIRA; MELLO, 2005). A ZCIT é determinante na abundância ou deficiência das precipitações no NEB, depende, da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do oceano Atlântico Tropical. Quanto mais ao sul a ZCIT se aproxima do Brasil, geralmente de fevereiro a maio, mais chuvoso, ao contrário, menos chuvoso.

Figura 02 – Posicionamento da Zona de Convergência Intertropical. (A) Posicionamento do ZCIT histórico mensal março de 2019; (B) Posicionamento do ZCIT maio de 2019.



Fonte: FUNCEME (2019).

Outro sistema citado pelos autores são as Frentes Frias (Figura 03 A). Essas ocorrem quando há encontro de uma massa de ar fria forte com uma massa de ar quente, sendo que a forte favorece a queda de temperatura, pois o ar quente e úmido sobe formando nuvens e, conseqüentemente, as chuvas no Nordeste.

Outro sistema meteorológico são os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (Figura 03 B), fenômeno que se dá no sentido Leste-Oeste e tem duração de 7 a 10 dias, atuam principalmente de novembro a março, com maior frequência nos meses de janeiro e fevereiro. Ferreira e Mello (Op. cit.) apresentam que os VCANs possuem a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário e que funcionam de duas formas: gerando nuvens causadoras de chuva em sua periferia e no centro há movimentos de ar de cima para baixo aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens.

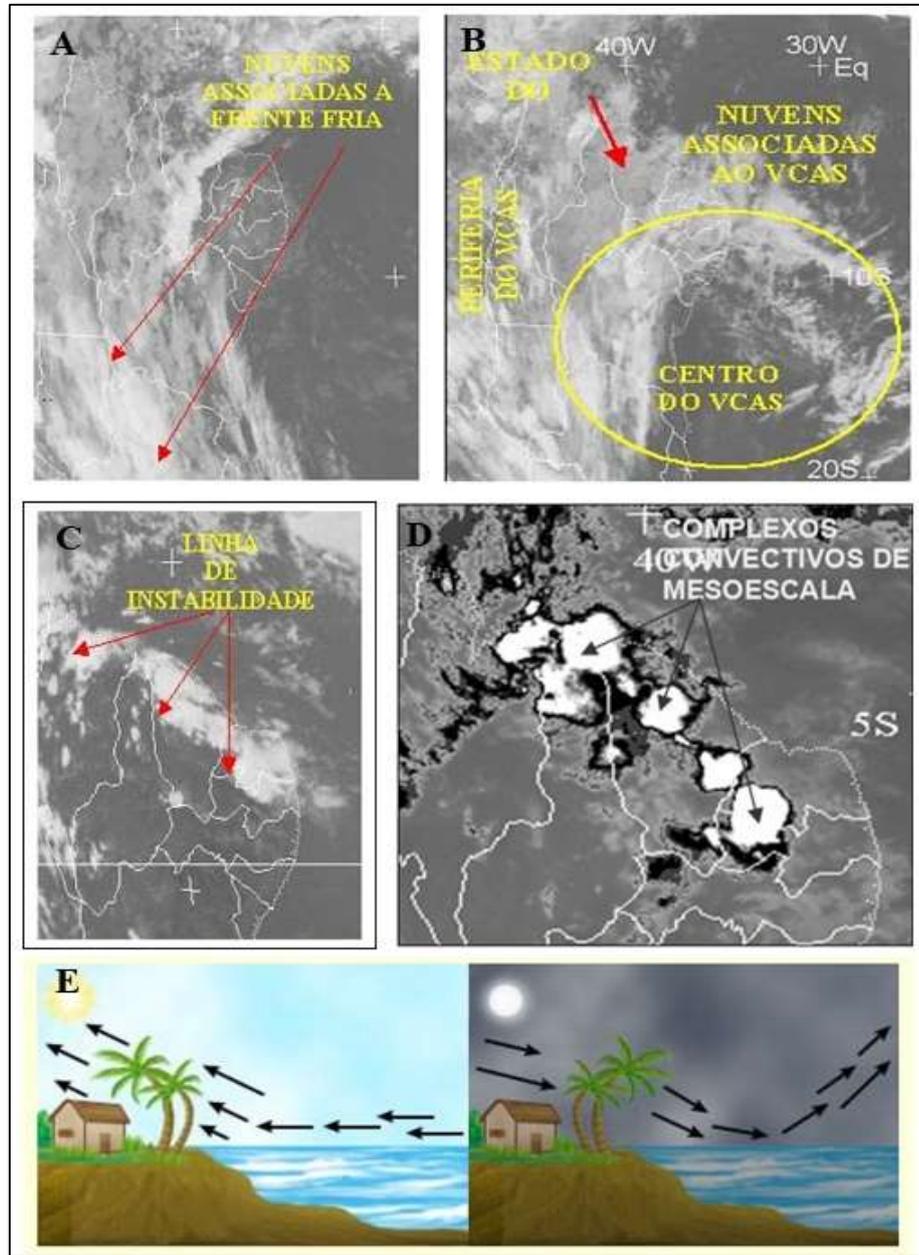
São verificadas também a ocorrência das Linhas de Instabilidade (Figura 03 C), caracterizadas por conjuntos de nuvens, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha, formada basicamente pelo incidente solar sobre a região tropical, gerando frequência à tarde e início da noite, ocasionando as chuvas. Quando próximo ao ZCIT, as LI ganham força, principalmente nos meses de fevereiro a março.

Existem, também, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) (Figura 03 D), caracterizados como aglomerados de nuvens formadas devido às condições locais como temperatura, relevo e pressão, provocando chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. Exemplos são as chuvas torrenciais.

Outro sistema são as ondas de leste que se formam na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil provocando chuvas, principalmente na Zona da Mata, que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, podendo, a depender das condições oceânicas e atmosféricas favoráveis, provocar chuvas no estado do Ceará nos meses de junho, julho e agosto.

Os autores também discutem o sistema de Brisa Marítima e Brisa Terrestre (Figura 03 E). Tais brisas referem-se a um jogo de aquecimento e resfriamento do continente e do oceano, sendo que durante o dia os ventos são soprados do oceano para o continente, denominado brisa marítima. Durante a noite os ventos são soprados do continente para o oceano, vento esse chamado de brisa terrestre.

Figura 03 – Posicionamento dos sistemas meteorológicos atuantes no Nordeste Brasileiro. (A) Posicionamento de uma Frente Fria próxima ao sul do estado da Bahia; (B) Atuação de um Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN); (C) Linha de Instabilidade desde o litoral do Estado do Maranhão até o Estado do Rio Grande do Norte; (D) Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) no NEB; (E) Brisa Marítima à esquerda e Brisa Terrestre à direita.



Fonte: FUNCEME (2002); Ferreira e Mello (2005).

Adicionados aos sistemas meteorológicos já mencionados, existem outros fenômenos que interferem de forma direta na dinâmica climática do Nordeste brasileiro, estando condicionados a influência dos oceanos, o *El Niño* e a *La Niña*.

O *El Niño* é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, alterando o posicionamento da

Célula de Walker, o que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento e afetando os regimes de chuva em regiões tropicais. Assim, o fenômeno *El Niño*, é um dos responsáveis pela redução das chuvas no NEB, pois inibe a atuação da ZCIT e, conseqüentemente, pode haver deficiência pluviométrica. O fenômeno *El Niño* é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos, principalmente, quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico (anomalias na TSM) (FERREIRA; MELLO, 2005)

De acordo com os autores, o inverso do El Niño é denominado de *La Niña*. Este fenômeno corresponde ao resfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico, associado ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas), sendo responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região NE. A *La Niña* favorece o deslocamento de nebulosidade para posições mais ao sul da Linha do Equador, propiciando a ocorrência de índices pluviométricos maiores.

Como reflexo das condições atmosféricas-oceânicas-continentais que influenciam no comportamento climático e meteorológico na região Nordeste, temos a ocorrência de apenas duas estações do ano rigorosamente bem definidas: uma seca e outra chuvosa. A seca corresponde a maior parte do ano, em média oito meses, enquanto a segunda se resguarda apenas a quatro meses.

O estado do Ceará, no tocante aos seus atributos climáticos, não foge a realidade regional, sendo influenciado por todos os sistemas até então mencionados. Algumas áreas possuem maiores estabilidades pluviométricas, enquanto outras perpetuam instabilidades. De acordo com Maia (2015), a variação sazonal de chuvas no território cearense é influenciada, principalmente pela ZCIT, que proporciona uma variabilidade temporal muito acentuada de um ano para outro.

De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), no estado há presença de cinco tipos climáticos, dos quais o Tropical Quente Semiárido possui maior abrangência, havendo estreita relação com a imensidão da Depressão Sertaneja. As tipologias mais amenas são evidenciadas em áreas de maiores elevações do território, consideradas áreas de enclaves úmidos (SOUZA; OLIVEIRA, 2006), sendo a altitude fator determinante para a ocorrência desses. Não menos importante, a maritimidade também influencia em padrões climáticos não tão agressivos.

De posse do conhecimento sobre os sistemas meteorológicos que influenciam no clima regional, voltamo-nos agora para a discussão acerca dos aspectos hidroclimáticos do recorte de estudo desta pesquisa. Como bem sabido, a variabilidade pluviométrica que ocorre no NEB

ocasiona as periódicas estiagens e as famigeradas secas na região. Se faz necessário ressaltar que a compreensão de seca vai além da mera escassez hídrica.

Para além, deve-se assinalar as consequências resultantes deste fenômeno natural, haja vista repercutir de forma negativa na produtividade agrícola, na economia, na sobrevivência das populações e nas dinâmicas ambientais. As secas acarretam uma série de danos que evidenciam a necessidade de se (re)pensar formas de convivência com a semiaridez, conseguindo mitigar os efeitos desse fenômeno natural das áreas áridas e semiáridas do planeta Terra.

Na concepção de Silva et al. (2010), o clima é uma das características mais marcantes do Nordeste, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas, determinantes do sucesso (ou não) das atividades agrícolas e pecuárias e, por conseguinte, da sobrevivência das famílias, com grande influência sobre os condicionamentos de ordens ecológica, botânica e fitogeográfica, dentre outros.

Em texto discutindo a água doce no semiárido, Vieira e Gondim Filho (2006) elucidam questões ao tocante as potencialidades, disponibilidades e aspectos hídricos locais. Para os autores, uma das características marcantes desse território é o potencial hidrogeológico restrito associado as áreas de embasamento cristalino. Desse modo, mencionam dois aspectos fundamentais no aproveitamento hídrico, a variação de escoamento e o rendimento dos reservatórios.

Impedido ou dificultado pela alta resistência rochosa cristalina, as águas precipitadas têm elevado escoamento superficial, reduzindo a baixa infiltração subterrânea. Atentam que dá precipitação, a maior parte é consumida pela evaporação, em seguida pelo escoamento e em terceiro pela infiltração. A confluência da variabilidade dos escoamentos e a alta evaporação da região, são decisivos para o rendimento hidrológico dos reservatórios (VIEIRA; GONDIM FILHO, 2006).

Se faz necessário mencionar os usos humanos dos recursos hídricos, sejam eles subterrâneos ou superficiais, que influenciam no rendimento ou disponibilidade adequada para uso, depende da importância dada a temática de conservação dos reservatórios.

Decorrente dos problemas históricos regionais, com os efeitos severos das condições climáticas, inúmeras medidas foram sendo tomadas para abrandar os impactos traumáticos sobre a população. Exemplos pragmáticos de infraestrutura hídrica são a açudagem e a perfuração de poços, ambos tendo por finalidade garantir a disponibilidade de água para o abastecimento da população, a dessedentação animal e a viabilidade de atividades produtoras/econômicas. Conforme é destacado por Pereira Neto (2017, p. 286), “a construção

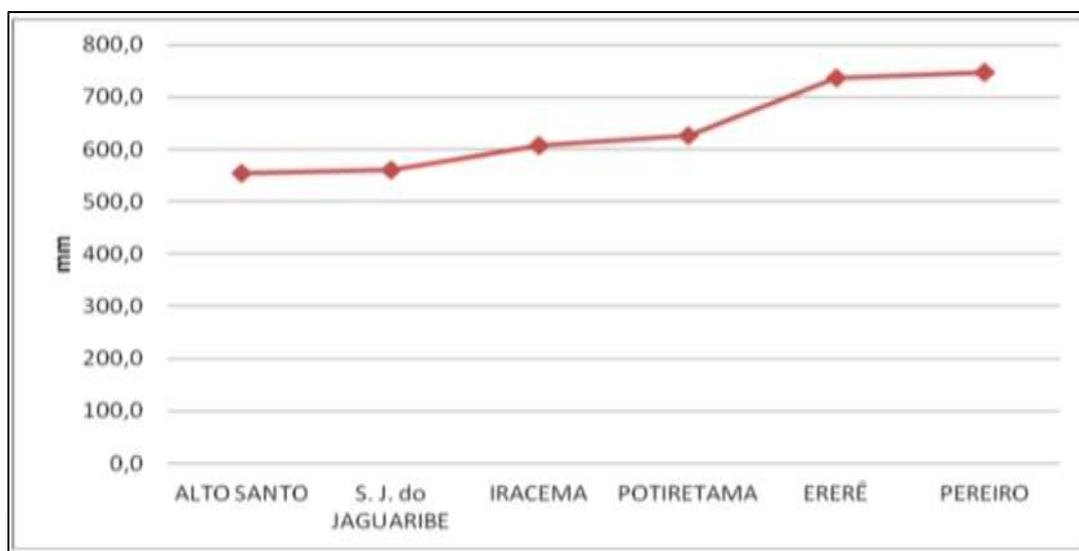
dos reservatórios hídricos no semiárido brasileiro surge, portanto, [...], como sendo uma das primeiras alternativas políticas de ‘combate’ ou mitigação dos efeitos produzidos pelo fenômeno da seca”.

Caracterização Hidroclimática das Áreas de Nascentes do Alto Curso da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo/CE

A sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo comporta todo o contexto acima descrito. É uma bacia de drenagem intermitente, com escoamento superficial dependente da atuação de chuvas. São sentidos os efeitos da irregularidade histórica das precipitações, das altas temperaturas, da predominância cristalina, do escoamento superficial e de obras governamentais ou particulares de armazenamento de água por meio de barragens para compensar e mitigar os efeitos de sua variabilidade temporal e espacial.

Os estudos que antecede a este, realizados na bacia, apresentam análises importantes sobre o comportamento pluviométrico. Sousa (2012) analisou a variabilidade pluviométrica no período de 1979 a 2009 (gráfico 01), constatando que os municípios de Pereiro e Ererê concentraram as maiores médias acima de 700 mm, e Alto Santo e São João do Jaguaribe apresentaram as menores precipitações. Para a autora, o fato de Pereiro se destacar nas médias tem relação com a altitude, estando sob o Maciço do Pereiro, que apesar de ser uma serra seca, apresenta chuvas um pouco mais elevadas em relação ao restante da bacia.

Gráfico 01 – Média pluviométrica anual da sub-bacia do Figueiredo (1979 - 2009)



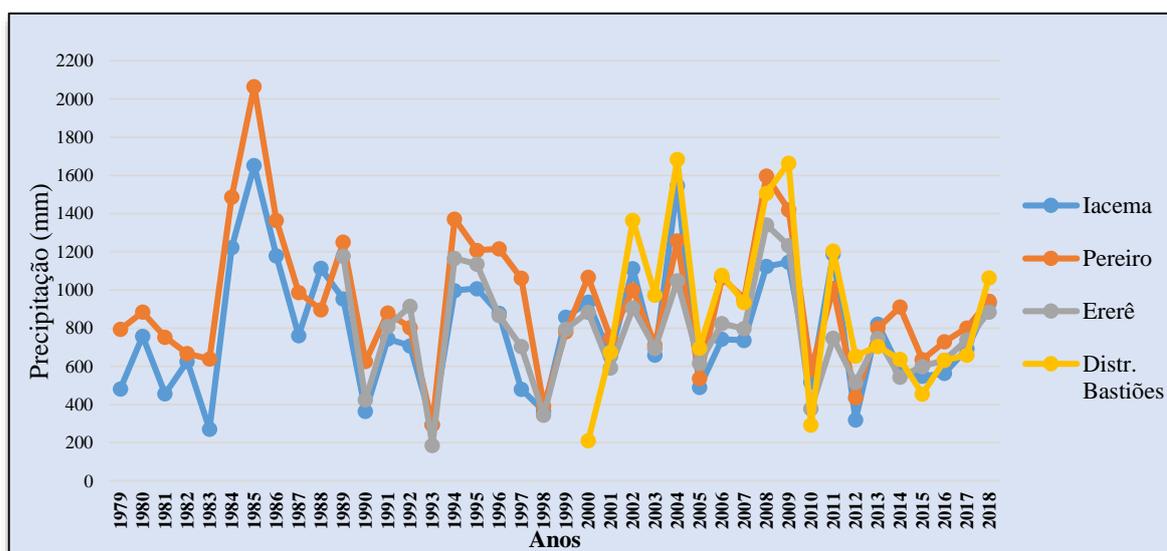
Fonte: Sousa (2012).

Maia (2015) apresenta uma série histórica das médias anuais de precipitação dos postos pluviométricos da FUNCEME considerados na pesquisa. A autora apresenta que os anos mais chuvosos foram 1984, 1985, 1986, 1989, 1994, 2004, 2008 e 2009, e os mais secos 1983, 1990, 1992, 1993, 1998, 2003, 2010, 2012 e 2014.

Como resultado da pesquisa, se percebe, ainda, a distribuição espacial irregular das precipitações, o que “representa bem as características do clima semiárido nordestino, que apresenta fatores regionais, de localização, relevo, direção dos ventos, entre outros, como determinantes na distribuição das chuvas em cada região” (MAIA, 2015, p. 111). Essa irregularidade surte efeitos severos gerando situações bem críticas da falta d’água para as populações locais, a exemplo dos anos de seca de 2012 a 2015 que prejudicou muito o município de Potiretama, que já apresentava um histórico de baixa pluviosidade (MAIA, 2015).

Respeitando o contexto da sub-bacia acima descrito, realizou-se análises pluviométricas e de temperatura do ar para as áreas de nascentes trabalhadas. A partir das precipitações disponibilizadas pela FUNCEME foram produzidos gráficos de precipitação anual e mensal para a área. O gráfico 03 abaixo apresenta a distribuição histórica de precipitação por postos trabalhados, sendo feita uma análise comparativa dessas médias à ocorrência de secas no Nordeste e no estado do Ceará.

Gráfico 03 – Série histórica de precipitação para a área de estudo (1979-2018)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da FUNCEME.

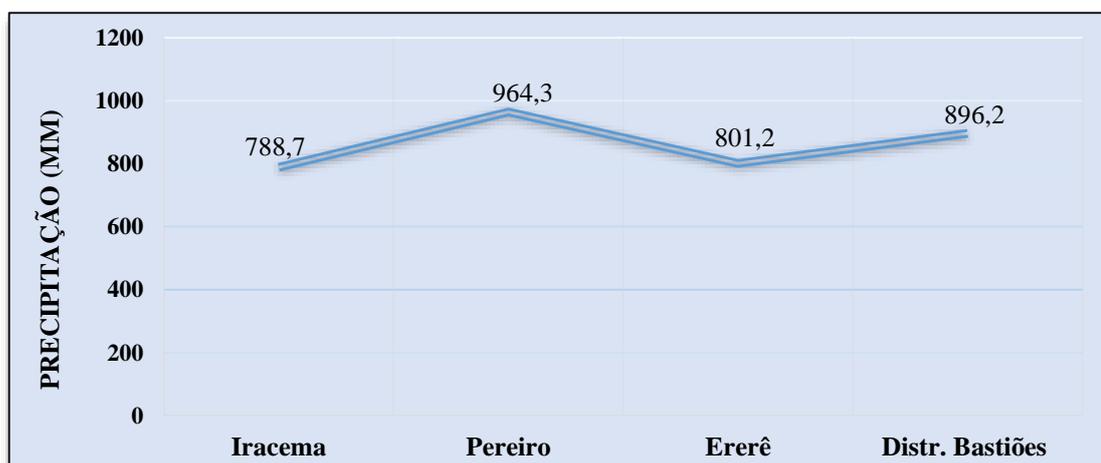
Os valores no gráfico 3 apresentaram grandes variações pluviométricas considerando o período analisado. Verifica-se que, apesar do Município de Pereiro estar localizado em uma

cota altimetria maior comparado a Iracema e Ererê, isso não influenciou consideravelmente no aumento de suas precipitações na série analisada. No período estudado foi identificado o maior valor de precipitação foi de 2065,7 mm em 1985 no município de Pereiro, e 185,6 mm a precipitação mínima no ano de 2010 no posto de Ererê.

É importante mencionar a especificidade existente no município de Iracema, o Distrito de Bastiões, tendo este, o valor da pluviometria mais aproximado ao município de Pereiro, em virtude de situar-se em ponto mais elevado, fazendo parte do Maciço do Pereiro.

O gráfico 04 proporciona conhecer a média pluviométrica histórica dos postos trabalhados, sendo notório que o posto de Pereiro possui maior média, enquanto o de Iracema acumula a menor.

Gráfico 04 – Média pluviométrica anual da área de estudo (1979 - 2018)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da FUNCEME.

A série apresenta no gráfico 3 subsidia a compreensão de que os anos de 1984, 1985, 1994, 2004 e 2009 foram anos expressivos quanto às máximas pluviométricas. Já nos anos de 1983, 1990, 1993, 1997-1998, 2010 e 2012 são evidenciadas baixas médias pluviométricas.

É importante se fazer uma análise mais detalhada acerca dos dados extremos de secura acima descritos. Vieira e Gondim Filho (2006) apresentam uma cronologia de ocorrência de secas no Nordeste do Brasil entre os séculos XVI e XXI, adaptada do Projeto Áridas (1995). Mediante a cronologia é possível confirmar que os anos de 1983, 1990, 1991, 1993, 1988/99 e 2001 figuram entre aqueles nos quais ocorreram grandes secas, sendo retratado esse quadro na área de estudo a partir dos percentuais de precipitação.

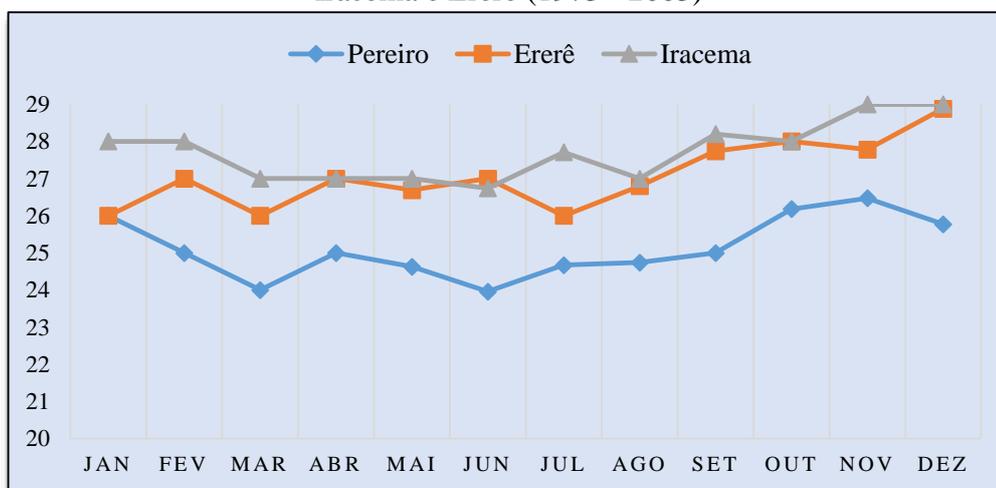
De acordo com informações da FUNCEME (2016), a ocorrência de secas no estado Ceará após o período citadino, esteve presente no ano de 2010 e no período ente 2012 e 2016, sendo considerado que esse último período foi o pior já registrado. De acordo com a Fundação,

a média anual de precipitação foi de apenas 516 mm, sendo menor que a seca ocorrida entre 1979 a 1983, que apresentou valores de 566 mm média anual. Assim, consideram que a última seca foi a mais grave desde 1910, pois prolongou-se por cinco anos dificultando o abastecimento hídrico e as atividades produtivas da população.

É importante observar que as médias de precipitação têm evoluído nos últimos dois anos, rompendo com o quinquênio de secas verificadas. Apesar de esses valores não serem extensamente expressivos em quantidade, mas já repercute de forma positiva na vida da população local, visto que essa consegue (re)iniciar/desenvolver suas atividades produtivas, bem como há a renovação das águas dos reservatórios. Cabe salientar, também, que esse reabastecimento não foi em sua totalidade como veremos adiante. Contudo, representa a possibilidade de melhoria no abastecimento hídrico mesmo que em curto prazo.

Quanto a caracterização térmica dos municípios analisados (gráfico 5), esses apresentaram variações em suas médias tanto em caráter comparativo entre si, como entre os seus meses do ano. É perceptível que, em geral, as temperaturas tendem a cair no mês de março (há também maiores precipitações) e se elevarem a partir de agosto até o mês final do ano e primeiro mês do ano seguinte, corroborando os dados térmicos de caracterização regional, sempre próximos ao 24 °C de temperatura. O município de Pereiro apresentou menores temperaturas do ar, oscilando durante o ano entre 24,6 °C e 26,3 °C, uma diferença de 2 °C, demonstrando média histórica de 24 °C.

Gráfico 04 – Distribuição da temperatura média do ar mensal dos municípios de Pereiro, Iracema e Ererê (1973 - 2003)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Estima_T, DCA-UFCG.

O município de Ererê possui temperaturas mais elevadas que Pereiro e menores que Iracema, com média histórica de 26 °C. A menor temperatura da área é de 26 °C nos meses de janeiro, março e julho, e 28,88 °C como valor máximo no mês de dezembro. Iracema apresenta maiores temperaturas do ar, com mínima de 26,74 °C em junho e máxima de 29 °C em novembro e dezembro, diferença de 3 °C. As altas médias de temperatura para a área em estudo, aliado a má distribuição das precipitações denota elevados índices de evaporação ocasionado pela irradiação solar.

Isto posto, os atributos ambientais semiáridos cearense corroboram para o desenvolvimento de uma política hidráulica, com a construção de barramentos objetivando armazenar água para diversas finalidades. Investimentos governamentais somaram esforços para construção de açudes na região Nordeste, com início no ano de 1890, ganhando intensidade com a criação do Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) (ASSUNÇÃO; LIVINGSTONE, 1993).

As áreas de nascente, objeto de estudo, comportam quatro barramentos monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), (CEARÁ, 2009, 2017). Para além desses reservatórios existem inúmeros outros que tem fundamental importância para a sobrevivência da população rural, contribuindo para o abastecimento humano e usos domésticos, dessedentação animal, aproveitamento de vazantes, pesca e outros usos, demonstrando função indubitável de revitalização daqueles que os podem utilizar.

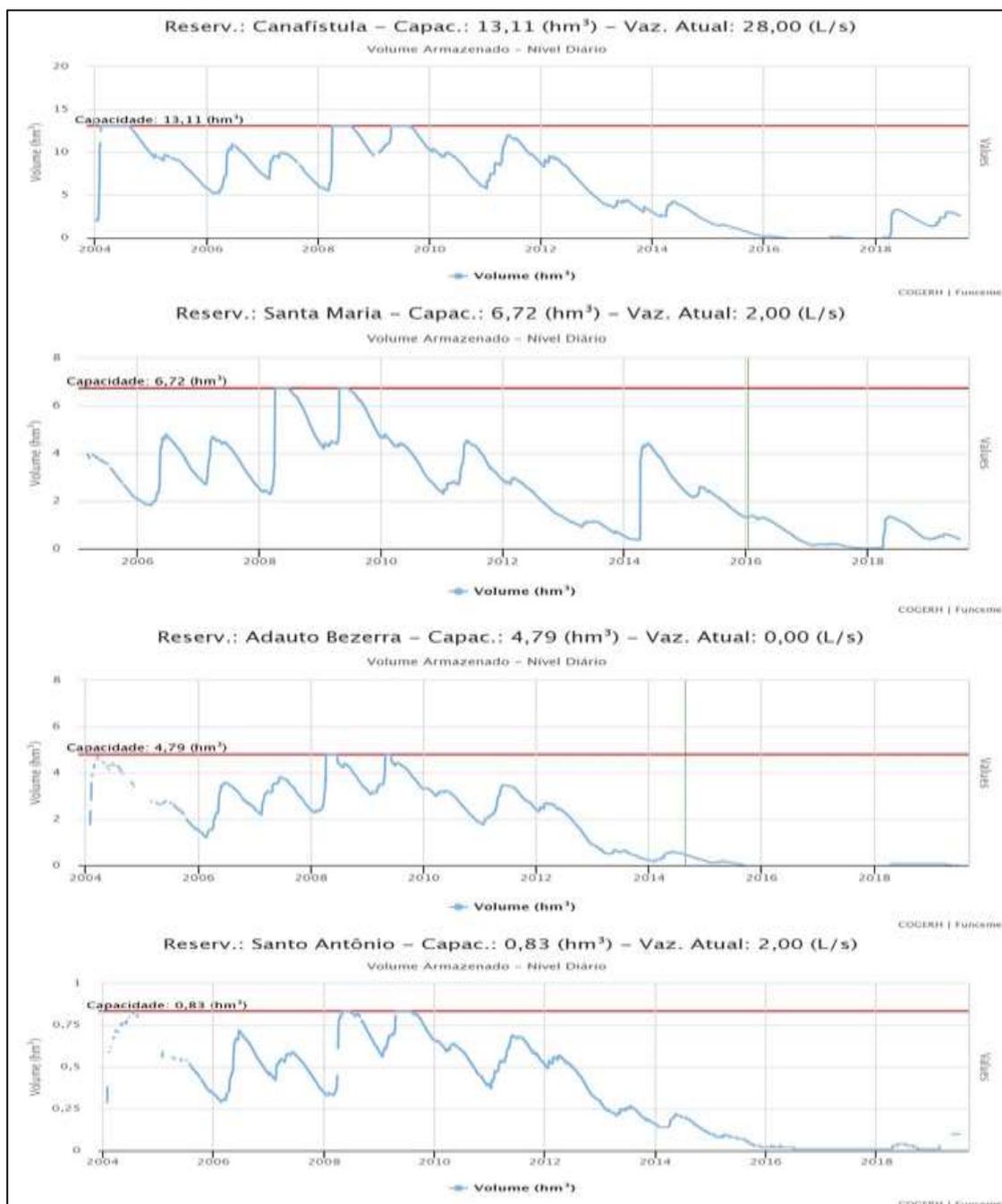
Entendendo que esses reservatórios são estratégicos para essa área, dada as suas contribuições sociais quando dispõem de água e por representarem verdadeiros flagelos quando secam, apresentamos características dos volumes hídricos entre os anos de 2004 a 2019 segundo dados da FUNCEME, sendo que a recarga dos açudes depende da ocorrência de chuvas à montante.

Dos reservatórios observados, o Canafístula, localizado no município de Iracema, possui maior capacidade com 13.110.000 hm³, formado pelo barramento do riacho Foice servindo como reserva para o abastecimento da cidade de Iracema. No mesmo município se encontra o Açude Santo Antônio com 832.000 hm³ de capacidade, barrando o riacho Jatobá. Ambos são obras construídas pelo estado (FUNCEME, 2019).

O açude Santa Maria, com capacidade de 6,72 hm³, construído a partir do barramento do riacho do Amparo está localizado no município de Ererê. O açude Adalto Bezerra está situado em Pereiro com capacidade de 4,79 hm³. Este é o único construído a partir da atuação do DNOCS em 1984, sendo edificado na micro-bacia do riacho São Caetano. O Adalto Bezerra abastecia a cidade de Pereiro até entrar em colapso por falta de água.

Na figura 04 são visualizados os gráficos correspondentes ao volume de água nos reservatórios supracitados. Percebe-se que há semelhanças de volume dos reservatórios entre os anos 2004 a 2012. Assim, entre 2008 e 2009, os reservatórios atingiram sua capacidade máxima, devido as chuvas terem sido maiores nesse período, como comprova Maia (2015).

Figura 04 – Evolução dos volumes armazenados por reservatórios (2004-2019)



Fonte: COGERH/FUNCEME (2019), organizado pelo autor.

A partir de 2012, como consequência da rigorosa seca que afetou a região, os volumes dos reservatórios decaem de forma gradativa até o ano de 2018. A exceção representada nessa série é o Açude Santa Maria, que recebeu consideráveis recargas entre os anos de 2014 a 2015. A partir de 2018, averigua-se uma leve ascensão dos volumes dos reservatórios Canafístula e Santa Maria. Em julho de 2019 o açude Canafístula conta com apenas 19,68 % de sua capacidade total, enquanto do Santa Maria com 5,80 %. Apesar de melhoras nos volumes de chuvas na área no último ano, não foram suficientes para renovar as águas armazenadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste estudo, pôde-se aferir que, embora o município de Pereiro esteja localizado em uma cota altimétrica mais elevada em relação aos demais municípios mencionados, a disparidade entre os valores de precipitação é relativamente baixa. Outra consideração pertinente é em relação ao Distrito de Bastiões em Iracema, fazendo com que dentro de um mesmo município haja valores pluviométricos bem diferentes, evidenciando como o relevo influencia diretamente nas características climáticas de uma localidade.

Os aspectos hidroclimáticos das áreas de nascentes em estudo não destoam do restante da sua bacia, nem menos das condições cearenses. Percebe-se que, apesar dessa área, ao longo dos anos, apresentar melhores precipitações, a disponibilidade hídrica é sensível como em toda extensão do rio Figueiredo. O município de Pereiro exhibe altas médias pluviométricas, mas ainda convive com sérios problemas de falta de água. Características relacionadas às declividades, bem como a ocorrência do embasamento cristalino dificulta o armazenamento da água, seja subterrâneo ou superficial.

No município de Ererê essas condições já se modificam, em virtude de estar situado em áreas mais baixas e contar com a presença de planícies fluviais mais desenvolvidas, dispõem de um potencial de águas subterrâneas que abastece a cidade do município, bem como seus distritos e inúmeras comunidades rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB'SÁBER, A. N. O Domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 40, 1974.

ASSUNÇÃO, L. M.; LIVINGSTONE, I. Desenvolvimento inadequado: construção de açudes e secas no sertão do Nordeste. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, p. 425-448 jul./set. 1993. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br>. Acesso em: 07/07/2019.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v.10, n.1, p.140–147, 2006.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Sistemas meteorológicos causadores de chuva na região Nordeste do Brasil**. Departamento de Meteorologia, Fortaleza, jan., 2002. Disponível em: <http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Graficochuvaspostospluviometricos/entender/entender2.htm>. Acesso em: 06/07/2019.

_____. Fundação Cearense de Meteorologia e Recurso Hídrico – FUNCEME. **Ceará passa pela pior seca prolongada desde 1910**, 2016.

CONTI, J. B. Questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 7-14, dez., 2005.

CORREIA FILHO, W.L.F.; MATTOS, A.; BARRETO, N.J.C.; JESUS, E.S. VALADÃO, C.E.A. OLIVEIRA, P. T.; SCHMIDT, D. M.; SILVA, B. K. N.; PINHEIRO, J. U. BOLEIRA, A. L.; SANTOS, A. S. Estimativa do balanço hídrico climatológico para o estado do Rio Grande do Norte. **Anais... XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Belém/PA, 2010.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba/PR, v. 1, n. 1., dez, 2000. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215>.

KAYANO, M. T. E.; ANDREOLI, R. V. O clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTE, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 213-233, 2009.

MAIA, B. M. A. **Condições ambientais e susceptibilidade a riscos de inundações na sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará, Brasil**. 156f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologias, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2016.

NUNES, E. **Geografia física do Rio Grande do Norte**. 1ª. Natal: Ed. Natal, 2006.

PEREIRA NETO, M.C. Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do Seridó potiguar. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, ano 29, n. 2, p. 285-294, 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29057>

SANT'ANNA NETO, João Lima. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá: ano 16, n. 1, p. 119-131, 1998. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12158/7322>. Acesso em: 06/07/2019.

SILVA, P. C. G.; MOURA, G. S. B. M.; KIILL L. T. T.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; FILHO, C. G. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Editores técnicos). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina/PE: Embrapa Semiárido, 2010, p. 19-48.

SOUSA, M. L. M. **Diagnóstico geoambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo, Ceara**: subsídios ao planejamento ambiental. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2012.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. **REDE – Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v. 7, n. 2, nov. 2011. Disponível em: <Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/168>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

VIEIRA, P.P.B.; GONDIM FILHO, J. G. C. Água Doce no Semiárido. In: REBOLÇAS, A. C.; BRAGA.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3ª ed. Escrituras, São Paulo, 2002, p. 481-504.

INFLUÊNCIA DA SECA NAS VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICA EM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Mateus Rocha Rodrigues¹
Juliana dos Santos Severiano²
José Etham de Lucena Barbosa³

RESUMO

Devido as ações antrópicas desenfreadas, os padrões globais de temperatura e precipitação estão mudando muito rápido, temperaturas elevadas e eventos climáticos extremos (seca severa e tempestades) são exemplos das principais consequências dessas mudanças. Eventos climáticos extremos interferem diretamente nas flutuações sazonais no nível da água dos reservatórios, que por sua vez estão associadas as mudanças nas características físicas, químicas e biológicas desses sistemas. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar a influência da redução no volume hídrico do reservatório Epitácio Pessoa-PB, nas variáveis físicas, químicas e biológicas (clorofila a). Como resultado de volume do reservatório, houve uma expressiva diminuição no volume hídrico. As variáveis físicas, químicas e biológicas sofreram alterações durante a diminuição do volume hídrico. Foi observado um aumento na transparência de água, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido e na salinidade. Entretanto, as variáveis pH e turbidez diminuíram. Já a temperatura não variou, permanecendo em média de 26 C°. Em geral, a ocorrência da seca diminui a qualidade de reservatórios, reduzindo os níveis de água, porém nesse estudo a diminuição da água não corroborou com nossa hipótese, onde mostrou que a redução do volume hídrico melhorou a qualidade da água.

Palavras-chave: Seca. Clorofila. Qualidade da água.

INTRODUÇÃO

No último século, os padrões globais de temperatura e precipitação mudaram significativamente e as previsões apontam para mudanças ainda mais abruptas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), a maioria dos modelos de mudança climática prevê aumento da frequência de eventos extremos, como chuvas intensas e secas severas. Essa organização científica também mostrou que as regiões áridas e semiáridas do mundo são as mais suscetíveis e sensíveis às mudanças climáticas, devido à alta variabilidade das chuvas no tempo e no espaço (IPCC, 2014).

¹ Mestrando no Programa de PósGraduação em Ecologia e Conservação (PPGEC) da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, mateusrodrigsuepb@gmail.com;

² Coorientadora e Professora no Instituto Federal da Paraíba, jsantosseveriano@gmail.com;

³ Professor do departamento de biologia, e cordenador do Laboratório de Ecologia Aquática-UEPB, ethambarbosa@hotmail.com;

Eventos climáticos extremos interferem diretamente nas flutuações sazonais no nível da água dos reservatórios, que por sua vez estão associadas as mudanças nas características físicas, químicas e biológicas desses sistemas (ARFI, 2003). Em regiões semiáridas, o balanço hídrico negativo geralmente observado (perda de água maior que o ganho) pode ser agravado por secas prolongadas, o que irá diminuir o nível de água dos reservatórios. Através da redução do volume hídrico, características limnológicas podem ser alteradas, promovendo variações no oxigênio dissolvido e pH, aumento da condutividade e alcalinidade, aumento da concentração de nutrientes, diminuição da zona eufótica e aumento da biomassa algal (CARNEIRO et al., 2014; TORRES et al., 2014; BRASIL et al., 2015; COSTA et al., 2016).

Os elevados níveis de nutrientes, atrelados à falta de renovação da água e ao balanço hídrico negativo, favorecem a condição eutrófica nos mananciais (BRASIL et al., 2015). A eutrofização é caracterizada pelo aumento das cargas de nutrientes, principalmente fosforo (P) e nitrogênio (N). Existem dois tipos de eutrofização, a natural e a antrópica. A antrópica é bem mais intensa e constante, ela está relacionada com atividade humanas, como por exemplo, agricultura, pecuária e ocupação humana (descarga de efluentes) são exemplos de ações que elevam as cargas de nutrientes nos reservatórios (MOOIJ et al., 2009; MOSS et al. 2011).

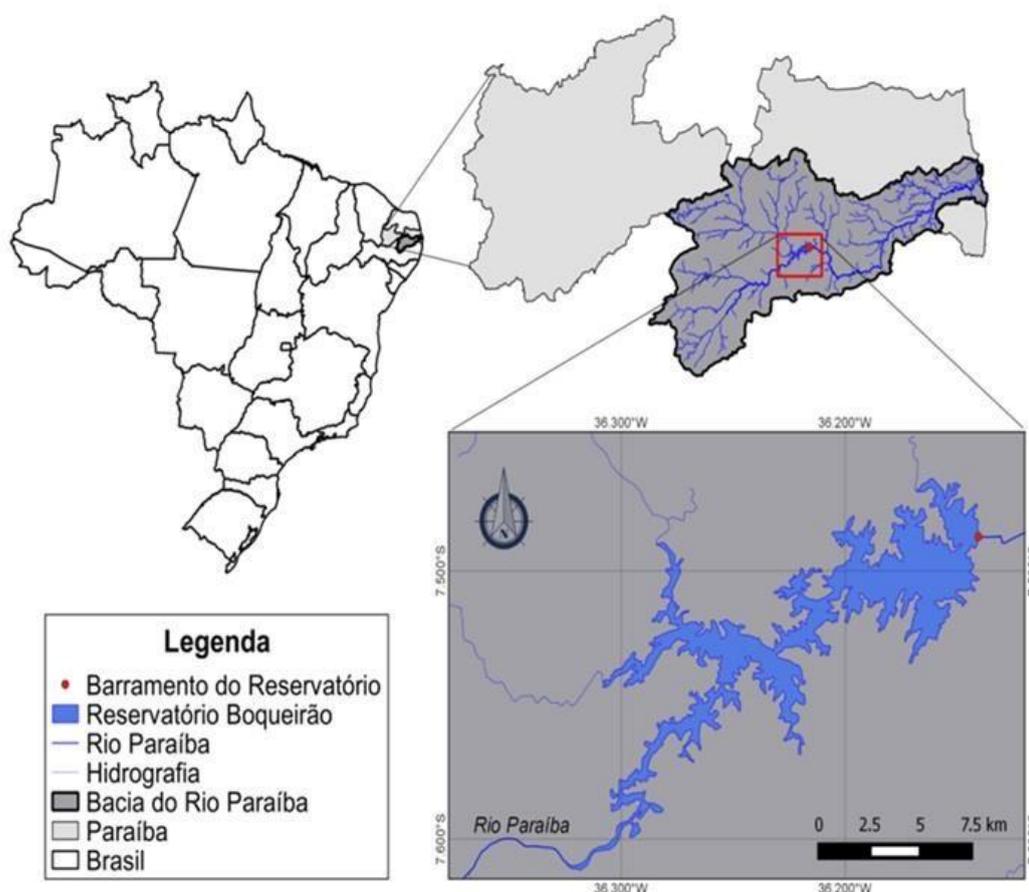
Um das principais consequências da eutrofização é o aumento na biomassa das cianobactérias, produtores primários que alteram toda a cadeia trófica dos reservatórios devido a capacidade de produzir cianotoxinas (HEATHCORE et al., 2016). Além de alterar a biodiversidade, ela diminui os serviços ecossistêmicos dos reservatórios prestados à sociedade (DAVIDSON et al. 2014). A diminuição da qualidade da água – quando os reservatórios são utilizados para abastecimento público- são umas das principais perdas de serviços ecossistêmicos fornecidos pelo reservatório.

Embora existam múltiplos estudos no semiárido brasileiro que tratam da eutrofização e seus problemas associados em lagos e reservatórios (FREIRE et al., 2009; BARBOSA et al., 2012; MEDEIROS et al., 2014; COSTA et al., 2016; BRASIL et al., 2016), poucos analisaram como mudanças dramáticas na redução dos volumes hídricos afetam as principais variáveis limnológicas, como fósforo total, nitrogênio, turbidez, transparência, salinidade e pH. Entender como ocorre a dinâmica desses ecossistemas aquáticos em tempos de crise hídrica podem fornecer métodos eficiente de manejo e conservação. Assim, este estudo tem como objetivo testar a hipótese de que a redução do volume de água, impulsionada por secas prolongadas, altera os parâmetros de variáveis físicas e químicas (H1), afetando o estado trófico dos reservatórios do semiáridos, alterando a sua produtividade na concentração de clorofila (H2).

METODOLOGIA

As amostragens foram realizadas no reservatório Epitácio Pessoa (popularmente denominado de reservatório Boqueirão), localizado na bacia do Rio Paraíba, no município de Boqueirão-PB, cuja altitude é de 355m acima do nível do mar ($07^{\circ}28'54''$ S e $36^{\circ}08'06''$ W) (Figura 1). É o segundo maior reservatório da Paraíba, abastecendo mais de 500.000 habitantes. Além do abastecimento público, esse reservatório é utilizado também para irrigação, dessedentação animal, recreação e, principalmente, para atividades agrícolas e pecuária. Durante o período de estudo, o reservatório passou a receber água do Rio São Francisco, através do projeto de manejo da transposição do Rio São Francisco.

Figura 1. Localização geográfica do reservatório Epitácio Pessoa, Paraíba, Brasil.



De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região onde se encontra o reservatório é do tipo semiárido quente (Bsh), com estação seca atingindo um período que

compreende de 9 a 10 meses e precipitações em torno de 400mm ao ano (ALVARES et al., 2014).

2.2. Amostragem e Análises de Dados

Foram realizadas amostragens trimestrais de 2016 a junho de 2017. As variáveis físicas e químicas, como temperatura da água, pH, turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L) e sólidos totais dissolvidos foram mensurados *in situ*, com auxílio de sonda multiparamétrica de marca HORIBA- U50. Para as análises dos nutrientes, amônia (NH₄), nitrito (NO₂-), nitrato (NO₃-), fósforo total (PT) e Clorofila foram seguidos os métodos descritos em APHA (2012). Os dados de volume e precipitação foram obtidos no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A).

Foi realizado uma análise de correlação de Pearson para identificar o grau de correlação entre o volume do reservatório com as outras variáveis físicas e químicas citadas acima. Com as variáveis com grau de correlação maior que 0.55 (+-) foram realizados modelos de regressão simples para cada uma dessas variáveis, na tentativa de observar como elas se comportam segundo a variação do volume do reservatório. Foi realizado uma análise de regressão linear múltipla para observar a correlação das variáveis físicas e químicas com a concentração clorofila. Também foi feita uma Análise da Variância (ANOVA) para observar se houve diferença significativa na concentração de clorofila entre os meses amostrados, assim como um Teste de Tukey para identificar quais meses diferiram. Todas as análises foram realizadas no software RStudio.

DESENVOLVIMENTO

Acredita-se que os lagos tropicais sejam altamente sensíveis às mudanças climáticas, causando profundas modificações físicas (isto é, volume, área e estratificação) e condições químicas (isto é, oxigênio dissolvido, nutrientes e matéria orgânica) (JEPPESEN et al., 2014). Estudos anteriores de lagos temperados mostraram que a profundidade reduzida do epilimínio leva a uma maior disponibilidade média de luz, estimulando a fotossíntese pelágica (STAEHR et al., 2010b, 2012b). No entanto, outros estudos indicaram que, para uma variedade de lagos tropicais, oligo-mesotróficos, o aquecimento da superfície e a diminuição do epilimínio reduzem a produção primária, explicada por uma combinação de limitação nutricional e fotoinibição (BRIGHENTI et al., 2015; HÄDER et al., 2015). Espera-se que isso seja

especialmente pronunciado em períodos de estratificação quando nutrientes e matéria orgânica são armazenados nas camadas mais profundas (STAEHR et al., 2016). Bouchard et al. (2008) apontam que durante períodos estratificados a falta de nutrientes em camadas superiores de mistura torna a fotossíntese do fitoplâncton mais suscetível à fotoinibição devido ao aumento do estresse UVB no fotossistema II. A evidência de fotoinibição em águas superficiais de dois dos lagos neste estudo foi similarmente encontrada por Brighenti et al. (2015) e por Barbosa e Tundisi (1980).

Nos estudos de Rocha et al. (2018) mostraram que as diferenças contrastantes de precipitação pluviométrica entre duas sub-bacias afetaram a qualidade da água e o estado trófico dos reservatórios e esses efeitos são potencializados com a redução do volume de água. As análises de regressões lineares mostraram que o TP e TN estavam relacionados negativamente com volume máximo armazenado durante todos os períodos amostrados.

A redução no volume do lago pode reduzir as diferenças de temperatura entre as camadas superficiais e profundas, aprofundar a camada superior e favorecer os nutrientes (LANDKILDEHUS et al., 2014) e reduzir disponibilidade de luz (JEPPESEN et al., 2014). Essa redução no volume total de água também torna os lagos mais suscetíveis a mistura do vento e, conseqüentemente, ao aprofundamento do epilímnio (FEE et al., 1996; WILLIAMSON et al., 2014). Além disso, as diferenças de temperatura entre o epilímnio e o hipolímnio em lagos tropicais são geralmente pequenas causando freqüente aprofundamento da camada mista superior episódica (LEWIS 2010; TONETTA et al., 2016). Além disso, a estabilidade da coluna de água mais fraca poderia aumentar a liberação de nutrientes dos sedimentos, especialmente fósforo, devido ao aumento do contato da água oxigenada com o sedimento (ORIHÉL et al., 2015).

De fato, reduções no volume do lago devido a altas perdas de água por evaporação resultam em maiores concentrações de nutrientes e matéria orgânica na coluna de água (BRASIL et al., 2016). Além disso, as taxas de evaporação na área de lagos tropicais estudados são altas e dominam as perdas de calor na superfície, uma vez que não possuem grandes saídas (BRIGHENTI et al., 2018).

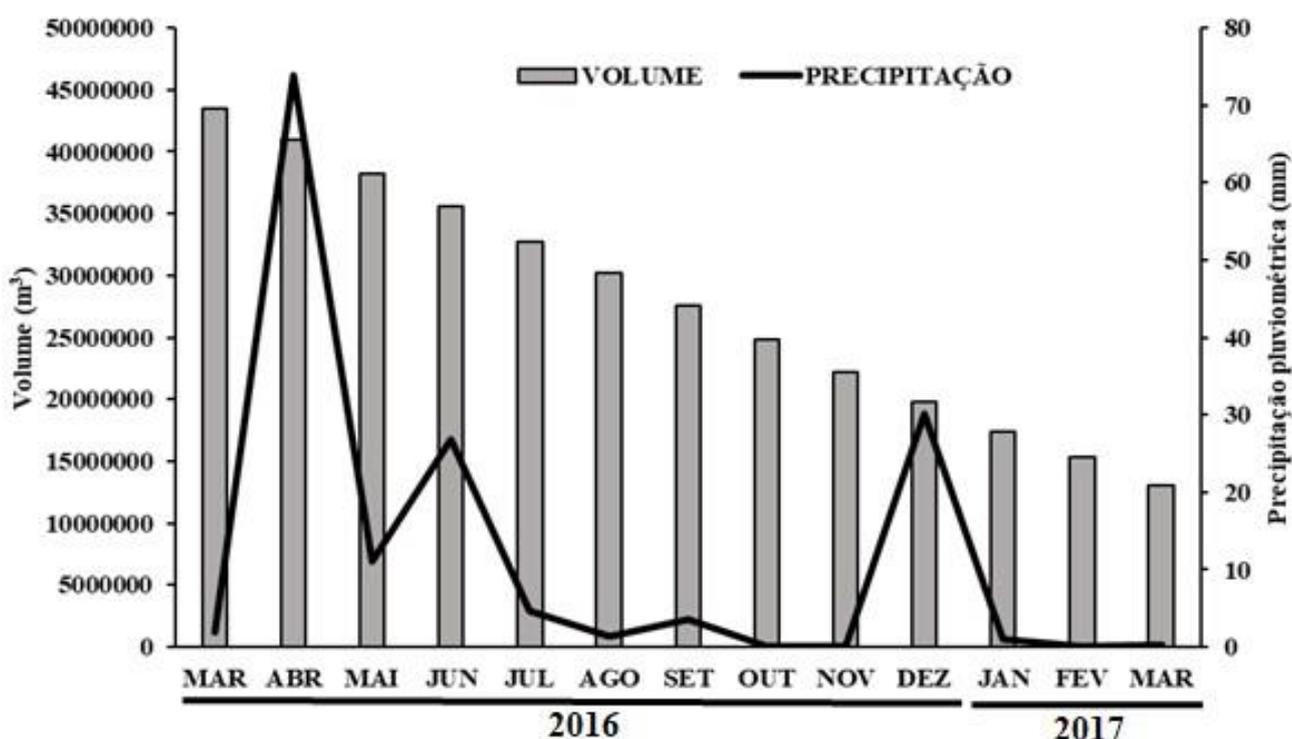
Por fim, períodos estendidos de seca resultam em uma queda dramática do volume do reservatório, que por sua vez provoca mudanças na estrutura da coluna de água, quebrando a termoclina e provocando a eutrofização (ARFI, 2003). Sendo assim, é evidente que o cenário limnológico segundo a grande variabilidade do clima, em particular o regime de chuvas, deve ser levado em consideração ao estabelecer usos sustentáveis, especialmente licenças de

aquicultura e uso da terra ao redor do reservatório, já que essas duas atividades são principais contribuintes com nutrientes e poluentes para o reservatório e estão, portanto, diretamente ligados à qualidade da água.

RESULTADOS

Como resultados de volume do reservatório, houve uma expressiva diminuição no volume hídrico (Figura 2). Em março de 2016, o reservatório se encontrava com 43.453.735 m³, porém, já no último mês amostrado ele se encontrava com 13.094.571 m³, chegando a 3% da sua capacidade máxima. As precipitações foram escassas, onde seu maior valor encontrado foi em abril de 2016, com 73,8 mm. Nos outros meses foram abaixo de 30 mm.

Figura 2. Volume armazenado (m³) e precipitação (mm) no reservatório Epitácio Pessoa – PB, no período de estudo.



Em relação as variáveis físicas e químicas, sofreram alterações durante a diminuição do volume hídrico (Tabela 1). Foi observado uma variação na transparência de água, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido e na salinidade. Assim como, as variáveis pH e turbidez diminuíram. Já a temperatura não variou, permanecendo em média de 26 C°. Em relação aos nutrientes, o nitrato e o amônio diminuíram com a redução do volume hídrico, contudo o fosforo total e o nitrito diminuíram.



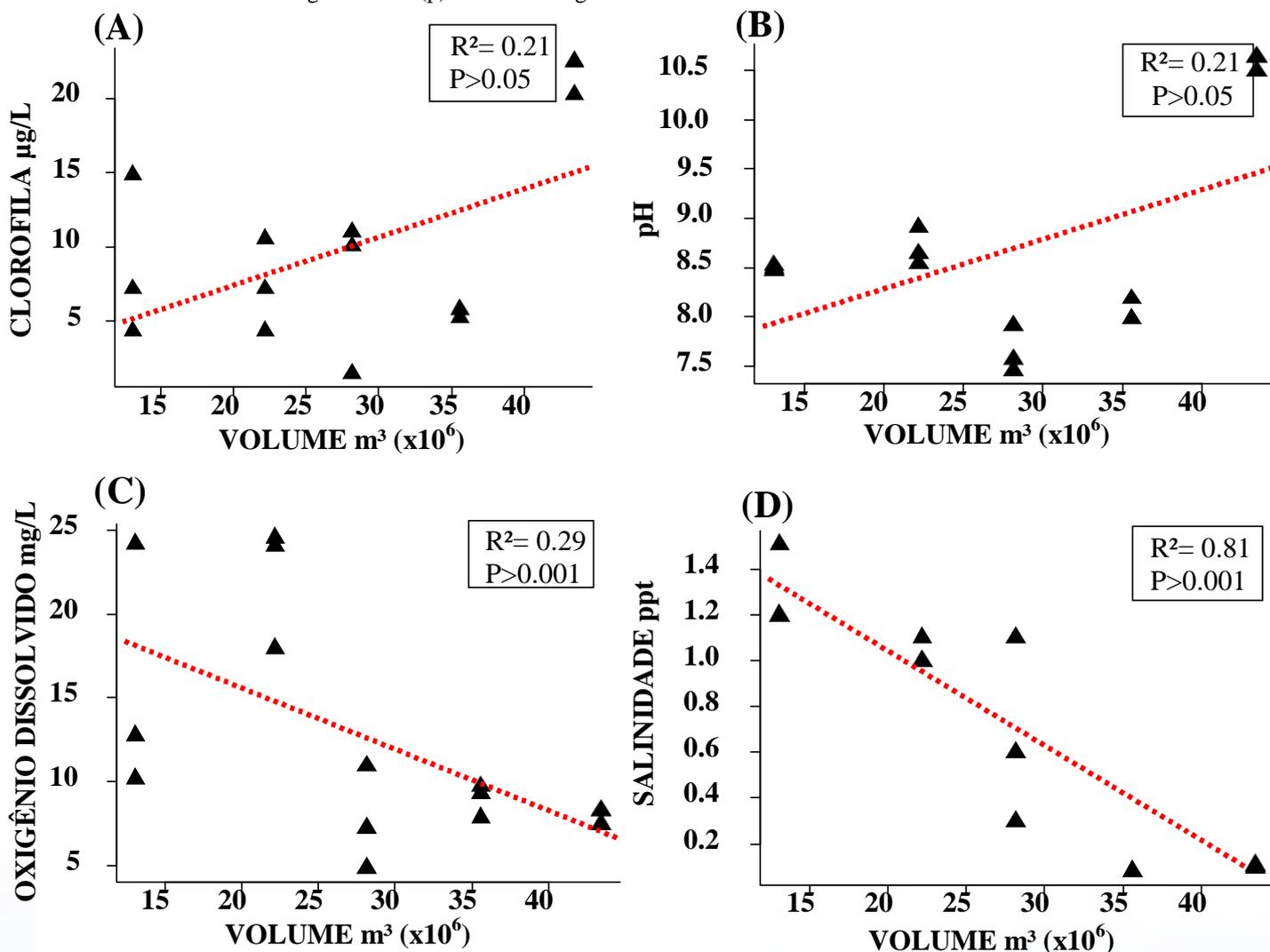
Tabela 1. Variáveis abióticas e bióticas dos anos 2016 a 2017 do reservatório Eptácio Pessoa - PB.

	2016									2017					
	Março			Junho			Novembro			Março			Junho		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
SECCHI (cm)	0.83	1.34	1.54	1.43	2.93	2.51	1.39	1.5	1.08	1.4	1.19	1.78	0.4	0.45	1.1
TEMPERATURA (°C)	26.69	26.42	26.69	26.74	26.86	26.74	24.57	24.92	24.57	25.95	26.57	26.23	24.71	24.8	25.14
pH	10.64	10.5	10.64	8.18	7.98	8.18	8.91	8.54	8.64	8.47	8.52	8.49	7.45	7.56	7.91
POTENCIAL REDOX (ORPmV)	37	11	21	153	169	203	60	103	124	70	98	94	70	71	91
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (ms/cm)	1.95	2.13	2.13	1.62	1.6	1.59	2.09	1.97	1.93	7.1	2.29	2.27	0.381	0.642	1.26
TURBIDEZ (NTU)	15.2	50.3	41.6	10.2	12.5	3.3	18.5	16.8	7.56	2.36	36.1	18.5	19.4	9.5	228
OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	8.23	7.46	8.23	7.83	9.7	9.29	24.58	17.97	24.06	24.2	12.76	10.16	4.81	7.24	10.93
SOLIDOS TOTAIS DISSOLVIDO (g/l)	1.24	1.37	1.36	1.04	1.03	1.02	1.34	1.26	1.24	6.67	1.47	1.45	0.247	0.411	0.806
SALINIDADE (ppt)	0.1	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08	1.1	1	1	1.51	1.2	1.2	1.1	0.3	0.6
AMÔNIO (N-NH ₄)	134.68	48	146	134.7	134.7	174.7	248.0	12.7	198.2	24.0	13.4	6.35	47.24	43.72	40.19
NITRITO (N-NO ₂)	1.07	0.71	1.07	3.36	3.36	3.36	5.6	0	2.24	10.45	15.67	7.84	25.75	24.63	4.48
NITRATO (N-NO ₃)	31.21	46.14	11.21	42.39	49.66	42.39	96.34	25.43	24.22	33.91	8.48	14.53	193.79	218.01	69.04
FOSFORO TOTAL	127	90	47	113.7	98	100.33	160.33	120.00	53.67	43.67	33.7	60.33	300.33	340.33	80.33
CLOROFILA µg/L	22.47	19.98	22.54	5.8	5.8	5.3	4.3	7.2	10.6	4.3	7.2	14.87	11.03	1.44	10.07

Fonte: Própria

Segundo a correlação de Pearson, apenas quatro variáveis tiveram correlação significativa com o volume do reservatório Clorofila, pH, Oxigênio dissolvido e salinidade (Figura 3). A clorofila junto com o pH tiveram relação positiva com volume de água (Figura 3- A e B, respectivamente). Assim, a redução no volume de água diminuiu os valores de pH onde no primeiro mês ele era em média de 10, e caiu para valores menores que 7.91 (Tabela 1), como também a concentração de clorofila. Já as variáveis oxigênio dissolvido e salinidade tiveram relação negativa (Fig 3- C e D, respectivamente). Com a redução do volume, a salinidade aumentou de 0.10 no mês de março de 2016, para 1.50, em março de 2017, tendo uma explicabilidade de 81%. O oxigênio dissolvido também aumentou durante o período amostrado, onde no primeiro mês ele obtinha valores em torno de 8,30 mg L⁻¹ e no último 24,20 mg L⁻¹.

Figura 3. Gráfico de dispersão mostrando a relação de causa e efeito das variáveis pH (A), CLOROFILA (B), OXIGÊNIO DISSOLVIDO (C) E SALINIDADE (D) com o volume do reservatório. Coeficiente de determinação ajustado (R^2)= varia entre 0 e 1, indicando, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Probabilidade de significância (p) = mostra a significância dos resultados.



Mesmo sem resultados significativos, a turbidez reduziu em média de 60 NTU e em março de 2017 esse valor caiu para 20 NTU. Não foram encontrados resultados significativos para os nutrientes (Tabela 1). Houve uma diminuição do amônio $134,67 \mu\text{g L}^{-1}$ para $40,19 \mu\text{g L}^{-1}$ em junho de 2017. Já o nitrato aumentou de $31,21 \mu\text{g L}^{-1}$ para $69,04 \mu\text{g L}^{-1}$. Também houve redução na concentração de fósforo total, $127 \mu\text{g L}^{-1}$ para $43,66 \mu\text{g L}^{-1}$. O nitrito, comportou-se de maneira diferente de todos os outros, aumentando sua concentração de $1,07 \mu\text{g L}^{-1}$ para uma média de $22,35 \mu\text{g L}^{-1}$. Foi observado um aumento na concentração de fósforo total (PT) onde no primeiro mês amostrado foi observado uma média na concentração de $196,43 \mu\text{g L}^{-1}$, já no último mês amostrado foi encontrado valores em média de $340,21 \mu\text{g L}^{-1}$. O potencial redox também aumentou em média de 20,23 ORPmV em março de 2016 para 76,34 ORPmV em junho 2017. A concentração de sólidos totais dissolvidos diminuiu junto com a redução do volume hídrico. No primeiro mês amostrado foi observado em média um valor de 1.20 g/L, entretanto no último mês reduziu para valores menores que 1 g/L.

Como já foi falado, a produtividade teve uma correlação positiva com o volume do reservatório, de maneira que, de acordo com que o volume diminuiu também a concentração de clorofila. A análise de variância (ANOVA) mostrou que houve diferença significativa em pelo menos um dos meses, tendo um valor de $p < 0,01$. O Teste de Tukey mostrou que apenas o mês de março de 2016 teve diferença significativa entre os meses (Figura 4).

Figura 4. Plot mostrando a diferença das médias de concentração de clorofila entre os meses estudados. Letras iguais, não existe diferença estatística entre as médias (b); letras diferentes indicam a existência de diferença significativa (a).

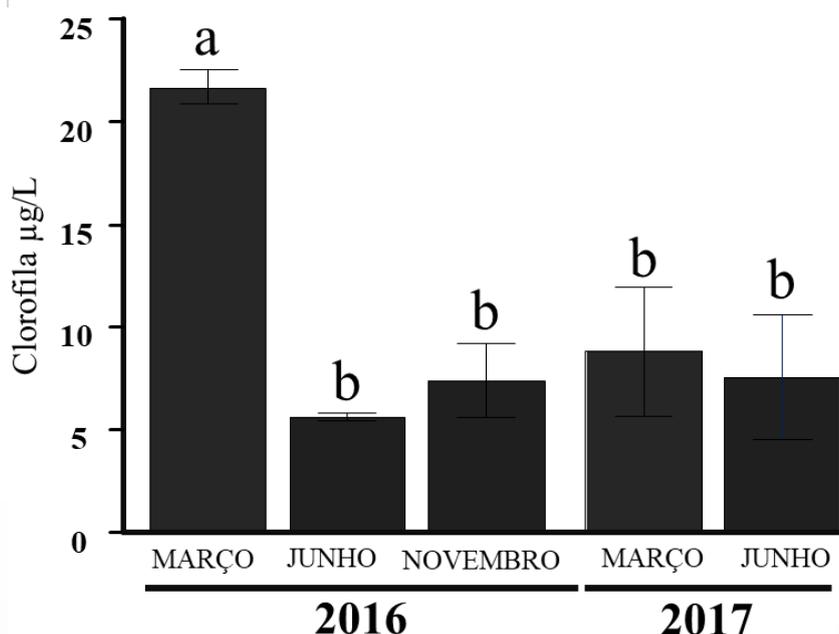
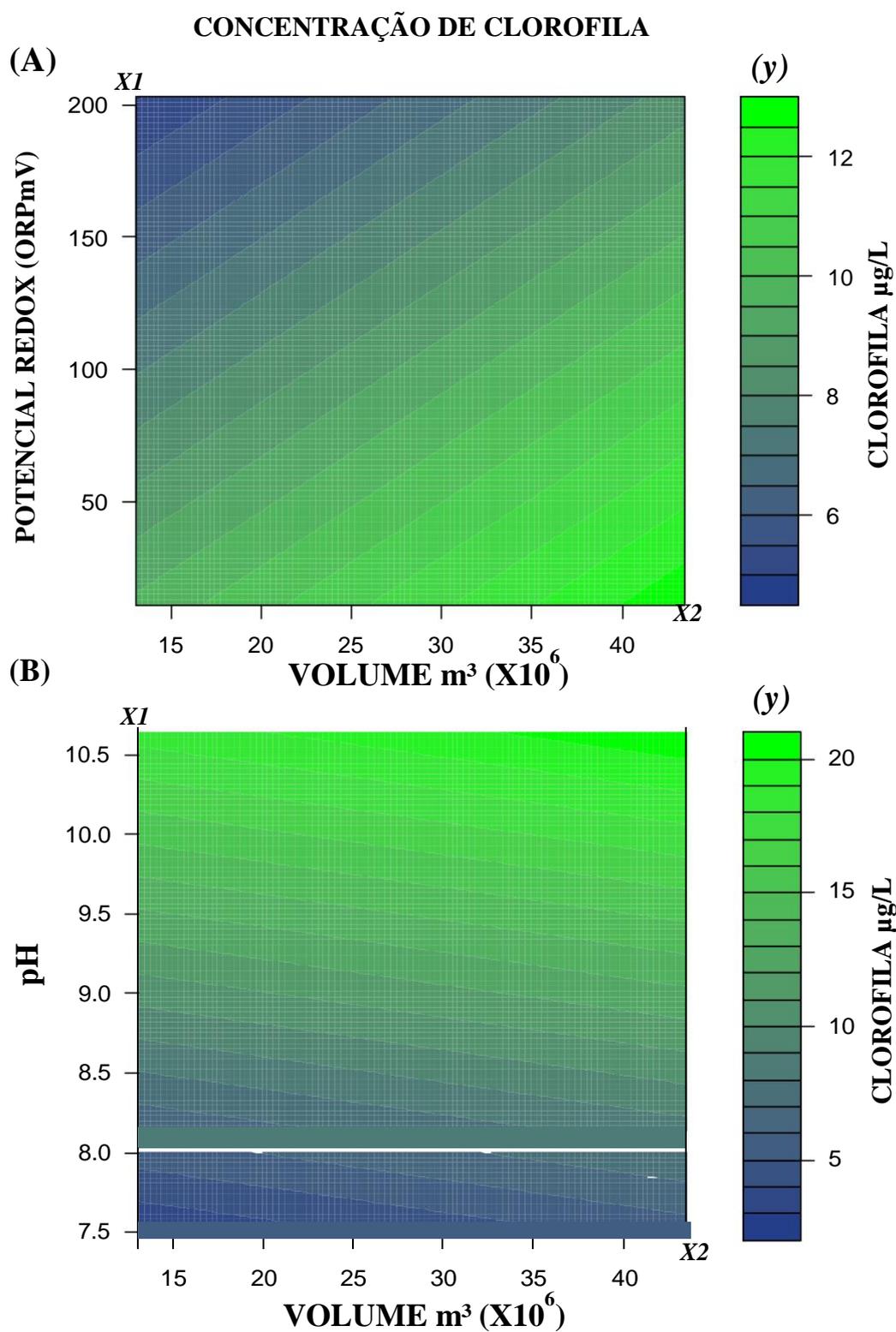


Figura 5. Gráfico de superfície mostrando a relação de causa e efeito de duas variáveis explicativas Potencial Redox (eixo- *X1*) e Volume (eixo- *X2*) e uma variável resposta clorofila (eixo-*Y*)-(Figura A); pH (eixo-*X1*) e volume (eixo-*X2*) e clorofila (eixo-*Y*)-(Figura B).



Nós realizamos análise de regressão linear múltipla, seguindo o princípio da parcimônia retirando as variáveis que não tiveram relações significativas. Assim, a regressão linear múltipla mostrou que apenas o potencial redox, pH e volume tiveram relação significativa com a concentração de clorofila (Figura 5). O potencial redox (eixo- X1) teve uma relação negativa com a concentração de clorofila (Figura 5- A). Já o pH (eixo- X1) e o volume (eixo- X2) tiveram relação positiva com a concentração de clorofila (eixo- Y) (Figura 5- B).

DISCUSSÃO

Por serem altamente sensíveis às mudanças climáticas (O'REILLY et al., 2003; ADRIAN et al., 2009; JEPPESEN et al., 2014), os reservatórios tropicais, são expressivamente afetados, alterando suas condições e condições químicas (JEPPESEN et al., 2014). Nosso estudo mostrou que com a redução hídrica do reservatório, houve também a alteração de algumas das variáveis físicas e químicas, como pH, salinidade, oxigênio dissolvido e transparência da água. Alterou significativamente também a concentração de clorofila, onde houve uma redução junto com o volume. Assim, nós aceitamos a nossa hipótese que a redução no volume hídrico afetaria tanto variáveis físicas e químicas, como biológicas.

As altas taxas de evaporação de água nas regiões, combinados com a falta de precipitação e reservatórios de captação de água podem ser, os principais fatores de mudança em volume de água ao longo dos períodos. Com a redução do volume de água, a concentração da salinidade aumentou, o que já era de se esperar, isso por que de acordo com que há a redução do volume, há também uma concentração dos sais, aumentando a salinidade. Alguns estudos mostram que no nordeste do Brasil, as variações sazonais no volume de água dos reservatórios geralmente são acompanhadas de aumento da carga de nutrientes, especialmente durante os períodos de seca (MIRANDA et al., 2014; BRASIL et al., 2016). Entretanto no nosso estudo não houve resultados significativos na relação entre os nutrientes e a redução no volume de água. É provável que este resultado não significativo pode estar relacionado com o n amostral pequeno deste trabalho.

Eventos de seca prolongada e conseqüentemente diminuição do volume de água dos lagos e reservatórios podem aumentar a eutrofização e a degradação da qualidade da água (JEPPESEN et al., 2015; BRASIL et al., 2016). Entretanto, em nossos estudos mostram o contrário, onde houve uma diminuição nas concentrações de nutrientes, assim como a concentração de clorofila. Dentre os nutrientes, o fósforo total é um dos principais elementos na coluna de água, uma vez que ele é considerado um fator importante para a previsão da

biomassa fitoplanctônica e da qualidade da água em lagos e reservatórios de regiões tropicais e subtropicais (ATTAYDE e BOZELLI, 1998; HUSZAR et al., 2006).

Como já foi relatado anteriormente, o potencial redox junto com o pH tiveram uma relação significativa com a concentração de clorofila. Medidas de potencial redox ganharam importância no monitoramento ambiental nas últimas décadas e passaram a fazer parte da lista de parâmetros exigidos para um melhor monitoramento destes sistemas (JARDIM, 2014). Isso por que muitas reações de importância na natureza envolvem tanto elétrons como prótons, faz com que sejam governadas tanto pelo pH como pelo potencial redox. Um exemplo são os processos de nitrificação e desnitrificação. Os microrganismos variam no grau de sensibilidade ao potencial redox do meio e podem ser divididos em grupos os aeróbios, exigem potencial redox positivo para o seu crescimento (presença de oxigênio) e os anaeróbios, que requerem potencial negativo. Assim, tanto o pH como o potencial redox podem influenciar na qualidade de água. Em relação ao pH, a Portaria do MS n° 2914/2011 e a Resolução CONAMA n° 357/2005 recomendam que o pH da água no sistema de distribuição esteja entre 6 a 9,5, dessa maneira o pH do reservatório Epitácio Pessoa está dentro das normas, o que contribui para a qualidade da água.

Em geral, a ocorrência da seca diminui a qualidade de reservatórios, reduzindo os níveis de água, porém nesse estudo a diminuição da água não corroborou com nossa hipótese, onde mostrou que a redução do volume hídrico melhorou a qualidade da água. Clorofila, pH, salinidade e oxigênio dissolvido foram os principais afetados pela redução do volume hídrico. Nossos estudos contribuem para o esclarecimento das relações entre o volume de água e as outras variáveis físicas, químicas e biológicas. É necessário que outros estudos levem em consideração mais parâmetros e um período amostral maior, para que se consiga capturar um número maior de relações na dinâmica dos ecossistemas aquáticos. Entender essa dinâmica pode contribuir para trabalhos de conservação, monitoramento e gestão desses ecossistemas, principalmente para os que servem para abastecimento público.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARFI, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. **Lakes and Reservoirs: Research and Management**, 2003, 8(3-4), 247-257. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1770.2003.00223.x>.

ATTAYDE, J.L. and BOZELLI, R.L. Environmental heterogeneity and predictive models of chlorophyll a in a Brazilian coastal lagoon. **Hydrobiologia**, 1998, 390(1-3), 129-139. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003546810358>.

BARBOSA, J.E.L., MEDEIROS, E.S.F., BRASIL, J., CORDEIRO, R.S., CRISPIM, M.C.B. and SILVA, G.H.G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2012, 24(1), 103-118. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000030>.

BRASIL, J., ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. D. F.; HUSZAR, V. L. M. 2015. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hidrobiologia**. Primary research Paper.

BRASIL, J., ATTAYDE, J.L., VASCONCELOS, F.R., DANTAS, D.D.F. and HUSZAR, V.L.M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, 2016, 770(1), 145-164. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2578-5>.

CARNEIRO, F. M.; NABOUT, JC.; VIEIRA L. C. G.; ROLAND, F.; BINI, L. M. Determinants of chlorophyll-a concentration in tropical reservoirs. **Hidrobiologia**. 740: 89-99.

COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L., BECKER, V 2015. Effects of water level reduction on the dynamics of the phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hidrobiologia**.

COSTA, M.R.A., ATTAYDE, J.L. and BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, 2016, 778(1), 75-89. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2593-6>.

DAVIDSON K, GOWEN RJ, HARRISON PJ, FLEMING LE, HOAGLAND P, MOSCHONAS G. Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. **J Environ Manag**. 2014. 146:206–216

FREIRE, R.H.F., CALIJURI, M.C. and SANTAELLA, S.T. Longitudinal patterns and variations in water quality in a reservoir in the semiarid region of NE Brazil: responses to hydrological and climatic changes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2009, 21(2), 251-262.

HEATHCORE, A. J., FILSTRUP, C. T., KENDALL, D., AND DOWNING, J. A..
Biomass pyramids in lake plankton: influence of cyanobacteria size and abundance .
Inland Waters, 2016, 6, 250–257. doi: 10.5268/IW-6.2.941

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change** 2014: synthesis report. Geneva, 2014.

JEPPESEN, E., BRUCET, S., NASELLI-FLORES, L., PAPASTERGIADOU, E., STEFANIDIS, K., NÖGES, T., NÖGES, P., ATTAYDE, J.L., ZOHARY, T. , COPPENS, J., BUCAK, T., MENEZES, R.F., FREITAS, F.R.S., KERNAN, M., SØNDERGAARD, M. and BEKLIÖĞLU, M. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, 2015, 750(1), 201-227. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-014-2169-x>.

JESPERSEN, A.M. and CHRISTOFFERSEN, K. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Hydrobiologia**, 1987, 109, 445-454.

MEDEIROS, L.C., MATTOS, A., LÜRLING, M. and BECKER, V. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, 2014, 49(3), 294-307.

MIRANDA, K., MATTOS, A. and BECKER, V. Influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de um reservatório mesotrófico na região semiárida tropical. In: A. MATTOS and K.M.C. MATTOS, eds. Projeto Mevemuc (monitoramento da evaporação e as mudanças climáticas): contribuição para a hidrologia do semiárido. 1. ed. João Pessoa: Moura Ramos Gráfica Editora, 2014, pp. 319-340.

MOOIJ, W.M., DE SENERPONT-DOMIS, L.N. and JANSE, J.H. Linking species and ecosystem-level impacts of climate change in lakes with a complex and a minimal model. **Ecological Modelling**, 2009, 220(21), 3011-3020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.02.003> .

MOSS, B., KOSTEN, S., MEERHOFF, M., BATTARBEE, R.W., JEPPESEN, E., MAZZEO, N., HAVENS, K., LACEROT, G., LIU, Z., MEESTER, L., PAERL, H. and SCHEFFER, M. Allied attack: climate change and eutrophication. **Inland Waters**, 2011, 1(2), 101-105. <http://dx.doi.org/10.5268/IW-1.2.359>.

TORRES, L. M. 2014. Efeito da seca na dinâmica dos grupos funcionais fitoplânctônicas em reservatórios eutróficos do semiárido. 34 f. **Dissertação (Mestrado em ecologia)**- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2014.

Jardim, W. F. (2014). MEASUREMENT AND INTERPRETATION OF REDOX POTENTIAL VALUES (EH) IN ENVIRONMENTAL MATRICES. **Química Nova**. doi:10.5935/0100-4042.20140207

SIMULAÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO O EPANET 2.0

Ana Alice Quintans de Araujo¹
Amanda Raquel Bezerra de Lima²
Rui de Oliveira³
Sabrina Holanda Oliveira⁴

RESUMO

Fatores como pressão de serviço, qualidade do material das canalizações, qualidade da água e aqueles decorrentes do envelhecimento das tubulações, bem como práticas inadequadas de operação e manutenção de um sistema de abastecimento de água podem contribuir para o seu maior desgaste, reduzindo sua vida útil. Além disso, parece faltar a aplicação de um processo de gestão mais técnico-científico, envolvendo ações contínuas de planejamento e gerenciamento eficientes visando o bom funcionamento e a garantia do fornecimento de água de qualidade adequada e acessível à população. Diante do exposto, uma revisão bibliográfica acerca de modelagem hídrica, torna-se importante auxiliadora no processo para um bom planejamento de reabilitação da rede de distribuição de água, como ferramenta auxiliar de gestão. O processo de modelagem estudado teve como base a utilização do programa EPANET 2.0 que simula eletronicamente o comportamento das pressões e do cloro residual livre na rede de distribuição de água de uma cidade, propondo cenários com melhorias para a operação do sistema de abastecimento que estejam em conformidade com as exigências da Portaria nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde. Portanto, foi concluído que a simulação, com o uso do EPANET 2.0, é uma importante ferramenta auxiliadora no processo de gestão dos sistemas de abastecimento juntamente com o uso de modelos conceituais, podendo contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do serviço de abastecimento de água, incluindo o planejamento de sua reabilitação.

Palavras-chave: EPANET, Modelagem hidráulica, Sistema de abastecimento de água.

INTRODUÇÃO

O sistema de distribuição de água é dimensionado levando em consideração a previsão de uma determinada vida útil, ou seja, um determinado horizonte de tempo, capaz de continuar atendendo à demanda dos consumidores por um período limitado, tendo em vista que as canalizações, acessórios e instalações enfrentam o processo de envelhecimento e desgaste, contribuindo efetivamente para a perda de água tratada. Proporcionalmente ao tempo de utilização, surgem problemas de operação, manutenção e deterioração do sistema. Fatores como

¹Doutoranda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, anaaliceq@gmail.com;

²Graduanda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, amandarblima@hotmail.com;

³Doutor em Engenharia Civil da Leeds Metropolitan - LEEDS, ruideo@gmail.com;

⁴Graduanda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, sabrina.holanda.oliveira@hotmail.com.

rugosidade do material utilizado, diâmetro das tubulações, pressão nos nós e perda de carga, contribuem para a necessidade contínua de reparos e manutenção, dificultando o andamento do processo de abastecimento e criando pontos frágeis ao longo do percurso da água. Hoogsteen (1993) reitera que a incidência maior dos problemas do sistema de distribuição de água é frequentemente decorrente de altas pressões, transientes hidráulicos, influências externas como tráfego, acidez do solo, envelhecimento natural do material da tubulação, sedimentação de materiais particulados nas tubulações, devido à ineficiência da estação de tratamento, e da qualidade do material das canalizações.

Venturine e Barbosa (2002) reforçam que os sistemas, com o passar do tempo, se deterioram de maneira natural ou acelerada, dando origem a problemas operacionais, que provocam a diminuição da qualidade dos serviços prestados e o aumento dos custos operacionais, os quais recairão sobre seus consumidores na forma de aumento de tarifas.

Para lidar com esses inconvenientes e para a realização de um planejamento mais eficiente, pode-se recorrer à modelagem, haja vista que, a partir do manuseio de dados e simulação de cenários, pode-se prever comportamentos futuros, representar situações reais e/ou cenários desejados para otimização de todo o sistema.

A intervenção para solucionar essas questões, baseada no monitoramento de indicadores que representem as condições da operação, é necessária e deve orientar a escolha entre reabilitar o sistema ou implementar um novo, com vistas a uma solução mais eficiente do processo. O planejamento é o elemento essencial para a implementação da solução definida, em especial porque, ordinariamente, os sistemas de abastecimento não podem ser retirados de operação, interrompendo o fornecimento de água à população. Diante do exposto esta pesquisa propõe uma avaliação sobre simulação de redes de abastecimento de água com uso do software EPANET 2.0.

Afim de evitar que estes inconvenientes ocorram e para a realização de um planejamento mais eficiente, recorre-se para uma ferramenta bastante importante neste contexto que é a modelagem, haja vista que a partir da manipulação de dados e simulação de cenários, pode-se prever comportamentos futuros, representar eletronicamente situações reais e/ou cenários desejados para otimização de todo o sistema.

A intervenção para solucionar estas questões é necessária, sendo baseada no monitoramento de indicadores que representem as condições da operação e oriente na escolha a ser feita, entre reabilitar o sistema ou implementar um novo, com vistas a uma solução mais eficiente do processo. O planejamento é o elemento essencial para a implementação da solução

definida, em especial porque, ordinariamente, os sistemas de abastecimento não podem ser retirados de operação, interrompendo o fornecimento de água à população.

METODOLOGIA

No presente estudo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre simulação de redes de abastecimento de água utilizando software EPANET 2.0. Para tanto, foram utilizados como recursos artigos científicos com abordagem do tema em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1) Modelagem

Segundo Cunha (2015), para suprir a demanda de água de abastecimento da população, é necessário reduzir o índice de perdas por meio de um gerenciamento eficaz dos sistemas de abastecimento de água. Viegas et al. (2002) afirmam que um dos instrumentos disponíveis para este gerenciamento é a modelagem hidráulica das redes de distribuição de água, que proporciona o aumento da eficiência, seja na fase de projeto ou de controle operacional.

A aplicação de modelos matemáticos, mediante simulações, é bastante utilizada pela comunidade acadêmica devido sua praticidade, rapidez na execução dos modelos, análise de cenários com alto nível de detalhe e ótimo custo-benefício. Existem aplicativos para a simulação hidráulica como, por exemplo, WaterCAD desenvolvido pela Haestad Methods, e o EPANET desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

Um dos simuladores mais atrativos, o EPANET 2.0, trata-se de um simulador amplamente testado e credível, de distribuição gratuita tanto do programa como do seu código computacional (Coelho, 2001). Mas, para que os modelos simulados consigam gerar dados confiáveis, faz-se necessária uma calibração do modelo do sistema que, conforme Soares et al. (2004), visa o ajuste dos parâmetros (cloro residual livre e K_b , por exemplo) do sistema de tal forma que os desvios entre os dados simulados e observados em campo sejam minimizados.

2) EPANET 2.0

Existem várias ferramentas que podem ser utilizadas na modelagem hidráulica, no entanto, alguns softwares têm se destacado para auxiliar e agilizar o desenvolvimento da pesquisa, a exemplo do EPANET 2.0.

Desenvolvido pela United States Environmental Protection Agency (EPA) e licenciado como de domínio público, seu Manual do Usuário explica que este é um programa de computador que permite executar simulações estatísticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição constituídas por tubulações, bombas, válvulas e reservatórios de nível fixo (RNF) e/ou variável (RNV).

Como as redes de distribuição de água, em geral, podem se localizar sob vias com tráfego intenso, sua inspeção física é limitada e de difícil acesso. Logo, uma solução para o problema é a análise do comportamento deste sistema de forma indireta com auxílio de software.

Com a entrada de valores de variáveis, coeficientes, informações estruturais e hidráulicas do sistema, e do traçado da rede de distribuição de água composto por trechos e nós que representam, respectivamente, tubulações e conexões existentes, é possível extrair do software dados como pressão nos nós e de qualidade da água, bem como simular todo o transporte e destino de água e estabelecimento de cenários de projeto, o que possibilita uma visão sistêmica do processo de abastecimento e acompanhamento contínuo dos parâmetros hidráulicos e de qualidade desejados.

Devido sua capacidade de representar os aspectos de operação e qualidade da água, este software tem grande utilização no meio acadêmico (LUCENA, 2018; SILVA, 2017; SANTOS, 2017; NASCIMENTO, 2016; RICCALDONE, 2016; SOUSA, 2014; LEAL, 2012; MENEZES, 2011). Neste trabalho, a análise destas informações basea-se nos indicadores Cloro Residual Livre (CRL) e pressão.

a. Modelagem hidráulica no EPANET 2.0

Conforme Vieira (2013), o EPANET contém um conjunto de ferramentas de cálculo para apoio à simulação hidráulica, de que se destacam como principais características:

- Dimensão de rede ilimitada;
- Cálculo da perda de carga utilizando as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;
- Consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamento, etc.;
- Modelagem de bombas de velocidade constante ou variável;
- Cálculo de energia de bombeamento e do respectivo custo;
- Modelagem dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e caudal;
- Modelagem de reservatórios de armazenamento e de nível variável de formas diversas, através de curvas de volume em função da altura de água;
- Múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação no tempo;
- Possibilidade de basear as condições de operação do sistema através controles simples, dependentes de uma só condição (ex.: altura de água num reservatório de nível variável, tempo), ou em controles com condições múltiplas.

As equações da continuidade e da conservação da energia e a relação entre a vazão e a perda de carga, que caracterizam as condições de equilíbrio hidráulico da rede num dado instante, podem ser resolvidas através do Método Híbrido Nó-Malha que, por ser o mais simples, foi escolhido para obter os valores de vazão e cota piezométrica na rede utilizando o EPANET (ROSSMAN, 2000).

Ainda segundo ROSSMAN (2000), a relação vazão-perda de carga numa tubulação entre os nós “i” e “j” pode ser traduzida pela seguinte expressão:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2 \quad (1)$$

Onde:

H = cota piezométrica no nó

h = perda de carga total

r = termo de perda de carga

Q = vazão

n = expoente da vazão

m = coeficiente de perda de carga localizada.

O Método do Gradiente arbitra uma primeira distribuição de vazões nas tubulações que não tem necessariamente que satisfazer as equações de continuidade nos nós. Em cada iteração do método, novas cotas piezométricas são obtidas resolvendo a seguinte matriz:

$$A * H = F \quad (2)$$

Onde:

A = matriz Jacobiana de $(N \times N)$

H = vetor de incógnitas em termos de cota piezométrica $(N \times 1)$

F = vetor dos termos do lado direito da equação $(N \times 1)$.

Os elementos da diagonal da matriz Jacobiana são:

$$A_{ij} = \sum_j p_{ij} \quad (3)$$

Enquanto que os elementos não nulos fora da diagonal são:

$$A_{ij} = -p_{ij} \quad (4)$$

Onde:

p_{ij} = inverso da derivada da perda de carga total no trecho entre os nós “ i ” e “ j ” em relação a vazão.

Para tubulações:

$$p_{ij} = \frac{1}{nr |Q_{ij}|^{n-1} + 2m |Q_{ij}|} \quad (5)$$

Cada termo do lado direito da matriz é composto por uma parcela referente ao balanço de vazão no nó a qual é adicionado um fator de correção de vazão:

$$F_i = (\sum_j Q_{ij} - D_i) + \sum_j y_{ij} + \sum_f p_{if} H_f \quad (6)$$

Sendo o último termo aplicável a qualquer trecho que ligue um no “*i*” a um no “*f*” de cota piezométrica fixa e o fator de correção de vazão, y_{ij} , e dado pela seguinte expressão para tubulações:

$$y_{ij} = p_{ij} \left(r|Q_{ij}|^n + m|Q_{ij}|^2 \right) \text{sgn} (Q_{ij}) \quad (7)$$

Após terem sido calculadas as cotas piezométricas, resolvendo a Eq. 1, as novas vazões podem ser obtidas de acordo com a seguinte equação:

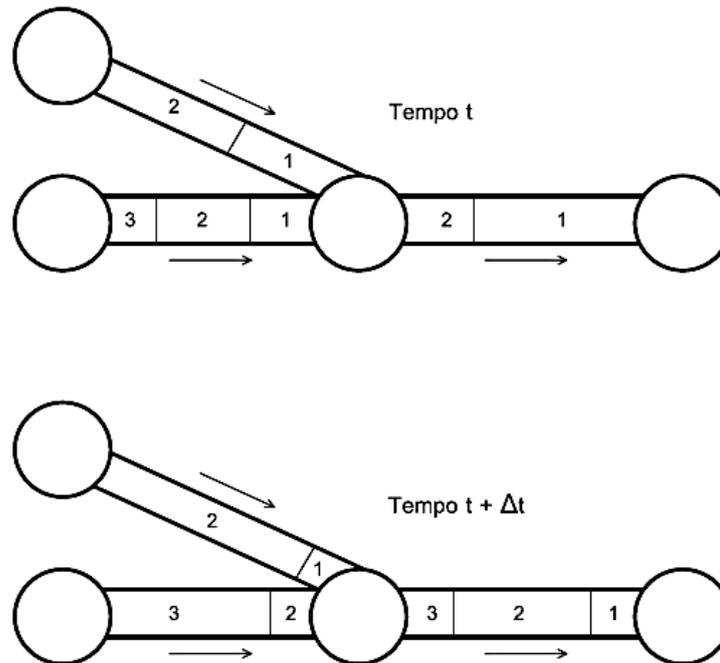
$$Q_{ij} = Q_{ij} - (y_{ij} - p_{ij}(H_i - H_j)) \quad (8)$$

Se, conforme Rossman (2000), a soma de todas as variações de vazão (em valor absoluto) relativamente à vazão total em todos os trechos for superior à tolerância especificada (p.ex., 0,001), as equações (7) e (8) serão resolvidas novamente. A nova vazão obtida a partir da equação (8) satisfaz o princípio da continuidade da vazão nos nós, após a 1ª iteração.

b. Modelagem da qualidade de água no EPANET 2.0

O módulo de qualidade do EPANET utiliza o Modelo Lagrangeano que modela a água em segmentos que se deslocam nas tubulações e se misturam nos nós, em intervalos fixos de cálculo (ROSSMAN, 2000). Os tamanhos desses segmentos são alterados à medida que o tempo avança, como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 - Comportamento dos segmentos pelo Método Lagrangeano



Fonte: Rossman (2000)

À medida que o tempo passa e com a entrada de água no sistema, o tamanho dos segmentos a montante aumenta ao passo que na saída da água a magnitude dos segmentos a jusante diminui, enquanto os trechos intermediários permanecem inalterados.

O modelo de qualidade da água é constituído de dois módulos computacionais, conforme Nascimento (2016), um que determina as condições hidráulicas e outro que tem relação com a qualidade da água, que depende do modelo hidráulico, pois é necessário ter conhecimento das misturas nos diferentes pontos, do fluxo nas canalizações e da diluição de contaminantes/desinfetante.

Seguem-se as seguintes possibilidades fornecidas pelo EPANET, conforme Vieira (2013), relativamente à modelação da qualidade da água:

- Modelação do transporte de um constituinte não reativo através da rede ao longo do tempo;
- Modelação do transporte, mistura e transformação de um constituinte reativo, à medida que este sofre decaimento (ex.: cloro residual livre) ou crescimento (ex.: um subproduto da desinfecção) com o tempo;
- Modelação do tempo de percurso da água através da rede;

- Cálculo da percentagem de pontas de rede que, com origem em determinado nó, atinge qualquer outro nó ao longo do tempo (ex.: cálculo da importância relativa de duas origens de água diferentes);
- Modelação de reações de decaimento de cloro no seio do escoamento e na parede da tubagem;
- Definição de limites para a transferência de massa na modelação de reações na parede;
- Permitir que as reações de crescimento ou decaimento sejam controladas por um valor de concentração limite;
- Aplicação à rede de coeficientes de reação globais, que podem ser modificados individualmente para cada tubulação;
- Possibilidade de relacionar o coeficiente de reação na parede com a rugosidade da tubulação;
- Definição de variação temporal da concentração ou de entrada de massa em qualquer ponto da rede;
- Mistura de água a partir de diversas origens;
- Determinação do tempo de percurso da água através de um sistema;
- Determinação da perda de cloro residual livre;
- Determinação do crescimento de subprodutos da desinfecção.

Uma substância dissolvida e transportada ao longo de uma tubulação com a mesma velocidade média do escoamento, está, ordinariamente, sujeita a uma determinada taxa de reação (crescimento ou decaimento). Na concepção do EPANET a dispersão longitudinal foi considerada um mecanismo de transporte pouco importante para a maioria das condições operacionais admitindo, portanto, a não existência de mistura de massas entre segmentos adjacentes que se deslocam ao longo da tubulação. Assim, desprezando a dispersão longitudinal, obtém-se a seguinte equação de advecção com reação (ROSSMAN, 2000):

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u_i \frac{\partial C_i}{\partial x} + r(C_i) \quad (9)$$

Onde:

C_i = concentração (massa/volume) na tubulação i em função da distância x e do tempo t

u_i = velocidade média do escoamento (comprimento/tempo) na tubulação i

r = taxa de reação (massa/volume/tempo) que depende da concentração.

Admite-se que nos nós que recebem vazão de duas ou mais tubulações ocorre mistura completa e instantânea. Deste modo, a concentração de uma substância contida no volume do escoamento que sai do nó pode ser obtida simplesmente através de um balanço de massas podendo-se escrever a seguinte equação para um nó específico (ROSSMAN, 2000):

$$C_{i|x=0} = \frac{\sum_{j \in I_k} Q_j C_{j|x=L_j} + Q_{k,ext} C_{k,ext}}{\sum_{j \in I_k} Q_j + C_{k,ext}} \quad (10)$$

Onde:

i = trecho com vazão que sai do nó k

I_k = conjunto de trechos com vazão que convergem em k

L_j = comprimento do trecho j

Q_j = vazão (volume/tempo) no trecho j

$Q_{k, ext}$ = origem externa de vazão que entra na rede através no nó k

$C_{k, ext}$ = concentração externa de vazão que entra no nó k

É conveniente assumir que ocorre mistura completa nas estruturas de armazenamento (RNVs e RNFs). Esta é uma hipótese razoável para muitos RNFs que operam em condições de enchimento-esvaziamento, desde que seja fornecido um fluxo suficiente ao reservatório. Ainda segundo Rossman (2000), em condições de mistura completa, a concentração num RNV resulta da mistura do conteúdo do RNV com a vazão que entra. Ao mesmo tempo, a concentração interna pode ser alterada devido a reações de decaimento ou crescimento. A seguinte equação descreve este fenômeno:

$$\frac{\partial(V_s C_s)}{\partial t} = \sum_{i \in I_s} Q_i C_{i|x=L_i} - \sum_{j \in O_s} Q_j C_s + r(C_s) \quad (11)$$

Onde:

V_s = volume armazenado no instante t

C_s = concentração na estrutura de armazenamento

I_s = conjunto de trechos que fornecem vazão a estrutura de armazenamento

O_s = conjunto de trechos que recebem vazão da estrutura de armazenamento.

Conforme Nascimento (2016), a qualidade da água em sistemas de abastecimento pode se degradar por diferentes razões, podendo o decaimento do cloro residual nos sistemas de distribuição, por exemplo, estar relacionado à presença de substâncias orgânicas e inorgânicas (p. ex. amônia, sulfeto, íons ferrosos e matéria orgânica), ao consumo pelo processo de corrosão, principalmente nas tubulações de ferro e a reações com o biofilme formado nas tubulações.

De fato, o decaimento do cloro residual é resultante da combinação de dois coeficientes, (Equação 12), sendo um associado às reações ao longo do escoamento na massa líquida com materiais redutores (k_b) e o outro (k_w) associado a reações ao nível da parede da tubulação (CLARK et al., 1993).

$$K = k_b + k_w \quad (12)$$

A reação no fluxo central de escoamento ocorre quando uma substância, no caso o cloro, é transportada ao longo de uma canalização ou permanece em um reservatório, reagindo com outros constituintes presentes no fluxo (NASCIMENTO, 2016). A taxa de reação pode ser descrita através equação:

$$r = k_b C^n \quad (13)$$

Onde:

k_b = coeficiente de reação no volume do escoamento - (dia⁻¹)

C = concentração do reagente (massa/volume)

n = ordem da reação.

Quando existe uma concentração limitante para o crescimento ou decaimento de uma substância, a taxa de reação é descrita pelas Equações 14 e 15, em que C_L é a concentração-limite (NASCIMENTO, 2016).

$$R = k_b (C_L - C) C^{n-1} \quad \text{para } n > 0, k_b > 0 \quad (14)$$

$$R = k_b (C - C_L) C^{n-1} \quad \text{para } n > 0, k_b < 0 \quad (15)$$

Onde:

C_L = concentração limite.

Leal (2012) determinou o valor da constante k_b para o sistema de abastecimento de Campina Grande, através do teste da garrafa, sendo os resultados representados graficamente pelos valores de $\log (C_t/C_0)$ em função do tempo (C_t é a concentração no instante t e C_0 a concentração no instante inicial). Desse modo, com base num modelo cinético de primeira ordem, obtém-se uma linha reta, sendo o valor de k_b estimado a partir de sua declividade (ROSSMAN, 2000). As equações 16 e 17 representam a dinâmica temporal da concentração de cloro.

$$\frac{dC}{dt} = -kC \quad (16)$$

$$C = C_0 e^{-kt} \quad (17)$$

Onde:

C = concentração de cloro no tempo t ;

C_0 = concentração de cloro inicial;

k = constante de decaimento de primeira ordem.

Parte do decaimento do cloro ocorre na interface com a parede de tubulações, quando as substâncias dissolvidas são transportadas para a parede da tubulação e reagem com os biofilmes existentes na parede interna e com o próprio material da canalização (NASCIMENTO, 2016), bem como devido a corrosão e em relação as substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água. Segundo Rossman (2000), a taxa de reação na tubulação resulta do comportamento de dois coeficientes, o de reação na parede e o de transferência de massa, que depende da difusão molecular das espécies reativas e do número de Reynolds do escoamento. Considerando cinética de 1ª ordem, a taxa de reação na tubulação pode ser traduzida pela seguinte Equação:

$$r = \frac{2 k_w k_f C}{R(k_w + k_f)} \quad (18)$$

Onde:

C = concentração de cloro

k_w = coeficiente de reação na parede (comprimento/tempo)

k_f = coeficiente de transferência de massa (comprimento/tempo)

R = raio da tubulação.

Os coeficientes de transferência de massa são expressos em termos do número adimensional de Sherwood (Sh), segundo a Equação 19:

$$k_f = Sh \frac{D}{d} \quad (19)$$

Onde:

D = difusão molecular da espécie a ser transportada (comprimento²/tempo)

d = diâmetro da tubulação

Em regime laminar, o número de Sherwood médio ao longo do comprimento de uma tubulação pode ser expresso conforme a Equação 20:

$$Sh = 3,65 + \frac{0,0668 \frac{d}{L} Re Sc}{1 + 0,04 \left(\frac{d}{L} Re Sc\right)^{\frac{2}{3}}} \quad (20)$$

Onde:

Re = número de Reynolds;

d = diâmetro da tubulação

Sc = número de Schmidt

Para escoamento turbulento, a correlação empírica de Nottter e Sleicher (1971) pode ser utilizada, conforme a expressão a seguir:

$$Sh = 0,0149 Re^{0,88} Sc^{\frac{1}{3}} \quad (21)$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O software EPANET 2.0 é um programa de código livre que dispensa o investimento monetário para sua aquisição e de fácil utilização, por este motivo tem sido largamente utilizado pela comunidade acadêmica e auxiliando diversos estudos na área de reabilitação de redes de abastecimento.

A partir da construção de um traçado realizado no software, podem ser escolhidos cenários que melhor representam a vulnerabilidade da rede de distribuição de água para a realização da análise e, conseqüentemente, a elaboração de propostas que permitam a otimização do funcionamento da rede, ou até mesmo a solução de falhas que ocorrem no sistema.

Portanto, foi concluído que a simulação, com o uso do software EPANET 2.0, é uma importante ferramenta auxiliadora no processo de gestão dos sistemas de abastecimento hídrico juntamente com o uso de modelos hídricos e que qualidade já existentes, podendo contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do serviço de abastecimento de água de uma cidade, incluindo o planejamento e execução de sua reabilitação.

REFERÊNCIAS

CLARK, R.; GRAYMAN, W.; MALES, R. M; HESS, A. **Modeling contaminant propagation in drinking water distribution systems**. Journal of Environmental Engineering, v. 119, n. 2, p.349-364, 1993.

COÊLHO, A. C. **Manual de Economia de Água (Conservação de Água)**. Comuigraf, Recife, 2001.

CUNHA, A. P.; LEMES, C. de S.; PINTO, W. T.; SOARES, A. K. **Modelagem hidráulica de rede de abastecimento de água de pequeno porte**. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília -DF, 2015.

HOOGSTEEN, K. J. **Basic Distribution System Maintenance**. AWWA (American Water Works Association), Annual Conference and Exposition; Chicago, 1993.

LEAL, E. S. Modelagem da degradação de cloro residual livre em sistemas e adução de água de abastecimento de porte médio. UFCG. 106p. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

LUCENA, D. P. M, Simulações da implantação de ações de gestão no açude Epitácio Pessoa e seus impactos na crise hídrica em Campina Grande-PB e região. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2018.

MENEZES, R. A. Diagnóstico operacional de sistemas de abastecimento de água: o caso de Campina Grande. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2011.

NASCIMENTO, R.S. Modelo conceitual para a gestão da qualidade da água em sistemas de abastecimento de médio porte. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2016.

RICCALDONE, D. Comparação de dimensionamento de redes de distribuição de água por modelos computacionais. **Monografia** – Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.

ROSSMAN, L. A. **EPANET 2 user's manual**: U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2000.

SANTOS, W. B dos. Modelagem da degradação de cloro residual livre na rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande-PB. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

SILVA, G. A. B. da. Decaimento de cloro residual livre em reservatórios de distribuição de água da cidade de Campina Grande-PB. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

SOARES, A. K.; REIS, L. F. R. **Calibração de modelos de redes de distribuição de água utilizando modelo de simulação hidráulica dirigido pela pressão (MSHDP) e Método Híbrido AG-Simplex**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 9, n. 2, p. 85-96, 2004.

SOUSA, J R de; MORAES, M. E. B. de; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. **A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil**. Revista eletrônica do Prodema, v.8, n.1, p. 26-45, 2014.

VENTURINI, M. A.; BARBOSA, P. F. **Subsídios à escolha de técnicas de reabilitação de redes de distribuição de água**. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas-SP, 2002.

VIEGAS, J.V.; PAZ, M.F.; GASTALDINI, M.C.C.; DANIELLE, R.D.; BARROSO, L.B. **Simulação do comportamento hidráulico de redes de abastecimento de água utilizando o modelo EPANET** In: Anais do XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México, 2002.

VIEIRA P.; COELHO S.T., LOUREIRO D. **Accounting for the influence of initial chlorine concentration, TOC, iron and temperature when modeling chlorine decay in water supply**. Journal of Water Supply Research and Technology, v.53, n.7,p.453-467, Nov, 2004.

FILTRAÇÃO DIRETA DESCENDENTE: CONCEITO, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque¹

Wilton Silva Lopes²

Amanda da Silva Barbosa Cartaxo³

Valderi Duarte Leite⁴

RESUMO

A tecnologia de tratamento de água conhecida como filtração direta surgiu da dificuldade do tratamento de águas com baixa turbidez e cor em Estações de Tratamento de Água (ETA) do tipo convencional. Este processo apresenta diversas vantagens, dentre as quais: menor número de unidades envolvidas; menor consumo de produtos químicos durante o processo de tratamento; operação e manutenção mais simples e menor produção de lodo. A eficiência deste tipo de filtro na remoção de contaminantes, depende de diversos fatores como parâmetros operacionais (tipo de coagulante, meio filtrante, taxa de filtração) composição química da água avaliada, dentre outros. Neste sentido, este capítulo apresenta uma revisão sobre a filtração direta descendente, apresentando seu conceito, suas principais características e aplicações no tratamento de água. Utilizou-se como metodologia, a revisão de literatura de cunho qualitativo descritivo, que possibilitou um aprofundamento sobre o tema proposto. Foi verificado que a FDD apresenta-se como uma alternativa de grande eficácia no tratamento de água. Para o desempenho efetivo da filtração direta descendente é de extrema relevância a realização de estudos prévios, para definir as condições de coagulação (tipo e dosagem dos produtos químicos), as condições de mistura rápida (tempo e gradiente de velocidade) e a eventual necessidade de unidades de pré-tratamento, como também para se conseguir uma maior precisão na especificação do material filtrante. Fazem-se necessárias, estratégias de controle de aportes de nutrientes e, por outro, a busca de novas tecnologias para o tratamento de águas, especialmente aquela destinada a abastecimento público, e o aprimoramento das existentes.

Palavras-chave: Tecnologias, Tratamento, Filtros, FDD.

INTRODUÇÃO

A filtração caracteriza-se como um processo de separação líquido-sólido através de um meio poroso, objetivando a remoção de partículas suspensas, coloidais, microorganismos e substâncias orgânicas e inorgânicas sendo responsáveis pela cor e turbidez do líquido, representando o processo final de remoção de impurezas realizado em uma estação de

¹ Doutoranda do Programa de pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, virginia.albuquerque@yahoo.com.br;

² Prof. Dr. do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, wiltonuepb@gmail.com;

³ Doutoranda do Programa de pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, amandauepbio@gmail.com.br;

⁴ Prof. Dr. do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, mangabeiraleite@gmail.com;

tratamento de água (ETA) (DI BERNARDO, 2003; LIBÂNIO, 2010). Ela tem fundamental relevância no processo de tratamento de água para torná-la potável e atender aos padrões de potabilidade, sendo estabelecida nos âmbitos nacional e nos EUA, pela Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017) e Agência de Proteção Ambiental dos EUA (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1996), respectivamente, pois ambas designam a necessidade desta etapa através da distribuição de água captada de mananciais superficiais.

A tecnologia de tratamento de água conhecida como filtração direta surgiu da dificuldade do tratamento de águas com baixa turbidez e cor em Estações de Tratamento de Água (ETA) do tipo convencional. Nas ETA convencionais a coagulação da água é realizada pelo mecanismo de varredura, porém, quando esse mecanismo é aplicado em águas com baixa turbidez e cor, ocorre a formação de flocos com baixa velocidade de sedimentação, os quais apresentam dificuldades para serem removidos por decantação ou flotação. Nesses casos recomenda-se que a coagulação ocorra por adsorção-neutralização de cargas e que seja dispensada a unidade de sedimentação ou flotação, devendo a água coagulada ser encaminhada diretamente para a unidade de filtração (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

Na região Nordeste do Brasil há diversas captações em reservatórios naturais ou artificiais de água, que funcionam como decantadores naturais, nos quais a qualidade da água bruta favorece o emprego da filtração direta. Além disso, em algumas ETA convencionais, desvia-se a água previamente coagulada ou floculada diretamente para os filtros nos períodos de baixa precipitação pluviométrica, meses em que as características do manancial dispensam a decantação. No Rio Grande do Norte por exemplo, das 60 ETA operadas pela Companhia de Águas e Esgotos, 56 utilizam a filtração direta para o tratamento de água (RIO GRANDE DO NORTE, 2018).

A filtração direta surge como uma alternativa potencial, apresentando diversas vantagens em relação ao tratamento convencional: menor número de unidades envolvidas; menor consumo de produtos químicos durante o processo de tratamento; operação e manutenção mais simples e menor produção de lodo.

Nesse sentido, este capítulo apresenta uma revisão sobre a filtração direta descendente, apresentando seu conceito, suas principais características e aplicações no tratamento de água.

METODOLOGIA

Neste estudo utilizou-se como metodologia, a revisão de literatura de cunho qualitativo descritivo, que possibilitou um aprofundamento sobre o tema proposto. Pautando-se em publicações contidas em livros, jornais e revistas nacionais e internacionais, direcionados a área científica e acadêmica, sendo realizada uma busca bibliográfica por meio das seguintes bases de dados: Web of Science, Scopus, Google Acadêmico e na biblioteca eletrônica Scientific Electronic Library Online (SciELO). As palavras chaves utilizadas para esta busca, foram: “filtração direta descendente”, “filtros de areia” e “tratamento de água”, publicadas no período de 1990 a 2019.

DESENVOLVIMENTO

Há muitos séculos, sem mesmo possuir grandes conhecimentos, o ser humano já sabia distinguir uma água esteticamente limpa de outra que se apresentasse turva, com gosto e odor, A filtração como processo de tratamento de água, foi, provavelmente criada pelo homem, como resultado da observação da limpeza da água subterrânea, atribuída à passagem da mesma pelos solos naturais, tendo-se notícia que, desde o século XVI, a filtração, como método de clarificação da água, já se encontrava difundida (PATERNIANI, 1986).

Os primeiros filtros possuíam leitos de pedras porosas e eram especialmente domésticos. O primeiro a construir filtros de areia foi John Gibbs em 1804 em Paisley (Escócia). Mas foi somente em 1828 que os filtros de areia foram usados, pela primeira vez para abastecimento público, construído por James Simpson para abastecer Londres, segundo Costa (1980) e Hespanhol (1969). Nesses filtros pretendia-se somente a redução da turbidez pelos mecanismos físicos de retenção de partículas. Esse processo de tratamento de águas, apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias, destacando-se principalmente a não necessidade do emprego de produtos químicos, nem a exigência de equipamentos sofisticados para controle do processo, a não necessidade de operadores qualificados, além de ser de simples construção e de produzir pouco lodo.

Nas ETA de filtração direta, os filtros são as únicas unidades responsáveis pela retenção do material em suspensão presente na água. Essa tecnologia surgiu da dificuldade do tratamento de águas com turbidez e cor verdadeira relativamente baixas em ETA que adotam a tecnologia

convencional, a qual engloba os processos unitários: coagulação, floculação, sedimentação ou flotação e filtração.

O termo filtração direta abrange a filtração direta ascendente (FDA), a filtração direta descendente (FDD) e a dupla filtração. Na FDA o fluxo de filtração ocorre dos grãos mais grossos, que estão dispostos na parte inferior do filtro, para os grãos mais finos, localizados na parte superior do filtro. Na FDD, a água flui inicialmente pelos grãos mais finos e posteriormente pelos grãos maiores, garantindo maior segurança sanitária a água filtrada produzida. A tecnologia de dupla filtração associa os dois tipos de filtração, onde a água passa inicialmente pelo filtro ascendente e posteriormente pelo filtro descendente (DI BERNARDO, 2003).

Quando comparadas as ETA que usam a FDD aos sistemas de tratamento convencional, destacam-se o custo da construção de 30% a 50% menor, pois há um menor número de unidades de tratamento envolvidas; a redução dos custos de operação e manutenção, uma vez que se tem menor consumo de coagulante e de energia elétrica, pois são eliminados os equipamentos de remoção de lodo dos decantadores e, também, algumas vezes, os equipamentos de floculação; uma menor produção de lodo, o que torna menos oneroso o tratamento e disposição final dos resíduos gerados; e maior facilidade no tratamento de água bruta com baixa turbidez. No entanto, é importante ressaltar que a FDD apresenta algumas limitações em relação ao tratamento convencional, pois como o tempo de detenção em todo o tratamento é curto, necessita-se de um controle mais rigoroso da dosagem de produtos químicos durante as mudanças da qualidade da água bruta.

Os principais parâmetros que influem no desempenho da filtração direta descendente podem ser agrupados em: qualidade da água bruta, coagulação e produtos químicos, mistura rápida, pré-floculação, meio filtrante e métodos de operação dos filtros. Assim, a fim de otimizar o desempenho dos filtros na filtração direta descendente, deve-se realizar uma pesquisa experimental que leve em conta esses parâmetros. A pré-floculação será utilizada dependendo da qualidade da água bruta e, principalmente, das características do meio filtrante.

Mecanismo de coagulação

A coagulação é o resultado da ação de quatro mecanismos distintos que atuam individualmente ou combinados, são eles: compressão da camada dupla elétrica, adsorção e neutralização de cargas, varredura e adsorção e formação de pontes (ALUVINO, 2015).

Entretanto, no tratamento de águas ocorre com maior frequência os mecanismos de varredura e adsorção e neutralização de cargas. O mecanismo de varredura é caracterizado pelo uso de dosagens maiores de coagulante e é utilizado em estações que possuem as etapas de floculação e decantação ou flotação. Durante a coagulação, à medida que se eleva a dosagem do coagulante na mistura rápida, as partículas presentes na água começam a serem adsorvidas pelo precipitado dos sais de alumínio ou ferro e passa a predominar o mecanismo de varredura. Já o mecanismo de adsorção e neutralização de cargas, indicado para o tratamento de água por filtração direta, as ligações das partículas com a água são desestabilizadas ocorrendo a neutralização das cargas das impurezas. Não há a formação flocos grandes, dispensando assim etapas de crescimento de floco (floculação) e de decantação ou flotação (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

A coagulação difere da precipitação, porque converte substâncias solúveis em partículas insolúveis, considerando que a coagulação une-se a partículas preexistentes, como as partículas com turvação mineral (barro, sedimentos), com grande peso molecular natural e com microorganismos orgânicos, inclusive, as cianobactérias e os óxidos insolúveis na forma de ferro e manganês.

O mecanismo de coagulação desejado na filtração direta, é o de adsorção-neutralização, uma vez que o coagulante é consumido em menor quantidade. Além disso, esse mecanismo contribui para que não haja transpasse e permite o controle adequado do alumínio residual da água floculada. A desestabilização de partículas coloidais pelo mecanismo de adsorção-neutralização torna-se mais eficiente quando utilizado alumínio como coagulante na faixa de pH próximo de 5. Segundo Ferreira e Lage (1997), nessa faixa de pH, a solubilidade aumenta gradativamente, predominando a formação de espécies polinucleares altamente carregadas com cargas positivas. Porém, a dosagem de coagulante empregada deve ser controlada, a fim de evitar sua super dosagem; uma vez que nessa faixa de pH a solubilidade do alumínio aumenta gradativamente. Se, no entanto, além da necessidade de desestabilização das partículas coloidais, for necessária a remoção de compostos orgânicos naturais, a faixa mais efetiva de pH para que isso ocorra situa-se entre 5,0 e 6,0. Como, nesse caso, uma dosagem relativamente alta de coagulante é requerida, torna-se fundamental que o pH da água decantada seja corrigido, o que deve ser feito imediatamente antes da filtração, a fim de situar o pH da água em torno de 6 (na região de mínima solubilidade do coagulante), permitindo assim que o excesso de alumínio seja removido na forma de hidróxido, durante a filtração.

Substâncias químicas comuns usadas para coagulação de água incluem sais de alumínio e sais de ferro férricos. Mais recentemente, polímeros orgânico-sintéticos ganharam algumas

aceitações. A coagulação com metal multivalente, juntamente com vários polímeros orgânicos, tem ajudado no crescimento dos flocos. Os coagulantes inorgânicos são comumente mais utilizados no processo de coagulação dentro do tratamento de água devido as suas características já conhecidas como a boa eficiência, o fácil transporte e manejo, além de seu baixo custo.

Os coagulantes a base de sais de alumínio, entre eles o sulfato de alumínio, apresentam comumente concentrações de outros metais pesados contaminantes, como o chumbo e o cádmio, estes elementos geralmente são insolúveis e precipitam se acumulando no lodo gerado que se torna inorgânico. Geralmente este lodo gerado oriundo da utilização do sulfato de alumínio, é gelatinoso e volumoso, e não biodegradável (VAZ et al., 2010).

As características da água bruta são o principal fator a ser observado na escolha do coagulante que deve ser utilizado no tratamento. O coagulante deve possuir como característica principal a capacidade de desestabilizar ou envolver as partículas coloidais e as partículas suspensas na água, sendo esta uma etapa crucial que irá refletir nos resultados das demais etapas a serem empregadas no tratamento (LIBÂNIO, 2010).

Características do material filtrante

Na filtração direta descendente, a maioria dos filtros tem meio filtrante com camadas de antracito e areia ou de antracito, areia e granada, podendo armazenar maior quantidade de sólidos sem acarretar perda excessiva de carga. Esses materiais ficam estratificados no interior dos filtros, ou seja, o tamanho dos grãos vai decrescendo de baixo para cima, no interior do leito filtrante. Essa estratificação ocorre porque, nessas estações, a lavagens dos filtros é feita com velocidade ascensional suficiente para fluidificar o meio filtrante, sendo os grãos menores arrastados mais para cima que os grãos maiores.

Nos filtros, diversos materiais granulares podem ser usados como meio poroso. A areia é o mais comum, seguido do antracito, areia de granada e carvão ativado granulado. Na filtração direta todas as partículas removidas da água ficam retidas no meio filtrante. Nesse sentido, o meio filtrante ideal é aquele em que o escoamento ocorre no sentido dos grãos maiores para os menores, para que todo o leito participe da filtração e propicie filtração mais longa. No entanto, na FDD, quando os leitos são compostos apenas de areia, os grãos menores ficam nas camadas superiores, pois do contrário há inversão das camadas durante a lavagem. Uma melhor alternativa, nesse sentido é a escolha de filtros com múltiplas camadas filtrantes. Porém,

camadas de areia praticamente uniforme e com grãos maiores, em algumas situações podem ser mais apropriadas que meios filtrantes de antracito e areia. Na Tabela 1 são apresentadas as principais características dos meios filtrantes utilizados na FDD.

Tabela 1. Características dos meios filtrantes utilizados na FDD.

Características	Duas ou três camadas			Areia praticamente uniforme	Antracito
	Antracito	Areia	Granada		
Tamanho dos grãos (mm)	0,71 – 2,4	0,45 – 2,0	0,21-0,59	1,0 -1,68	1,0 – 2,4
Tamanho efetivo (mm)	1,0- 1,3	0,5-0,6	0,25-0,35	1,1 – 1,3	1,2 – 1,5
Coefficiente de desuniformidade	<1,6	<1,6	<1,6	<1,25	<1,3
Espessura da camada (m)	0,5-0,8	0,2 – 0,3	0,1-0,15	1,0 – 1,5	1,2-1,8

Fonte: DI BERNARDO e SABOGAL (2008).

Aliada aos mecanismos de transporte, a remoção das partículas suspensas efetua-se também por aderência aos grãos do leito filtrante ou às próprias partículas desestabilizadas anteriormente depositadas sobre os mesmos. Além disso, a agregação dos flocos prossegue no interstício do material filtrante. Conseqüentemente, a porosidade e a relação entre a espessura do meio filtrante e o tamanho médio dos grãos refletem na eficiência da filtração. À medida que se aumenta o tamanho dos grãos e a espessura do meio filtrante, maior será também o volume de vazios intergranulares destinado ao armazenamento de partículas, acarretando, desse modo, carreiras de filtração mais longas.

O tamanho dos grãos e o percentual de vazios entre os mesmos (porosidade) tem grande influência na remoção de matéria em suspensão pelo filtro e no seu desempenho hidráulico. O coeficiente de desuniformidade (CD) é a relação correspondente entre os tamanhos dos grãos correspondentes às porcentagens de 60% e 10% em peso do material que passa no teste de peneiramento. A penetração de impurezas ao longo do meio filtrante está relacionada ao CD, que quanto menor, mais uniforme o material granular e maior a carreira de filtração. O diâmetro efetivo (D10) é o tamanho equivalente a 10% em peso do material que passa no peneiramento,

parâmetro que permanece inalterado em meios granulares não estratificados, como os adotados na FDD. A escolha da granulometria de um meio filtrante depende de diversas variáveis, como taxa de filtração, carga hidráulica disponível, sistema de lavagem, espessura da camada filtrante, etc.

Vale salientar que no Brasil, normas específicas para a caracterização de material filtrante são utilizadas em filtros de areia, a NBR 11.799 (ABNT, 2016), fixa as condições para recebimento e colocação de areia, antracito e pedregulho como camada suporte em filtros de abastecimento público de água.

Taxas de filtração e carreira de filtração

No dimensionamento dos filtros, a área necessária para filtração será definida pela taxa de aplicação (velocidade de aproximação) adotada. A taxa de filtração é dada pela vazão afluente dividida pela área do filtro em planta. Esse parâmetro de dimensionamento está intimamente relacionado à granulometria do meio filtrante, à qualidade da água e às dosagens de produtos químicos. A taxa de filtração interfere na velocidade em que ocorre o transporte das partículas suspensas para os coletores (grãos de areia, por exemplo). Caso a taxa de filtração não esteja adequada, ocorre o desprendimento dos sólidos no meio filtrante e o arraste dessas impurezas, comprometendo a eficiência do tratamento. Segundo a NBR 12.216 (ABNT, 1992), em projetos de estação de tratamento de água para consumo humano, quando não é possível a realização de ensaios em filtros-pilotos, a taxa de filtração máxima a ser utilizada para filtros rápidos de areia de leito simples é $180 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$.

Quando o nível da água no interior do filtro atingi a altura máxima (perda de carga máxima) ou quando a qualidade da água começar a ficar comprometida, é necessário realizar a lavagem do filtro que estiver apresentando piores resultados. A previsão quantitativa do comportamento da perda de carga de meios filtrantes limpos estratificados pode ser feita com a Equação 1 (Di Bernardo; Dantas; Voltan, 2017).

$$\Delta h = 150 \left[\frac{\mu}{\rho f g} \right] \left[\frac{(1-f)^2}{f^3} \right] \left[\frac{\Delta L}{\psi^2} \right] U \left(\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{(d g_i)^2} \right) + 1,75 \left[\frac{1}{g} \right] \left[\frac{(1-f)}{f^3} \right] \left[\frac{\Delta L}{\psi} \right] U^2 \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{d g_i}$$

Na qual:

Δh = perda de carga no leito;

ΔL = espessura do leito;

U = velocidade relativa a seção transversal vazia do leito;

ρ = densidade do fluido;

μ = viscosidade do fluido;

f = porosidade média do meio filtrante;

ψ = coeficiente de esfericidade do grão coletor;

X_i = fração correspondente da camada i ;

d_{gi} = média geométrica entre os tamanhos das aberturas de duas peneiras consecutivas (ensaio de granulometria) da camada i .

A taxa de filtração a ser adotada deve ser determinada por experiências em filtros piloto, operando com a água a ser filtrada, com camada filtrante igual à dos filtros a serem construídos. Para filtros de camada simples a taxa máxima é $180 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ e, para filtros de camada dupla, é de $360 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$.

Limpeza do meio filtrante

A limpeza do filtro é uma das etapas mais importantes no processo de tratamento da água, sendo regulado pela perda de carga previamente estipulada em projeto. Ao atingir a carga hidráulica ou perda de carga estipulada, a taxa de filtração é alterada e o filtro passa a operar com taxa declinante e carga hidráulica constante, pois a quantidade de água que entra no filtro é diferente da quantidade da água filtrada pelo mesmo.

Os filtros descendentes normalmente são lavados aplicando-se um escoamento ascendente, com velocidade capaz de assegurar a expansão adequada do meio filtrante. Pode ser lavado somente com água ou com ar e água. Para uma lavagem eficiente recomenda-se que a expansão do leito atinja cerca de 40 % de sua altura. Dependendo da granulometria, a lavagem pode ser feita com velocidades ascensionais entre $0,7$ e $10,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, com tempo de lavagem variando entre 7 e 10 min (DI BERNARDO, 2003).

A água necessária para a lavagem dos filtros pode vir por meio de bombas, reservatório elevado ou proveniente dos demais filtros, uma análise técnica e econômica deve ser feita para determinar qual sistema de lavagem será mais adequado (RICHTER, 2009). Para haver a

limpeza do filtro, o meio filtrante deve estar parcialmente ou totalmente fluidificado e para isso necessita de uma velocidade mínima de fluidificação. Num meio estático saturado, as pressões entre os grãos são resultantes das forças peso e empuxo. Essa resultante é reduzida durante a retrolavagem devido às forças de arraste que agem sobre os grãos. Em determinado ponto, ao atingir-se uma velocidade, essas pressões entre os grãos tornam-se zero, ponto a partir de onde a fluidificação é iminente. Qualquer velocidade acima dessa vai fluidificar o meio filtrante e a perda de carga torna-se constante (HENDRICKS, 2011).

Legislação

Substituindo a antiga portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017) diz respeito a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Em seu Capítulo V, Seção II, Art. 129 fica estabelecido o Anexo XX que dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os padrões de potabilidade estabelecidos no Capítulo V do Anexo XX da Portaria nº 5 da Consolidação do Ministério de Saúde Brasileiro, estão organizados na Tabela 2.

Tabela 2. Padrões de potabilidade da Portaria de Consolidação nº 5 /2017.

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo permitido
pH	-	6 a 9,5
Turbidez	uT	0,5
Cor aparente	uH	15
Sólidos dissolvidos totais	mg.L ⁻¹	1000
Coliformes totais	-	Ausência
<i>Escherichia coli</i>	-	Ausência

Fonte: BRASIL, 2017.

Ressaltando que as unidades de turbidez e cor aparente seguem uT sendo unidades de turbidez, e uH sendo unidades Hazen (mgPt-Co.L⁻¹) respectivamente. O valor máximo permitido para o parâmetro turbidez apresentado na Tabela 1 é correspondente ao valor máximo permitido quando o tratamento é submetido a filtração direta. Para o parâmetro temperatura, só

é exigido valores máximos e mínimos dependendo do ensaio que será realizado. E o parâmetro condutividade elétrica não apresenta faixas e limites de tolerância em legislação.

A referida Portaria, define ainda *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal, estabelecendo ausência em 100 mL para águas de consumo humano, e Coliformes totais como indicador de eficiência de tratamento, estabelecendo ausência em 100 mL para água tratada na saída do tratamento, e indicador de integridade do sistema de distribuição, estabelecendo limite de apenas uma amostra positiva ao mês em sistemas que abastecem menos de 20 mil habitantes, e ausência em 95% das amostras examinadas ao mês em sistemas que abastecem mais de 20 mil habitantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerado efetivo no tratamento de água, os filtros descendentes promovem a remoção dos parâmetros químicos e biológicos da água. A eficiência do filtro na remoção de contaminantes depende de diversos fatores como: parâmetros operacionais (tipo de coagulante, meio filtrante, taxa de filtração) composição química da água avaliada, dentre outros. Estudos com uso de desse tipo de filtro vem sendo realizado há alguns anos, apresentando sua relevância, bem como a possibilidade de aplicação em ETA, ou mesmo em uso em comunidades sem acesso a água de boa qualidade.

Para o desempenho efetivo da filtração direta descendente é de extrema relevância a realização de estudos prévios, para definir as condições de coagulação (tipo e dosagem dos produtos químicos), as condições de mistura rápida (tempo e gradiente de velocidade) e a eventual necessidade de unidades de pré-tratamento, como também para se conseguir uma maior precisão na especificação do material filtrante.

Landeia et al. (2005), realizaram a simulação do funcionamento de filtros rápidos descendentes com taxas de filtração de 180, 270 e 400 m³.m².dia⁻¹ e com camadas simples e dupla. A água afluenta aos filtros, captada na saída dos decantadores da estação, foi contaminada com oocistos de *Cryptosporidium parvum* e com alíquota de esgotos para simulação do conteúdo de bactérias. A investigação experimental foi desenvolvida em unidades piloto instaladas na Estação de Tratamento de Água (ETA) dos Morrinhos da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), em Montes Claros-MG. Para verificação da associação entre a ocorrência dos protozoários estudados e indicadores de qualidade da água foram monitorados os parâmetros bacteriológicos - coliformes totais e *Escherichia coli*; esporos

de bactérias anaeróbias e *Clostridium perfringens*; esporos de bactérias aeróbias e *Bacillus subtilis* - e os parâmetros físicos e químicos de performance do tratamento da água - cor aparente e real, pH, turbidez e contagem de partículas. Oocistos não foram detectados nos efluentes dos filtros. O filtro de dupla camada com taxa de $180 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ apresentou o melhor desempenho em relação aos demais parâmetros estudados.

Consoante a isso, Santos et al. (2007) avaliaram em ensaios de bancada e em escala piloto o comportamento da FDD para distintos coagulantes em água de manancial na região metropolitana de Belo Horizonte – MG. O monitoramento da água bruta apresentou valores de turbidez inferior a 7 uT e valores de cor aparente inferiores a 35 uH. Nos ensaios utilizando como coagulante o sulfato de alumínio ($8,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) e ácido para corrigir o pH de coagulação, ou quando se empregou o PAC ($5,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) todas as amostras apresentaram cor aparente inferior a 10 uH e turbidez inferior a 0,50 uT, para uma taxa de filtração de $436 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$.

Fernandes et al. (2010) operaram em escala piloto FDD com taxa de filtração de $210 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$, para água do córrego do Torto, Brasília – DF, que apresentava valores de turbidez na faixa de 3,8 a 24,8 uT. O meio filtrante de camada dupla adotado, possuía 55 cm de antracito (diâmetro efetivo de 0,92 mm e CD de 1,52) e 40 cm de areia (diâmetro efetivo de 0,55 mm e CD de 1,6). Utilizou-se o sulfato de alumínio como coagulante e valores de pH de coagulação entre 5,0 e 7,5. Os valores médios de turbidez obtidos ao longo da duração dos experimentos de filtração foram inferiores a 0,15 uT. Além disso, os experimentos realizados em valores de pH de coagulação mais baixo, em torno de 5,0, promoveram eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium*.

Ao analisar a influência da granulometria e taxas de filtração em dupla filtração com água bruta da lagoa de Extremoz com duração de doze horas de ensaio, utilizando quatro filtros de fluxo ascendente e três descendente com granulometrias variadas, Cirne (2014) percebeu que os filtros de menor granulometria obtiveram maior eficiência na remoção de turbidez e cor para ambos os casos, sendo a oxidação com cloro um fator decisivo na eficiência para este último parâmetro, eles também são responsáveis pelas maiores perdas de carga, sendo seus valores máximos de 25 e 100 cm (filtro ascendente) e 31,0 e 39,0 cm (filtro descendente) para taxas de filtração de 120 e $160 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$ e de 180 e $240 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$, respectivamente, e, por fim, tal incremento nessa constante implica, também, em um efluente de melhor qualidade e maior perda de carga. Vale ressaltar que não houve lavagem dos filtros ou descarga de fundo intermediária (DFI).

Realizando um estudo comparativo de leitos filtrantes de camada simples composta por areia, diferenciados entre si pela faixa de granulometria utilizada em cada filtro, Ioshimura (2016) percebeu que a filtração rápida precedida por etapas de coagulação, floculação, e sedimentação demonstrou eficiência de remoção de turbidez superior aos 90% em dois dos três tipos de filtros, e eficiência de remoção de cor aparente acima dos 90% para dois dos três tipos de filtros, quanto a eficiência de remoção de sólidos totais, dois filtros apresentaram valores acima dos 70%.

Para tanto, Lima (2019) objetivou avaliar em que medida a filtração direta descendente pode ser indicada para o tratamento de água com baixa turbidez e cor elevada. Este estudo, comparou os resultados do tratamento da água em leito filtrante simples de areia e leito filtrante duplo de areia e carvão antracito seguido por adsorção com carvão ativado granulado. Os experimentos foram realizados em Instalação Piloto de Tratamento de Água por Oxidação, Adsorção e Dupla Filtração, implantada nas dependências da ETA Extremoz. Foi avaliada a qualidade da água tratada para quatro taxas de filtração, 253, 280, 310 e 340 $\text{m}^3.\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$. Para o leito filtrante simples de areia foram realizados experimentos em filtros com 700 mm de espessura de camada filtrante e diâmetro efetivo dos grãos (D10) de 0,50, 0,57 e 0,87 mm. Para o leito filtrante duplo, de areia e carvão antracito, a espessura da camada filtrante de areia foi reduzida para 450 mm, sendo incluída camada de carvão antracito com 250 mm de espessura e D10 = 1,00 mm. Para a adsorção em carvão ativado granulado foram realizados experimentos com camada de 650 mm e D10 de 0,23, 0,60 e 0,90 mm. Conclui-se que apenas para o leito duplo de areia e carvão antracito, todas as três granulometrias e quatro taxas de filtração estudadas atenderam a Portaria da Consolidação Nº 5/2017, sendo o filtro F3, para a taxa de filtração de 340 $\text{m}^3.\text{m}^2.\text{dia}^{-1}$, a melhor condição para ser adotada em escala real.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dificuldade crescente de oferecimento de água de boa qualidade em quantidades suficientes à população é uma preocupação do mundo moderno. Para isso, é necessária a concepção de tratamentos, com capacidade de remover, além de impurezas comumente encontradas em águas superficiais (partículas e matéria orgânica), poluentes e microrganismos de interesse emergente (micropoluentes orgânicos e protozoários).

A fim de combater esse problema e manter as condições de saúde pública, fazem-se necessárias, estratégias de controle de aportes de nutrientes e, por outro, a busca de novas

tecnologias para o tratamento de águas, especialmente aquela destinada a abastecimento público, e o aprimoramento das existentes. Dentre as várias técnicas de tratamento de água, a filtração direta descendente é uma das que apresenta menos barreiras de proteção, pelo fato de os filtros serem as únicas unidades responsáveis pela retenção do material em suspensão presente na água. Isso reforça a importância que deve ser dada ao projeto e operação dessa unidade do tratamento, bem como aos processos que antecedem à filtração, tais como a coagulação.

Esse processo de tratamento de águas, apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias, destacando-se principalmente a não necessidade do emprego de produtos químicos, nem a exigência de equipamentos sofisticados para controle do processo, a não necessidade de operadores qualificados, além de ser de simples construção e de produzir pouco lodo. Essas vantagens aliadas ao uso de materiais alternativos e, de mão de obra simples, podem reduzir os custos iniciais de implantação, operação e manutenção desse sistema, possibilitando um processo de tratamento de água bastante eficiente e acessível.

REFERÊNCIAS

ALUVINO, G. C. R. Estudo da aplicação do extrato de semente de Moringa oleifera visando a substituição do coagulante sulfato de alumínio em uma estação de tratamento de água para abastecimento. 48p. **Monografia (Curso de Engenharia Industrial Química)** - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 18 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 de out. 2017. Seção 1.

CIRNE, J. R. R. Influência da granulometria e taxas de filtração no tratamento de água utilizando dupla filtração. 2014. **Dissertação de mestrado** (Programa de pósgraduação em engenharia sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

COSTA, R.H.. “Estudos Comparativos da Eficiência de Filtros Lentos de Areia Convencional e de Fluxo Ascendente.” São Carlos, 1980, 169p. **Dissertação.** (mest. hydr. san.) Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** v.1, 2.ed. São Carlos: Rima, 2005.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. 1. ed. São Carlos: Ldibe, 2008. 1 v.

DANTAS, A. B.; VOLTAN, P. N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LdiBe, 2017.

FERREIRA, S. S. F. e LAGE, F.A. F. Comportamento químico do Alumínio e do Ferro em meio aquoso e implicações no tratamento de água. **Revista SANARE**, p.50-58, 1997.

FERNANDES, N. M. G. et al. Influência do pH de coagulação e da dose de sulfato de alumínio na remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta descendente. **Engenharia sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, 2010.

HENDRICKS, D. **Fundamentals of Water Treatment Unit Processes: Physical, Chemical, and Biological**. 1. ed. Broken Sound Parkway: International Water Organization, 2011.

IOSHIMURA, R. A. Estudo da eficiência granulométrica no processo de filtração direta com aplicação de coagulantes no tratamento da água. 2016. 63p. **Trabalho de Graduação (Engenharia Ambiental)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

LADEIA, M.M ; HELLER, L; VIEIRA, M.B.C.M. avaliação da eficiência da filtração rápida descendente na remoção de oocistos de *Cryptosporidium sp.* em instalação piloto. Anais. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas: Editora Átomo, 494 p., 2010.

LIMA, J.K.L. Avaliação da filtração direta descendente no tratamento de água de manancial com baixa turbidez e cor elevada. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais), 74 p, 2019.

PATERNIANI, J.E.S. Utilização de Mantas Sintéticas não Tecidas na Filtração Lenta em Areia de Águas de Abastecimento. São Carlos, 1986. 245p. **Tese** (dout. hidr. san.)-Escola de Engenharia de São Carlos-USP.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

RIO GRANDE DO NORTE. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. Dados da água bruta da lagoa de Extremoz (2008 a 2012). Natal, 2017.

SANTOS, E. P. C. C. et al. Estudo da coagulação aplicada à filtração direta descendente. **Engenharia sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, 2007.

VAZ, L. G. L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A. D.; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.

POTENCIALIDADES E OBSTÁCULOS DAS PRÁTICAS DE SANEAMENTO BÁSICO E ECOLÓGICO. OUTRA RACIONALIDADE É POSSÍVEL?

Paula B. Miqueletto ¹
Giovanna C. Barreto ²
Ariosto C. de Araújo ³
Tamara V. Kaick ⁴

RESUMO

Os métodos tradicionais de coleta e tratamento de esgoto se mostram problemáticos do ponto de vista econômico, ambiental e social pela utilização excessiva de recursos, como o excessivo uso de água e pela centralização do tratamento e ineficácia em adaptar soluções técnicas para determinados contextos locais diferenciados no que se refere à ocupação clássica urbana. No que diz respeito às problemáticas relativas ao trinômio saneamento básico, meio ambiente e saúde humana, alguns imperativos têm ganhado evidência, entre os quais se destacam o uso de água potável na descarga e a importação de tecnologias que não levam em consideração as particularidades de cada contexto local. Para compreender as práticas alternativas de saneamento, foi realizada uma revisão sistemática da literatura com dois objetivos principais: i) elaborar o estado da arte sobre as práticas atuais de saneamento ecológico e ii) descrever as potencialidades e obstáculos das práticas alternativas de saneamento que vêm sendo implementadas. A construção de uma nova “racionalidade ambiental” reivindica a abertura a um diálogo de saberes que atravesse a “verdade objetiva” da ciência e crie espaço para a construção de outras lógicas de pensar e fazer. As práticas de saneamento ecológico possuem técnicas que poderiam ser adaptadas ao contexto urbano, e as aplicações já existentes das mesmas demonstram que esse diálogo de saberes é possível.

Palavras-chave: Saneamento básico, saneamento ecológico, revisão sistemática.

INTRODUÇÃO

O saneamento ecológico é uma abordagem holística de medidas orientada sobre os aspectos sociais, econômicos e ambientais e reivindica outro tipo de destinação em relação aos

^{1,2,3} Doutorandas(os) no curso de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (MADE) - Universidade Federal do Paraná – UFPR, Campus de Ciências Agrárias da UFPR, Código Postal 80050 - 540, Curitiba, Paraná - Brasil., pamique@gmail.com; ⁴ Docente do curso de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (MADE) - Universidade Federal do Paraná – UFPR.

excrementos humanos (LANGERGRABER e MUELLEGGER, 2005). Ela é holística porque implica na transição de um sistema linear que trata a urina e fezes humanas como poluentes lançados nos corpos hídricos para um sistema circular que transforma esses elementos em nutrientes reaproveitados na agricultura. Por sua vez, ao sugerir uma mudança do comportamento humano, configura-se numa técnica de inter-relação entre as ciências sociais e naturais que se ocupa das questões associadas à poluição ambiental.

No Brasil, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a situação do saneamento básico apontou um déficit de 35% da população vivendo sob condições inadequadas de afastamento de seus esgotos, por exemplo: lançamento em fossa rudimentar, rio, lago, mar ou outro escoadouro, ou ainda sem banheiro ou sanitário. Além disso, dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 indicaram que apenas 53% do volume de esgotos coletados recebiam algum tipo de tratamento antes de sua disposição no ambiente (IBGE, 2008).

No contexto global, fatores como a falta de diálogo: "precisamos colocar a palavra merda na boca das pessoas" (citado em *Sanitation Now*, 2008 - tradução livre) e certos tabus culturais referentes aos excrementos humanos resultaram em desigualdades espaciais de acesso ao saneamento, uma das marcas da geografia do saneamento contemporâneo. Outro problema apresentado por alguns autores refere-se à própria falta de investigação acadêmica sobre os hábitos sanitários (JEWITT, 2011). Segundo Srinivas (2002), a defecação e autolimpeza são parte indissociável da condição humana tanto quanto a procriação e o consumo de alimentos e, no entanto, temas como uso e arquitetura de banheiros recebem pouca atenção.

No que diz respeito às problemáticas relativas ao trinômio saneamento básico, meio ambiente e saúde humana, alguns imperativos têm ganhado evidência, entre os quais se destacam o uso de água potável na descarga e a importação de tecnologias que não levam em consideração as particularidades de cada contexto local. No primeiro caso, a quantidade de água usada para diluir os excrementos humanos e transportá-los até as estações de tratamento tem sido considerada insustentável (BDOUR *et al.*, 2009), assim como o uso de água potável para a descarga. Em relação à importação de tecnologias, as técnicas de saneamento ecológico não são novas, mas foram substituídas pelo sistema convencional de descarga e afastamento que se tornou norma principalmente nos países ocidentais (LANGERGRABER e MUELLEGGER, 2005).

Segundo Niemczynowicz (2001), a retomada de interesse pelo saneamento ecológico é resultado das diretrizes para a gestão da água e saneamento formuladas no contexto da Eco 92, durante a elaboração da Agenda 21. De maneira resumida, essas diretrizes indicam que a

retirada de recursos naturais finitos deve ser racionalizada; que a liberação de substâncias não biodegradáveis no meio ambiente deve ser interrompida; que as condições físicas para fluxos circulares de matéria devem ser privilegiadas e que a retirada de recursos renováveis não deve exceder o ritmo de sua regeneração. Preceitos bem conhecidos e pouco aplicados.

No caso do Brasil, em 2007 foi sancionada a lei n.º 11.445 que define diretrizes nacionais para o saneamento estabelecendo alguns princípios fundamentais para prestação desses serviços: a) universalização do acesso; b) adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; c) articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras políticas de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante (BRASIL, 2007).

Conforme o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2013), cabe à política de saneamento identificar tendências, nacionais e internacionais, segundo as quais a matriz tecnológica vem se moldando. Isso supõe buscar novos conceitos para provocar mudanças paradigmáticas, "ainda que sejam antigas formulações em novas roupagens" (IBIDEM, p. 24). Nesse sentido, frente aos desafios da sociedade contemporânea para promover a sustentabilidade ambiental, sobretudo na agricultura, técnicas de reuso de água e resíduo (lodo) surgem como uma importante estratégia de desenvolvimento que preze pelos princípios da ética socioambiental (SOUZA *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2001; MEDEIROS *et al.*, 2010).

Para compreender as práticas alternativas de saneamento básico, foi realizada uma revisão sistemática da literatura com dois objetivos principais: i) elaborar o estado da arte sobre as práticas atuais de saneamento ecológico e ii) descrever as potencialidades e obstáculos das práticas alternativas de saneamento que vêm sendo implementadas. A descrição do estado-da-arte das potencialidades e obstáculos das práticas alternativas de saneamento visa oferecer informações que possam servir de apoio a pesquisadores e gestores a respeito da temática do saneamento básico.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura a partir de artigos publicados em periódicos disponíveis no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Revisões sistemáticas fundamentam-se no exame de um corpo da

literatura a partir de critérios *a priori*, objetivos específicos e processos transparentes de amostragem, seleção, análise e síntese (BERRANG-FORD *et al.*, 2015).

A coleta de dados foi realizada utilizando as palavras-chave "*Ecological Sanitation AND Brazil*" (TABELA 1). Após exclusão dos artigos duplicados, não revisados por pares (*peer-review*) e daqueles fora do escopo, ou seja, artigos nos quais o tema principal não discutia o saneamento ecológico, a amostra final resultou em 24 artigos, todos em língua inglesa.

Tabela 1. Combinação de palavras-chave usadas para identificar os artigos, suas ocorrências em cada banco de dados e critérios de seleção da amostra.

Palavras-chave	Portal da Capes (N Amostral)	Total (N Final)
" <i>Ecological Sanitation</i> " and <i>Brazil</i> *	45	45
Exclusão dos artigos não- revisados por pares	3	42
Exclusão dos artigos fora do escopo	18	24

*Foram aplicados descritores (palavras-chave) em língua inglesa para estender a pesquisa a todos os idiomas

A literatura restante (n = 24, Apêndice 1, p. 18) foi organizada em software para análise de dados qualitativos (*QSR NVivo* e *QDA Miner Lite*) e os dados foram explorados em duas fases seguindo a abordagem baseada em dados (*Grounded Theory*). A *Grounded Theory* consiste em um processo iterativo de codificação aberta (coleta de todos os temas possíveis), codificação axial (identificação de padrões e relações dentro e entre os temas) e codificação seletiva (refinamento das construções teóricas através de uma compilação de evidências). A codificação dos dados permite uma posterior análise estatística. Essa abordagem possibilita que o pesquisador seja simultaneamente sistemático, criativo e crítico; e suas técnicas e procedimentos permitem a identificação de certos padrões na literatura (GLASER e STRAUSS, 1967; CORBIN e STRAUSS, 2008).

Na primeira fase, os dados foram codificados nas seguintes categorias: a) ano de publicação do artigo; b) tipo de pesquisa (se teórica ou empírica); c) país de localização do estudo de caso, quando existente; d) técnicas de saneamento aplicadas ou descritas; e) potencialidades e f) obstáculos de aplicação; e g) questões socioculturais.

A segunda fase consistiu na descrição estatística da contagem de algumas categorias consideradas nesta pesquisa, especificamente os itens a), b) e c) apresentados acima. Os resultados foram analisados sob uma perspectiva empírica (baseada na frequência de ocorrência de algumas categorias) e descritiva, buscando estabelecer uma análise crítica dos resultados apresentados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões apresentados a seguir são referentes à amostra final de 24 artigos analisados. Desses ($n = 24$), 21% foram publicados em 2014, como indicado na Figura 1. Os anos nos quais se constatou números mais elevados de artigos publicados foram 2006, 2012 e 2015, correspondendo a 13% cada. Ressalta-se que 45% dos artigos revisados citaram os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM/ONU, 2000) como marco que trouxe visibilidade para as condições precárias de saneamento básico a nível mundial. Publicados em 2000, o objetivo sete entre os oito ODM, visa “garantir a qualidade de vida e respeito ao meio ambiente com metas ligadas a água e ao saneamento”. O objetivo sete tinha entre suas metas reverter até 2015 a perda de recursos ambientais, reduzir pela metade a porcentagem da população sem acesso permanente a água potável e saneamento básico e, até 2020, obter uma melhora significativa na vida de pelo menos 100 milhões de habitantes de bairros periféricos. Nesse sentido, chama atenção o fato de todos os artigos amostrados corresponderem a publicações a partir do ano de 2005, cinco anos após a publicação dos ODM (Figura 1).

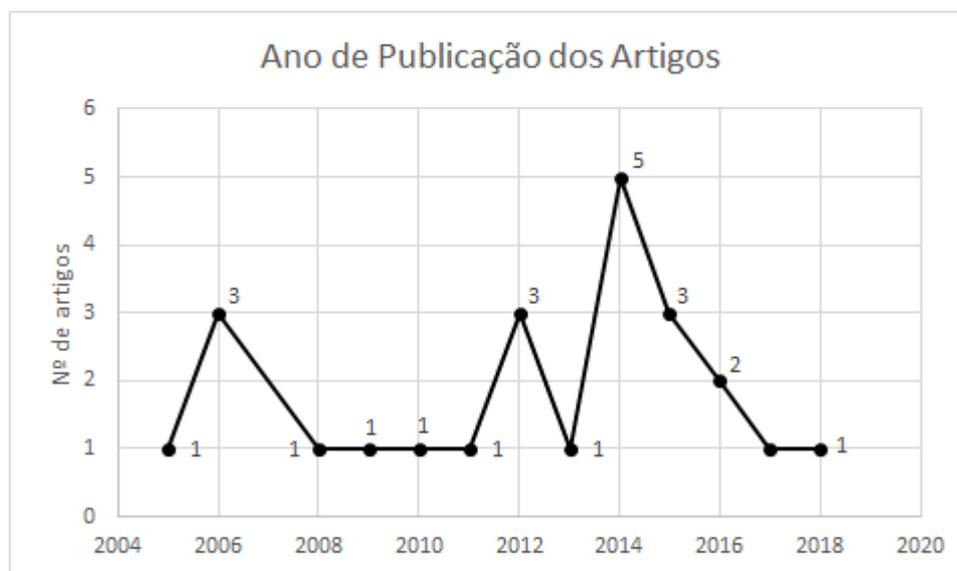


Figura 1- Número de artigos publicados em periódicos por ano dentro a amostra analisada ($n = 24$). Nota: pesquisa aplicada em julho de 2018.

Dentre os artigos analisados, 50% (12) correspondem a pesquisas empíricas e 50% a pesquisas teóricas, incluindo cinco artigos de revisão. A maior parte dos estudos de caso (70%) referem-se a países caracterizados pelos autores como “em desenvolvimento” (ex.: Brasil, China, Índia e Paraguai). Apenas um artigo apresentou uma revisão de dados de países

desenvolvidos e três artigos referiram-se a estudos em países identificados como “subdesenvolvidos” (ex.: Nepal, Haiti e Bangladesh), conforme indicado na Figura 2. Considerando especificamente o contexto brasileiro, observou-se que uma entre as três publicações identificadas tratou de pesquisa teórica sobre o desenvolvimento de tecnologia de saneamento baseada na terra preta de índio da Amazônia (DE GISI, 2014), enquanto as demais são pesquisas empíricas relacionadas ao tratamento e reuso de água (SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014) e ao processamento de resíduos sólidos urbanos (FEHR, 2006).

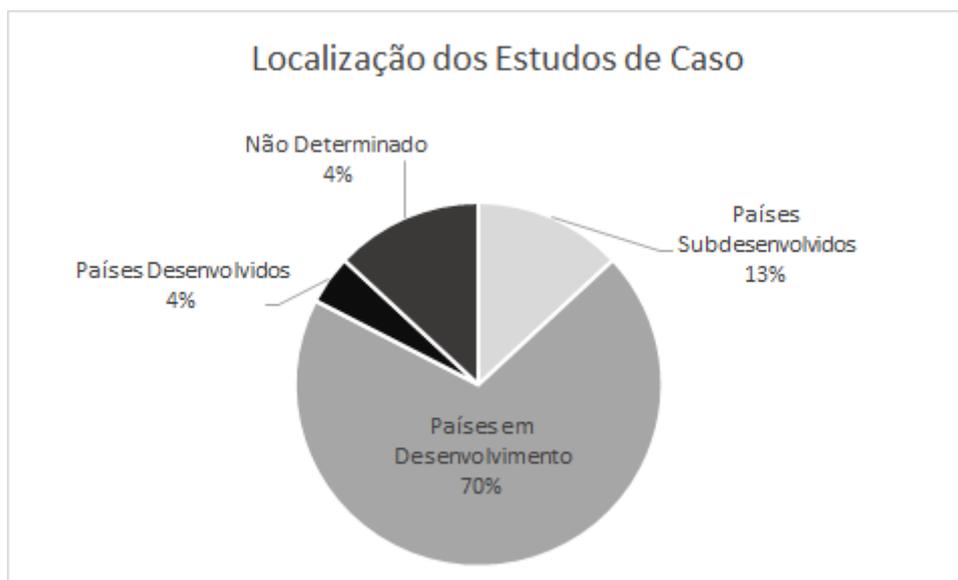


Figura 2 - Distribuição geográfica dos estudos baseados em casos, conforme literatura revisada e classificação (países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos) feita pelos próprios autores dos artigos amostrados (n = 24).

Brands (2014) argumenta que problemas como carência de investimento, perda de nutrientes e descarte inadequado do lodo não são exclusivos dos países considerados “subdesenvolvidos” ou “em desenvolvimento”. Para este autor, os sistemas descentralizados como, por exemplo, os sistemas de saneamento ecológico, são promissores do ponto de vista conceitual, mas ainda pouco aplicados. Este autor acrescenta ainda que é urgente a necessidade de ampliar o aporte das ciências sociais para tratar das problemáticas relativas ao saneamento básico.

Sobre as diferentes técnicas de saneamento, as fossas simples ou latrinas foram as mais citadas, pois correspondem a uma forma comum de disposição dos excretas humanos e, geralmente, representam o meio sanitário padrão em áreas de baixa renda (MATTHOLIE, 2011). As latrinas ventiladas ou VIP (sigla em inglês para *ventilation improved pit*) são latrinas melhoradas, pois possuem um encanamento de ventilação para prevenir problemas com odores.

Outro modelo de latrina considerado mais moderno são os banheiros secos com separação de urina (UDDT, sigla em inglês para *urine diverting dry toilets*). Os UDDT foram desenvolvidos para tratar e reutilizar os resíduos como insumos, separando a urina das fezes para posterior utilização na agricultura (MATTHOLIE, 2011). Já as fossas ou tanques sépticos são câmaras localizadas no subsolo que recebem o esgoto bruto por um encanamento conectado à residência.

Em relação aos sistemas de saneamento ecológico ou descentralizados, exemplos de tratamento que podem ser utilizados de acordo com a literatura revisada, são: i) lagoas de estabilização ou *wetlands*; ii) reator anaeróbico de fluxo ascendente (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket* - UASB), e iii) tratamento por solo de aquífero (*Soil Aquifer Treatment* - SAT). Nas *wetlands* uma série de lagoas rasas são utilizadas para purificar o efluente através da ação de plantas, algas, bactérias e radiação solar. Em reatores do tipo UASB a matéria orgânica é degradada por meio da ação de bactérias anaeróbicas, gerando um lodo biologicamente estável e baixo volume de sólidos totais, além de demandar pouca energia para seu funcionamento (CHERNICHARO, 2007). A técnica SAT consiste em um sistema de geopurificação no qual efluentes parcialmente tratados recarregam artificialmente um aquífero e depois são retirados para usos futuros. Pelo recarregamento, que ocorre através de camadas de solo insaturadas, o efluente atinge uma purificação adicional antes de se misturar à água subterrânea natural (BDOUR *et al.*, 2009).

De Gisi *et al.* (2014) apresentaram um tipo de tratamento chamado de Saneamento Terra Preta (TPS). Derivado do conceito da terra preta de índio, o tratamento consiste em uma sequência de lacto-fermentação e vermicompostagem. A lacto-fermentação é um processo biológico anaeróbico que gera a pré-estabilização da mistura (urina e fezes) enquanto a vermicompostagem é um processo de decomposição aeróbia pela ação de vermes e microrganismos (DE GISI *et al.*, 2014). No tratamento com biodigestores os resíduos são submetidos a uma fermentação em tanques sépticos especialmente projetados, gerando uma mistura de gás metano (biogás) que pode ser utilizada no fornecimento de energia residencial (HAWDON, 2014). Em relação às águas cinzas derivadas de processos domésticos como chuveiro, pia, tanque e máquina de lavar, o tratamento é feito através do uso de solo e filtros de areia para a remoção de matéria orgânica, patógenos, nutrientes e micropoluentes desse tipo de efluente (KATUKIZA *et al.*, 2012). A figura 3 apresenta de forma resumida as técnicas de saneamento ecológico encontradas na literatura revisada.

Urina e Fezes
<ul style="list-style-type: none">•Latrina simples•Latrina VIP (<i>Ventilation Improved Pit</i>)•UDDT (<i>Urine Diverting Dry Toilets</i>)•Fermentação láctica•Vermicompostagem•Biodigestor•Wetland (Lagoas de estabilização)•UASB (<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>)•SAT (<i>Soil Aquifer Treatment</i>)
Águas Cinzas
<ul style="list-style-type: none">•Filtro de areia•Solo

Figura 3 - Técnicas de saneamento ecológico descritas na literatura revisada. Elaborada pelos autores.

No que diz respeito às potencialidades das práticas de saneamento ecológico, elas foram classificadas em sete categorias: custos de tratamento, saúde pública, custos nos processos agrícolas, benefícios ambientais, benefícios sociais, produtividade agrícola e eficiência do tratamento (Quadro 1). Os benefícios ambientais estão ligados principalmente à reciclagem de água e nutrientes (SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014), à redução dos impactos em comparação aos impactos gerados pelas abordagens convencionais de tratamento (CHIRISA *et al.*, 2017) e à redução de riscos químicos e microbiológicos relacionados a vazamentos e poluição do meio ambiente (GRAHAM e POLIZZOTTO, 2013). Para Bdour e colaboradores (2009), esses sistemas possuem maior equilíbrio ecológico, viabilidade econômica e capacidade de recuperação de recursos, o que faz com que sejam considerados mais eficientes. Ainda de acordo com os autores, os benefícios sociais dizem respeito à adaptação e flexibilização dos sistemas descentralizados ao contexto de cada comunidade, a participação local e melhorias na economia, saúde e agricultura das comunidades como resultado da atenção dispensada ao saneamento.

Do ponto de vista da saúde pública, as técnicas utilizadas no saneamento ecológico como os biodigestores, possuem a vantagem de eliminar parasitas e outros agentes infecciosos durante o tratamento de excretas (HAWDON, 2014). Em relação às práticas agrícolas, de acordo com os autores analisados é possível reduzir custos e aumentar a produtividade a partir da substituição de fertilizantes químicos por nutrientes reaproveitados dos resíduos sanitários (AKPAN-IDIOK, 2012; BRANDS, 2014; CARLTON, 2015).

Quadro 1 - Síntese das principais potencialidades identificadas como resultado da implementação de práticas alternativas de saneamento que puderam ser extraídas da literatura analisada (n = 24).

Potencialidades das práticas de saneamento ecológico		
Categorias	Exemplos selecionados dos artigos revisados	Autor
Custos no tratamento	<i>Reuse is a rational option to optimize water resources and reduce wastewater treatment costs. A study conducted in Jordan estimated the value of nutrients present in stabilization ponds in 75 dollars per 1.000 m³.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>The construction and operation of such technology is quite simple and cheap.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
	<i>Decentralized system is more economical than the centralized system because treatment facilities can be built in an incremental way and requires less initial capital investment.</i>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
Saúde Pública	<i>From a public health perspective, the primary advantage of biodigesters for human health in China is the destruction of parasites and other infectious agents.</i>	HAWDON, 2014
Custos nos processos agrícolas	<i>The reuse of the wastewater decreases the money spent on fertilizers. The possibility of reducing the costs of fertilization with the use of recycled water is perceived positively by some of the water policy formulators.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
	<i>Urine has been reported as a high quality, low-cost alternative to chemical fertilizer.</i>	AKPAN-IDIOK, 2012
Benefícios ambientais	<i>Water reuse recycles both water and nutrients present in reclaimed water. This practice may carry an important role as part of wastewater treatment and disposal systems, contributing to reduce pollutant loads in water bodies.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>An intermediate or decentralized approach to wastewater management is urgently needed aiming at resource conservation and reducing environmental impacts of current approaches. The other advantage of community management is that it brings environmental management back to the polluters, making it easier for awareness campaigns.</i>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
	<i>Considering the environmental damage, the health risks, and the worsening water crisis, resulting from our present sanitary practices, a revolutionary rethink is urgently needed if we are to correct this misconception.</i>	DE GISI <i>et al.</i> , 2014
	<i>Composting toilets and ecological sanitation technologies may reduce microbial risks and minimize chemical leaching from pit latrines.</i>	GRAHAM e POLIZZOTTO 2013.

Benefícios sociais	<p><i>The result of increased attention to this topic will improve the health, economic, and agricultural conditions of a developing community.</i></p> <p><i>Non-centralized systems are more flexible and can adapt easily to the local conditions of the urban area as well as grow with the community as its population increases.</i></p> <p><i>In water scarce areas, treated effluent becomes a considerable resource for improved groundwater sources. Once the project is implemented, local participation contributes to the community's confidence in the new technology and allows them to take on other challenges such as accessing financial aid for other infrastructure projects.</i></p>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
Produtividade agrícola	<p><i>It is recognized that those nutrients have financial value and must be an important factor in areas with degraded soils to improve agriculture productivity.</i></p>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<p><i>Research on staple food crops and vegetables including maize, sorghum, tomatoes, cucumbers, beets, cabbage, okra, sweet pepper, and spinach indicates that use of urine as fertilizer results in yields and overall produce quality that is comparable with or better than that achieved via use of mineral fertilizers.</i></p>	BRANDS, 2014
	<p><i>The use of human fecal waste as an agricultural fertilizer has the potential to improve crop yields without the expense, environmental risk or transportation infrastructure required of synthetic fertilizers.</i></p>	CARLTON <i>et al.</i> , 2015
Eficiência no tratamento	<p><i>Wetland treatment technology in Mediterranean countries offers a comparative advantage over conventional, mechanized treatment systems because the level of self-sufficiency, ecological balance, and economic viability is greater. The system allows for total resource recovery.</i></p>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009

Os obstáculos (Quadro 2) referentes às práticas de saneamento ecológico foram resumidos nas seguintes categorias: percepção social, legislação, contaminação ambiental, custos de operação e manutenção. Entre eles, a percepção social desempenha papel central em relação à implantação de sistemas de tratamento alternativos. Os estudos trazem exemplos como a preocupação com a saúde, aceitação e confiança do consumidor, medo de novas tecnologias e até mesmo oposição da população, reforçando a necessidade de maior atenção aos aspectos socioculturais durante a implantação de sistemas de tratamento ecológicos (BDOUR *et al.*, 2009; BRANDS, 2014; CUPPENS *et al.*, 2013; SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014).

A maior parte dos obstáculos referentes à legislação estavam associados a questões de saúde pública, onde em muitos países são restritas as leis que tratam do aproveitamento de resíduos do saneamento na agricultura (BRANDS, 2014; SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014). Além disso, Chirisa (2017) destaca a inexistência de arranjos institucionais apropriados para a gestão dos sistemas descentralizados, fator que representa uma barreira para a implementação das práticas alternativas de saneamento. As categorias “contaminação ambiental” e “operação e manutenção” estão estreitamente associadas, já que o risco e a preocupação da contaminação do solo e do lençol freático por substâncias químicas, metais, toxinas e microrganismos depende essencialmente da manutenção apropriada do sistema de tratamento e sua correta operação. Outros desafios operacionais enfrentados pelos sistemas descentralizados referem-se à escolha de tecnologias, infraestrutura e *design* adequados para cada contexto específico (CHIRISA *et al.*, 2017), bem como a correta instrução de gestores e consumidores quanto ao uso e manutenção desses sistemas (BRANDS, 2014). Finalmente, tendo em vista que grande parte da adesão às técnicas de saneamento ecológico ocorre em comunidades com condições precárias de infraestrutura, o custo financeiro, ainda que seja baixo, pode ser fator limitante dessas alternativas de saneamento.

Quadro 2 - Síntese dos principais obstáculos identificados como resultado da implementação de práticas alternativas de saneamento que puderam ser extraídos da literatura analisada (n = 24).

Obstáculos das práticas de saneamento ecológico		
Categorias	Exemplos selecionados dos artigos revisados	Autor
Percepção social	<i>Social perception plays an important role in water reuse acceptance and is the most important issue, directly linked to the degree of public confidence in the institutions responsible for water management. Community's perception on this matter showed to be closely linked to how they relate to the environment and also how they view new technologies, considering fear of the unknown and of losing control of their familiar practices. The health concern seems to be the most significant issue in risk perception, followed by the commercial risk and closely by the most subjective "yuk" factor.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>Wherever available, farmers prefer to rely on fresh water, which is usually very cheap and socially acceptable.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009
	<i>User acceptance and attitudes toward sanitation (e.g., TMWW reuse or alternative toilets) is but one of the important areas in need of attention.</i>	BRANDS, 2014
	<i>The typical problems arising during the implementation of WWTSs, i.e., the opposition of the local population and the lack of affordable land, have not been adequately anticipated.</i>	CUPPENS <i>et al.</i> , 2013
Legislação	<i>Legislation is not clear concerning professional responsibilities on the matter, making it very risky for an engineer to take responsibility on a project of this nature, as they could easily be sued for malpractice in case of public health problems. Current legislation on this matter is too restrictive in regard to quality standards, therefore posing as an obstacle to its implementation.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>In the majority of countries, there is a lack of suitable institutional arrangements for managing decentralized systems and a lack of a suitable policy framework that encourages a decentralized approach.</i>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
Contaminação ambiental	<i>Environmental risks are associated with potential soil degradation due to contamination, salinization and structural changes.</i>	SCHAER-BARBOSA <i>et al.</i> , 2014
	<i>The system must be able to isolate industrial toxins, pathogens, carbon, and nutrients.</i>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009

	<p><i>Metals (copper, lead, zinc) tend to accumulate in agricultural soils amended with biosolids or irrigated with wastewater.</i></p> <p><i>Urge further investigations of fate and transport of pharmaceuticals and byproducts and of pathogens in urine, a subject that remains understudied.</i></p>	BRANDS, 2014.
	<p><i>There is concern that discharges of chemical and microbial contaminants from pit latrines to groundwater may negatively affect human health.</i></p>	CUPPENS <i>et al.</i> , 2013.
Custos no tratamento	<p><i>The greatest challenge in implementing this strategy is the adoption of low cost wastewater treatment technologies.</i></p> <p><i>Most towns and villages lack wastewater infrastructure except for traditional household sanitary pits or the method of draining wastewater into borehole in bedrock which in turn eventually reaches the groundwater.</i></p>	BDOUR <i>et al.</i> , 2009.
Operação e manutenção	<p><i>Challenges associated with many if not most of the pilot source-separating projects appear to be related to user behavior, education about the use and maintenance of decentralized sanitation technologies.</i></p>	BRANDS, 2014.
	<p><i>If the waste is not properly treated, the practice may promote fecal-borne diseases.</i></p>	CARLTON <i>et al.</i> , 2015
	<p><i>Decentralized wastewater treatment is not without its share of challenges resulting from choice of inappropriate technology, improper siting of infrastructure, in adherence to correct design concepts and lack of proper maintenance.</i></p>	CHIRISA <i>et al.</i> , 2017
	<p><i>The consultants should consider a number of scenarios regarding the designed system with attention to robustness under a number of events and possible incidents.</i></p>	CUPPENS <i>et al.</i> , 2013

As iniciativas de implementação dos sistemas de saneamento ecológico relatadas na literatura analisada, destacam o aspecto cultural como desafio fundamental para garantir a efetividade das práticas adotadas. Percepções relacionadas aos riscos para a saúde, por exemplo, influenciam na aceitação de práticas como reuso da água ou aplicação de resíduos sanitários tratados em culturas agrícolas. A oposição pública aos projetos envolvendo reuso de águas residuais geralmente está relacionada a crenças, preconceitos, falta de informação, medo e desconfiança (SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014). Dessa forma, estratégias culturalmente sensíveis são necessárias para ampliar a consciência sobre os problemas sanitários existentes, sobre o funcionamento dos sistemas alternativos - *seus riscos e benefícios associados* - e sobre o comportamento e padrões de consumo e reuso de água (BRANDS, 2014). Por sua vez, para considerar todas essas particularidades, é necessária uma abordagem interdisciplinar capaz de entender as influências dos fatores culturais, sociais, políticos, econômicos, demográficos e ambientais nas práticas alternativas de saneamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos resultados que merece destaque em relação à revisão sistemática da literatura a partir dos dados coletados no Portal de periódicos da CAPES (n = 24), refere-se aos aspectos socioculturais que se apresentam como obstáculo para a aplicação de outras técnicas de saneamento diferentes dos sistemas convencionais. Nesse sentido, o saneamento ecológico deve ser compreendido simultaneamente como técnica e atitude, pois implica na mudança do paradigma de pensamento linear para o pensamento circular.

As técnicas de saneamento ecológico descritas neste artigo, demonstram a viabilidade de instalações em diferentes contextos, evidenciando o seu potencial. Por outro lado, os beneficiários destes sistemas ecológicos devem estar cientes dos seus limites e riscos de manutenção. O repasse da tecnologia para que o usuário saiba lidar com a manutenção e monitoramento destas técnicas de tratamento de esgoto também precisa ser levado em conta, com o objetivo de obter o melhor resultado possível no tratamento do esgoto gerado.

Portanto, a aplicação de sistemas de saneamento ecológico exigem arranjos de gestão compartilhada no qual a responsabilidade do usuário pela manutenção do sistema exige não só a descentralização do poder do Estado, mas também a construção de uma nova “racionalidade ambiental”. Esta, por sua vez, reivindica a abertura a um diálogo de saberes que atravesse a “verdade objetiva” da ciência e crie espaço para a construção de outras lógicas de pensar e fazer.

REFERÊNCIAS

- AKPAN-IDIOK, Ackley Ufot; UDO, Idorenyin Asukwo; BRAIDE, Ekanem Ikpi. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. *Resources, Conservation & Recycling*, Amsterdã, v. 62, p. 14–20, 2012.
- BDOUR, Ahmed N.; HAMDI, Moshrik R.; TARAWNEH, Zeyad. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. *Desalination*, Amsterdã v. 237, n. 1-3, p. 162–174, 2009.
- BERRANG-FORD, Lea; PEARCE, Tristan; FORD, James. D. Systematic review approaches for climate change adaptation research. *Regional Environmental Change*. v. 15, n. 5, p. 755-769. 2015.
- BRANDS, Edwin. Prospects and challenges for sustainable sanitation in developed nations: a critical review. *NRC Research Press*, v. 22, p. 346–363, 2014.
- BRASIL. Lei n.11.445, de 5 de janeiro de 2007 [*Lei Nacional de Saneamento Básico*]. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis n.6.766, de 19 de dezembro de 1979, n.8.036, de 11 de maio de 1990, n.8.666, de 21 de junho de 1993, n.8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a lei n.6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Seção 1, p.3. 5 jan. 2007.
- CARLTON, Elizabeth J. et al. Associations between Schistosomiasis and the Use of Human Waste as an Agricultural Fertilizer in China. *Plos Neglected Tropical Diseases*, p. 1–15, 2015.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Reatores anaeróbios*. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p.
- CHIRISA, Innocent. et al. Decentralized domestic wastewater systems in developing countries: the case study os Harare (Zimbabwe). *Applied Water Science*, v. 7, n.3, p. 1069-1078, 2017.
- CORBIN, Juliet; STRAUSS, Anselm. Chapter 4: Strategies for Qualitative Data Analysis. In: *Basics of Qualitative Research (3rd ed.) Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. 2008.
- CUPPENS, Arnoud.; SMETS, Ilse.; WYSEURE, Guido. Identifying sustainable rehabilitation strategies for urban wastewater systems: A retrospective and interdisciplinary approach. Case study of Coronel Oviedo, Paraguay. *Journal of Environmental Management*, v. 114, p. 423–432, 2013.
- De GISI, Sabino; PETTA, Luigi; WENDLAND, Claudia. History and Technology of Terra Preta Sanitation. *Sustainability*, v. 6, p. 1328–1345, 2014.
- FEHR, Manfred. A Successful Pilot Project of Decentralized Household Waste Management in Brazil. *The Environmentalist*, v. 26, n. 1, p. 21–29, 2006.
- GLASER, Barney; STRAUSS, Anselm. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Mill Valley: Aldine, 1967. 271 p.
- GRAHAM, J. P.; POLIZZOTTO, M. L. Review Pit Latrines and Their Impacts on Groundwater Quality: A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives*, v. 121, n. 5, p. 521–530, 2013.

HAWDON, J. M. Controlling Soil-Transmitted Helminths: Time to Think Inside the Box? *The journal of parasitology*, v. 100, n. 2, p. 166–188, 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo de 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em: 20 de mai. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro Pesquisa Nacional em Saneamento Básico, 2008. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>. Acessado em: 20 de mai. 2019.

JEWITT, Sarah. Geographies of shit: Spatial and temporal variations in attitudes towards human waste. *Progress in Human Geography*, v. 35, n. 5, p. 608–626, 2011.

KATUKIZA, A. Y. et al. Sustainable sanitation technology options for urban slums. *Biotechnology Advances*, v. 30, n. 5, p. 964–978, 2012.

LANGERGRABER, Günter; MUELLEGGER, Eike. Ecological Sanitation - a way to solve global sanitation problems? *Environment International*, v. 31, p. 433-444, 2005.

MATTHOLIE, Robert. Sanitation: planning the transition to waterborne systems. *ICE Institution of Civil Engineers*, v. 164, n. WM9, p. 453-462, 2011.

MEDEIROS, Salomão de S.; GHEYI, Hans. R.; SOARES, Frederico. A. L. Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral. *Engenharia Agrícola*, v.30, n. 6, p.1071-1080, 2010.

NIEMCZYNOWICZ, J. The urban sanitation dilemma. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation. London: IWA Publishing, 2001. Chapter 7, p. 116-128.

ODM/ONU - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, Organização das Nações Unidas. 2000. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/tema/odm/>. Acessado em: 20 mai. 2019.

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico, Ministério das Cidades. 2013. Disponível em: http://www.cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf Acessado em: 28 outubro 2019.

Sanitation Now, Stockholm Environment Institute. 2008. Disponível em: http://www.ecosanres.org/pdf_files/SanitationNOW2008.pdf. Acessado em: 10 mai. 2019.

SCHAER-BARBOSA, Martha; SANTOS Maria Elisabete Pereira dos; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. Waste water reuse as a mitigating factor to the effects of droughts in the state of Bahia semi-arid viability study. *Ambiente & sociedade*, v. 17, n.2, p. 17-32, 2014.

SOUSA, José de; LEITE, Valderi. de; LUNA, João de. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 5, n.1, p. 107-110, 2001.

SOUZA, Renê Medeiros de. et al. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. *Revista Caatinga*, v.23, n.2, p.125-133, 2010.

SRINIVAS, Tulasi. Flush Succes: Bathin, Defecation, Worship and Social Change in South India. *Space anda Culture*. v. 5, n. 4, p. 368-386 2002.

APÊNDICE 1

Anexo 1. Artigos selecionados (n = 24) pela revisão sistemática após exclusão dos artigos repetidos, não revisados por pares e fora do escopo de pesquisa. Os artigos estão organizados por data de publicação, título, autoria e tema principal.

Ano	Título	Autores	Tema principal
2005	Ecological Sanitation—a way to solve global sanitation problems?	Langergraber G e Muellegger E.	Princípios e conceitos de saneamento ecológico incluindo aspectos relacionados ao aproveitamento de nutrientes
2006	Assessing of environmental quality in six areas in India, Sri Lanka and Bangladesh	Heinonen-Tanski H et al.	Avaliação de seis localidades em relação a parâmetros água potável, saneamento e tratamento de resíduos sólidos.
2006	A Successful Pilot Project of Decentralized Household Waste Management in Brazil	Fehr M.	Apresenta um novo modelo de processamento de resíduos municipais capaz de reduzir o volume em aterros sanitários.
2006	Modern engineering interventions to reduce the transmission of diseases caused by inadequate domestic water supplies and sanitation in developing countries	DD Mara.	Saneamento periurbano para redução de doenças transmissíveis.
2008	Sanitation for Unserved Populations: Technologies, Implementation Challenges, and Opportunities	Nelson KL e Murray A.	Revisão das tecnologias existentes de saneamento, de simples latrinas a tratamento avançado de águas residuais, com atenção às características que afetam o desempenho de longo prazo.
2009	Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options	Bdour AN et al.	Discussão de opções para atingir a sustentabilidade em relação ao tratamento de águas residuárias nas áreas urbanas dos países mediterrâneos.

	in the urban areas of the Mediterranean region		
2010	Knowledge and awareness of eco-sanitation in central Nepal: a questionnaire survey	Pradhan SK e Heinonen-Tanski H.	Aplicação de questionários a uma amostra de 201 pessoas a respeito de seu conhecimento sobre banheiros ecológicos e o valor da urina humana como fertilizante.
2011	Sanitation: planning the transition to waterborne systems	Mattholie R.	Discussão sobre os principais fatores técnicos que devem ser considerados ao planejar a transição do saneamento local para sistemas de esgoto e apresentação de algumas diretrizes.
2012	Identifying sustainable rehabilitation strategies for urban wastewater systems: A retrospective and interdisciplinary approach. Case study of Coronel Oviedo, Paraguay	Cuppens A et al.	Fornecer uma estratégia de reabilitação para o sistema de tratamento de águas residuais de um município no Paraguai e recomendações de como pesquisadores, consultores e decisores podem contribuir nesse desafio.
2012	Sustainable sanitation technology options for urban slums	Katukiza AY et al.	Apresenta e descreve as características dos fluxos de resíduos e os processos e tecnologias potenciais de tratamento que podem ser adotados e aplicados nas favelas urbanas de forma sustentável.
2012	The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra	Akpan-Idiok AU et al.	Experimentos em campo e estufa com aplicação de diferentes concentrações de urina e fertilizantes inorgânicos em plantações de quiabo.
2013	Pit Latrines and Their Impacts on Groundwater Quality: A Systematic Review	Graham JP e Polizzoto ML.	Revisão sobre o uso de fossa (<i>pit latrine</i>) ao redor do mundo e os impactos de contaminação gerados.

2014	Controlling Soil-Transmitted Helminths: Time to Think Inside the Box?	Hawdon JM.	Propõe investimentos em abordagens baseadas no saneamento, através de latrinas melhoradas, para controle das helmintoses transmitidas pelo solo em áreas endêmicas.
2014	Geographies of shit: Spatial and temporal variations in attitudes towards human waste	Jewitt S.	Apresenta tabus culturais relacionados as práticas de saneamento e a importância do contexto e de aspectos geográficos e sociais.
2014	History and Technology of Terra Preta Sanitation	De Gisi S et al.	Descrição e apresentação de estudos de caso sobre a tecnologia de saneamento baseada na formação da terra preta de Índio da Amazônia.
2014	Prospects and challenges for sustainable sanitation in developed nations: a critical review	Brands E.	Síntese multidisciplinar da literatura sobre tópicos como saneamento ecológico, excreta como fertilizante e reúso de águas residuais.
2014	Wastewater reuse as a mitigant factor to the effects of droughts in the state of Bahia semi-arid viability study	Schaer-Barbosa M et al.	Verifica a viabilidade de reúso de águas residuais na região do semi-árido da Bahia como forma de mitigar os efeitos da seca e escassez de água.
2015	Associations between Schistosomiasis and the Use of Human Waste as an Agricultural Fertilizer in China	Carlton EJ et al.	Avaliação do uso de excretas (<i>night soil</i>) como fertilizantes na agricultura e sua relação com doenças causadas por helmintos.
2015	Container-based sanitation: assessing costs and effectiveness of excreta management in Cap Haitien, Haiti	Tilmans S et al.	Custos e efetividade da gestão do saneamento baseado em contêineres (CBS).

2015	Editorial: Is it possible to reach low-income urban dwellers with good-quality sanitation?	Satterthwaite D et al.	Revisão sobre a situação de saneamento de moradores de cidades onde não há fornecimento regular de água encanada e provisão pública para esgotos e drenagens eficazes cobertas.
2016	Decentralized domestic wastewater systems in developing countries: the case study of Harare (Zimbabwe)	Chirisa I et al.	Análise da potencialidade, riscos e estratégias que podem ser adotadas na região metropolitana de Harare para abordar os problemas do sistema convencional de tratamento de efluentes.
2016	Learning from Sustained Success: How Community-Driven Initiatives to Improve Urban Sanitation Can Meet the Challenges	Mcgranahan G e Mitlin D.	Análise dos desafios enfrentados por duas iniciativas (Projeto Piloto Orangi e uma Aliança de parceiros indianos), os quais foram atendidos através da inovação social e do desenvolvimento de tecnologias de saneamento.
2017	Harnessing fertilizer potential of human urine in a mesocosm system: a novel test case for linking the loop between sanitation and aquaculture	Rana S et al.	Aproveitamento do potencial fertilizante da urina e o vínculo entre saneamento e aquicultura.
2018	Decision support system for management of reactive nitrogen flows in wastewater system	Nascimento FRA et al.	Apresenta um modelo para apoiar a tomada de decisão para o gerenciamento de fluxos de nitrogênio reativo em sistemas de águas residuárias (sistema de esgoto) baseado na dinâmica do sistema.

AValiação DO PODER ADSORTIVO DA VAGEM DO FEIJÃO (*Phaseolus Vulgaris L.*) EM CORPOS D'ÁGUA CONTAMINADOS COM GASOLINA, UTILIZANDO A TÉCNICA DE ADSORÇÃO

Lenilde Mérgia Ribeiro Lima¹
Joanny Lays Bandeira Cruz da Silva²
Laedson Eneas Cavalcante³
Edgleiga Daise Alves Feitoza da Silva⁴

RESUMO

As indústrias de petróleo são grandes fontes poluidoras das águas, visto que lidam com problemas decorrentes de vazamentos e derrames nos corpos aquáticos. Uma das técnicas mais utilizadas para a remoção de poluentes químicos na água tem sido o processo de adsorção, que se utiliza de um sólido para separar fluidos, tendo como vantagens a simplicidade de operação e aplicação de materiais de baixo custo, tais como produtos obtidos da agricultura e resíduos obtidos da indústria. Dentre as diversas biomassas disponíveis no semiárido nordestino, inclui-se a vagem de feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*), que pode se tornar uma alternativa para remoção de gasolina presente em corpos d'água. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência adsorvente da vagem de feijão como adsorvente para remoção de gasolina presente em águas de descarte. Para tanto, utilizou-se a metodologia realizada por LIMA *et al.* (2014). Inicialmente, houve a preparação da biomassa na forma particulada. Posteriormente, foram realizados estudos de cinética com variações de tempo de 5 a 60 minutos e equilíbrio de adsorção, variando a concentração do poluente de 5 a 60%. A cinética de adsorção mostrou-se rápida e a quantidade de gasolina adsorvida foi relevante, apresentando uma eficiência de adsorção máxima aos 15 minutos, com uma remoção de gasolina de 3,85 g.g⁻¹. Em relação ao estudo da isoterma de equilíbrio, obteve-se a capacidade máxima de adsorção da gasolina de 6,34 g.g⁻¹. Com isso, pode-se afirmar que a vagem de feijão surge como um promissor meio adsorvente para remoção de gasolina presente em água.

Palavras-chave: Processo de adsorção, Vagem de feijão, Descontaminação, Água.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água pode ser afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam essas atividades domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes que podem causar implicações no corpo receptor (PEREIRA, 2004). Devido à contaminação por fossas sépticas, aterros sanitários, contaminação por pesticidas, fertilizantes

¹ Professora Associada da Unidade Acadêmica de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, mergia@ufcg.edu.br;

² Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, joanny.bandeira@hotmail.com;

³ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, laedson.cavalcante@hotmail.com;

⁴ Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos pela Universidade Federal de Campina Grande, gleigaeng@gmail.com.

e vazamento de Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SACS), as águas subterrâneas vêm perdendo a sua qualidade de utilização e têm se tornado uma preocupação bastante discutida no Brasil, devido à alta toxicidade de hidrocarbonetos aromáticos presentes (ANJOS, 2012).

As indústrias de petróleo lidam diariamente com problemas decorrentes de vazamentos, derrames e acidentes durante a exploração, refino, transporte e operações de armazenamento do petróleo e seus derivados (ANALÍTICA..., 2017).

A contaminação dos corpos d'água por hidrocarbonetos pode representar um risco para os ecossistemas aquáticos e para a saúde humana. Os efeitos variam dependendo do composto. Alguns hidrocarbonetos são carcinogênicos e, portanto, podem aumentar o risco de desenvolvimento de câncer (AGSOLVE, 2017). Os hidrocarbonetos monoaromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, chamados BTEX, são os componentes presentes na gasolina que possuem maior solubilidade em água e, portanto, são os primeiros contaminantes a atingirem o lençol freático (ANALÍTICA..., 2017).

A Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde, estabelece os limites permitidos para os hidrocarbonetos em água potável: 5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no caso do benzeno, 170 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para o tolueno, 200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para o etilbenzeno e 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para o xileno (SILVA *et al.*, 2010).

Em função dos BTEXs serem extremamente tóxicos à saúde humana e apresentarem toxicidade crônica mesmo em pequenas concentrações, a legislação tem se tornado cada vez mais restritiva, fazendo-se necessário o monitoramento contínuo das áreas de risco (BRITO *et al.*, 2005).

No Brasil, a implantação de postos de combustíveis tem se tornado cada vez mais rígida depois da resolução nº 273 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de novembro de 2000, a qual foi criada especificamente para postos de combustíveis, devido ao seu alto grau de periculosidade ao meio ambiente quando instalado de maneira irregular. Essa resolução obriga os donos de postos de combustíveis a adquirirem o licenciamento ambiental para seu funcionamento (MACHADO; FERREIRA, 2017).

Uma fonte de alto potencial de poluição ambiental é o armazenamento de combustíveis em tanques subterrâneos, comprometendo a qualidade do solo e das águas subterrâneas, o que é um aspecto preocupante, visto que estas águas são intensamente exploradas no Brasil (SILVA *et al.*, 2010).

As instalações inadequadas dos produtos derivados de petróleo e o não cumprimento das normas regulamentadoras podem causar danos ao meio ambiente e à saúde pública,

tornando as atividades desenvolvidas por postos de combustíveis altamente poluidoras (MACHADO; FERREIRA, 2017).

No Brasil existem cerca de 27.000 postos de combustíveis, os quais podem provocar impacto sobre os recursos aquáticos, principalmente envolvendo água subterrânea. Em função de muitos tanques terem mais de 25 anos de uso, acredita-se que a possibilidade de ocorrerem vazamentos é extremamente grande, principalmente pelo surgimento de rachaduras ou corrosão (BRITO *et al.*, 2005).

Segundo BRITO *et al.* (2005), o número de postos que apresentam problemas varia de 20 a 30% no Brasil, sendo que na maioria dos casos só se percebem os vazamentos depois da descoberta de seus efeitos.

A gasolina é um derivado do petróleo formado por uma mistura complexa de mais de 400 hidrocarbonetos provenientes de processo de refino (CULTIVAR..., 2017). Apresenta uma composição diversificada em função do seu processo de produção, das características do petróleo e dos aditivos adicionados para diminuir os efeitos ao meio ambiente, aumentar o seu desempenho e reduzir os desgastes mecânicos (ANJOS, 2012).

No Brasil, por exemplo, a gasolina é aditivada com aproximadamente (20-25%) de etanol, fato que aumenta consideravelmente a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas por BTEX. O etanol é completamente miscível em água o que faz com que, por efeito de cossolvente, aumente a solubilização e migração de BTEX (TIBURTIUS; ZAMORA; LEAL, 2003). Deste modo, as interações entre o etanol e os compostos BTEX podem causar um comportamento completamente diferente no deslocamento da pluma do que aquele observado em países que utilizam gasolina pura. Os três aspectos principais que podem afetar o comportamento dos hidrocarbonetos monoaromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno em sistemas subsuperficiais em presença de etanol são: a possibilidade do aumento da solubilidade dos BTEX em água, o provável aumento da mobilidade dos BTEX dissolvidos na água subterrânea e a possibilidade de que a presença do etanol possa dificultar a biodegradação natural dos BTEX, aumentando a persistência destes compostos na água subterrânea (CORSEUIL; MARINS, 1997).

Diversos processos são utilizados para o tratamento de água, dentre eles os processos físicos, químicos e ainda processos alternativos, como a biossorção, utilizando, por exemplo, sementes, cascas de plantas e as próprias plantas em processos adsorptivos (LIMA *et al.*, 2016).

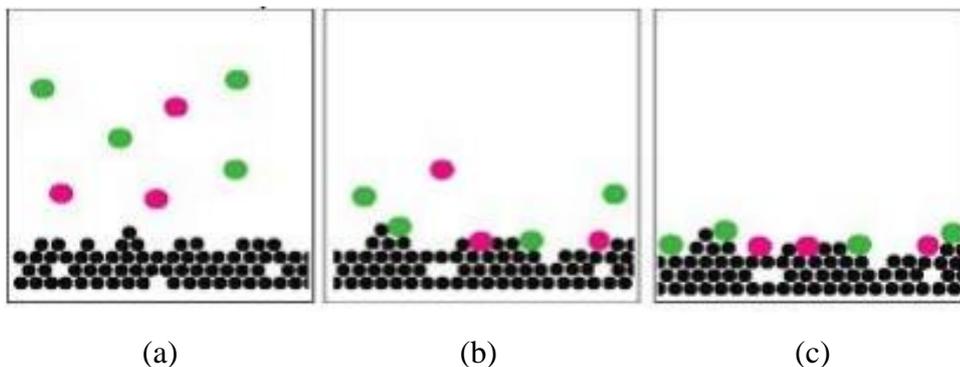
O fenômeno da adsorção é conhecido desde o século XVIII. Em 1773, C. W. Scheele observou que substâncias porosas possuíam a propriedade de adsorverem vapores. A partir

desse momento estudos começaram a ser realizados em sistemas constituídos de sólidos e gases, e posteriormente Lowitz observou o mesmo fenômeno em soluções (SILVA, 2005).

A adsorção é uma operação de transferência de massa do tipo sólido fluido na qual se explora a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em soluções líquidas ou gasosas, o que permite separá-las dos demais componentes dessas soluções (GUELFÍ; SCHEER, 2007). No processo de adsorção, o poluente químico (adsorbato) é aderido à superfície de um sólido (adsorvente), ou seja, o contaminante é transferido da fase líquida para a superfície de um material sólido (OLIVEIRA, 2015). É um dos processos mais eficientes de tratamento de águas residuárias, sendo empregado nas indústrias a fim de reduzir dos seus efluentes os níveis tóxicos ao meio ambiente (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Segundo Oliveira (2016), a adsorção, representada na Fig. 1, pode ser definida como sendo um processo no qual moléculas de um determinado material, o adsorbato, que se encontra no estado líquido ou gasoso, aderem à superfície de um material sólido, chamado de adsorvente.

Figura 1 – Representação esquemática do processo de adsorção: (a) aproximação do adsorbato ao adsorvente; (b) contato entre as moléculas do contaminante e o adsorvente (c) adsorção do adsorbato pelo adsorvente.



FONTE: LUNA, 2007.

Denomina-se de adsorvente, o sólido sobre o qual ocorre o fenômeno adsorptivo, seja, o fluido em contato com o adsorvente; e adsorbato, a(s) espécie(s) química(s) retida(s) pelo adsorvente (LUNA, 2007).

Vários são os fatores que influenciam o processo de adsorção, tais como a área superficial, as propriedades do adsorvente e do adsorbato, temperatura do sistema, natureza do solvente e pH do meio. Os processos de adsorção são resultados da combinação entre dois tipos de forças envolvidas na adsorção física ou química (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

A adsorção física é caracterizada por interações fracas, as interações de Van der Waals, interações dipolo-dipolo e dipolo-dipolo induzido entre as moléculas do adsorbato e do adsorvente. Na adsorção química, as interações adsorbato-adsorvente são muito mais fortes, envolvendo, muitas vezes, ligações químicas do tipo covalente. As moléculas envolvidas tendem a acomodarem-se nos sítios de modo a atingir o número de coordenação máximo com o substrato (OLIVEIRA, 2016).

A cinética de adsorção descreve a velocidade de remoção do soluto, sendo dependente das características físicas e químicas do adsorbato, adsorvente e sistema experimental. A cinética permite ainda determinar a quantidade de soluto que é retirada de uma solução com relação ao tempo (SALVADOR, 2009).

A cinética de adsorção é determinada para estabelecer o tempo de contato ideal entre o adsorvente e o adsorbato, em que a influência do tempo de contato entre eles vise obter um tempo de agitação “ótimo” para o contato do adsorbato como adsorvente (ZEFERINO; FREITAS, 2013).

Para os estudos de adsorção, a avaliação do equilíbrio é fundamental para o entendimento dos processos. Os dados de equilíbrio de adsorção são importantes para determinar o quanto de adsorbato pode ficar retido no material adsorvente (LUNA, 2007).

Em um processo de adsorção, o equilíbrio do sistema é alcançado quando não há mudanças líquidas nas concentrações do adsorbato na fase sólida e do soluto na solução. O equilíbrio reflete a capacidade e/ou a afinidade de um adsorvente por um soluto, sob um dado conjunto de condições em que o sistema é submetido (SILVA, 2005).

A partir da informação obtida por meio isoterma de adsorção, é possível estimar a quantidade total de adsorvente necessária para um determinado processo (LUNA, 2007).

Diferentes biomassas têm sido avaliadas como adsorventes. Os biossorventes são materiais orgânicos de origem vegetal, animal ou microbiana que possuem propriedades adsorventes. Esses materiais podem ser oriundos da natureza, sem intervenção humana, produzidos, a fim de serem comercializados ou resíduos da agricultura. (RAULINO, 2016).

A região semiárida do Nordeste do Brasil é caracterizada pela instabilidade climática, o que limita as atividades agropecuárias. Apresenta como fator de destaque o clima, responsável pela variação de outros elementos que compõem as paisagens. Ao clima estão adaptados a vegetação e os processos de formação do relevo; os solos são geralmente pouco desenvolvidos em função da escassez das chuvas (ARAÚJO, 2011).

Com relação ao Estado da Paraíba, a área do Semiárido é da ordem de 48.785 km² que corresponde a 86% da área do estado e comporta 170 municípios. Nos anos 90, o semiárido

paraibano já tinha uma porção afetada por processos de desertificação, já eram mais de 2,8 milhões de hectares, o que correspondia a 49% da área do estado. Sua vegetação nativa tem sido bastante modificada pelo homem. Os solos vêm sofrendo um processo intenso de desertificação devido a substituição da vegetação natural por campos de cultivos e pastagens (SÁ *et al.*, 2013).

Em relação ao semiárido paraibano, existe uma enorme diversidade de biomassas disponíveis a partir da vegetação local, sendo de fácil acesso, baixo custo e de boa qualidade. Dentre os diversos tipos de vegetação presentes no semiárido paraibano, a vagem de feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) se torna uma alternativa de biomassa utilizada para a adsorção de compostos hidrogenocarbonados presentes nos fluidos hídricos.

Os historiadores atribuem a disseminação dos feijões no mundo em decorrência das guerras, uma vez que esse alimento fazia parte essencial da dieta dos guerreiros em marcha (CORREPAR..., 2017).

O feijão-vagem é um alimento consumido em diversos países. No Brasil ocupa sexta posição em volume produzido, com produção de 56 mil t/ano (CAMPO & NEGÓCIO..., 2017).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão apresentando grande importância na cultura alimentar e na economia agrícola. Após a colheita e debulhagem dos grãos sobra o resíduo constituído de palha ou vagem que podem ser usadas como biomassa para remoção de poluentes (RAULINO, 2016).

O feijão é colhido e debulhado da vagem de forma manual ou por meio do uso de máquinas. Após a colheita e debulhagem dos grãos, sobra a palha, ou seja, o resíduo da produção de feijão. Assim, esse resíduo da produção do feijão possui grande potencial como biomassa adsorvente, devido as suas características e ao volume produzido anualmente (RAULINO, 2016).

O feijoeiro comum é uma planta herbácea, pertencente à família *Fabaceae*, que compreende as leguminosas, sub-família *Faboideae*, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris L.* (SANTOS; GAVILANES, 2006).

A planta apresenta caule volúvel, folhas trifolioladas e raízes superficiais, os frutos são vagens que apresentam polpa espessa e carnosa (Fig. 2). As vagens devem ser colhidas em seu ponto máximo de desenvolvimento, antes que se tornem fibrosas e com sementes salientes (ABREU *et al.*, 2004).

Figura 2 – Imagens do feijão *Phaseolus Vulgaris L.*: (a) planta; (b) vagem.



(a) planta



(b) vagem

FONTE: <https://waste.ideal.es/phaseolusvulgaris.htm>, 2019.

Uma das características de maior relevância para que o feijão-vagem apresente boa aceitação comercial é o teor de fibras presente na vagem. Embora essa característica esteja sendo estudada, há carência quanto à quantificação e o teor de fibras presentes, em razão dessas pesquisas serem recentes (FRANCELINO *et al.*, 2011; FILGUEIRA, 2003, LONDERO *et al.*, 2008).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência adsorviva da vagem do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), obtida a partir de secagem natural, quando utilizada para remoção de gasolina presente em corpos d'água.

METODOLOGIA

O contaminante utilizado no experimento foi a gasolina, obtida de postos de combustíveis do município de Sumé-PB. Como adsorvente foi utilizada a vagem de feijão (*phaseolus vulgaris l.*) na forma particulada.

A metodologia utilizada foi baseada no procedimento realizado por LIMA *et al.* (2014), que utilizou o mandacaru (*Cereus jamacaru*) na forma particulada para remoção da mistura gasolina/óleo diesel por meio do processo de adsorção.

A primeira atividade realizada foi a preparação da biomassa vagem de feijão (*phaseolus vulgaris l.*), em que o material coletado, a vagem, foi obtida da zona rural da cidade do Congo-PB; em seguida, exposta a céu aberto para que toda a água do material fosse evaporada (Fig. 3).

Figura 3 – Vagem de feijão seca.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

Seguiu-se com a trituração em moinho de facas, conforme mostrado na Fig. 4.

Figura 4 – Cominuição da biomassa para forma de pó por meio do moinho de facas.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

Após a cominuição, o material foi submetido a peneiramento para obter uma granulometria 1 mm, conforme mostrado na Fig. 5.

Figura 5 – Biomassa vagem de feijão peneirada, com granulometria de 1 mm.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

ESTUDO DA CINÉTICA

Para o estudo da cinética de adsorção foram preparados 12 frascos Erlenmeyer (Fig. 6), os quais continham quantidades fixas de água e gasolina, 40 e 12 mL, respectivamente. Em seguida, colocados em mesa vibratória, sob agitação de 130 rpm. Foi acrescentada a mesma quantidade do adsorvente para cada frasco (1,2 g). Foram avaliados tempos entre 5 e 60 minutos, com intervalo de cinco minutos para cada Erlenmeyer. Após o tempo de agitação, as amostras foram filtradas em peneira comum, de maneira que o adsorvente ficasse retido na peneira e a fase líquida escoasse. A aferição volumétrica das amostras foi feita em provetas de 100 mL, após o tempo de contato entre o adsorbato e o adsorvente, em que se determinou o volume de gasolina adsorvida e, em seguida, a massa do adsorvente foi determinada em balança analítica.

Figura 6 – Preparação dos frascos Erlenmeyer.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

ESTUDO DO EQUILÍBRIO

Para o estudo do equilíbrio, 12 frascos Erlenmeyer foram preparados contendo água e gasolina com faixa de concentração entre 5 e 60 % com variação de 5% para cada frasco, mantendo a mesma quantidade de adsorvente em todos os frascos (1,2 g), sob agitação de 130 rpm, pelo tempo de 1 hora (Fig. 7). Em seguida, filtrada a amostra com o auxílio da peneira comum e realizada a aferição volumétrica na proveta e, ao final, determinada a massa do adsorvente.

Figura 7 – Frascos Erlenmeyer contendo a mistura água, óleo e biomassa sob agitação em mesa vibratória a 130 rpm.



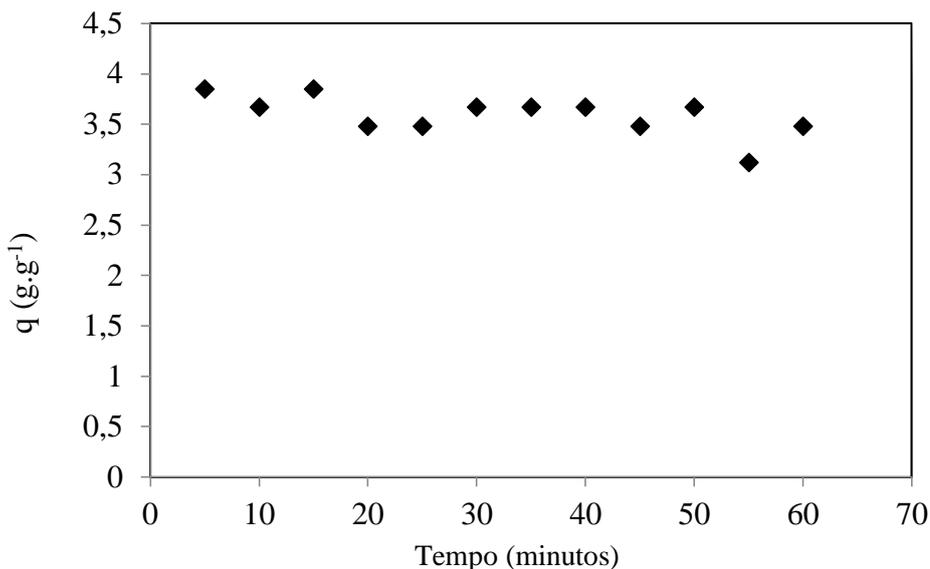
FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESTUDO DA CINÉTICA

A partir dos dados obtidos a partir dos experimentos realizados para a cinética de adsorção, foi construída a curva referente à quantidade de gasolina adsorvida em relação ao tempo de contato e agitação, apresentada na Fig. 8. A quantificação foi feita por meio de medição volumétrica em proveta graduada de 100mL.

Figura 8 – Curva da cinética para adsorção de gasolina pela biomassa vagem de feijão.



FONTE: Arquivo dos autores, 2018.

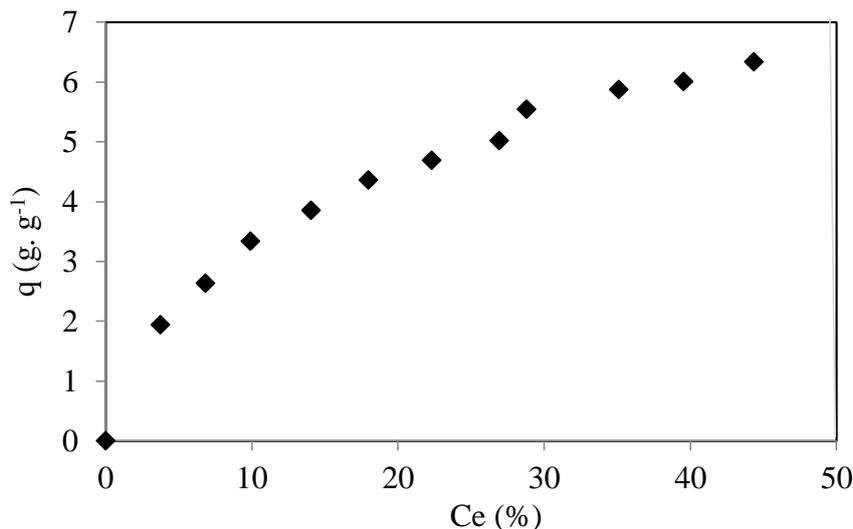
A partir da Fig. 8, pode-se observar que a biomassa conseguiu adsorver gasolina nos primeiros minutos de contato gasolina/biomassa, sendo a maior adsorção nos tempos de 5 e 15 minutos, com valor máximo de adsorção de 3,85 (g.g⁻¹). Observaram-se também valores próximos de adsorção a partir do tempo de 20 minutos, sendo a adsorção menos eficiente no tempo de 55 minutos. Sendo assim, a adsorção é mais eficiente no início do processo.

O processo de adsorção foi satisfatório, tendo satisfatória redução da concentração do poluente na solução, conforme a literatura prevê (LIMA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2018), havendo pequenas variações ao longo do tempo

ESTUDO DO EQUILÍBRIO

A partir dos dados obtidos nos experimentos, foi construída a curva do equilíbrio referente aos resultados obtidos, variando as concentrações de 5 a 60%, apresentada na Fig. 9. A quantificação foi feita em proveta volumétrica de 100 mL.

Figura 9 – Estudo do equilíbrio para a biomassa da palha de feijão seca ao natural.



FONTE: Autoria própria, 2017.

O estudo do equilíbrio foi realizado visando à determinação da capacidade máxima de adsorção do adsorvente utilizado. A partir da Fig. 9, pode-se observar que a capacidade máxima de adsorção da vagem do feijão foi de 6,34 g.g⁻¹. A partir dos resultados obtidos, comparando-se com Cavalcante (2017), que obteve capacidade máxima de adsorção de 7,04 g.g⁻¹, pode-se considerar que a biomassa vagem de feijão apresenta eficiência na remoção de gasolina presente em corpos d'água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados avaliados, pode-se concluir que, na cinética de adsorção, a biomassa conseguiu adsorver contaminante logo nos primeiros minutos de contato da gasolina com a biomassa, com valor máximo de adsorção de 3,85 (g.g⁻¹) no tempo de cinco minutos.

A partir da curva do equilíbrio foi determinada a capacidade máxima de adsorção no valor de 6,34 g.g⁻¹.

Com isso, a vagem de feijão pode ser classificada como um material eficiente para a remoção de gasolina presente em água, utilizando-se a técnica de adsorção, visto que conseguiu adsorver o contaminante sendo, também, um material economicamente viável para o processo.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. B.; LEAL, N. R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília: 2004. v.22, n.3. jul-set. p.547–552.

AGSOLVE. Disponível em: www.agsolve.com.br. Acesso em: Maio de 2017.

ANALÍTICA AMBIENTAL. Disponível em: www.analiticaambiental.com.br. Acesso em: Maio de 2017.

ANJOS, R. B. **Avaliação de HPA e BTEX no solo e água subterrânea, em postos de revenda de combustíveis: estudo de caso na cidade de Natal- RN**. Dissertação de mestrado (Ciência e Engenharia de Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal- RN, 2012.

ARAÚJO, S. M. S.; **A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos**. Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE. Ano 5. Nº 5. Universidade Federal de Campina Grande UFCG - PB, 2011.

BRITO, F. do V.; OLIVEIRA, A. S.; NEVES, H. C.; AZEVEDO, J. A. T.; BHERING, D. L.; REIS, S. M.; MACHADO, M. C. S.; AZEVEDO, G. C.; CARVALHAES, G. K. **Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil**. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. Salvador- BA, 2005.

CAMPO & NEGÓCIO. **Produção de feijão-vagem no Brasil**. Disponível em: www.revistacampoenegocios.com.br. Acesso em: Setembro de 2017.

CAVALCANTE, L. E. **Avaliação do Processo de Adsorção de Contaminantes Orgânicos em Água, Utilizando Casca da Palma Forrageira (*Opuntia Ficus*) Como Biomassa para sua Remoção**. Monografia (Graduação), Campina Grande – Paraíba, 2017.

CORREPAR. **História do feijão**. Disponível em: www.correpar.com.br. Acesso em: Setembro de 2017.

CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. **Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave?** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 2, Nº 2, p. 50-54, 1997.

CULTIVAR. Disponível em: www.grupocultivar.com.br. Acesso em: Maio de 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**, 2 ed., Viçosa-MG: Editora UFV, 2003, 412p.

FRANCELINO, F. M. A.; GRAVINA, G. A.; MANHÃES, C. M. C.; CARDOSO, P. M. R.; ARAÚJO, L. C. Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense, **Revista Ciência Agrônômica**, 42: 554-562, 2011.

GUELFY, L. R.; SCHEER, A. P. **Estudo de adsorção para purificação e separação de misturas na indústria petrolífera**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba- PR, 2007.

LIMA, L. M. R.; COSTA, K. J. B.; OLIVEIRA, E. D. C.; OLIVEIRA, E. K. G.; SANTOS, T. C.; SILVA, V. L. M. M. Utilização do mandacaru (*Cereus jamacaru*) como biomassa adsorvente de gasolina presente em corpos d'água, **X Encontro Brasileiro sobre Adsorção**, Guarujá – SP, 2014.

LIMA, L. M. R.; TAVARES, D.; OLIVEIRA, F. J. C.; SILVA, J. L. B. C.; MARTINS, T. D. N.; LIMA, M. R. **Avaliação do poder adsorptivo da palma forrageira (*Opuntia ficus*) para remoção de contaminantes hidrogenocarbonados em águas de descarte.** In : XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Fortaleza- CE, 2016.

LIMA, L. M. R.; SILVA, J. L. B. C. da; CAVALCANTE, L. E.; SILVA, E. D. A. F. da; LIMA, L. M. R. L., **Avaliação do poder adsorptivo da palma forrageira (*Opuntia tuna mill*) sem casca para uso na remoção de gasolina comum em corpos d'água,** In: III Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e V Workshop de Engenharia de Petróleo, Salvador-BA, 2018.

LUNA, F. M. T. **Estudos de adsorção de poliaromáticos em materiais nanoporosos.** Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- CE, 2007.

MACHADO, F. H.; FERREIRA, O. M. **Postos de combustíveis: quantificação e qualificação da atividade no município de Goiânia.** Universidade Católica de Goiás. Goiânia- GO, 2017.

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais.** 256 p. Fortaleza, 2014.

OLIVEIRA, E. S. **Avaliação da adsorção da ortofenantrolina na perlita expandida utilizando a termogravimetria e espectrofotometria de absorção molecular UV-VIS.** Relatório de estágio (Bacharel em Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Instituto de Química. Natal- RN, 2016.

OLIVEIRA, L. H. **Tratamento de água produzida contaminada com óleo diesel utilizando adsorventes funcionalizados.** Doutorado (Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2015.

PEREIRA, R. S. **Poluição hídrica: causas e consequências.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS v. 1 n. 1 p. 20-36. 2004.

RAULINO, G. S. C. **Biossorção em sistema multielementar dos íons Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} e Zn^{2+} em solução aquosa usando a vagem seca do feijão (*phaseolus vulgaris l.*) modificada: otimização usando planejamento fatorial.** Tese de doutorado (Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- CE, 2016.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMONT, M. A.; **Mapeamento da desertificação do semiárido paraibano com base na sua cobertura vegetal e classes de solos.** Embrapa Semiárido. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu - PR, 2013.

SALVADOR, G. **Estudo da adsorção de cobre (II) usando como adsorvente pó da casca de coco verde ativada com hidróxido de sódio.** Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2009.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. **Botânica.** In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). Feijão. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. p.41-66.

SILVA, A. T. **Influência da temperatura na adsorção do corante azul de metileno utilizando serragem de *Pinus elliottii* como um adsorvente alternativo: um modelo para o tratamento de efluentes têxteis.** Monografia (Bacharel em Química) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis- SC, 2005.

SILVA, M. L. R.; FAZZIO, A. L.; FREIRE, C. C.; FERREIRA, I. V. L. **Postos de combustíveis e contaminação das águas subterrâneas: aspectos legais.** IV Congresso de Engenharia, Ciência e Tecnologia, 2010.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P.; LEAL E. S. **Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados.** Química nova. Vol. 27, Nº 3, p. 441-446, 2003.

ZEFERINO, L. F.; FREITAS, P. A. M.; **estudo cinético da adsorção do corante indigo blue (2,2'- bis - 2,3 - diidro - 3 - oxoindolilideno) em fibras de casca de coco verde (*cocos nucifera l*).** Escola de Engenharia Mauá, 2013.

<https://waste.ideal.es/phaseolusvulgaris.htm>, Acesso em: Setembro de 2019.

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE NAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE NATAL/RN: ESTUDO DE CASO NAS PRAIAS DO FORTE E REDINHA NO PERÍODO DE 2010 A 2016¹

Juliana Rayssa Silva Costa²
Fernando Moreira da Silva³
Lanusse Salim Rocha Tuma⁴
Franklim Mendonça Linhares⁵

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar as condições de balneabilidade em praias na cidade do Natal/RN por meio de levantamento bibliográfico e análise mensal da balneabilidade no período de 2010-2016 nas praias da Redinha e do Forte, situadas no município de Natal/RN, tendo como parâmetro a resolução CONAMA nº 274/2000. A metodologia é baseada no levantamento bibliográfico sobre o tema “balneabilidade em praias na cidade do Natal/RN” em bibliotecas virtuais de instituições de ensino superior (públicas e privadas); realização da estatística descritiva e da precipitação no período de 1984 a 2017 obtidos na Estação Climatológica na UFRN em Natal, para avaliação do comportamento e relacioná-los com a balneabilidade das praias em estudo; captura de 372 resultados da análise microbiológica da água dos locais em estudo, extraídos de Macedo *et al.* emitidos de dezembro de 2009 a janeiro de 2017. Os resultados indicaram que os locais (NA-12; NA-14 e NA-15) possuem boa qualidade ambiental, exceto o NA-13 - praia da Redinha – Rio Potengi. Dentre estes, o NA15 - Redinha Barracas e o NA-14 Redinha - Igreja, respectivamente, apresentaram as melhores condições de balneabilidade durante o período analisado. Admite-se que há relação entre o aumento da precipitação como a elevação da quantidade de coliformes termotolerantes, bem como essa elevação não ocorre apenas no período chuvoso, mas também no período seco. Esta consideração só foi possível de ser verificada, em virtude da análise ter sido mensal e não anual, conforme os 04 estudos realizados sobre balneabilidade em Natal.

Palavras-chave: Poluição; Qualidade da água; Monitoramento; Gestão Territorial.

INTRODUÇÃO

¹ Projeto de Pesquisa.

² Discente do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, julianacosta.rn@gmail.com;

³ Docente do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, fernandoxmoreira@bol.com.br;

⁴ Docente do Curso de Geografia da Universidade Estadual da Paraíba - UFPB, lanussetuma@yahoo.com.br;

⁵ Técnico da Secretaria de Meio Ambiente do município do Conde/PB, franklinlinhares.geo@gmail.com;

A zona costeira (interface entre o ar, terra e mar) é um espaço bastante usado para o desenvolvimento humano, pois neste há lazer, entretenimento, obtenção de alimentos, transporte marítimo, instalação de portos, extração mineral, turismo e dentre outros.

Segundo Loureiro Filho (2014), no Brasil a zona costeira é a faixa de urbanização mais antiga do país, pois, dos dezoito primeiros núcleos fundados pelos portugueses, apenas São Paulo não se encontrava à beira-mar. Além disto, o processo de ocupação da zona costeira brasileira é composto por uma sucessão de ciclos, iniciado com a colonização da borda litorânea ainda no Século XVI, seguido do desenvolvimento da indústria do turismo em meados do Século XX, culminando com a instalação da atividade extrativista de petróleo e gás.

Conforme IBGE (2011) devido a fatores históricos relacionados à ocupação do território brasileiro e seguindo a tendência mundial da população em ocupar predominantemente áreas próximas ao litoral, o Brasil apresenta, de acordo com o Censo Demográfico em 2010, cerca de 50,7 milhões de pessoas (26,58%), em 17,4 milhões residências (dos quais 9,2% são de uso ocasional) e em 463 municípios da zona costeira. Destaca-se, ainda, que este último percentual nos outros municípios é de apenas 4,6%.

Contudo, em virtude dos diversos usos (residências, hotéis, pousadas, comércios, indústrias, portos, turismo) e por possuir diversos ecossistemas nesta (dunas, mangues, lagunas, desembocaduras de rios etc.), esta é considerada uma área frágil, devido à intensificação do processo de ocupação, bem como um crescente fluxo turístico e de infraestruturas para atenderem a estes casos.

Conforme CIRM e GI-GERCO (2005) essas atividades aceleram a expansão urbana irregular e todos os problemas dela decorrentes, como o lançamento de esgotos e efluentes industriais (com despejos diários estimados em três mil toneladas), além da ocupação em áreas públicas e de patrimônio da união e das faixas marginais dos corpos d'água. Os esgotos urbanos e efluentes industriais afetam diretamente todas as outras atividades realizadas na região costeira, notadamente a agricultura, o turismo, o lazer, a pesca, a aquicultura e a atividade portuária. Os investimentos insuficientes em saneamento básico, tratamento de esgotos e de efluentes industriais acabam causando ao país prejuízos de bilhões de reais, além de enormes riscos à saúde pública (CIRM e GI-GERCO, 2005).

Devido a estes fatores, torna-se assim indispensável conhecer diversos aspectos existentes nas praias (físicos, químicos, naturais, antrópicos, outros), para que assim possa contribuir com o equilíbrio socioambiental destas.

As praias do Estado do Rio Grande do Norte destacam-se pela beleza, águas cristalinas, limpas e mornas, além da existência de clima convidativo, atraindo assim os turistas no Estado, fazendo com que contribua de forma expressiva para o desenvolvimento socioeconômico regional. Além de grande atração turística, as praias são também utilizadas como importantes áreas de recreação e lazer nos centros urbanos (PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2017).

Tendo em vista que, o município de Natal possui várias praias (Ponta Negra, Via Costeira, Mãe Luiza, Miami, Areia Preta, dos Artistas, do Meio, do Forte e Redinha), que de acordo com a tese de Donegan (2016), visões gerais apontam a Praia da Redinha como remota e popular. A Praia do Forte costumava ser boa, agora em decadência e usada por pessoas locais. A Praia de Ponta Negra como a preferida da classe média e de turistas, tendo como marco principal o Morro do Careca.

Além disto, estas situam-se em áreas urbanizadas, com presença de diversas estruturas de turismo e lazer e demais fatores que influenciam na balneabilidade que segundo Aureliano (2000) são: política de desenvolvimento aplicada excessivamente econômica; baixa cobertura da rede de esgotos estatal, bem como dificuldades operacionais da concessionária estadual de esgotos; ligações clandestinas de esgotos nas galerias de águas pluviais, córregos, canais, maceiós, entre outros; baixa cobertura do sistema privado de tratamento de esgotos, bem como problemas de operação dos existentes; baixos índices de educação sanitária e ambiental; baixa eficiência no controle das fontes poluidoras e baixo envolvimento da sociedade na solução dos problemas ambientais costeiros.

Diante do exposto, faz necessário analisar o comportamento mensal da balneabilidade (forma de mensurar e monitorar a densidade de coliformes em cursos, corpos e praias) e os fatores que a influênciam nas praias do município do Natal.

De acordo com a Martins *et al.* (2017), as altas densidades de coliformes termotolerantes (anteriormente denominados coliformes fecais), a bactéria *Escherichia coli* (grupo majoritário dentre os coliformes) e os *enterococos* do grupo dos estreptococos fecais em águas marinhas indicam um elevado nível de contaminação por esgotos, o que poderá colocar em risco a saúde dos banhistas. As consequências dependem basicamente da saúde da população que gera esses esgotos; das condições de exposição à água (concentração do microrganismo na água, tipo de microrganismo presente na água, frequência de contato com o mar, tempo que o banhista permanece na água e intensidade do contato) e do estado imunológico do banhista. No entanto, a presença dessas bactérias nas águas não confere a

estas uma condição infectante. Estas não são por si só prejudiciais à saúde humana; indicam apenas a possibilidade da presença de quaisquer organismos patogênicos de origem fecal.

Contudo, conforme exposto e segundo Andrade, *et al.* (2012) o tema balneabilidade apresenta uma enorme importância social, pois possui uma relação direta com os problemas de saúde pública e a degradação do meio ambiente.

Devido à importância da verificação da balneabilidade e visando contribuir com pesquisas que auxiliem na avaliação e prevenção da saúde pública e gestão territorial, é importante ressaltar que os resultados obtidos servem de base para o planejamento de ações estratégicas visando à melhoria da qualidade das águas das praias e saúde da população que usufrui de tal recurso. Além disto, até o presente momento desconhece-se publicação sobre análise multitemporal mensal da balneabilidade em praias do município de Natal no período de 2010 a 2016, bem como levantamento bibliográfico das pesquisas realizadas sobre condições de balneabilidade em praias na cidade do Natal/RN.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral expor as condições de balneabilidade em praias na cidade do Natal por meio de levantamento bibliográfico e análise mensal destes no período de 2010-2016 em duas praias (Redinha e do Forte) situadas na zona sul da capital Natal/RN tendo como parâmetro a resolução CONAMA nº 274/2000.

E como objetivos específicos visam mostrar resultados de pesquisas que abordam sobre a balneabilidade em praias na cidade do Natal/RN; realização de estatística descritiva das precipitações (máxima, média e mínima) no período 1984 a 2017 e das médias desta variável na mesma temporada dos dados de coliformes termotolerantes dos locais em estudo (2010 a 2016); realização da quantificação por mês no período de 2010 a 2016 dos coliformes termotolerantes nos locais em estudo e quantificação das categorias simplificadas dos dados de coliformes termotolerantes (qualificação da balneabilidade) das praias averiguadas.

METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico sobre o tema “balneabilidade em praias na cidade do Natal/RN” consistiu no levantamento de publicações existentes sobre esta temática nas bibliotecas virtuais de instituições de ensino superior tanto públicas como privadas que tem cursos na área ambiental no estado do Rio Grande do Norte (RN), tais como: UFRN, IFRN, UERN, UnP, UNINASSAU e dentre outras.

E o levantamento bibliográfico sobre balneabilidade em praias no Brasil foi realizado na internet, no qual foram verificados artigos, relatórios técnicos, monografias, dissertações, teses e livros, cujos autores estão expostos ao longo deste trabalho.

Obtiveram-se dados das precipitações mínimas, médias e máximas por meio do Coordenador da Estação Climatológica da UFRN, os quais correspondem ao período de 1984 a 2017 (33 anos), capturados por pluviômetro localizado na Estação Climatológica na UFRN em Natal (05°55' Latitude Sul, 35°12' Longitude Oeste), para verificação do período seco e chuvoso no município.

Com estes foram realizados a estatística descritiva, os quais foram trabalhados no programa computacional *Excel*, com o intuito de expor o comportamento das médias de precipitações médias, mínimas e máximas no período de 2010 a 2016 (mesma temporada dos dados de coliformes termotolerantes dos locais em estudo), visando comparar tais desempenhos e relacioná-los posteriormente com a quantificação dos coliformes termotolerantes obtidos em Macêdo *et al.* (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016).

Quanto à análise da balneabilidade das praias da Redinha e do Forte foi analisada a partir da captura de 372 resultados da análise microbiológica da água (coliformes termotolerantes por 100 ml) denominados de boletins de balneabilidade, emitidos de dezembro de 2009 a janeiro de 2017, sendo 52 boletins anuais (2010 a 2016) referente à quantidade de semanas do ano e mais 04 boletins do mês de dezembro de 2009 e 04 boletins do mês de janeiro de 2017, conforme orienta a Resolução CONAMA 274/2000.

Os dados destes boletins encontram-se compilados em 06 (seis) documentos denominados de “Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte”, sendo cada um deste com dados de 2010 a 2016, os quais foram elaborados por Macêdo *et al.* (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016) e coletados no site do Programa Água Azul.

Quanto aos pontos de coleta de amostra de água escolhidos para análise (locais de monitoramento), cujos resultados são expostos em Macedo *et al.* (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016), totalizam 04 locais, sendo três destes situados na praia do Forte (NA-12) e um na praia da Redinha (NA-13, NA-14 e NA-15), cujas coordenadas geográficas em UTM são visualizadas na Tabela 2 e a espacialização de tais pontos são vistos na Figura 1.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos locais onde são coletadas amostras de água para análise da balneabilidade das praias em estudo.

Estação de monitoramento	Praia/local da coleta	Coordenadas UTM	
		Leste	Sul
NA-12	Praia do Forte	256678	9362510
NA-13	Praia da Redinha – rio potengi	255996	9363613
NA-14	Praia da Redinha - igreja	256049	9363809
NA-15	Praia da Redinha - barracas	255859	9365009

Fonte: Macedo *et al.* (2010).

Figura 1. Espacialização dos pontos de coleta de amostras de água para monitoramento do Programa Água- Azul – Balneabilidade e em análise no presente estudo.



Fonte: Os Autores, fev. 2018.

Em seguida os dados dos boletins de balneabilidades citados foram tabulados no programa *Excel*, realizando estatística descritiva (média aritmética), bem como, a classificação (qualificação) dos coliformes termotolerantes, expondo-os por meio de gráficos e tabelas, para uma melhor análise e compreensão dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se realizar o levantamento bibliográfico sobre a balneabilidade de praias em Natal/RN, foram analisados 04 (trabalhos científicos), sendo 01 (uma) dissertação, 01 (um) artigo em periódico e 02 (duas) monografias.

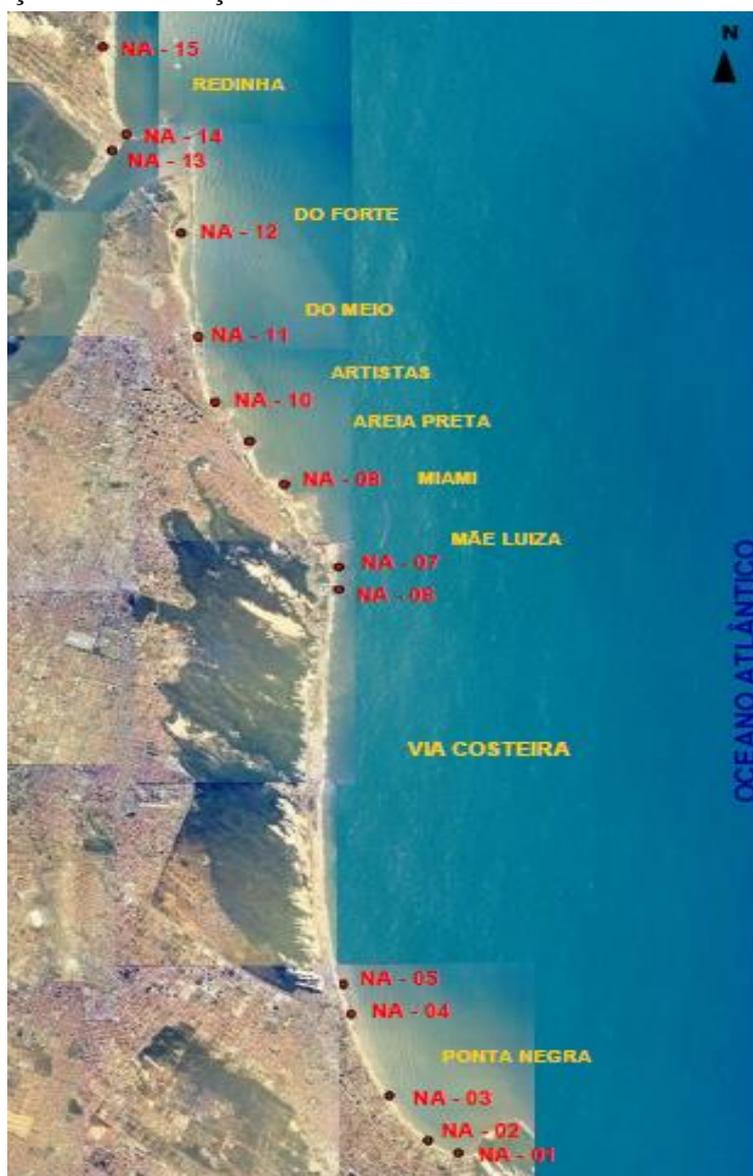
A dissertação de Sales (2006) expõe o levantamento sistemático das condições de balneabilidade, conforme critérios determinados pelo CONAMA – Resolução N°274/2000, em 15 pontos de coletas distribuídos ao longo da costa natalense com o apoio do Programa Estadual “Água-Viva”, atualmente chamado como Água Azul (Figura 2).

Numa análise geral dos resultados de Sales (2006), observou-se que em dias com alta incidência de chuvas, coincidindo e/ou antecedendo as coletas de amostras, o resultado do número mais provável de coliformes fecais apresentou-se elevado em relação aos dias com baixa incidência de chuva. Por conseguinte, a maior vazão de água nas tubulações de drenagem pluvial possivelmente provocou arraste de material orgânico depositado em seu interior e, conseqüentemente, o envio para as praias.

Segundo Sales (2006) pesquisas mostram que as alterações da qualidade bacteriológica nas águas das praias, devido ao escoamento superficial, são provocadas por precipitações e/ou estas sendo elevadas, conforme observado pela CETESB (1994, 1997), no litoral do estado de São Paulo e também por Santos e Reis (1998) em trabalho desenvolvido na praia de Cruz das Almas, litoral norte da cidade de Maceió-AL.

Quanto ao artigo elaborado por Valadão e Araújo (2012) exhibe as condições de balneabilidade foram investigadas a partir dos limites de coliformes fecais encontrados em amostras coletadas em sete estações de monitoramento (NA-01 - Ponta Negra/Morro do Careca, NA-02 - Ponta Negra/Acesso Principal, NA-03 - Ponta Negra/Free Willy, NA-04 - Ponta Negra/Final do Calçadão, NA-05 - Via Costeira/Cacimba do Boi, NA-06 - Via Costeira/Barreira d'Água e NA-07 - Via Costeira/Mãe Luíza) ao longo do período de 2004-2009, no município de Natal-RN.

Figura 2. Localização das 15 Estações de monitoramento de balneabilidade em Natal/RN.



Fonte: Sales, 2006.

Segundo Valadão e Araújo op. cit. as análises da evolução temporal das condições de balneabilidade, bem como dos percentuais anuais obtidos para as situações em que a praia foi classificada como PRÓPRIA para banho, foram realizadas segundo critérios estabelecidos pela resolução CONAMA nº 274/2000. Os resultados indicaram que, com exceção da praia da Via Costeira/Mãe Luiza (NA07), as demais praias de Natal possuem boa qualidade ambiental. As praias Barreira d'Água (NA06) e Cacimba do Boi (NA05), ambas localizadas na Via Costeira, destacaram-se por apresentar as melhores condições de balneabilidade. Seus percentuais anuais de condições PRÓPRIAS para banho foram superiores a 98% e 92%, respectivamente, para todos os anos analisados. Por outro lado, a praia da Mãe Luiza (NA07) continuamente apresentou números máximos prováveis de coliformes fecais extremamente

elevados, caracterizando uma situação de constante contaminação e degradação ambiental, pois segundo a Start Pesquisa e Consultoria Técnica Ltda (2016) este bairro não apresentava esgotamento sanitário. Embora a precipitação seja um dos fatores que pode influenciar a qualidade ambiental de uma praia, não foi possível estabelecer uma relação direta entre precipitação semanal e quantidade de coliformes fecais para as estações analisadas.

No âmbito da monografia de Vicente (2017) este apresenta resultados da avaliação das condições de balneabilidade de praias urbanas de Natal/RN, nos Pontos NA-07 - Via Costeira/Mãe Luíza ao NA-12 – Do Forte e da avaliação da influência da presença de ligações clandestinas de esgoto nas praias, associada à precipitação, na qualidade das águas das referidas praias para o período de junho/2016 a maio/2017. Para obtê-los, foram utilizados os boletins de balneabilidade do Programa Água Azul, precipitação da EMPARN e o quantitativo de galerias obtido ao visitar cada uma das praias objeto de estudo. Com esses dados, criou-se análises comparativas capazes de verificar, se a concentração de coliformes termotolerantes obtidas possuem oscilações em comum acordo com a precipitação ou com conforme aumenta o número de galerias. Porém, os resultados não foram favoráveis a hipótese e por isso, foi verificada a correlação dessas variáveis e calculado o coeficiente de Pearson, que demonstrou, que a concentração de coliformes termotolerantes associada apenas a uma dessas variáveis, não possuem correlação. Foi verificado, que as oscilações bruscas dessa concentração podem estar associadas a influência da direção das correntes marítimas e de ar e as condições de maré. De acordo com a localização das galerias e dos pontos de coleta do Programa Água Azul, acredita-se que esses fatores, associados às variáveis estudadas, são os responsáveis pelos aumentos bruscos nas concentrações de coliformes termotolerantes.

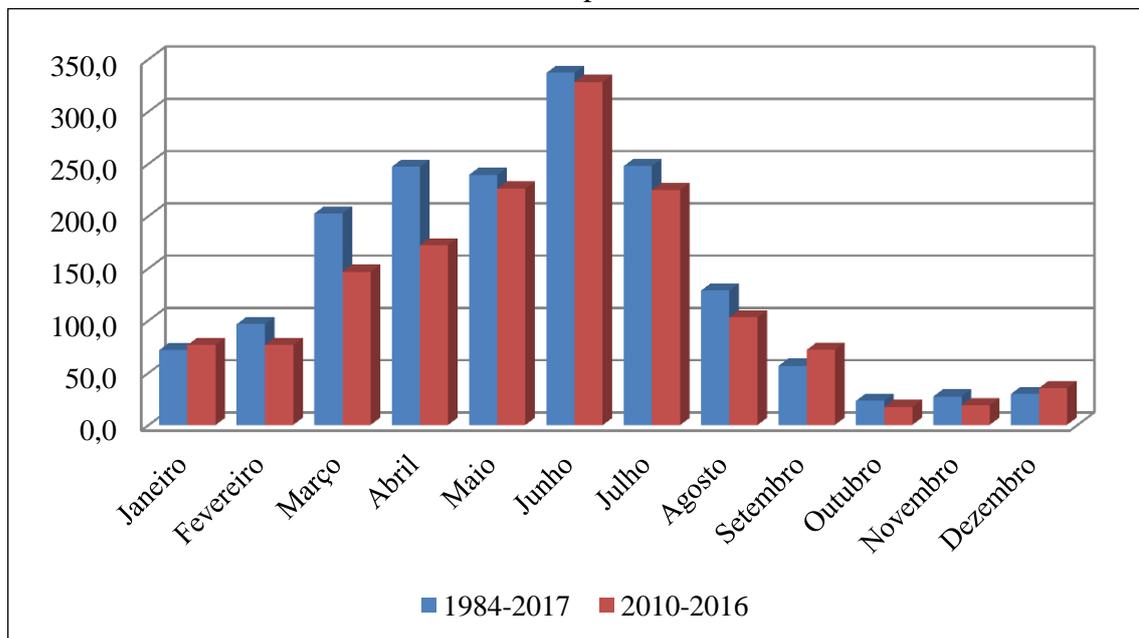
E a outra monografia de Almeida (2017) mostra as condições de balneabilidade em duas praias (Redinha e do Forte) situadas no município de Natal/RN, no período de 2010 a 2016, por meio da análise dos coliformes termotolerantes, tendo como parâmetros a resolução CONAMA nº 274/2000 e metodologia da Companhia Ambiental do Estado do São Paulo - CETESB (2005). A metodologia utilizada é baseada na captura de resultados da análise microbiológica da água da praia expostos em 52 boletins de balneabilidade por ano analisado, totalizando 312 destes, os quais foram retirados do site do Programa Água Azul e são provenientes de quatro locais, sendo três destes situados na praia da Redinha (NA-13, NA-14 e NA-15) e um na praia do Forte (NA-12). Em seguida, tais dados foram tabulados no *software Excel*, do pacote *office*, realizando estatística descritiva destes e classificando-os em critérios estabelecidos pela resolução CONAMA nº 274/2000 como excelente, muito boa,

satisfatória e impróprio e Índice de Balneabilidade da CETESB (2005) como ótima, boa, regular e má. Os resultados indicaram que, com exceção do ponto NA-13 (praia da Redinha – Rio Potengi), os demais pontos estudados NA-12, NA-14 e NA-15 possuem boa qualidade ambiental. As Estações NA-14 (Redinha – Igreja) e NA-15 (Redinha – Barracas), ambas localizadas na Praia da Redinha, destacaram-se por apresentar as melhores condições de balneabilidade durante o período analisado. O ponto NA-12, localizado na Praia do Forte, apresentou resultados medianos, em relação aos demais, contudo próprios para banho. Em contrapartida, o ponto NA-13 continuamente apresentou números elevados de coliformes fecais, caracterizando uma situação de constante contaminação e degradação ambiental. Diante do exposto, verificou-se que se faz necessário realizar sensibilização, fiscalização, autuação e uso de outras ferramentas para tentar solucionar o problema ambiental existente no ponto NA-13, visando contribuir para a qualidade de vida ambiental e social do local e circunvizinhança.

Ressalta-se que, os dados utilizados no trabalho de Almeida (2017) serviram de base para o presente trabalho, sendo que neste o foco é verificar o comportamento da balneabilidade mensal dos pontos NA-12 a NA-15 e não anual, conforme exibido Almeida (2017), visando detalhar mais os resultados encontrados por este e os comparando com o comportamento da precipitação em Natal/RN.

No Gráfico 1 constam a atuação das precipitações médias nos períodos de 1984 a 2017 e 2010 a 2016 (mesma temporada dos coliformes termotolerantes em análise) no município de Natal/RN.

Gráfico 1. Atuação das precipitações médias nos períodos de 1984 a 2017 e 2010 a 2016 no município de Natal/RN.

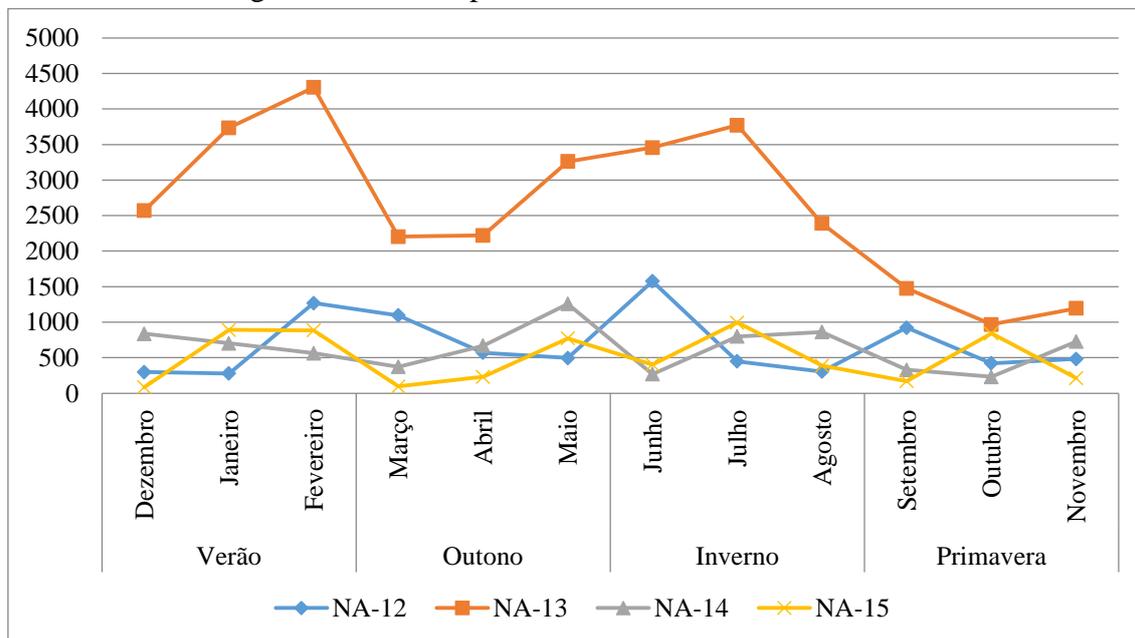


Fonte: Os Autores, 2018.

Ao averiguar o Gráfico 1 observa-se que, as precipitações médias no período de 2010 a 2016 são menores do que de 1984-2017, em virtude deste ser um período com menores quantidades de precipitações no Nordeste brasileiro, comparado aos demais anos. Além disto, em ambos os períodos apresentam o mesmo comportamento, ou seja, maiores precipitações entre março a julho (acima de 145 mm) e período seco entre setembro a fevereiro (abaixo de 100 mm), mesmo desempenho apresentado no Gráfico 1.

Já o Gráfico 2 apresenta-se o comportamento da média aritmética mensal dos coliformes termotolerantes dos locais em análise no período de 2010 a 2016.

Gráfico 2. Comportamento dos valores médios (aritmética) de coliformes termotolerantes ao longo dos meses do período de 2010 a 2016 e locais estudados.



Fonte: Os Autores, 2018.

Ao analisar o Gráfico 2 verifica-se que os locais com maiores quantidades de coliformes termotolerantes respectivamente são: NA-13 – Praia da Redinha – Rio Potengi, sendo qualificado 12 meses como impróprios para banho (acima de 1.000 NMP) e um mês como satisfatório (outubro com 968 NMP); NA-12 - Praia do Forte, tendo 03 meses com águas classificadas como impróprias (fevereiro, março e junho) variando entre 1.000 a 1.600 NMP, dois meses como satisfatório (abril e setembro) oscilando entre 571 a 922 NMP e 06 meses (dezembro, janeiro, maio, julho, agosto, outubro e novembro) como muito boa, alterando-se entre 277 a 983 NMP; NA-14 - Praia da Redinha – igreja tendo um mês (maio) como impróprio com 1.259 NMP, 04 meses (dezembro, janeiro, fevereiro, abril, julho, agosto e novembro) mudando entre 564 a 861 NMP, 03 meses (março junho e setembro) classificado como muito bom (270 a 373 NMP) e 01 mês como excelente (outubro) com 231 NMP. E por fim o NA-15 - Praia da Redinha – barracas não tendo médias de locais impróprios e sim 04 meses (janeiro, fevereiro, maio, julho e outubro) como satisfatórios, oscilando entre 772 a 996 NMP, 02 meses como muito bom (junho e agosto) variando entre 388 a 405 NMP e 05 meses (março, abril, setembro, novembro e dezembro) entre 85 a 231 NMP, classificados como excelente.

A possível justificativa para o ponto NA-13- Praia da Redinha – Rio Potengi ser o mais elevado, é atrelada ao fato deste situar-se na foz do rio Potengi, cujo este carrega

poluentes ao longo da sua trajetória e deságua no mar. Segundo Sales (2005) este ponto recebe grande aporte dos dejetos domésticos e industriais dos municípios que compõem a região da grande Natal. Registraram-se, para essa praia, valores entre 50 e 9×10^4 NMP/100ml, destacando-se a enorme faixa de variação dos resultados. Os valores máximos concentraram-se nos meses de maio e junho, coincidindo com o período de maior ocorrência de pluviosidade na região litorânea.

Demais estudos mostram que, há forte contribuição das águas de rios na poluição de praias oceânicas, como é o de Araújo *et al.* (2005) nas praias do Balneário do Rio Pium, no Município de Parnamirim/RN e por Morosine (2004) que, ao analisar o balneário fluvial na praia do Jacaré (litoral norte da Paraíba/PB), registraram concentrações 75 elevadas com valores de até 21.659 UFC/100ml de coliformes fecais, devido ao aporte de esgotos domésticos lançados nessa praia.

Na Tabela 3 elaborada por Sales (2005) dá um uma ideia do grau de poluição fecal das Praias NA – 13 e NA – 07 (Redinha/ Rio Potengi e Mãe Luíza, respectivamente) em comparação com outras zonas costeiras e rios brasileiros, mostrando assim que os resultados obtidos não diferem muito dos valores de outras regiões poluídas do Brasil.

Tabela 2. Concentrações de coliformes termotolerantes em algumas zonas costeiras, cursos de águas brasileiras e NA – 13 e NA – 07.

Localidade	NMP/100mL	Referência
Guaratuba (PR)	136 – 10800	SURHEMA, 1977 (<i>apud</i> DIAS, 1995).
Caioba (PR)	82 – 1840000	SURHEMA, 1977 (<i>apud</i> DIAS, 1995).
Baía de Santos (SP)	50 – 1580	CETESB, 1978.
Estuário de Santos (SP)	1000 – 5010	CETESB, 1978.
Saco das Mangueiras (RS)	0 – 10700	COSTA <i>et al.</i> , 1992.
Canal do Norte (RS)	70 – 3400	COSTA <i>et al.</i> , 1992.
Praia do Boqueirão (Santos)	300 – 500000	CETESB, 1987.
Praia do Bispo (PA)	730 – 930000	DIAS, 1995.
Praia Grande (PA)	360 – 210000	DIAS, 1995.
Praia do Farol (PA)	910 – 210000	DIAS, 1995.
Praia Chapéu Virado (PA)	730 – 21000	DIAS, 1995.
Praia do Murubira, (PA)	750 – 15000	DIAS, 1995.
Praia do Paraíso, (PA)	150 – 2400	DIAS, 1995.
Praia da Redinha (RN)	50 – 90000	Presente trabalho.
Praia de Mãe Luíza (RN)	1600 – 500000	Presente trabalho.

Fonte: Sales, 2005.

Quanto ao comportamento do NA-12 (praia do Forte), o qual apresentou sendo o segundo ponto avaliado com maior quantidade de coliformes termotolorantes, este pode ser justificado em virtude se localizar-se em uma enseada. Conforme a CETESB (2017) enseadas,

baías e lagunas apresentam condições de diluição bastante inferiores às observadas em regiões costeiras abertas. A menor taxa de renovação das águas dessas regiões contribui para a concentração dos poluentes, limitando, assim, a capacidade de diluição do meio receptor. Além disto, pode ser também em virtude armazenar água com poluentes por mais tempo que os demais provenientes da deriva litorânea que o ocorre no sentido de sul a norte (morro do careca a praia da redinha) e também por ficar represada nesta área, em virtude da presença de *beachrocks*⁶ defronte a esta enseada.

No que concerne ao NA-15 - Praia da Redinha – barracas apresentou ser o terceiro ponto analisado com maior quantidade de coliformes termotolerantes, nos meses de janeiro, fevereiro, julho e agosto. Tal fato pode ser justificado em virtude da possível presença de galerias de drenagem urbana de águas pluviais e esgotos domésticos, cujos estes precisam ser verificados pela SEMURB-Natal.

E o NA-14 - Praia da Redinha – igreja, cujo este apresentou sendo o último ponto analisado com maior quantidade de coliformes termotolerantes nos meses de dezembro, maio e agosto. A possível justificativa para tal comportamento pode ser devido à existência de drenagens pluviais que careiam material poluente para o mar e/ou existência de poluentes advindos da deriva litorânea, conforme supracitada e por situa-se próximo à foz do rio Potengi.

Ao confrontar os dados de desempenho da precipitação em Natal (Gráficos 1 e 2) com os de comportamento da média aritmética mensal dos coliformes termotolerantes dos locais e anos analisados (Gráfico 3) verifica-se que, as maiores quantidade de coliformes encontram-se tanto nos meses de janeiro e fevereiro, correspondente ao verão, período com maior fluxo de banhistas, coincidindo com férias escolares, e também em julho e junho (inverno), respectivamente e para a maioria dos pontos avaliados, exceto o NA-14 - Praia da Redinha – igreja, cujo pico ocorre em maio (outono) e decresce em junho (inverno), possivelmente em detrimento do período chuvoso. Destaca-se que, nestas duas estações do ano em Natal há presença de precipitação, conforme vistos nos Gráficos 1 e 2.

Uma da justificativa para tal comportamento dessa confrontação de dados é parecido com o que foi apresentado por Sales (2005), ou seja, a vazão de água nas tubulações de drenagem pluvial provocada pelas precipitações possivelmente provocaram arraste de

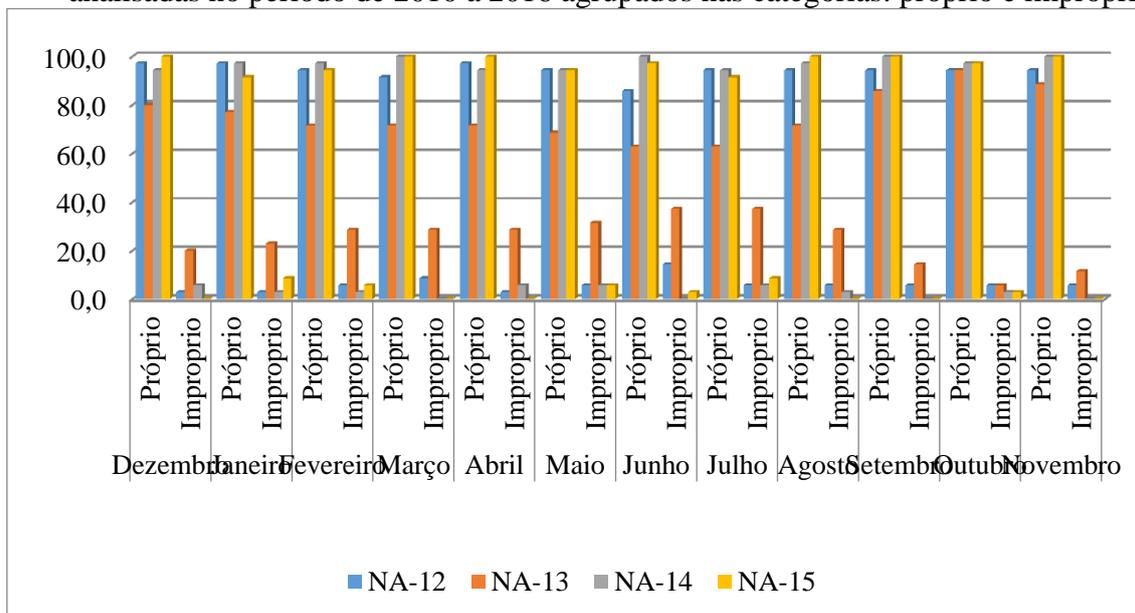
⁶ Linhas e cordões friáveis ou bem cimentados, constituídos por areias finas a conglomeráticas, com fragmentos de conchas e de outros organismos marinho, conhecidos como: recifes de arenito, arenitos calcários e arrecifes.

material orgânico depositado em seu interior e, conseqüentemente, o envio para as praias. Além disto, acrescentamos que outro fator que provavelmente gera poluição nestas praias em análise são os poluentes advindos do rio Potengi, bem como da corrente de maré no sentido sul a norte.

Em contrapartida, as demais pesquisas sobre balneabilidade em praias de Natal, como a de Valadão e Araújo (2012) e Vicente (2017), exceto em Almeida (2017) que não utilizou a precipitação, mostraram que não há relação e nem correlação (pelo método de Pearson) entre a precipitação e a concentração de coliformes termotolerantes. Pesquisa como de Lima *et al.*, (2016) sobre esta temática na praia de Santos/SP (uma das praias bastante estudada quanto a balneabilidade no Brasil, obteve-se o coeficiente de Person positivo, mas com baixo grau de correlação. Contudo, tais dados mostram que há outros fatores influenciando.

No Gráfico 3 consta a quantificação da qualificação do desempenho da qualificação semanal em porcentagem por mês das praias analisadas no período de 2010 a 2016, conforme Resolução CONAMA Nº 274/2000, mas agrupados em duas categorias: próprio (E = Excelente (cor verde); MB = Muito Bom (cor azul); S = Satisfatório (cor amarelo) e I = impróprio (cor vermelho), visando facilitar a avaliação de tais dados.

Gráfico 3. Desempenho da qualificação semanal em porcentagem por mês das praias analisadas no período de 2010 a 2016 agrupados nas categorias: próprio e impróprio.



Fonte: Os Autores, 2018.

O Gráfico 3 expõe que ao longo dos anos analisados, todos os pontos em estudos são considerados como próprios, pois mais de 80% dos boletins apresentaram categorias como próprios, exceto o Ponto NA-13, conforme já exposto e justificado anteriormente. Quanto aos meses que apresentaram maior quantidade de boletins categorizados como próprios em todos os pontos avaliados (igual a superior a 80%) foram de setembro a dezembro (período seco).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicaram que, de forma geral, os locais analisados possuem boa qualidade ambiental (com 90% dos boletins sendo considerados Próprios), onde apenas a área que consta o NA-13 (praia da Redinha – rio Potengi) apresenta continuamente elevadas quantidades de poluentes, sendo assim o pior local para banho tanto no período chuvoso como seco. Este pode resultar também em prejuízos financeiros (saúde pública e patrimônio turístico e econômico), sendo assim necessária a ação de órgãos ambientais competentes para tomar ações corretivas e preventivas à manutenção da integridade sanitária desta área.

Já os Pontos NA-14 (Praia da Redinha – igreja) e NA-15 (Praia da Redinha – barracas), respectivamente, são os locais com melhores condições ambientais, apresentando percentagens anuais de PRÓPRIA para banho superiores a 94% e 91%, respectivamente.

Demais pesquisas sobre balneabilidade em praias de Natal, como a de Valadão e Araújo (2012) e Vicente (2017), exceto o de Almeida (2017) que não utilizou a precipitação, mostraram que não há relação e nem correlação (pelo Método de Pearson) entre a precipitação e a concentração de coliformes termotolerantes. A presente pesquisa e a de Sales (2005) expõem que há sim relação entre essas duas variáveis, sendo que a de Sales (2005) utilizou a aplicação da técnica estatística ANOVA (Análise de Variância) aos dados transformados à escala logarítmica para verificar diferenças entre as médias de coliformes para a estação seca e chuvosa. Já a presente pesquisa não utilizou nenhum método de correlação estatística, sendo assim uma sugestão para ser realizado em pesquisa vindoura sobre a temática nestes locais.

Destaca-se que, a pesquisa de Lima *et al.* (2016) sobre esta temática na praia de Santos/SP (uma das praias mais estudadas quanto a balneabilidade no Brasil) obteve o coeficiente de Pearson positivo, mas com baixo grau de correlação. Contudo, tais dados mostram que há outros fatores influenciando.

Inúmeros outros fatores podem estar influenciando a qualidade das praias, como movimento das marés, correntes oceânicas, deságue de galerias de águas pluviais contaminadas, direção e velocidade dos ventos, bem como outras fontes de poluição de origem antrópica. Todavia, uma análise mais detalhada envolvendo este e outros fatores não foi averiguada neste trabalho.

Por fim, o presente expôs que, que a quantidade de coliformes termotolerantes nos pontos analisados não ocorre apenas no período chuvoso, conforme Sales (2005), mas também no período seco. Tal consideração só foi possível ser verificada, em virtude da análise ter sido mensal e não anual, conforme os 04 (quatro) estudos realizados sobre balneabilidade em Natal.

REFERENCIAS

ALMEIDA, J. R. A. **Análise das condições de balneabilidade nas praias do Forte e da Redinha no município de Natal/RN.** 2017. Monografia. Câmpus Educação a Distância. Universidade Aberta do Brasil. Graduação de Tecnologia em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.

ANDRADE, M. P.; QUIÑONES, E. M.; SANTOS, C. L.; CUNICO, P. Avaliação da Balneabilidade das praias do Município de Santos/SP nos últimos dez anos. **Revista Ceciliana**, Jun4(1):55-59, 2012.

ARAÚJO, A. L. C.; FONSECA, A.L.; MELO, L. E. L.; VALE, M. B.; DINIZ, R. F.. A balneabilidade das praias do Rio Grande do Norte. **In:** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 54, 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande, 2005.

AURELIANO, J. T. **Balneabilidade das praias do Estado de Pernambuco. O núcleo da Região Metropolitana do Recife.** 2000. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas e Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2000.

CAMPOS, J. S.; CUNHA, H. F. A. Análise comparativa de parâmetros de balneabilidade em Fazendinha, Macapá-AP. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 4, p. 110-118, 2015.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL DE SÃO PAULO. **Relatório de Balneabilidade das praias paulistas.** São Paulo, 1994.

_____. **Relatório de Balneabilidade das praias paulistas.** São Paulo, 1997.

CIRM - COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR; GI-GERCO – GRUPO DE INTEGRAÇÃO DO GERENCIAMENTO COSTEIRO. **Plano de Ação Federal da Zona Costeira do Brasil.** Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa/_arquivos/pafzc_out2005.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2018.

COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR (CIRM); GRUPO DE INTEGRAÇÃO DO GERENCIAMENTO COSTEIRO (GI-GERCO). **Plano de Ação Federal da Zona Costeira do Brasil.** Brasília, 2005.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.** Brasília-DF, Ministério do Meio Ambiente, 2000. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/prt/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

DONEGAN, L. **Qual é a sua praia?:** Arquitetura e Sociedade em praias de Natal. 2016. Tese. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

LIMA, D. C.; CRÉTÉ, J. P. M.; BARRELLA, W. **Fatores de influência sobre a balneabilidade das praias de Santos – SP.** UNISANTA Bioscience, Santos, SP, v 5, n 4, p. 357-368, 2016.

LOUREIRO FILHO, Lair da Silva. **A competência do município na zona costeira urbana.** 2014. Tese de Doutorado em Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MACÊDO, S. L; SANTOS, N. C. F; LUCAS FILHO, M; DINIZ, R. F. **Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte em 2010.** Disponível em: <<http://programaaguazul.ct.ufrn.br/relatorios/balneabilidade/>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

_____. **Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte em 2011.** Disponível em: <<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/balneabilidade/>>. Acesso em: 10 mai. 2017a.

_____. **Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte em 2012.** Disponível em: <<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/balneabilidade/>>. Acesso em: 10 mai. 2017b.

_____. **Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte em 2013.** Disponível em: <<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/balneabilidade/>>. Acesso em: 10 mai. 2017c.

_____. **Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte em 2014.** Disponível em: <<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/balneabilidade/>>. Acesso em: 10 mai. 2017d.

_____. **Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte em 2015.** Disponível em: <<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/balneabilidade/>>. Acesso em: 10 mai. 2017e.

_____. **Relatório Anual das Condições de Balneabilidade das Praias do Rio Grande do Norte em 2016.** Disponível em: <<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/balneabilidade/>>. Acesso em: 10 mai. 2017f.

MARTINS, L. K. L. A. **Contribuições para Monitoramento de Balneabilidade em Águas Doces no Brasil.** 2012. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MARTINS, M. H. R. B.; MENEGON JUNIOR, N.; LAMPARELLI, C. C. **Relatório de qualidade das praias no estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <<http://praias.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: abr. 2018.

MOROSINE, M. F. M.. **Evolução espaço - temporal nas condições de balneabilidade das praias do litoral do estado da Paraíba.** 2004. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2004.

PADILHA, S. R.; DALMAS, F. B.; VARGAS, R. R.; COSTA, R. A.; SAAD, A. R. Avaliação das condições de balneabilidade da praia da enseada (Bertioga/SP), no período compreendido entre 2004 e 2013. **Revista UNG – Geociências**, Guarulhos-SP, v. 16, n. 1, p. 25-45, 2017.

START PESQUISA E CONSULTORIA TÉCNICA LTDA. **Plano municipal de saneamento básico do município de Natal/RN.** Natal, Rio Grande do Norte, 2016.

PROGRAMA ÁGUA AZUL. **Balneabilidade das praias.** 2017. Disponível em: <<http://programaaguaazul.ct.ufrn.br/sobre/balneabilidade/>>. Acesso em: abr. 2018.

SALES, T. E. A. **Estudo da balneabilidade das praias urbanas do município de Natal-RN durante o ano de 2005.** 2006. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

SANTOS, C. R.; REIS, R. S. Avaliação do grau de poluição do Riacho Cruz das Almas e suas implicações na balneabilidade da praia. **In:** XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1998, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu: 1998.

VALADÃO C. E. A.; ARAÚJO, A. L. C. Avaliação da condição de balneabilidade das praias de Natal/RN no período de 2004-2009, **Holos**, Ano 28, Vol4, Natal, p. 14 – 27, ago. 2012.

VICENTE, C. A. **Diagnóstico das condições de balneabilidade de praias urbanas da cidade de Natal/RN.** 2017. Monografia. Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

UMA REVISÃO SOBRE A EFICIÊNCIA DOS COAGULANTES NATURAIS COMPARADO AOS COAGULANTES QUÍMICOS NA REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ PRESENTES EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Amanda da Silva Barbosa Cartaxo ¹
Valderi Duarte Leite ²
Maria Virgínia Conceição Albuquerque ³
Wilton Silva Lopes ⁴

RESUMO

Atualmente vêm ocorrendo um aumento na demanda por pesquisas referentes ao uso de coagulantes alternativos aos coagulantes químicos para o tratamento de água potável, visando a melhoria do processo, reduzindo a geração de lodo e a ausência de metais na água. Diante disso, o presente trabalho objetivou comparar a eficiência de coagulantes naturais (*Moringa oleifera* e tanino (Tanfloc)) ao coagulante químico sulfato de alumínio na remoção de cor e turbidez, presentes em água superficial. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos. Os resultados mostram que os coagulantes naturais *M. Oleifera* e Tanfloc apresentaram elevadas taxas de remoção de cor e turbidez, em alguns casos com melhores resultados que o coagulante químico sulfato de alumínio. Como forma de minimizar os impactos negativos provocados pelos coagulantes químicos, os biocoagulantes ou coagulantes naturais emergem como uma tecnologia promissora no setor de saneamento ambiental, apresentando-se com um processamento fácil e prático, o que a torna uma solução viável para o tratamento de água, principalmente em regiões que não dispõem de água tratada.

Palavras-chave: Biocoagulantes, *Moringa oleifera*, Taninos vegetais.

INTRODUÇÃO

¹ Doutoranda do Curso de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, amandauepbio@hotmail.com;

² Doutor. Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, mangabeiraleite@gmail.com.

³ Doutoranda do Curso de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, virginia.albuquerque@yahoo.com.br;

⁴ Doutor. Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, wiltonsilvalopes@gmail.com;

No Brasil, o tratamento da água para fins de abastecimento envolve diferentes processos e operações de forma a adequar a água dos mananciais aos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde na Portaria de Consolidação nº 05/2017, anexo XX, a qual “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2017).

As diversas operações unitárias combinadas de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) permitem a distribuição de grandes quantidades de água tratada e segura, do ponto de vista químico e microbiológico (CAMACHO *et al.*, 2017). No entanto, contaminantes desconhecidos ou até então não quantificados, reflexos de mananciais poluídos pelas diversas atividades humanas, demonstraram a necessidade de adaptação dos sistemas produtores para acompanhar a dinâmica de geração e descarte de resíduos no meio ambiente, sobretudo nos corpos hídricos. A queda na qualidade da água bruta também impacta diretamente em maior consumo de produtos químicos e geração de resíduos ao final do processo de tratamento. Dentre os processos unitários, a coagulação destaca-se pela quantidade de produtos químicos utilizados para desestabilização de partículas coloidais presentes na água (LIMA; ABREU, 2018)

O coagulante químico para tratamento de águas mais empregado no Brasil é o sulfato de alumínio, devido apresentar uma alta eficiência na remoção de sólidos e por ter um custo acessível. Um problema é a formação de flocos de alumínio, que quando depositados no solo, pode afetar a sanidade desse (ROSALINO, 2011). Segundo Oladoja *et al.*, (2015), elevadas concentrações de alumínio no meio ambiente podem ser causa de problemas à saúde humana, podendo acelerar o processo degenerativo do Mal de Alzheimer.

O uso de coagulantes de origem natural é uma alternativa promissora que vem sendo viável na substituição dos coagulantes químicos, especialmente em relação à biodegradabilidade e sustentabilidade, além de apresentar uma baixa toxicidade e baixa produção de lodo residual. Essa alternativa é um instrumento de grande importância, uma vez que, poderão também nortear as ações e propostas voltadas para a eficiente utilização dos recursos hídricos e melhoria nas formas de utilização da água em todos os seus aspectos, tanto sob os aspectos da quantidade como também da qualidade. (PEREIRA *et al.*, 2015; FRANCO *et al.*; 2017; JÚNIOR; ABREU, 2018.)

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou, através de um levantamento bibliográfico comparar a eficiência de coagulantes naturais (*Moringa oleifera* e tanino (Tanfloc)) ao coagulante químico sulfato de alumínio na remoção de cor e turbidez, presentes em água bruta.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica sobre a temática: coagulantes naturais no tratamento de água. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos.

DESENVOLVIMENTO

Coagulantes químicos

Coagulantes químicos são compostos, geralmente de ferro ou alumínio, que através da produção de hidróxidos gelatinosos, conseguem aglomerar as impurezas e produzir íons trivalentes de carga positiva que atraem e neutralizam as cargas negativas dos colóides (COVENTYA, 2012). De acordo com Metcalf; Eddy (2012) a desestabilização das partículas coloidais através do emprego de coagulantes faz com que o crescimento da partícula ocorra em consequência das colisões entre elas, por isso, a função do coagulante é reduzir as forças atrativas da suspensão coloidal para que a barreira de energia diminua e permita que as partículas se associem.

Dentre os coagulantes mais utilizados no tratamento de água, destaca-se os de sais metálicos que podem ser agrupados em duas categorias gerais: os coagulantes à base de alumínio e os coagulantes à base de ferro. Os coagulantes de alumínio incluem o sulfato de alumínio, cloreto de alumínio, aluminato de sódio, cloridrato de alumínio, policloreto de alumínio (PACL), policloreto de alumínio com sulfato, policloreto de alumínio com silício, e formas de policloreto de alumínio com polímeros orgânicos (BRATBY, 2006).

Existem fatores comuns para todos os tipos de água bruta que influenciam a eficiência do processo de coagulação, sendo estes a quantidade de material particulado, a quantidade e natureza da matéria orgânica e as propriedades químicas e físicas da água. O conhecimento

destes parâmetros é fundamental para estabelecer as condições de coagulação apropriadas. O tipo de coagulante, a sua dosagem e o pH são os principais condicionantes neste processo (ROSALINO, 2011)

Impactos ambientais provocados pelos coagulantes químicos

Possíveis impactos ambientais negativos são constantemente discutidos como consequências da utilização de coagulantes inorgânicos a base de alumínio e ferro. Os resíduos gerados nos processos de coagulação e floculação são ricos em hidróxidos metálicos não biodegradáveis. O lodo obtido ao final apresenta potencial toxicológico e necessita de tratamento e disposição ambiental correto, pois concentra diversos componentes orgânicos e inorgânicos, configurando-se como uma fonte de poluição secundária (SKORONSKI *et al.*, 2016). Em contato com o ar e em altas temperaturas causa desequilíbrio do pH, com consequências de alteração na fauna local, além de deixar a água com características ácidas, acrescidas de íons cloreto e ferro. Quanto ao solo, o mesmo tem efeito de alteração do pH, ocasionando a queima da flora local devido sua condição ácida, pode-se destacar sua alta corrosividade e reação com substâncias alcalinas (BONGIOVANI *et al.*, 2010).

Outra preocupação é o residual destes elementos na água tratada, sobretudo o alumínio, cerca de 11% de todo o alumínio presente naturalmente nas águas ou adicionado na forma de coagulante permanece como residual após o tratamento, sendo transportado pela rede de distribuição. Diversos estudos apontam para os malefícios da exposição humana a este metal, correlacionando-o com doenças neurodegenerativas como Parkinson e Doença de Alzheimer (COELHO; 2008; RONDEAU *et al.*, 2008; BAKAR *et al.*, 2010). Essa associação entre a presença de alumínio no cérebro, a neuroquímica e o mal de Alzheimer ainda está em investigação. Entretanto, devido ao fato de a presença de alumínio na água potável ser mais prontamente disponível para absorção biológica do que outras fontes, assumiu-se que esse metal teria efeito desproporcional sobre o mal de Alzheimer, quando consumido através de água potável (SILVA, *et al.*, 2017).

Os possíveis impactos da exposição humana ao alumínio, bem como sua correlação com o residual presente na água potável e em alimentos são comumente discutidos na literatura. Encefalopatias, demência e distúrbios neurológicos são as principais manifestações fisiológicas observadas que indicam a neurotoxicidade crônica deste metal sobre o sistema nervoso (WALTON, 2013). Gauthier e colaboradores, 2000, concluíram haver possível relação entre o surgimento da Doença de Alzheimer e a exposição ao alumínio dissolvido na

água. Rondeau *et al.*, (2008), realizaram um estudo investigativo durante 15 anos pessoas expostas a dosagens de 0,1 mg.L-1 de alumínio na água de abastecimento e concluíram haver relação direta com o surgimento de casos de declínio cognitivo e demência. A Figura 1 mostra os possíveis problemas que o alumínio pode acarreta a saúde humana.

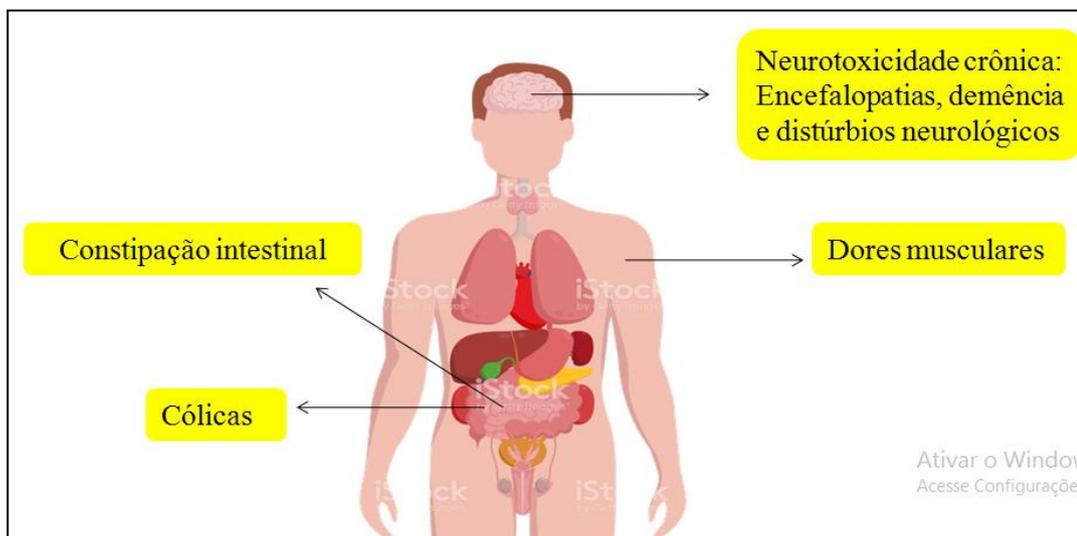


Figura 1: Problemas ocasionados pelo exposição ao alumínio.

Uma alternativa aos coagulantes químicos sintéticos, como sais de ferro e de alumínio que são amplamente utilizados no tratamento de água, são os coagulantes naturais. Também conhecidos como polieletrólitos, esses compostos apresentam grandes cadeias moleculares dotadas de sítios catiônicos que interagem com as cargas negativas das partículas coloidais, na maioria das vezes, pelo mecanismo de adsorção-neutralização e formação de pontes (THEODORO *et al.*, 2013). Choy *et al.* (2014) apresentam diversas vantagens dos coagulantes naturais em relação aos coagulantes químicos como: i) maior segurança por não exigir a manipulação de produtos químicos; ii) efeitos tóxicos; iii) menor geração de lodo; iv) maior acessibilidade; v) menor consumo de alcalinidade; vi) ausência de efeito corrosível em tubulações e outros equipamentos. Dentre os coagulantes naturais, resultados satisfatórios vêm sendo obtidos através da quiosana, taninos vegetais e *Moringa oleifera*.

Produtos naturais utilizados como coagulantes

a) *Moringa oleifera*.

A *M. oleífera* é uma espécie perene, da família Moringaceae, originária do nordeste indiano, é composta apenas de um gênero, a Moringa e 14 espécies amplamente distribuídas na Índia, Egito, Filipinas, Paquistão entre outros países (KARADI *et al.*, 2006). É uma árvore de caule grosso e alto, de até 10 metros, suas folhas são longas-pecioladas, bipinadas, folíolos obovais, cujo comprimento é de até 3 cm. As sementes são marrons escuras com três asas e aspecto de papel. A raiz principal é grossa, floresce e produz frutos e sementes durante todo o ano (SILVA; MATOS, 2008). Na Figura 2 é possível visualizar os detalhes das estruturas da *Moringa oleífera*.

Figura 2. Detalhes das estruturas vegetais de *Moringa oleífera*.



Fonte: Coelho, 2018.

Estudos realizados utilizando semente e vagem de *Moringa oleífera* junto à filtração no tratamento de água evidenciam bons resultados. Entre eles a semente possui agentes coagulantes ajudando na remoção da turbidez, da cor e coliformes presentes na água. O extrato da semente, por conter uma proteína catiônica, age como agente clarificante no tratamento de água. A proteína é o composto mais abundante encontrado na semente, as quais desestabilizam as partículas contidas na água e por meio dos processos de neutralização e adsorção, floculam os colóides (BORGIO *et al.*, 2016).

Para o processo de coagulação com a *Moringa oleífera*, primeiramente deve-se colher sementes maduras e secas. Em seguida, removem-se as vagens e as “asas” das sementes, deixando apenas a parte branca. Em sequência, as mesmas devem ser trituradas e socadas até obter-se uma farinha. Realizado tal procedimento, pode-se adicionar certa quantidade de água, proporcional a quantidade de semente. O pó da semente deve-se, junto com 5mL de água, e em um recipiente separado, misturar-se até formar uma

solução leitosa. Depois a mesma deve ser adicionada a certa quantidade de água proporcional a semente.

Os principais benefícios ambientais e operacionais obtidos com uso de *Moringa oleífera* como coagulante de águas incluem a não toxicidade das sementes, capacidade de remoção de microrganismos, incluindo *Escherichia coli*, inalteração do pH e condutividade elétrica da água tratada e geração de lodo biodegradável em volume 4 a 5 vezes menor quando comparado aos sais inorgânicos utilizados para a mesma finalidade. (FRANCO *et al.*, 2017). As limitações envolvem a necessidade de preparo prévio do coagulante, aplicações posteriores de agentes desinfetantes para eliminação de microrganismos patogênicos residuais e presença de matéria orgânica e nutrientes a água tratada devido a presença de outras substâncias além de proteínas como carboidratos, lipídeos e outras substâncias orgânicas e inorgânicas que podem permanecer na água após o tratamento.

As aplicações de *Moringa oleífera* como coagulante de águas e efluentes são extensamente relatadas no meio acadêmico. Alguns desses trabalhos são citados brevemente na Tabela 1.

Tabela 1. Aplicações da *Moringa oleífera* no tratamento de águas naturais.

Matriz estudada	Poluentes	Referência	Principais resultados
Água natural bruta	Sólidos em suspensão e cianobactérias.	Camacho <i>et al.</i> , 2017	Quando aplicada sementes de <i>M. oleífera</i> as remoções de <i>clorofila a</i> e turbidez foram de até 85% para águas de alta turbidez (45 uT), utilizando 50 mg/L ¹ de <i>M. oleífera</i> em pó.
		Franco <i>et al.</i> , 2017	Com turbidez inicial de 100 uT, foram necessários, 90 min para remoção de 90,5% de turbidez com uma dosagem de 100 mg L ⁻¹ de <i>M. oleífera</i> em pó.

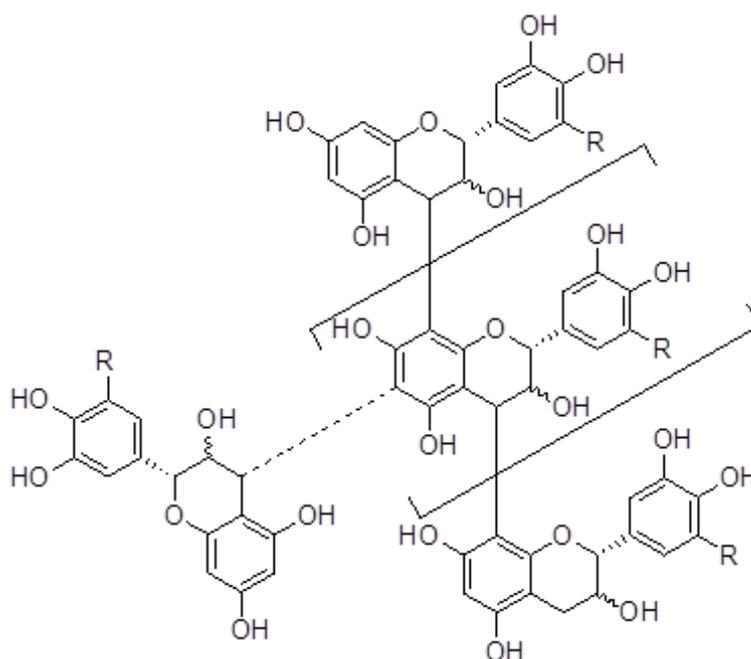
a) Taninos vegetais

Os taninos são definidos como moléculas fenólicas biodegradáveis com capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais. São extraídos da casca de vegetais, como da *Acacia mearnsi* de Wild (acácia negra) que possui altas concentrações

de tanino e é facilmente encontrada no Brasil. podendo ser classificados em hidrolisáveis e condensados. O primeiro grupo é formado por poliésteres que possuem como unidade básica o ácido gálico, que pode estar ligado a estruturas glicosídicas. O segundo é constituído por unidades monoméricas flavonoídicas do tipo flavan-3-ol ou flavan-3,4-dióis (ACRILA et al., 2016).

Os taninos condensados incluem todos os outros taninos verdadeiros. Suas moléculas são mais resistentes à fragmentação e estão relacionadas com os pigmentos flavonoides, tendo uma estrutura "polimérica" do flavan-3-ol, como a catequina, ou do flavan-3,4-diol, da leucocianidina. Sob tratamento com ácidos ou enzimas esses compostos tendem a se polimerizar em substâncias vermelhas insolúveis, chamadas de flobafenos. Essas substâncias são responsáveis pela coloração vermelha de diversas cascas de plantas (p. ex. quina vermelha). Em solução, desenvolvem coloração verde com cloreto férrico, assim como o catecol. Na Figura 3 é possível visualizar a estrutura dos taninos condensados.

Figura 3: Estrutura dos taninos condensados.



Fonte: SBF, 2019.

Segundo Silva (1999), os taninos são moléculas com propriedades coagulantes, que desestabilizam os coloides com a eliminação da camada de solvatação, diminuindo o potencial zeta durante o processo de coagulação e, assim, permitindo a formação de flocos. Desta forma, podem ser utilizados no tratamento de águas residuais e de abastecimento no

processo de coagulação e floculação. Comercialmente o tanino é utilizado como base para produção de coagulante, a partir da reação entre o tanino condensado e o cloreto de imínio (formado pela reação do cloreto de amônio, por exemplo, e o aldeído fórmico), formando um polímero orgânico catiônico (MANGRICH *et al.*, 2014).

Várias espécies vegetais são relatadas na literatura como fontes de taninos. As principais são *Schinopsis balansae*, conhecida como Quebracho, e a *Acacia mearnsii* (De Wild.), ou acácia negra. A primeira é nativa da América do Sul e foi utilizada por muito tempo como fonte primária de taninos; dela obtém-se o *Silvafloc*, um agente coagulante a base de polímeros tânicos produzido predominantemente na Itália. A segunda é originária da Austrália e é considerada a principal fonte de taninos na atualidade (20 a 30% das cascas); largamente cultivada no sul do Brasil, a acácia negra serve como matéria-prima para a produção de diversos biocoagulantes, sendo o mais conhecido o *Tanfloc* (GALLARDO, 2017).

Os polímeros catiônicos a base de taninos apresentam diversas vantagens quando comparados aos coagulantes inorgânicos tradicionais: não alteram o pH da água tratada por não consumirem a alcalinidade do meio ao mesmo tempo que são efetivos numa ampla faixa de pH (4,5-8,0), redução do volume de lodo gerado, que é biodegradável, e solubilidade em água fria. A baixa toxicidade é evidenciada pela elevada DL_{50} (9.241 mg.kg^{-1}), estimada em ratos; além disso, podem ser utilizados também para a remoção de compostos tóxicos presentes nas águas, produzidos por bactérias clorofiladas e cianofíceas (SÁNCHEZ-MARTÍN, 2010; JÚNIOR; ABREU, 2018).

As aplicações de taninos vegetais como coagulante de águas e efluentes são extensamente relatadas no meio acadêmico. Na Tabela 2 é possível verificar sua aplicação na remoção de metais pesados.

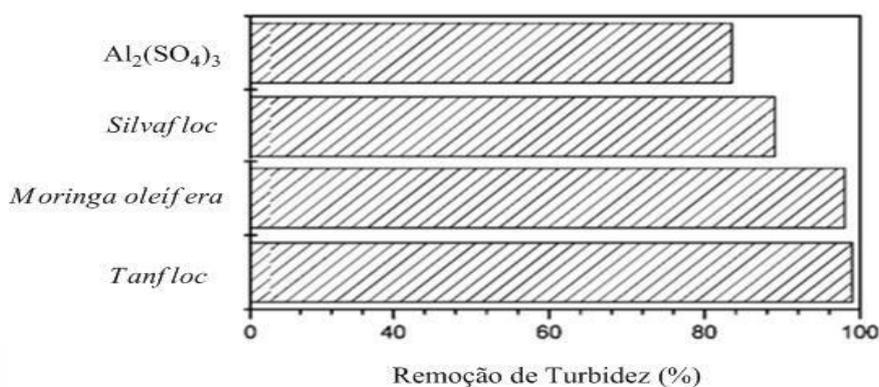
Tabela 2. Aplicação do tanino no tratamento de águas superficiais.

Matriz estudada	Poluentes	Referência	Principais resultados
Água superficial	Sólidos em suspensão, microrganismos e material húmico	ZHAN e ZHAO (2003)	Foi testada a remoção de chumbo de águas superficiais usando um adsorvente produzido a partir de taninos e observaram remoções de até 91%, mostrando que compostos a base de tanino possuem aplicação no tratamento de efluentes contaminados com metais pesados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos últimos anos as pesquisas comparando a eficiência dos coagulantes naturais com os químicos aumentaram consideravelmente. Em um estudo realizado por Sánchez-Martí *et al.*, (2010) é possível observar uma significativa e superior capacidade de remoção de material coloidal em suspensão dos coagulantes naturais (*Moringa oleifera* e Tanfloc), quando comparados ao coagulante inorgânico ($Al_2(SO_4)_3$), submetidos às mesmas condições de estudo (dosagem de 15 mg.L^{-1} , 20°C e pH natural da água). A Figura 4 compara a eficiência de remoção de turbidez de águas naturais superficiais através do uso de coagulantes orgânicos e inorgânicos.

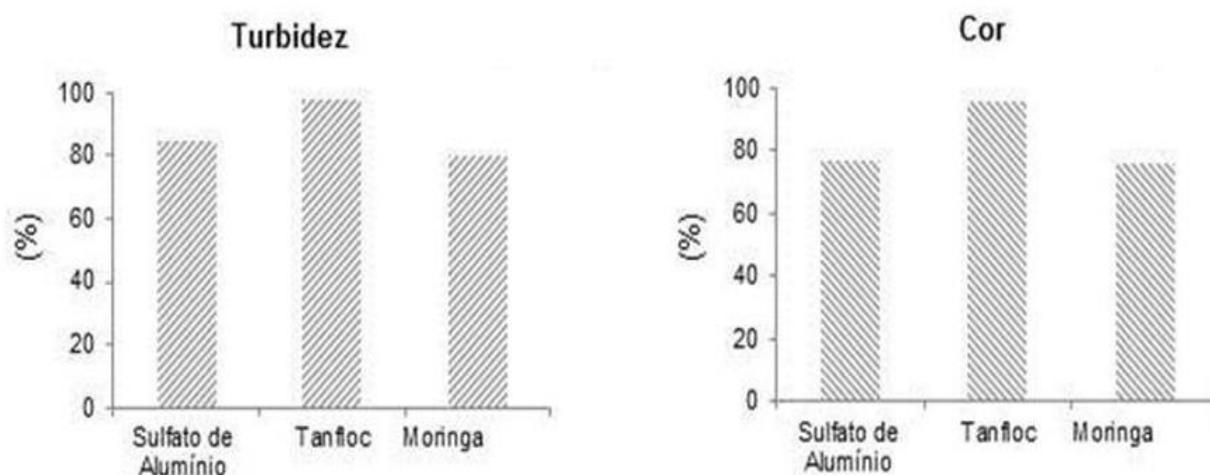
Figura 4: Comparação entre diversos coagulantes na remoção de turbidez de águas naturais superficiais:



Fonte: Júnior; Abreu (2018)

Siqueira *et al.*, (2018) analisaram a performance de coagulantes naturais, *Moringa oleifera* e Tanino (Tanfloc) comparando-os ao coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento da água. A água bruta utilizada foi água superficial coletada no município de Maringá-PR. Os experimentos de coagulação/floculação e sedimentação foram realizados em Jar Test. Os parâmetros utilizados na caracterização da água foram: turbidez, cor e pH. Os resultados mostraram a eficácia do tanino quando comparado aos demais tratamentos, e que, entre o sulfato de alumínio e a *Moringa oleifera* não houve diferença. A figura 5 apresenta os principais resultados obtidos no estudo.

Figura 5. Gráfico referente ao percentual da turbidez (a) e da cor (b) removida da água bruta tratada com sulfato de alumínio, tanfloc e Moringa. **Fonte:** Siqueira et al., (2018)

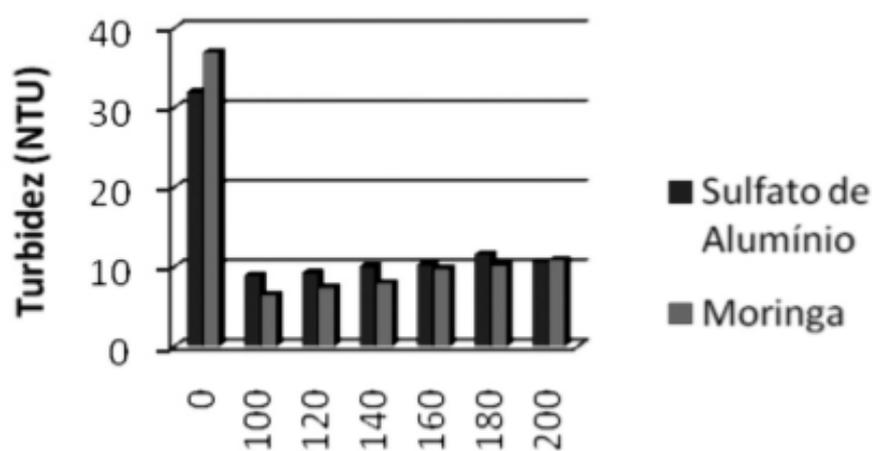


Pereira *et al.*, (2015) realizarm a aplicação do sulfato de alumínio e da *Moringa oleifera* em amostras de água, para verificar a remoção de cor e turbidez, como também, averiguar o comportamento do pH no decorrer das análises. Para tanto, preparou-se amostras com turbidez de 50, 100 e 150 unidades nefelométricas (uT) e utilizou-se em laboratório o ensaio com o equipamento Jar Test para diversos intervalos de tempo de coleta de amostras, visando realizar os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, simulando, desta forma, o que acontece numa estação de tratamento de água. Observou-se o comportamento do pH constante, não havendo grandes variações quando comparados aos valores da amostra inicial e após a aplicação dos coagulantes. Na remoção de turbidez, a solução de *M. oleifera* foi mais

eficiente, reduzindo 77,56% este parâmetro, enquanto que o sulfato de alumínio reduziu apenas 28,22%. Para a cor obteve-se resultados satisfatórios para ambos coagulantes, com valores de 99,47% para o sulfato de alumínio e de 94,01% para a *M. oleifera*, resultados obtidos para a turbidez de 100 UT.

Santos et al., (2011) utilizaram uma dosagem de 200 ppm do coagulante sulfato de alumínio e *Moringa oleifera* e compararam sua eficiência na remoção de turbidez. Na Figura 6 é possível verificar a remoção de turbidez utilizando o sulfato de alumínio e a Moringa.

Figura 6: Remoção de turbidez utilizando o sulfato de alumínio e a Moringa.



Fonte: SANTOS et al., (2011)

Os resultados mostraram que ambos os coagulantes foram eficientes na remoção de turbidez. No entanto, destaca-se a eficiência da Moringa como um coagulante substitutivo do sulfato de alumínio por possuir baixo impacto ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como forma de minimizar os impactos negativos provocados pelos coagulantes químicos, os biocoagulantes ou coagulantes naturais emergem como uma tecnologia promissora no setor de saneamento ambiental, mostrando-se eficientes para o tratamento de água. Destacam-se por serem solúveis em água e efetivos numa ampla faixa de pH, produzem

menores volumes de lodo biodegradável e de baixo impacto ambiental, não são corrosivos e são constituídos em sua maioria por polímeros e proteínas vegetais de baixa toxicidade. Devido sua eficiência é necessário a realização de pesquisas que visem à ampliação e possível adequação para a sua utilização em grande escala para o tratamento de água, devido aos benefícios que a utilização desta tecnologia pode trazer para a população, tanto em questões sociais como ambientais.

REFERÊNCIAS

ARCILA, H. R.; Peralta, J. J. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2016.

BAKAR, C., KARAMAN, H. I., BABA, A., E SENGÜNALP, F. Effect of High Aluminum Concentration in Water Resources on Human Health, Case Study: Biga Peninsula, Northwest Part of Turkey. Arch Environ Contam Toxicol. (2010).

BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. Acta Scientiarum. Technology, v. 32, n. 2, p. 167-170, 2010.

BORGO C. Tratamento De Água Com Semente De Moringa Oleífera. Blucher Proceedings - V Semana De Engenharia QUÍMICA UFES. Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil. 2016.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, Portaria de Consolidação nº 05/2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2017.

BRATBY, J. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. Reino Unido: IWA Publishing. 2006.

CAMACHO, F. P.; SOUSA, V. S.; BERGAMASCO, R.; TEIXEIRA, M. R. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal* 2017.

CHOY, S. Y. A review on common vegetables and legumes as promising plant-based natural coagulants in water clarification. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 12, n. 1, p. 367–390, 2013.

COELHO, S. D. Estudo de potenciais efeitos na saúde pública resultantes da utilização de produtos químicos no tratamento de águas de abastecimento. FCT - UNL, 64-65. 2008.

COVENTYA Química Ltda. WaterCare: Coagulação e Floculação. Diadema, São Paulo, 2012.

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F.DE.; KOHN, G. P.; FIA, R. Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 2017.

GALLARDO, M. A. B.; *Monografía de Graduación*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2017.

JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidade. *Rev. Virtual Quim.*, 2018.

KARADI, R.V.; Gadge, N. B.; Alagawadi, K. R.; Savadi, R. V. Effect of *Moringa oleifera* Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 105, p. 306-311, 2006.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acacia mearnsii*. *Rev. Virtual Quim.*, 2014.

METCALF & EDDY. Inc. *Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse*. 6. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2012.

OLADOJA, N. A. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. *Journal of Water Process Engineering*, **2015**.

PEREIRA, E.R.; FRANCISCO, A.A.; THEODORO, J.T.D.; BERGAMASCO. R.; FIDELIS. R. Comparação entre a aplicação do coagulante natural *Moringa oleifera* e do coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento de água com diferentes níveis de turbidez. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2015.

RONDEAU, V.; JACQMIN-GADDA, H.; COMMENGES, D.; HELMER, C.; DARTIGUES, J. F. Aluminium and silica in drinking water and the risk of Alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of the PAQUID cohort. *American Journal of Epidemiology* 2008.

ROSALINO, M.R.R. Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano. *Dissertação*. Faculdade de Ciência e Tecnologia. 2011.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GONZÁLEZ-VELASCO, M.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Surface water treatment with tannin-based coagulants from Quebracho (*Schinopsis balansae*). *Chemical Engineering Journal*, v. 165, n. 3, p. 851-858. ISSN 1385-8947. 2010.

SANTOS, T.M.; PEREIRA, F.D.; SANTANA, R.C.; SILVA, F.G. Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera* Lam em comparação ao sulfato de alumínio. *317 Exacta*, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 317-321, 2011.

SILVA, F. J. A., MATOS, J. E. X. Sobre dispersões de *Moringa oleifera* para tratamento de água. *Revista Tecnologia*, v.29, n.2, p.157-163, 2008.

SILVA, F. J. A., MATOS, J. E. X. Sobre dispersões de Moringa oleífera para tratamento de água. Revista Tecnologia, v.29, n.2, p.157-163, 2008.

SILVA, G.F et al. Potencialidades da Moringa oleifera Lam / organizadores:– São Cristóvão : Universidade Federal de Sergipe,v. 4. : il. ISBN 978-85-7822-608. 2018.

SILVA, T. S. S. de. Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto. 1999. Dissertação (Mestrado) Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública.

SIQUEIRA, A.P.S.; SILVA, C.N.; HEREK ,L.C.O.; MILANI, R.G.; YAMAGUCHI, N. U. análise da performance dos coagulantes naturais Moringa Oleifera e tanino como alternativa ao sulfato de alumínio para o tratamento de água . Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.27; p. 2018.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES. M.V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. Rev. Ambient. Água vol.9 no.4 Taubaté Oct./Dec. 2014.

THEODORO, J. D. P. et al. Coagulants and Natural Polymers : Perspectives for the Treatment of Water. Plastic and Polymer Technology, v. 2, n. 3, p. 55–62, 2013.

WALTON, J.R. Aluminum's involvement in the progression of Alzheimer's disease. Journal of Alzheimer's Disease 2013.

ZHAN, X.-M., ZHAO, X., Mechanism of lead adsorption from aqueous solutions using an adsorbent synthesized from natural condensed tannin, Water Research. 2003.

FERRAMENTA BASEADA EM TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINAS: QUAIS OS AVANÇOS PARA REABILITAÇÃO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS?

Daniele Jovem-Azevêdo¹
Magnólia de Araújo Campos Pfenning²
Evaldo de Lira Azevêdo³
Joseline Molozzi⁴

RESUMO

Modelos preditivos frequentemente incorporam múltiplas variáveis e representam uma ferramenta útil para testar diferentes cenários de reabilitação. Aqui, objetivamos prever quais os efeitos sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos podem ser esperados a partir da redução simulada no nível de eutrofização em reservatórios no semiárido. Um modelo preditivo foi construído a partir da seleção de três técnicas de aprendizado de máquinas: *Support Vector Machines*, *Multi-Layer Perceptron*, *K-nearest neighbor analysis*. O modelo foi elaborado a partir de dados ambientais e biológicos de 129 sites amostrados em seis reservatórios (bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu e rio Paraíba, Nordeste do Brasil). As variáveis associadas a eutrofização foram alteradas artificialmente para a simulação em dois cenários de reabilitação: D1 = menor nível de melhoria, 25% de alteração; e D2 = maior nível de melhoria, 75% de alteração. Três grupos de gradientes ambientais foram considerados previamente com base na PCA: sites com menor nível de impacto, nível de impacto intermediário e nível de impacto severo. As simulações indicam melhoria ambiental e aumento da riqueza total nos cenários D1 e D2 para todos os grupos de gradientes ambientais selecionados ($p = 0,0001$). Além disso, sob as novas condições simuladas, a expansão de *taxa* sensíveis (Ephemeroptera, Trichoptera e gênero de Chironomidae) também é esperada. As simulações indicam que medidas de melhorias aplicadas a sistemas artificiais, como reservatórios, podem de fato representar melhoria ambiental e biótica, mostrando ser um passo potencial para elaboração de propostas de manejo e restauração de recursos hídricos, sobretudo em região semiárida.

Palavras-chave: Semiárido, Reservatórios, Macroinvertebrados bentônicos, Modelos preditivos.

¹ Doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais – MG; Pós-Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência Naturais e Biotecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* Cuité - PB, daniele.jazevedo@gmail.com;

² Doutora em Ciências Biológicas (Biologia Molecular) pela Universidade de Brasília – DF; Professora Adjunta da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* Cuité - PB, magnoliacp@gmail.com;

³ Doutor em Etnobiologia e Conservação da Natureza pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE; Professor DI-2 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras - PB, evaldo.azevedo@ifpb.edu.br;

⁴ Doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais – MG; Professora Adjunta da Universidade Estadual da Paraíba, *Campus* Campina Grande - PB, jmolozzi@gmail.com;

INTRODUÇÃO

Modelos preditivos são considerados ferramentas úteis tanto no contexto da bioavaliação de ecossistemas aquáticos, quanto a proposição de estratégias de manejo do recursos hídricos (STRACHAN; REYNOLDSON, 2014; ASHOFTEH; RAJAEI; GOLFAM et al., 2017). Frequentemente, esses modelos são baseados em análises discriminantes, as quais formam grupos com base em dados biológicos e ambientais a partir da semelhança entre os sites analisados, o que permite avaliar a qualidade biológica dos locais a partir do desvio da comunidade observada, comparada a uma comunidade esperada sob condições de referência (FEIO et al., 2009).

Os modelos mais comuns baseados na abordagem de referência são: RIVPACS (*River Invertebrate Prediction Classification System* - WRIGHT; SUTCLIFFE; FURSE, 2000), AUSRIVAS (*Australian River Assessment Scheme* - SIMPSON; NORRIS, 2000) e BEAST (*Benthic Assessment of Sediment* - REYNOLDSON et al., 1995), todos baseados em análises de funções discriminantes. Esses modelos já têm sido utilizados para avaliação de ecossistemas aquáticos em todo o mundo (ex. CLARKE; WRIGHT; FURSE et al., 2003; FEIO et al., 2007; NICHOLS; REYNOLDSON; HARRISON, 2014; STRACHAN; REYNOLDSON, 2014) e já integram as ferramentas aplicadas na Diretiva Quadro da Água da União Européia (EUROPEAN COMMISSION, 2000). Apesar de amplamente utilizadas, ferramentas com base em análise discriminante podem gerar agrupamentos artificiais e, além disso, requerem variáveis com distribuição normal, sem relação colinear e um grande número de dados para serem analisados.

Diferentemente, modelos baseados em técnicas de aprendizado de máquinas (*machine learning techniques*) são capazes de prever a distribuição de espécies sem a necessidade de um conjunto de dados de referências, pois são ferramentas hábeis na captura de relações não-lineares, sendo também pouco influenciadas por distribuição distorcida das variáveis analisadas (*outliers*), diferentemente das técnicas de análise discriminantes tradicionais (GEVREY et al., 2004). Entre as técnicas mais utilizadas em estudos ecológicos estão: *Support Vector Machines* (SVM, DRAKE et al., 2006), *Multi-Layer Perceptron* (MLP; GEVREY et al., 2004), *K-nearest neighbor analysis* (KNN; FEIO; VIANA-FERREIRA; COSTA 2014a). Todas as técnicas de aprendizado de máquinas baseiam-se no conhecimento preexistente (a partir do conjunto de dados observados) para o desenvolvimento de previsões. Assim, mostram habilidade em prever a condição esperada a partir do desvio da razão entre a condição observada e a esperada (FEIO et al., 2014a).

Apesar da grande evolução das ferramentas multivariadas, o emprego dessas no contexto da reabilitação de recursos hídricos ainda é tímido (ex., LANGHANS; REICHERT; SCHUWIRTH, 2014; MUHAR et al., 2016). Isso pode ser explicado pela ausência de objetivos que conecte as medidas de avaliação dos ecossistemas com as medidas de efeitos em programas de reabilitação, o que torna ainda mais urgente o desenvolvimento de ferramentas eficientes e de baixo custo que auxiliem tanto na avaliação, quanto na proposição de medidas eficientes para reversão do estado de degradação. Nesse contexto, ferramentas de simulação podem ser peças-chave no sucesso de reabilitação, pois incorporam informações de variáveis múltiplas, permitindo testar diferentes cenários de reabilitação (HERMOSO et al., 2011; BRUDVIG, 2017). Vale ressaltar que, em muitos casos, essas ferramentas ainda têm sido aplicadas de forma restrita, usando apenas táxons específicos ou métricas de diversidade (JOY; DEATH, 2004; MÉRIGOUX et al., 2015; ROSE et al., 2016; LAUGHLIN et al., 2017).

No presente estudo, nós empregamos simultaneamente três técnicas de aprendizado de máquinas: SVM, MLP e KNN, através da aplicação da ferramenta HYDRA (FEIO; VIANA-FERREIRA; COSTA 2014a, b). Nosso principal objetivo foi predizer quais os efeitos sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos podem ser esperados a partir da redução simulada no nível de eutrofização em reservatórios no semiárido, buscando a proposição de medidas de reabilitação. Para isso, construímos um modelo a partir de dados bióticos e abióticos que incluem diferentes gradientes ambientais, opondo-se a modelos preditivos tradicionais, baseados em condições de referência. Essa abordagem segue o conceito de *dirty-water model* proposto por Hoang et al. (2003).

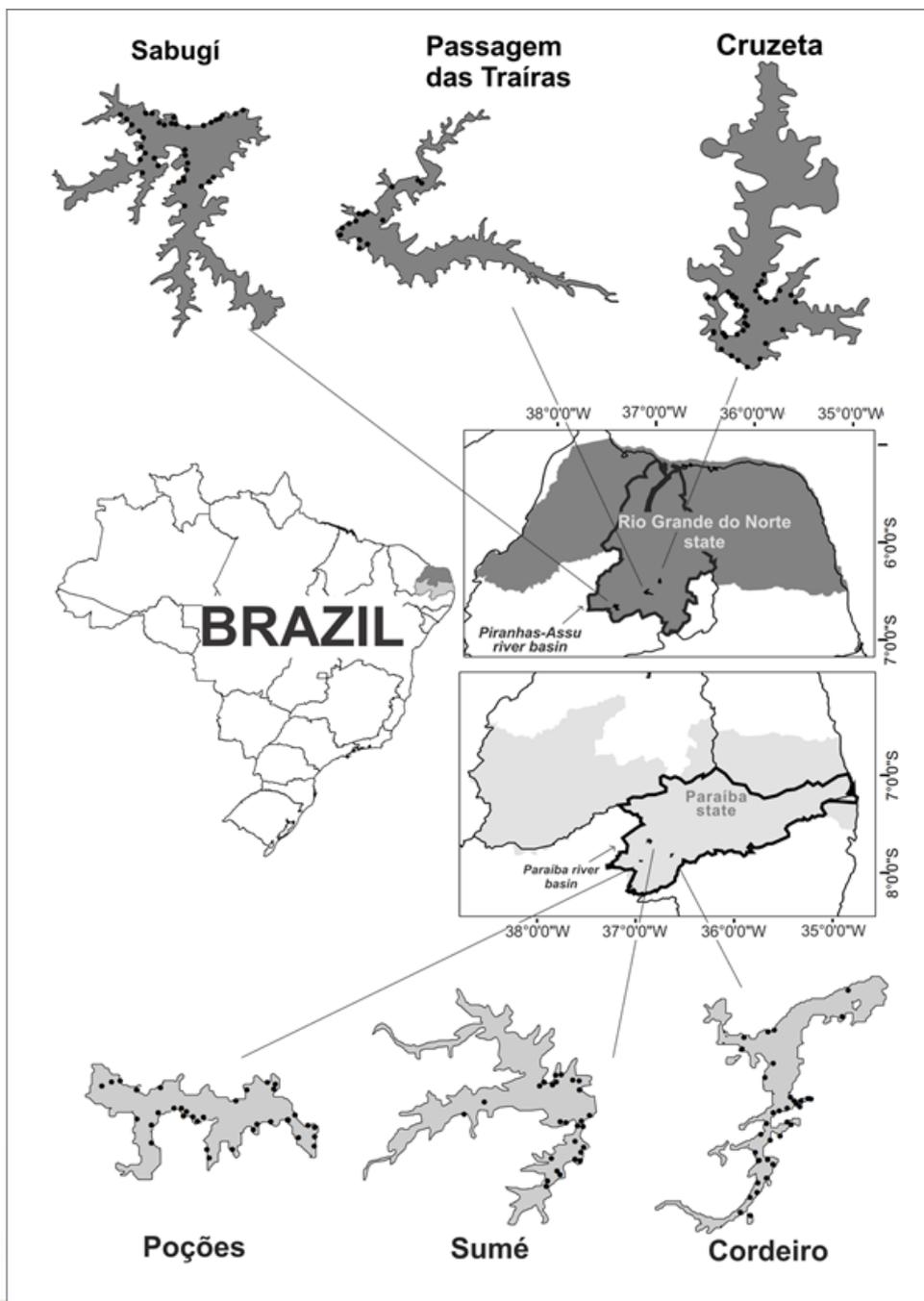
METODOLOGIA

Conjunto de dados

O conjunto de dados está baseado em 129 sites distribuídos na região litorânea de 6 reservatórios inseridos em 2 bacias hidrográficas localizadas no semiárido brasileiro: rio Piranhas-Assu (reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras e Cruzeta - estado do Rio Grande do Norte) e rio Paraíba (reservatórios Cordeiro, Sumé e Poções - estado da Paraíba), Nordeste do Brasil (Figura 1). Todos esses reservatórios são destinados ao abastecimento público na região. As amostragens em cada site ocorreram em quatro períodos, sendo: Junho, Setembro e Dezembro de 2014 e Março de 2015. A região em que as duas bacias hidrográficas estão inseridas é classificada como BSh semiárido quente (Köppen–Geiger), com período seco

entre 9-10 meses/ano. Na região da bacia hidrográfica do rio Paraíba é registrado o menor nível pluviométrico (400mm/ano), quando comparada a bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu (800mm/ano). A temperatura mínima média em ambas as bacias hidrográficas é de 20°C (entre Julho e Agosto) e máxima média de 29,5°C (entre Novembro e Dezembro) (ALVARES et al., 2014).

Figura 1: Distribuição dos sites de amostragem nos reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras, Cruzeta (bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu), Cordeiro, Sumé e Poções (bacia hidrográfica do rio Paraíba) (Figura a partir de Jovem-Azevêdo et al., 2019).



Cada local de amostragem foi caracterizado quanto aos aspectos físicos e químicos da água, aspectos do habitat e da paisagem. Entre os aspectos físicos e químicos da água foram medidas as seguintes variáveis: temperatura (°C), pH, turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L) e sólidos totais dissolvidos, utilizando sonda multiparâmetro (Horiba-U50). A profundidade foi avaliada com auxílio de aparelho sonar. A transparência da água foi mensurada de acordo com o desaparecimento do disco de Secchi. Além disso, em cada local, um litro de água foi coletado na subsuperfície e, em laboratório, foram determinadas as concentrações de nutrientes fosfatados (fósforo total e fosfato solúvel reativo - µg/L) e nitrogenados (íons amônio, nitrato e nitrito - µg/L) (APHA, 2005). A concentração da clorofila foi avaliada através da extração do pigmento em acetona 90% (LORENZEN, 1967).

Para caracterização do habitat de colonização das espécies de macroinvertebrados, amostras do sedimento foram coletadas utilizando draga de Eckman-Birge (225cm²) e direcionadas para a determinação do teor de matéria orgânica pelo método gravimétrico e composição granulométrica do sedimento, seguindo o método proposto por Suguio (1973), modificado por Callisto & Esteves (1996). As partículas do sedimento classificadas de acordo com as categorias propostas por Jovem-Azevêdo et al. (2019): cascalho (>1mm), areia grossa (500-1000µm), areia média (250-500 µm), areia fina (125-250 µm), silte (63-125 µm) e argila (<63 µm).

A paisagem ao entorno também foi avaliada para determinação do uso e ocupação antrópica, seguindo o protocolo de avaliação de habitats *River Habitat Survey*, modificado por Rowan et al. (2006). Através desse protocolo foi possível analisar: 1) características associadas ao desenvolvimento urbano (ex. presença de residências, cerca de demarcação, linhas de transmissão) e 2) atividades agrícolas (ex. áreas de pastagem, plantio de leguminosas e fruteiras e criação de rebanho). Dados relacionados a localização, precipitação e geologia de cada área foram compilados a partir dos dados disponíveis nas agências oficiais de meio ambiente: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos no estado Rio Grande do Norte e Agência Executiva de Gestão das Águas no estado da Paraíba.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi coletada com draga de Eckman-Birge (225cm²). Ainda *in situ*, as amostras foram fixadas com solução de formoldeído a 4%. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras com malha de abertura de 500µm e conservadas em álcool a 70%. Posteriormente, as amostras foram triadas para retirada dos organismos. Todos os indivíduos encontrados foram contados e identificados a nível de família, exceto as larvas da família Chironomidae, as quais foram identificadas a nível de gênero (BOFFI, 1979; PÉRES, 1988; TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

Análise de Dados

Classificação dos gradientes ambientais

Os dados abióticos foram utilizados para determinar os gradientes ambientais a que estão submetidos os sites amostrados. Para isso, empregamos *Principal components analysis* (PCA) a fim de avaliar a segregação entre os sites pelos descritores ambientais. Previamente, nós analisamos a distribuição dos dados a fim de detectar aquelas variáveis com padrão não-normal de distribuição e aquelas que estivessem altamente correlacionadas (>0.75). As variáveis com distribuição não-normal foram transformadas em $\log(x+1)$ e as variáveis dos habitat transformadas em arco-seno. As variáveis altamente correlacionada foram excluídas. Posteriormente todas as variáveis foram normalizadas. Três grupos foram formados a partir da PCA, de acordo com a similaridade das variáveis ambientais, sendo classificados: 1) sites com menor nível de impacto ambiental (LI); 2) nível de impacto intermediário (ID); e 3) nível severo de impacto (SI). Para testar se os grupos formados diferem significativamente entre si, aplicamos *Permutational Multivariate Analysis of Variance* (PERMANOVA, com coeficiente de Distância Euclidian; 9999 permutações; ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008).

Construção do modelo dirty-water

Para a construção do modelo, selecionamos três técnicas baseadas no aprendizado de máquinas (SVM, MLP e KNN) e as empregamos através da ferramenta HYDRA (FEIO; VIANA-FERREIRA; COSTA 2014a, b) desenvolvida em linguagem R (pacote *Rminer*, CORTEZ, 2010) e implementada na plataforma AQUAWEB (aquaweb.uc.pt). A partir do modelo, dados de referência são selecionados (dados teste), os quais são posteriormente utilizados para comparação com dados de sites mais próximos no espaço dimensional, de acordo com os preditores ambientais (dados de treinamento) (ver FEIO; VIANA-FERREIRA; COSTA 2014a, b para maiores detalhes). Para maior acurácia na predição, nós selecionamos apenas as probabilidade de ocorrência de um *taxa* esperado a partir do observado ≥ 0.5 . A razão entre o observado e esperado (O/E) foi utilizada para determinar o nível de comprometimento biótico e o desvio padrão de O/E para avaliar a acurácia das técnicas.

Simulação de reabilitação ambiental

Para testar um cenário de melhoria ambiental nos reservatórios estudados, nós alteramos artificialmente os valores das variáveis associadas a eutrofização, considerando um cenário hipotético de interrupção da entrada e/ou tratamento de esgoto urbano,

frequentemente descartados de forma imprópria em rios e reservatórios em todo o mundo (WHO, 2015; UNESCO, 2017). Nossas simulações foram projetadas em dois cenários de melhoria: D1 (menor nível de melhoria) = variáveis reduzidas em 25%; D2 (maior nível de melhoria) = variáveis reduzidas em 75%.

Assim, nós reduzimos (conforme D1 e D2) as concentrações de fósforo, fosfato solúvel reativo e clorofila-*a*. De forma contrária, nós aumentamos os valores de transparência, considerando que ambientes com menor nível de trofia apresentam águas claras. Adicionalmente, nós também reduzimos variáveis que estão diretamente associadas a eutrofização: oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos. Todas essas variáveis seguem o cenário de melhoria proposta em D1 e D2, exceto o oxigênio dissolvido, o qual foi reduzido apenas em sites com valores acima de 7 mg/L, isso porque, a redução do oxigênio abaixo de 4 mg/L indica uma condição de anoxia (CONAMA 357/05). Posteriormente, nós aplicamos o novo conjunto de dados ao modelo construído previamente, a fim de avaliar as mudanças esperadas a partir das medidas de reabilitação simuladas. Para avaliar se há diferenças significativas nas variáveis ambientais observadas e esperadas (após as mudanças simuladas), empregamos uma série de PERMANOVA's (com coeficiente de Distância Euclidian; 9999 permutações).

Complementarmente, para avaliar se a melhoria biótica esperada resulta na expansão de colonização de táxons, nós selecionamos três *taxa* sensíveis mais abundantes: Caenidae (Ephemeropt com coeficiente de Distância Euclidian; 9999 permutações era), Polycentropodidae (Trichoptera) e *Zavreliella* sp (Diptera: Chironomidae) comparando o observado e o esperado após a aplicação dos dois cenários de melhoria. Mapas de distribuição foram elaborados, a fim de analisar a expansão na colonização esperada desses organismos após a reabilitação simulada. Por fim, empregamos análises de PERMANOVA's (com coeficiente de Distância Euclidian; 9999 permutações) para determinar se houve diferenças significativas na riqueza total de espécies observada e esperada a partir dos cenários de reabilitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos sites

Os três primeiros eixos da PCA, baseada nos dados abióticos, explicou um total 52,57% da variabilidade total dos dados. Baseada na distribuição dos dados, 30 sites foram incluídos no grupo LD, 54 no grupo ID e 45 sites no grupo SD. As maiores concentrações de fósforo ($313.5 \pm 107.9 \mu\text{g/L}$), clorofila-*a* ($58.0 \pm 51.3 \mu\text{g/L}$), turbidez ($104.6 \pm 68.9 \text{NTU}$), oxigênio dissolvido ($7.8 \pm 1.6 \text{mg/L}$) foram registradas entre os sites do grupo SI. Além disso, a menor transparência da água ($0.3 \pm 0.1 \text{m}$) também ocorreu nesses sites (Tabela 1), indicando que esses locais estão sob alta condição de degradação. Diferenças significativas ocorreram entre para as variáveis ambientais analisadas entre os grupos LD, ID e SI (PERMANOVA: Pseudo- $F_{2,128} = 25,7$; $p = 0,0001$).

Tabela 1: Média e desvio padrão (\pm) das variáveis ambientais analisadas nos reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras e Cruzeta (bacia hidrográfica do Piranhas-Assu), Cordeiro, Sumé e Poções (bacia hidrográfica do rio Paraíba). Onde: LD = sites com menor nível de impacto ambiental; LI = nível de impacto intermediário; SI = nível de impacto severo.

Variáveis	LD	ID	SI
Latitude	-37.2 \pm 0.2	-36.9 \pm 0.17	-36.9 \pm 0.09
Longitude	-6.7 \pm 0.4	-7.6 \pm 0.4	-6.98 \pm 0.7
Precipitação	33.7 \pm 7.5	12.5 \pm 12.2	31.3 \pm 3.9
Altitude	223.9 \pm 97.8	473.1 \pm 114.6	360.3 \pm 185.0
Litologia	1.33 \pm 0.6	3.2 \pm 0.9	2.4 \pm 0.5
Profundidade	0.6 \pm 0.1	0.7 \pm 0.1	0.6 \pm 0.2
Secchi	0.5 \pm 0.1	0.5 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1
Turbidez	19.9 \pm 10.9	49.0 \pm 45.8	104.6 \pm 68.9
Oxigênio dissolvido	5.8 \pm 1.0	6.7 \pm 1.1	7.8 \pm 1.6
Sólidos totais dissolvidos	0.43 \pm 0.2	0.9 \pm 0.5	1.5 \pm 0.9
Nitrogênio	31.3 \pm 20.0	45.8 \pm 26.9	37.8 \pm 28.8
Íon amônio	32.7 \pm 16.0	53.8 \pm 29.1	79.8 \pm 48.6
Fósforo total	106.2 \pm 62.4	123.8 \pm 77.8	313.5 \pm 107.9
Fosfato solúvel reativo	39.9 \pm 48.7	43.1 \pm 33.2	111.7 \pm 65.9
Chlorofila- <i>a</i>	12.8 \pm 11.0	16.3 \pm 25.8	58.0 \pm 51.3
Matéria orgânica	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1
Cascalho	1.3 \pm 0.2	1.4 \pm 0.1	1.5 \pm 0.1
Areia grossa	1.4 \pm 0.09	1.4 \pm 0.09	1.4 \pm 0.09
Areia média	1.39 \pm 0.08	1.3 \pm 0.07	1.4 \pm 0.08
Areia fina	1.33 \pm 0.07	1.3 \pm 0.07	1.3 \pm 0.08
Silte	1.44 \pm 0.05	1.4 \pm 0.07	1.3 \pm 0.07
Argila	1.51 \pm 0.04	1.5 \pm 0.04	1.5 \pm 0.04
Cobertura de residência	0.2 \pm 0.2	0.2 \pm 0.2	0.5 \pm 0.36
Cobertura de pastagem	0.3 \pm 0.2	0.2 \pm 0.2	0.4 \pm 0.3
Cobertura agrícola	0.1 \pm 0.2	0.2 \pm 0.2	0.4 \pm 0.3

Na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, um total de 61 *taxa* foi identificado, com 77.400 indivíduos contatos. O grupo mais representativo foi Insecta (45 táxons), seguido de Mollusca (8 táxons), Annelida (2 táxons), Archnida (2 táxons), Crustacea (1 táxon), Nematoda (1 táxon) e Plathelminthes (1 táxon). O número da composição taxonômica entre os grupos dos gradientes ambientais, LI, ID e SI, foram similares: 45, 43 e 43 *taxa*, respectivamente (Tabela 2). No entanto, a composição dos táxons foi significativamente diferente entre os grupos (PERMANOVA: Pseudo- $F_{2,128} = 19,6$; $p = 0,0001$).

Modelo *dirty-water*

Do total de *taxa* identificado, 17 foram excluídos para a construção do modelo. Esses previamente retirados, correspondem aos táxons com baixa representatividade para a comunidade, abundância relativa $< 0,03$. O modelo construído mostrou alta predição e acurácia com médias similares entre as técnicas de aprendizado de máquinas selecionadas, sendo: SVM = 0,84. MLP = 0,73 e KNN = 0,82; e desvio padrão variando entre 0,14-0,18. A acurácia de precisão foi $<$ que 50% apenas para um *taxa* (Oligochaeta), nas técnicas SVM e KNN e para cinco *taxa* (*Melanoides tuberculata*, Oligochaeta, *Aedokritus* sp, *Coelotanypus* sp e *Goeldchironomus* sp), na técnica MLP. Para os demais *taxa* a acuraria foi $>$ que 50%. Nas técnicas SVM e KNN particularmente, a predição de acurácias foi acima de 0,9 para 12 *taxa*. Contrariamente, a técnica MLP mostrou-se menos sensível na predição de *taxa* com ocorrência $>0,58$ (Figura 2). A média entre O/E foi $0,79 (\pm 0,17)$ e $R^2 = 0,89$.

A aplicação simultânea das três técnicas de aprendizado de máquinas mostrou alta precisão de predição, considerando que a acurácia de predição foi $> 0,7$ para todas as técnicas selecionadas. No entanto, temos observado que especialmente na técnica MLP houve baixa acurácia para cinco táxons. A baixa acurácia encontrada nesse caso, pode ser relacionada a frequência de ocorrência dos *taxa*, considerando que o alto ou baixo nível de ocorrência de um táxon pode afetar rede de arquitetura, especialmente para técnicas de aprendizado baseadas em redes simples (DEDECKER et al., 2004).

Assim, para os casos de táxons raros ou muito frequentes, modelos de rede complexa fornecem predições melhores ou mais robustas, assim como temos observado para as técnicas SVM e KNN. Estudo prévio de Feio et al. (2014a), analisando de forma comparativa as três técnicas de aprendizado utilizadas no presente estudo (SVM, MLP e KNN) também demonstra que a técnica MLP é menos acurada para um conjunto de dados com sites limitados e *taxa* com alta frequência de ocorrência, corroborando com nossos achados.

Simulação dos cenários de reabilitação

Os cenários simulados (D1 e D2) indicam que as mudanças nas variáveis associadas a eutrofização resultou na melhoria da qualidade da água e, conseqüentemente, na qualidade biótica dos sites analisados, como podemos observar pelo aumento da riqueza total esperada (Tabela 2). A melhoria na riqueza total da comunidade macroinvertebrados foi observada tanto para o cenário D1 quanto para o cenário D2, no entanto, o maior nível de melhoria foi encontrado para o cenário D2 em todos os grupos de gradientes ambientais analisados (LD, ID e SI). Diferenças significativas foram observadas para a comunidade sob o cenário D1 e D2 (PERMANOVA: Pseudo- $F_{2,386} = 127,9$, $p = 0,0001$).

Analisando a cobertura dos táxons sensíveis, temos encontrado que Caenidae aumentou consideravelmente a sua distribuição para os sites LD (sem registro de ocorrência observada para 15 sites com presença esperada), sites ID (de 5 sites observados para 22 sites esperados) e SD (de 1 site observado para 8 sites esperados). A expansão na colonização também é esperada para Polycentropodidae: em LD (de 5 sites observados para 24 esperados), ID (0 sites observados para 3 esperados) e SD (de 1 site observado para 7 esperados). Contrariamente, o aumento na colonização do gênero *Zavreliela* sp é esperado apenas para os sites LD e SI (de 2 sites observados para 7 esperados; de 2 sites observados para 12 esperados, respectivamente), não tendo sido observada nem esperada a colonização para os sites com nível intermediário de impacto (ID) (Figuras 3-5).

Nossos resultados mostram que sob a condição de redução da eutrofização, melhorias na riqueza são esperadas tanto em sites sob menor nível de impacto (LD), quanto para sites sob alto nível de impacto (SI), mesmo que nesses últimos as alterações ocorram em menor escala. Isso sugere que para sites sujeitos a intensa condição de impacto, como temos observado em nosso conjunto de dados, outras medidas associadas possam ser empregadas para alcance de um estado de reabilitação mais satisfatório (PALMER; HONDULA; KOCH, 2014; MUHAR et al., 2016).

Além disso, os cenários de simulações também demonstram que o quadro de melhoria no nível de eutrofização fornece condições ambientais favoráveis para a colonização de táxons com menor amplitude de nicho, antes com distribuição espacial restrita. Temos observado, que no maior nível de melhoria (D2) ocorre o aumento na riqueza total e expansão da distribuição esperada de táxons sensíveis, a exemplo de Caenidae, Polycentropodidae e *Zavreliela*. Esses resultados são reforçados pelo fato de que distúrbios ambientais de alta frequência e intensidade impõe riscos as espécies especialistas, considerando a degradação do habitat e a redução na disponibilidade de recursos, afetando o crescimento populacional.

Enquanto que espécies generalistas são tolerantes a diferentes gradientes ambientais, com menor nível de exigência de recursos, capazes de colonizar habitats vizinhos e atingir altas proporções numéricas mesmo em sites sob condição de impacto (BÜCHI; VUILLEUMIER, 2014).

Tabela 2: Composição da comunidade de macroinvertebrados nos reservatórios da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu e Paraíba, semiárido brasileiro. Onde: LD = sites com menor nível de impacto; ID = nível de impacto intermediário; SI = nível de impacto severo; N° = número de sites em que foi registrada ocorrência do táxon.

Taxa	LD	N° sites	ID	N° sites	SI	N° sites
ANNELIDA						
Hirudinea	*	0	1	25	1	10
Oligochaeta	1	30	1	54	1	45
ARACNÍDEO						
Acarina	*	0	1	1	*	0
Oxidae	*	0	1	2	*	0
CRUSTÁCEO						
Decapoda	*	0	1	11	1	5
Ostracoda	1	18	1	2	1	7
INSECTA						
Chironomidae						
Chironominae						
<i>Aedokritus</i> (Roback, 1958)	1	25	1	15	1	36
<i>Asheum</i> (Sublette, 1964)	1	29	1	6	1	23
<i>Chironomus</i> (Meigen, 1803)	1	26	1	8	1	25
<i>Cladopelma</i> (Kieffer, 1921)	1	3	*	0	1	2
<i>Dicrotendipes</i> (Kieffer, 1913)	1	21	*	0	1	16
<i>Fissimentum</i> (Cranston and Nolte, 1996)	1	23	1	6	1	6
<i>Goeldichironomus</i> (Fittkau, 1965)	1	29	1	25	1	35
<i>Parachironomus</i> (Lenz, 1921)	1	6	1	8	1	6
<i>Pelomus</i> (Reis, 1989)	1	23	1	5	1	11
<i>Polypedilum</i> (Kieffer, 1912)	1	30	1	17	1	31
<i>Saetheria</i> (Jackson, 1977)	1	1	*	0	*	0
<i>Tanytarsus</i> (Van der Wulp, 1874)	1	30	1	13	1	28
<i>Zavreliella</i> (Kieffer, 1920)	1	2	*	0	1	2
Tanypodinae						
<i>Ablabesmyia</i> (Johannsen, 1905)	1	10	1	7	1	4
<i>Brundiniella</i> (Roback, 1978)	1	2	*	0	*	0
<i>Clinotanypus</i> (Kieffer, 1913)	*	0	1	2	1	1
<i>Coelotanypus</i> (Kieffer, 1913)	1	28	1	37	1	24
<i>Denopelopia</i> (Roback and Rutter, 1988)	*	0	1	1	*	0
<i>Djalmabatista</i> (Fittkau, 1968)	1	14	1	3	1	12
<i>Larsia</i> (Fittkau, 1962)	1	6	1	4	1	4
<i>Monopelopia</i> (Fittkau, 1962)	*	0	1	1	*	0
<i>Parapentaneura</i> (Fittkau and Serrano, 2006)	*	0	1	1	*	0
<i>Procladius</i> (Skuse, 1889)	1	3	*	0	1	4
<i>Tanypus</i> (Meigen, 1803)	1	9	*	0	1	2
Coleoptera						
Districidae	1	1	*	0	*	0
Elmidae	*	0	*	0	1	1
Gyrinidae	1	7	1	1	1	8
Diptera						
Chaoboridae	1	5	1	1	1	8
<i>Chaoborus</i> (Lichtenstein, 1980)	1	4	1	3	1	5

Ceratopogonidae	1	28	1	16	1	25
Ephemeroptera						
Baetidae	1	1	1	2	1	1
Caenidae	*	0	1	5	1	1
Polymitarcyidae	*	0	1	10	1	1
Hemiptera						
Belostomatidae	*	0	1	1	*	0
Corixidae	1	5	1	2	1	5
Heteroptera	1	1	*	0	*	0
Odonata						
Coenagrionidae	1	5	1	7	1	3
Dicteriadidae	1	1	*	0	*	0
Gomphidae	1	10	1	5	1	4
<i>Phyllocycla</i>	1	3	1	2	1	1
<i>Progomphus</i>	1	1	*	0	*	0
Libellulidae	1	2	1	9	1	2
Trichoptera						
Leptoceridae	1	1	*	0	*	0
Polycentropodidae	1	5	*	0	1	1
MOLLUSCA						
Gastropoda						
Ancylidae	1	7	*	0	1	1
Bulimidae	1	1	*	0	1	6
Planorbidae	1	12	1	25	1	9
Ampullariidae -						
<i>Pomacea</i>	1	17	1	8	1	7
Thiaridae -						
<i>Melanoides tuberculatus</i> (Müller, 1774)	1	29	1	54	1	42
Lymnaeidae	*	0	1	1	*	0
Bivalve						
Corbiculidae -						
<i>Corbicula largillierti</i> (Philippi, 1844)	*	0	1	19	*	0
Sphaeriidae	*	0	1	5	*	0
NEMATODA	1	1	*	0	*	0
PLATYHELMINTHES						
Planariidae	1	10	1	19	1	2
Mean richness/site						
Observed		6.7±2.0		5.8±2.0		4.7±1.9
D1		7.8±1.9		6.5±2.0		5.3±2.2
D2		10.6±1.5		8.6±2.7		7.7±2.5

Figura 2: Média da acurácia de predição para cada táxon identificado nos reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras, Cruzeta (bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu), Cordeiro, Sumé e Poções (bacia hidrográfica do rio Paraíba). Linha pontilhada indica a acurária > 0,5 para as técnicas de aprendizado de máquinas selecionadas: SVM, MLP e KNN.

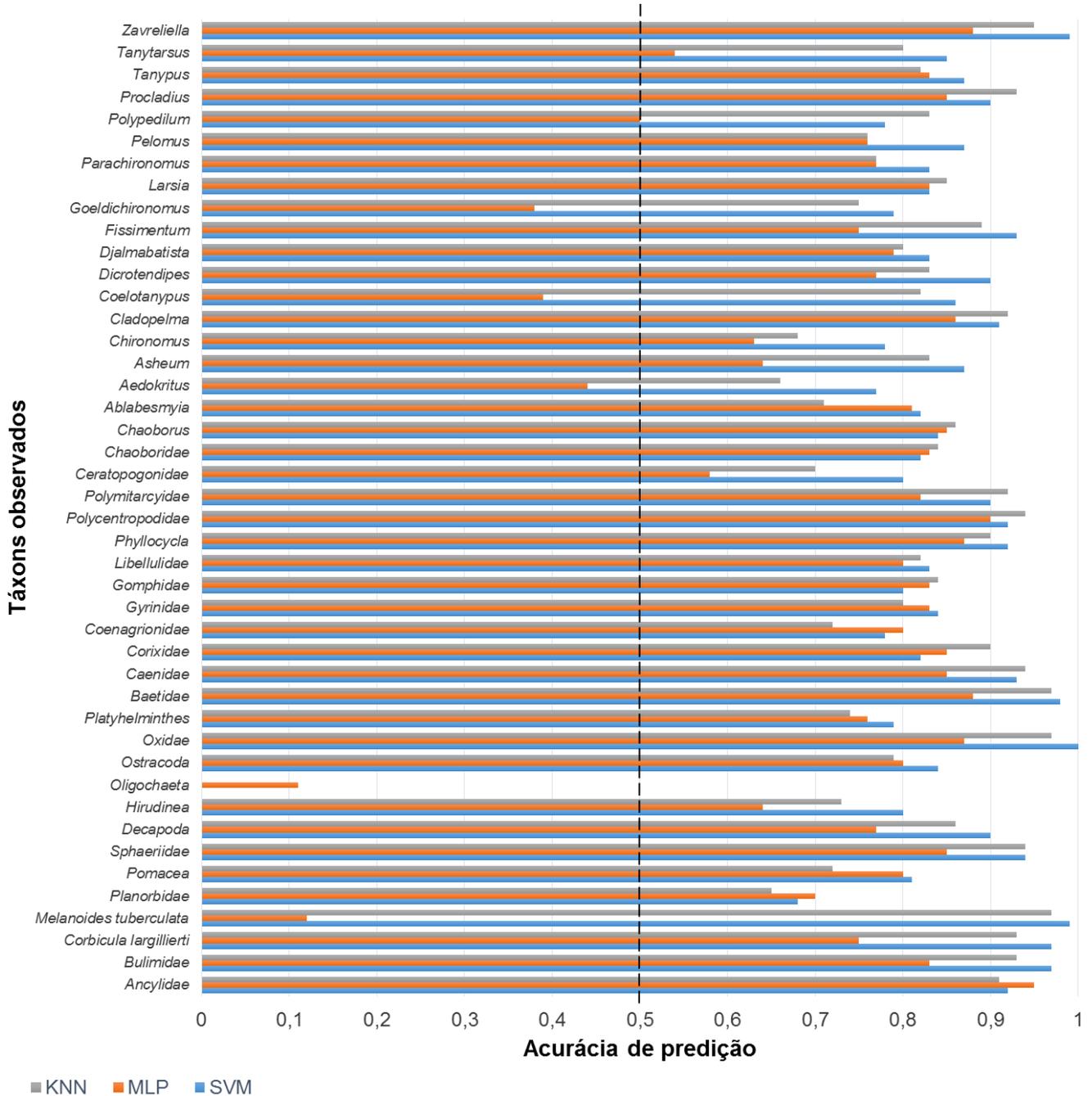


Figura 3: Distribuição espacial esperada de organismos da família Caenidae baseado no cenário D2 de melhoria nos reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras, Cruzeta (bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu), Cordeiro, Sumé e Poções (bacia hidrográfica do rio Paraíba). Círculos pretos representam os sites de amostragem; círculos amarelos os sites onde o táxon foi observado; círculos vermelhos os sites onde o táxon é esperado.

Taxa: Caenidae

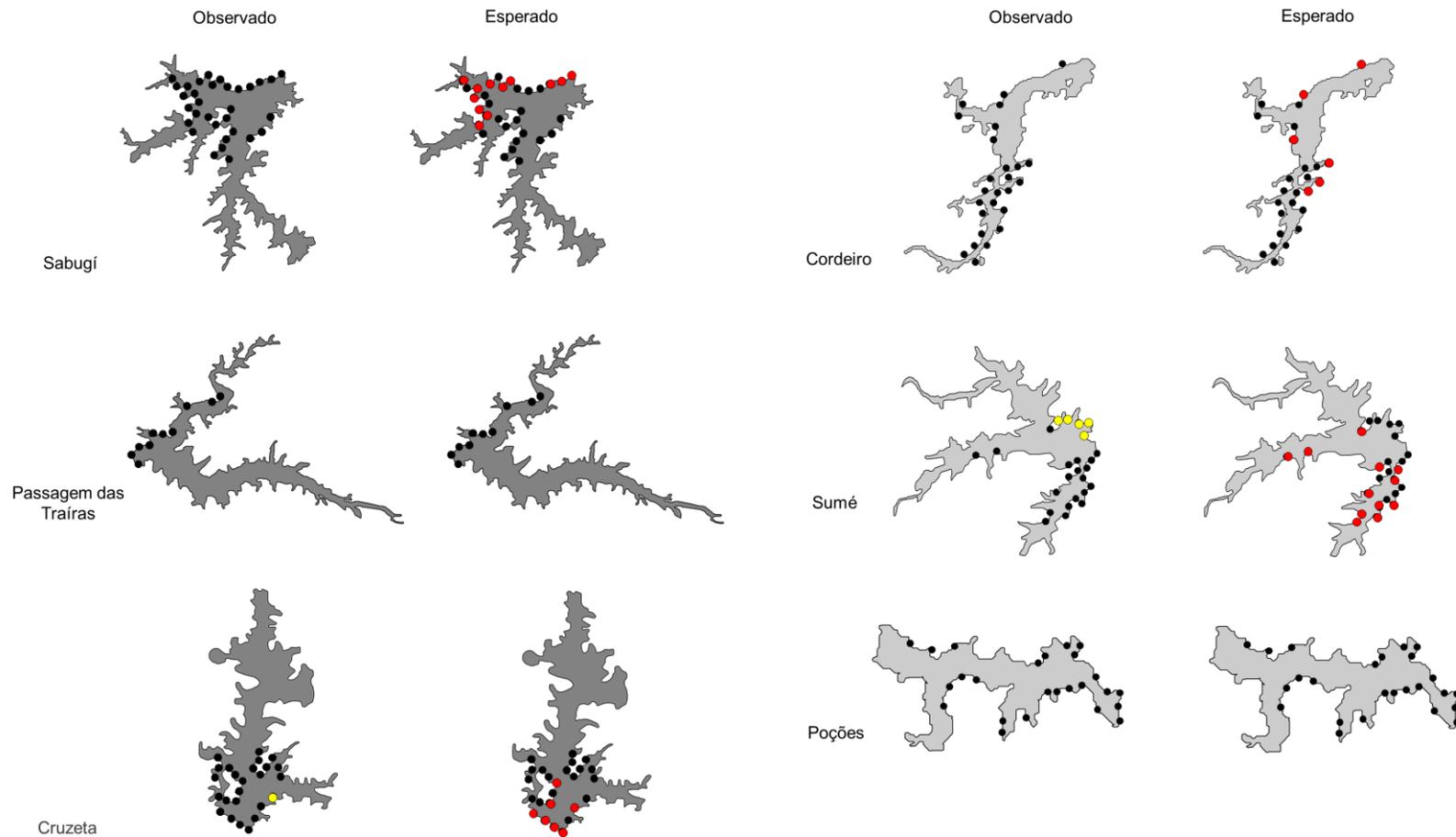


Figura 4: Distribuição espacial esperada de organismos da família Polycentropodida baseado o cenário D2 de melhoria nos reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras, Cruzeta (bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu), Cordeiro, Sumé e Poções (bacia hidrográfica do rio Paraíba). Círculos pretos representam os sites de amostragem; círculos amarelos os sites onde o táxon foi observado; círculos vermelhos os sites onde táxon é esperado.

Taxa: Polycentropodidae

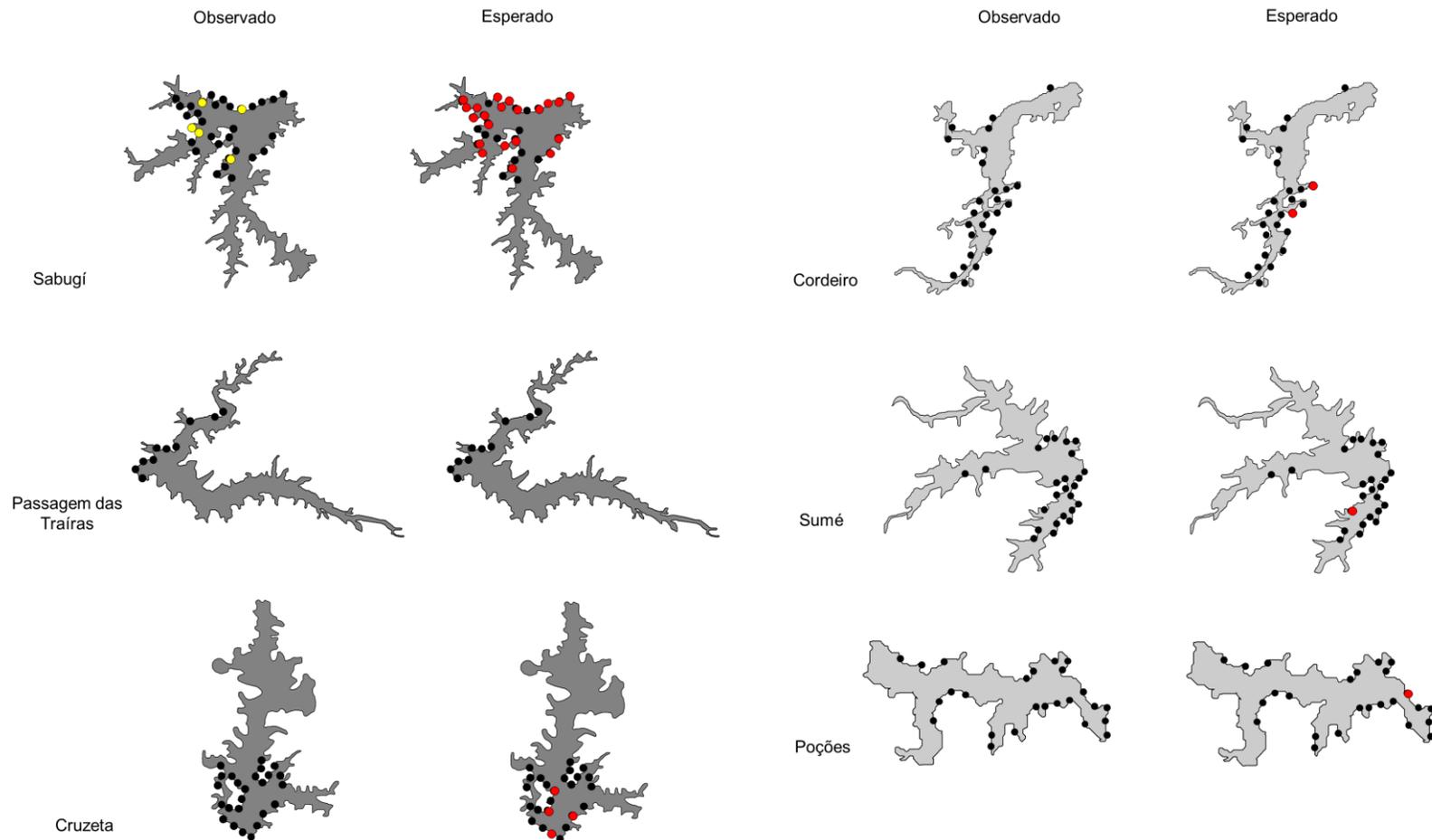
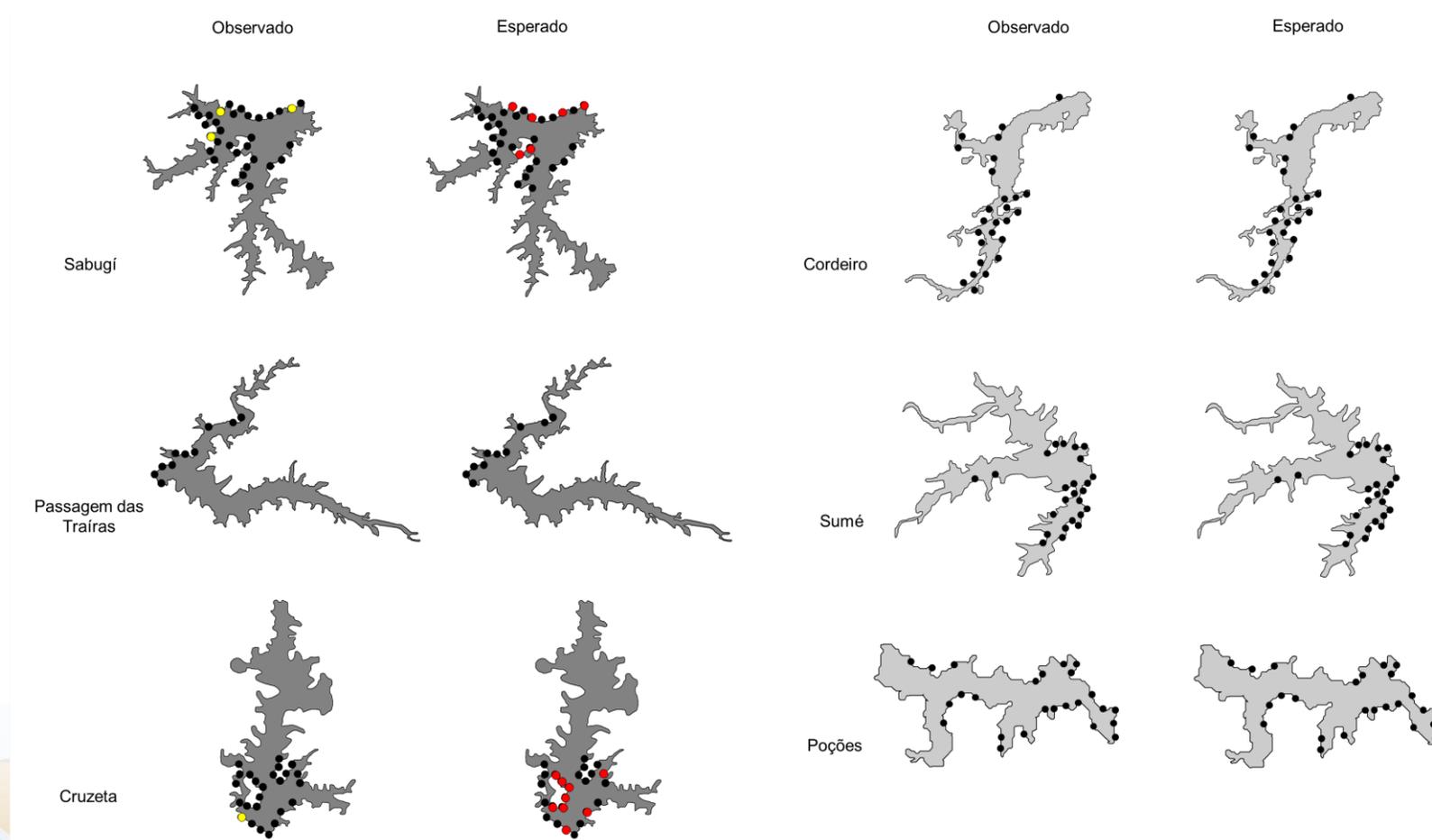


Figura 5: Distribuição espacial esperada de organismos do genero *Zavreliella* baseado o cenário D2 de melhoria nos reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras, Cruzeta (bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu), Cordeiro, Sumé e Poções (bacia hidrográfica do rio Paraíba). Círculos pretos representam os sites de amostragem; círculos amarelos os sites onde o táxon foi observado; círculos vermelhos os sites onde táxon é esperado.

Taxa: *Zavreliella*



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossos resultados fornecem importantes informações para o contexto de reabilitação de recursos hídricos:

- i) A diminuição do enriquecimento de nutrientes e contaminação orgânica, considerando a suspensão da entrada de esgoto doméstico e o tratamento de águas residuais, representa uma medida que resulta na melhoria da condição ambiental, aumento da riqueza total e expansão de táxons sensíveis. Condição que pode indicar também a melhoria dos serviços ecossistêmicos (pesca, consumo humano e irrigação).
- ii) Sites sob alto nível de degradação ambiental necessitam do emprego de medidas associadas para garantia de um quadro de melhoria satisfatório;
- iii) Se os cenários de melhoria tornarem-se uma realidade, as novas condições podem favorecer a chegada de táxons antes limitados pela baixa qualidade ambiental, como táxons comuns a zonas lóxicas. Estudos futuros podem considerar a inclusão de espécies comuns a essas zonas junto aos dados de treinamento, a fim de modelar o padrão de distribuição dessas espécies sobre o novo gradiente ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, n 22, p. 711-728, 2013.
- ANDERSON, M.J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. **Permanova + for Primer: Guide to Software and Statistical Methods**. Primer-E Ltd, Plymouth, 2008.
- APHA, A. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, n 21, p. 258-259, 2005.
- ASHOFTEH, P. S.; RAJAEI, T.; GOLFAM, P. Assessment of Water Resources Development Projects under Conditions of Climate Change Using Efficiency Indexes (EIs). **Water Resources Management**, n 12, p. 3723-3744, 2017.
- BOFFI, A.V. **Moluscos brasileiros de interesse médico e econômico São Paulo**. HVCITEC 181, 1979.
- BRUDVIG, L. A. Toward prediction in the restoration of biodiversity. **Journal of Applied Ecology**, n 4, p. 1013-1017, 2017.

- BÜCHI, L.; VUILLEUMIER, S. Coexistence of specialist and generalist species is shaped by dispersal and environmental factors. *The American Naturalist*, n 5, p. 612-624, 2014.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, n 8, p. 115-126, 1996.
- CLARKE, R. T.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M. T. RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *Ecological Modelling*, n 3, p. 219-233, 2003.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução CONAMA N° 357/2005 -- Publicação DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63, 17/03/2005.
- DEDECKER, A.; GOETHALS, P. L.; GABRIELS, W.; PAUW, N. Optimisation of Artificial Neural Network (ANN) model design for prediction of macroinvertebrate communities in the Zwalm river basin (Flanders, Belgium). **9th International Congress on Environmental Modelling and Software**, n 74, p. 141-147, 2004
- EUROPEAN COMMISSION. **Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy**. Official Journal of the European Communities, n 15, p. 1-5, 2000.
- FEIO M.; NORRIS R.; GRAÇA M.; NICHOLS S. Water quality assessment of Portuguese streams: regional or national predictive models? **Ecological Indicators**, n 9, p. 791–806, 2009.
- FEIO, M. J.; VIANA-FERREIRA, C.; COSTA, C. Combining multiple machine learning algorithms to predict taxa under reference conditions for streams bioassessment. **River research and applications**, n 9, p. 1157-1165, 2014b.
- FEIO, M. J.; VIANA-FERREIRA, C.; COSTA, C. Testing a multiple machine learning tool (HYDRA) for the bioassessment of fresh waters. **Freshwater Science**, n 4, p. 1286-1296, 2014a.
- GEVREY, M.; RIMET, F.; PARK, Y. S.; GIRAUDEL, J. L.; ECTOR, L.; LEK, S. Water quality assessment using diatom assemblages and advanced modelling techniques. **Freshwater biology**, n 2, p. 208-220, 2004.
- HERMOSO, V.; PANTUS, F.; OLLEY, J. O. N.; LINKE, S.; MUGODO, J.; LEA, P. Systematic planning for river rehabilitation: integrating multiple ecological and economic objectives in complex decisions. **Freshwater Biology**, n 1, p. 1-9, 2012.

- HOANG, H.; RECKNAGEL, F.; MARSHALL, J.; CHOY, S. **Elucidation of hypothetical relationships between habitat conditions and macroinvertebrate assemblages in freshwater streams by artificial neural networks.** In *Ecological Informatics* (pp. 239-251). Springer, Berlin, Heidelberg, 2003.
- JOVEM-AZEVEDO, D.; BEZERRA-NETO, J. F.; AZEVEDO, E. L.; GOMES, W. I. A.; MOLOZZI, J.; FEIO, M. J. Dipteran assemblages as functional indicators of extreme droughts. **Journal of arid environments**, n 164, p. 12-22, 2019.
- JOY, M. K.; DEATH, R. G. Predictive modelling and spatial mapping of freshwater fish and decapod assemblages using GIS and neural networks. **Freshwater Biology**, n 8, p. 1036-1052, 2004.
- LANGHANS, S. D.; REICHERT, P.; SCHUWIRTH, N. The method matters: a guide for indicator aggregation in ecological assessments. **Ecological indicators**, n 45, p. 494-507, 2014.
- LAUGHLIN, D. C.; STRAHAN, R. T.; MOORE, M. M.; FULÉ, P. Z.; HUFFMAN, D. W.; COVINGTON, W. W. The hierarchy of predictability in ecological restoration: are vegetation structure and functional diversity more predictable than community composition? **Journal of Applied Ecology**, n 4, p. 1058-1069, 2017.
- LORENZEN, C. J., Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. **Limnology and oceanography**, n 12, p. 343-346, 1967.
- MÉRIGOUX, S.; FORCELLINI, M.; DESSAIX, J.; FRUGET, J. F.; LAMOUREUX, N.; STATZNER, B. Testing predictions of changes in benthic invertebrate abundance and community structure after flow restoration in a large river (French Rhône). **Freshwater Biology**, n 6, p. 1104-1117, 2015.
- MUHAR, S.; JANUSCHKE, K.; KAIL, J.; POPPE, M.; SCHMUTZ, S.; HERING, D.; BUIJSE, A. D. Evaluating good-practice cases for river restoration across Europe: context, methodological framework, selected results and recommendations. **Hydrobiologia**, n 1, p. 3-19, 2016.
- NICHOLS, S. J.; REYNOLDSON, T. B.; HARRISON, E. T. Evaluating AUSRIVAS predictive model performance for detecting simulated eutrophication effects on invertebrate assemblages. **Freshwater Science**, n 4, p. 1212-1224, 2014.
- PALMER, M. A.; HONDULA, K. L.; KOCH, B. J. Ecological restoration of streams and rivers: shifting strategies and shifting goals. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, n 45, p. 247-269, 2014.

- PÉRES, G.P. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia**. Editorial Presencia Bogotá, 1988.
- REYNOLDSON, T. B.; BAILEY R. C.; DAY, K. E.; NORRIS, R. H. Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. **Australian Journal of Ecology**, n 20, p. 198–219, 1995.
- ROSE, P. M.; KENNARD, M. J.; MOFFATT, D. B.; SHELDON, F.; BUTLER, G. L. Testing three species distribution modelling strategies to define fish assemblage reference conditions for stream bioassessment and related applications. **PloS One**, n 1, p. 1-23, 2016.
- ROWAN, J. S.; CARWARDINE, J.; DUCK R. W.; BRAGG, O. M.; BLACK, A. R.; CUTLER, M. E. J.; SOUTAR, I.; BOON, P. J. Development of a technique for lake habitat survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, n 16, p. 637-657, 2006.
- SIMPSON, J. C.; NORRIS, R. H. **Biological assessment of river quality: development of AUSRIVAS models and outputs**. In WRIGHT, J. F.; SUTCLIFFE, D. W.; FURSE, M. T. (eds) *Assessing the Biological Quality of Fresh Waters: RIVPACS and Other Techniques*. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, U.K, p. 125-142, 2000.
- STRACHAN, S. A.; REYNOLDSON, T. B. Performance of the standard CABIN method: comparison of BEAST models and error rates to detect simulated degradation from multiple data sets. **Freshwater Science**, n 4, p. 1225-1237, 2014.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Edgard Blücher, São Paulo, 1973.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae: guia de identificação**. São Carlos: UFSCar, 2011.
- WRIGHT, J. F.; SUTCLIFFE, D. W.; FURSE, M. T. Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. In: *Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques*. **Freshwater Biological Association**, 2000.

AVICULTURA NO SEMIÁRIDO: PROJEÇÃO DO VOLUME D'ÁGUA CONSUMIDO NA FASE DE ENGORDA

Júlio César Gonçalves Pôrto ¹
Hermes Alves de Almeida ²

RESUMO

O município de Pocinhos – PB, no semiárido brasileiro, registra pluviometria média anual inferior a 400 mm, não desfruta de rios perenes e possui baixa capacidade de armazenamento hídrico; ao mesmo tempo, destaca-se no cenário regional como maior produtor de frangos de corte do Estado da Paraíba. A literatura aponta que essa cultura demanda um considerável volume d'água para o seu manejo, principalmente durante a fase de engorda. O consumo d'água é um fator de relevada importância, principalmente em uma região que sofre com a escassez hídrica, podendo apontar a capacidade de desenvolvimento ou estagnação dessa atividade econômica em municípios de clima semiárido, em virtude do colapso na oferta de água. Este trabalho tem por objetivo identificar o volume de água consumido na avicultura de corte, durante a fase de engorda (cerca de 45 dias), no município de Pocinhos – PB. Neste, buscou-se responder a seguinte questão: qual é o volume hídrico investido na avicultura de corte no município de Pocinhos – PB? Para tanto, foram utilizados os procedimentos de pesquisa descritiva, contemplando pesquisa bibliográfica e documental, a partir de dados primários e secundários. Levou-se em consideração o número total de aves registrado para o município, o consumo médio por animal o período necessário de engorda. Os resultados apontaram que a projeção do volume de água consumido, em 45 dias, equivale a cerca de 15 mil m³, o equivalente a cerca de 1.000 cisternas com capacidade para 16 mil litros cada. Número considerável para um município do Semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Água, Avicultura, Semiárido.

INTRODUÇÃO

O Brasil registra na maior parte de seu território consideráveis níveis de precipitação pluvial, tanto na região Centro-Sul quanto ao Norte (Amazônica) onde se localiza a maior bacia hidrográfica em volume hídrico do planeta. Nesta, são registradas as maiores médias pluviométricas em solo nacional (FIGUEROA; NOBRE, 1990). Em contraponto, no Nordeste, mais precisamente na Região Semiárida do Fundo de Financiamento do Nordeste (FNE), hoje denominada “Semiárido Brasileiro”, composta por cidades localizadas desde o Norte de Minas Gerais até o leste do estado do Maranhão, as precipitações pluviométricas registram médias que vão de 300 a 800 milímetros/ano, podendo, em regiões específicas, atingir 1.000 mm no mesmo período (INSA, 2012). Com cerca de 27,8 milhões de habitantes, o equivalente a 49% da

¹ Mestrando Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR) da Universidade Estadual da Paraíba - PB, jcgporto@hotmail.com.

² Professor do Departamento de Geografia e do Programa Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR) da Universidade Estadual da Paraíba – PB, hermes_Almeida@uol.com.br.

população do Nordeste e 12% do número registrado para o país (IBGE, 2018), o Semiárido brasileiro, além dos longos períodos de escassez de chuvas (secas), convive com a evaporação, insolação e evapotranspiração, possibilitando que apenas 8% do total de águas provenientes das chuvas sejam de fato utilizadas para consumo humano e animal (CARVALHO e EGLER, 2002).

Nesta, além dos solos com baixa fertilidade e, em sua maior parte cristalizado, encontram-se poucos rios perenes e reservatórios com baixa capacidade de armazenamento e distribuição d'água, o que dificulta ainda mais em períodos de longa estiagem (TRAVASSOS; DE SOUZA, 2011). É válido frisar ainda que as regiões semiáridas possuem irregularidade pluvial, solos de baixa fertilidade, além de clima quente e seco (DA SILVA, 2007).

Para Celso Furtado (1959, p. 59), *“a pobreza do solo, o clima da região e a pequena carga animal que suportam os pastos não permitem uma economia de grande densidade demográfica”*, embora o autor enfatize que os problemas econômicos e sociais do Nordeste não seriam apenas fruto das secas, que ciclicamente assolam a região, e sim agravados por *“questões políticas e sociais”*: a deficiência na *“industrialização”*, *“concentração de terras”* nas mãos dos grandes latifundiários, *“ausência de políticas públicas”* voltadas para o Semiárido, entre outras (GTDN, 1967). Para Aldo Rebouças (1997), *“o que mais falta no semiárido do Nordeste brasileiro não é água, mas determinado padrão cultural que agregue confiança e melhore a eficiência das organizações públicas e privadas envolvidas no negócio da água”*.

Mesmo diante de outras problemáticas apontadas pelos autores, é mister considerar a escassez de água como fator que inibe o desenvolvimento sócio/econômico do Semiárido brasileiro. Questões político/sociais e pouca eficiência das organizações públicas e privadas (FURTADO, 1959, p. 59; REBOLÇAS, 1997), não eliminam a principal problemática da região: a escassez de recursos hídricos.

O Estado da Paraíba possui uma área equivalente a 56.372 km², dos quais cerca de 51.305 de Km², equivalente a 90% do território, está localizado na região semiárida, compreendendo 194 de 223 municípios. Aproximadamente 2,5 milhões habitantes residem no semiárido Paraibano, mais de 62% da população do Estado, estimada em cerca de 4 milhões (IBGE, 2018). As principais atividades econômicas são a agricultura, pecuária, serviços e turismo (IBGE, 2010).

Dados do Censo Agropecuário 2017, apontam que a maioria dos municípios localizados a leste da Região Geográfica Imediata (RGImed) de Campina Grande, tem como principais atividades econômicas a agricultura de subsistência, destacando a produção de feijão, milho, palma forrageira e sisal; e a pecuária, com destaque para criação de caprinos, ovinos, bovinos

e galináceos. Neste último, destaca-se o município de Pocinhos, ao registrar o maior número de cabeças de frango de corte do Estado, com cerca de 12% de toda a produção paraibana. Em relação a Região Geográfica Intermediária (RGInt) de Campina Grande, composta por 72 municípios, este percentual atinge aproximadamente 26,8% da avicultura industrial registrado para esta Região (IBGE, 2017).

O município de Pocinhos registrou, nos últimos 30 anos, um regime anual de chuvas inferior a 400 milímetros (AESAs, 2019; SUDENE, 2019), ao mesmo tempo em que se despontou como maior produtor de galináceos do estado da Paraíba a partir da década de 2000 (IBGE, 2017). A criação de frango de corte, no entanto, demanda considerável volume de água para sua manutenção (PALHARES, 2013), o que põe em xeque a viabilidade da avicultura industrial como atividade econômica para o desenvolvimento regional em áreas de baixo potencial hídrico.

No entanto, a convivência da avicultura de corte em regiões com escassez de recursos hídricos, em particular no município de Pocinhos – PB, por se tratar do maior produtor do estado, pode servir de modelo para elaboração de políticas públicas que incrementem esta atividade em regiões com características climáticas semelhantes às apontadas no município. Considerando que a avicultura industrial se apresente como atividade rentável, sustentável e passível de expansão, o resultado desta pesquisa poderá incrementar projetos que viabilizem a avicultura industrial como uma das alternativas de desenvolvimento para os municípios do Semiárido brasileiro.

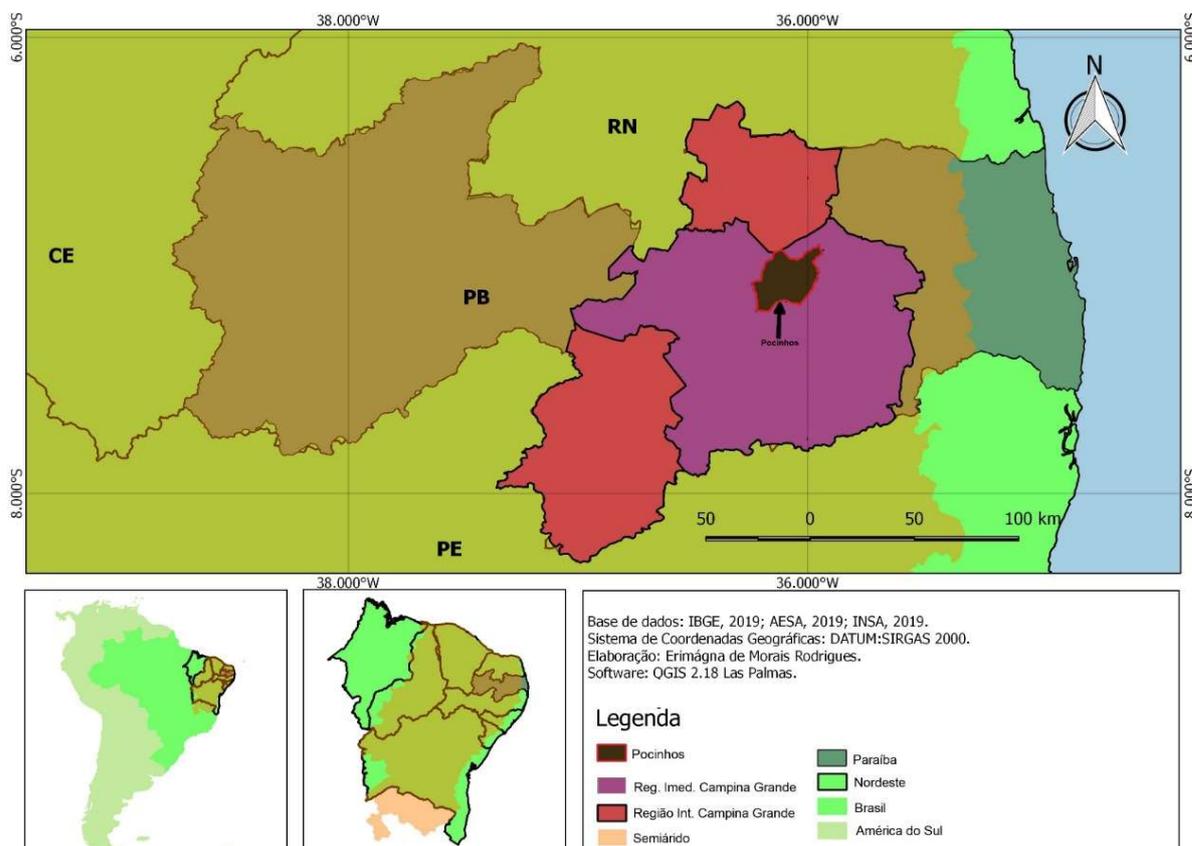
Dessa forma, este trabalho tem como objetivo apontar o volume de água, aproximado, consumido na avicultura de corte no município de Pocinhos – PB, em de 45 dias, período este referente a fase de engorda do frango de corte. Para descrever o objetivo, além desta introdução, este trabalho é dividido em mais três partes: metodologia, resultados e discussão e referências.

A metodologia traz uma breve caracterização do local de estudo, os materiais utilizados e o tipo de pesquisa adotado. Nesta parte é frisado que o objeto deste trabalho não é estipular a “*pegada hídrica*”, mas, apenas o consumo d’água em um recorte de todo o processo produtivo: o período de engorda. Nos resultados e discussão, é abordado um diálogo com a literatura, com objetivo de discorrer o a situação hídrica do Semiárido e o que se tem sobre o consumo d’água pela avicultura industrial a nível de Brasil. Também, a partir de dados secundários, são apresentados o número de aves produzida no município Pocinhos – PB, sua representatividade na produção de aves juto ao estado e o respectivo volume d’água para um período de 45 dias. Após, são apresentadas as conclusões deste trabalho e, por fim, as referências que deram base a esta pesquisa.

METODOLOGIA

O município de Pocinhos está localizado nas Regiões Geográficas Imediata e Integrante de Campina Grande (**Fig. 1**), distante 134 km da capital do estado, João Pessoa – PB, a sotavento do Planalto da Borborema, em altitude média de 640 metros, à latitude: 07° 04' 36" S e longitude: 36° 03' 40" W. Registra uma população estimada em cerca de 18,5 mil habitantes (44° do Estado) distribuída em uma área de 629,521 km² (15° no Estado), resultando em uma densidade demográfica de 29,6 pessoas por km². Possui PIB *per capita* de R\$ 12.068,24 (32° do Estado) e renda média de 1,8 salários mínimo (24° do Estado). O município, além de outras atividades, se destaca na agricultura familiar, voltada para a produção de milho, feijão, palma forrageira e sisal; e na agropecuária, com a criação de rebanhos ovinos, caprinos, bovinos e galináceos (IBGE, 2017).

Figura 1: Mapa de localização do município de Pocinhos, Paraíba



Em busca de alcançar os objetivos pré-estabelecidos, foi realizada uma pesquisa descritiva, a qual exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar, cujos objetivos são descrever os fatos e fenômenos de uma dada realidade (TRIVIÑOS, 1987, p. 112; MARCONI; LAKATUS, 2010; GIL, 2002). As ações se deram mediante consulta às

plataformas eletrônicas de órgãos governamentais que registram dados pluviométricos e econômicos/sociais, a citar: Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em seguida, realizou-se pesquisa, via mecanismo de busca, através das plataformas “*Google Acadêmico*” e “*Periódicos da Capes*”, de bibliografias relacionadas aos seguintes temas: “*avicultura industrial*”, “*avicultura em Pocinhos – PB*”, “*consumo de água por animal*”, “*consumo de água na avicultura de corte*”, “*semiárido brasileiro*” e “*quais as Regiões Geográficas da PB*”.

Após, os dados da AESA (1994 – 2018), SUDENE (1986 – 1993) e IBGE (2010 – 2019) foram compilados em tabelas e gráficos para extração dos dados pluviométricos e agropecuários necessários. Em seguida, a bibliografia selecionada na pesquisa (cerca de 30 artigos) foi analisada através de leitura prévia dos resumos, sendo excluídos os temas que menos atendiam aos objetivos deste trabalho, enquanto às demais, realizou-se uma leitura completa, resultando nas referências descritas neste trabalho.

Conforme, apontam Bleninger e Kotsuka (2015), o volume hídrico inserido na avicultura industrial – em todo o processo de produção – nos remete ao conceito de “*Água Virtual*”, que consiste no “*comércio indireto da água que está embutida*” no produto final. Como ferramenta de cálculo, utiliza-se a “*Pegada Hídrica*”, que consiste em apontar a quantidade de água necessária para a produção de *commodities*, no tocante ao uso, consumo e poluição, classificada como pegada hídrica verde (água oriunda da chuva ou umidade do solo), azul (água da superfície ou de subterrânea) ou cinza (água poluída, fruto do processo de produção). Neste trabalho, o cálculo foi compreendeu apenas a água destinada a ingestão das aves, no período de engorda que compreende cerca de 45 dias. Ou seja, o termo “*pegada hídrica*” não se será tecido neste trabalho visto que o cálculo desejado abrange apenas uma parte de todo o processo de produção do frango: o período de engorda.

Para o cálculo de consumo de água optou-se pela obtenção do produto dos seguintes fatores: consumo médio de água por frango, mediante “[...] *utilização de médias [de consumo] globais [...], justificável quando não existe outra informação disponível*” (PALHARES, 2013, grifo nosso), vezes a média de água consumida ao longo de 45 dias, período médio de engorda das aves (BURITI, 2016). O produto desses fatores foi expresso em metros cúbicos d’água para cada lote de aves retirado, possibilitando um cálculo aproximado do volume d’água, destinado ao consumo durante a fase de engorda do frango de corte, a cada 45 dias, no município de Pocinhos – PB.

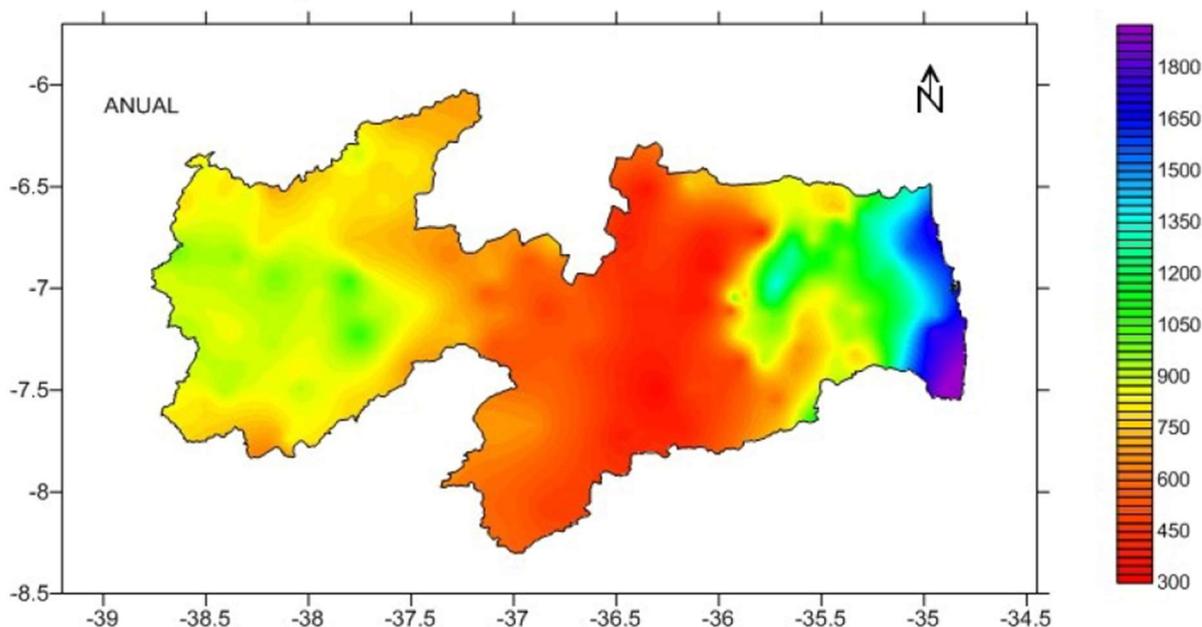
RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Clima e pluviometria

No Semiárido, o período de maior precipitação pluvial acontece na chamada “*quadra chuvosa*”, onde as chuvas se concentram nos meses de fevereiro a maio (AESAs, 2019). Estas, suprem as necessidades hídricas da população por alguns meses, principalmente no que se refere ao consumo humano e animal, não apresentando potencial para o incremento da agricultura de irrigação. Outro agravante é o fato de alguns mananciais se tornarem impróprios para consumo humano em detrimento da acidificação e a salinização da água que abrange o reservatório, em questão de meses, após o período chuvoso (INSA, 2012).

O Estado da Paraíba registra médias pluviométricas anuais que vão de 300 a 1.900 mm (Fig. 2). A RGInt de João Pessoa, a oeste, é a que apresenta maior concentração pluviométrica, seguida pelas RGInts de Sousa/Cajazeiras e de Patos, a leste, enquanto a RGInt de Campina Grande, no Planalto da Borborema, apresenta as menores precipitações e concentra os municípios com de maior escassez de recursos hídricos da região.

Figura 2 – Pluviosidade média anual da Paraíba (mm)



Fonte: FRANCISCO e SANTOS (2017).

A temperatura média anual do município de Pocinhos registra cerca de 23 °C, com variabilidade entre 15 °C e 29 °C (AESAs, 2018; DE CARVALHO; DE MELO, 2012). Quanto a pluviometria, dados dos últimos 30 anos, (1989 a 2018), conforme destaca a **Figura 3**,

(83) 3322.3222

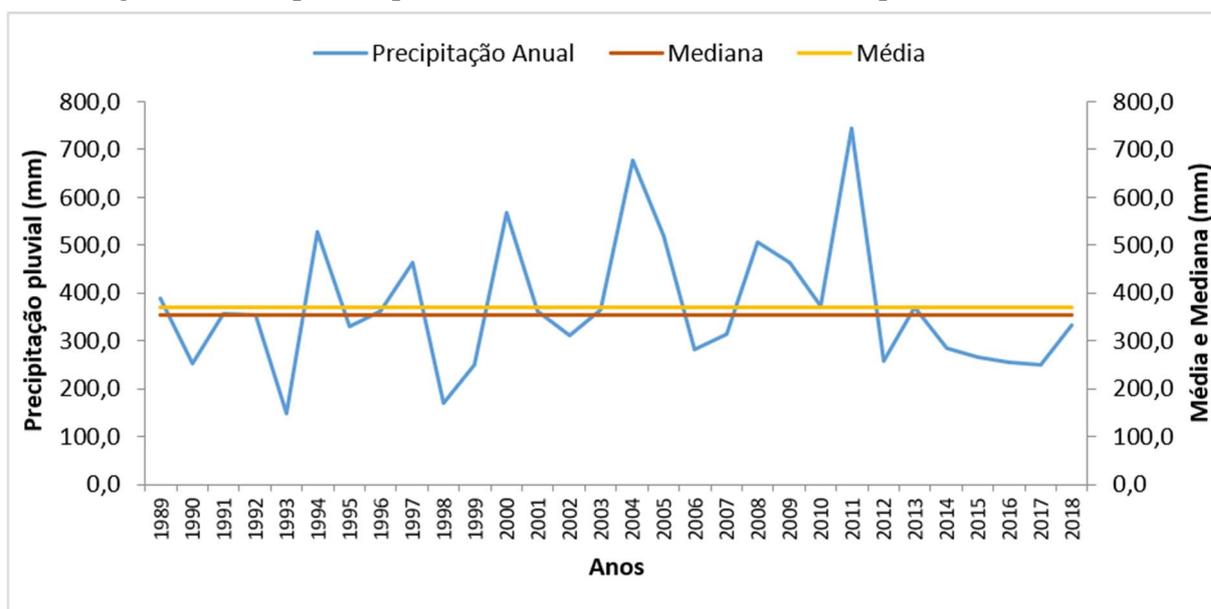
contato@congresso-conimas.com.br

www.congresso-conimas.com.br

apontam uma média anual aproximada de 370 milímetros (AESA, 2018; SUDENE, 2019), resultado inferior à média registrada em municípios próximos e em mesmas condições de altitude, cerca de 640 metros em relação ao nível do mar. Segundo Diniz e Pereira (2015), o posicionamento geográfico do município em relação ao Planalto da Borborema é fator preponderante para a baixa precipitação pluvial:

O posto pluviométrico de Areia/PB tem altitude inferior (445m) à de Pocinhos, mas está posicionado em um maciço a barlavento da Borborema, voltada para o litoral oriental do Nordeste, o que é responsável por um sensível aumento de sua precipitação média, que é de 1367,1 mm/ano.

Figura 3 – Precipitação pluvial, nos últimos 30 anos, do município de Pocinhos – PB



Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados fornecidos pela AESA e SUDENE (2019).

Na maioria dos anos, a precipitação pluvial é relativamente baixa, com 2/3 dos anos (20), de 1989 a 2018, registrando números abaixo da média dos últimos 30 anos, conforme descrito na **Fig. 3**. Neste mesmo período, o maior registro anual de chuvas ocorreu em 2011, apontando 743,8 mm, enquanto o menor, foi anotado para o ano de 1993, com modestos 149,5 mm. Vê-se que a maior sequência pluviométrica abaixo da média ocorreu no período de 2014 a 2018, registrando exatos 278 mm, número inferior às médias anotadas para o Semiárido, 300 mm (INSA, 2012), e do próprio município, 370 mm. Este período coincide com a maior seca dos últimos 30 anos para o Semiárido brasileiro de 2012 a 2017 (GONDIM, *et al.*, 2017).

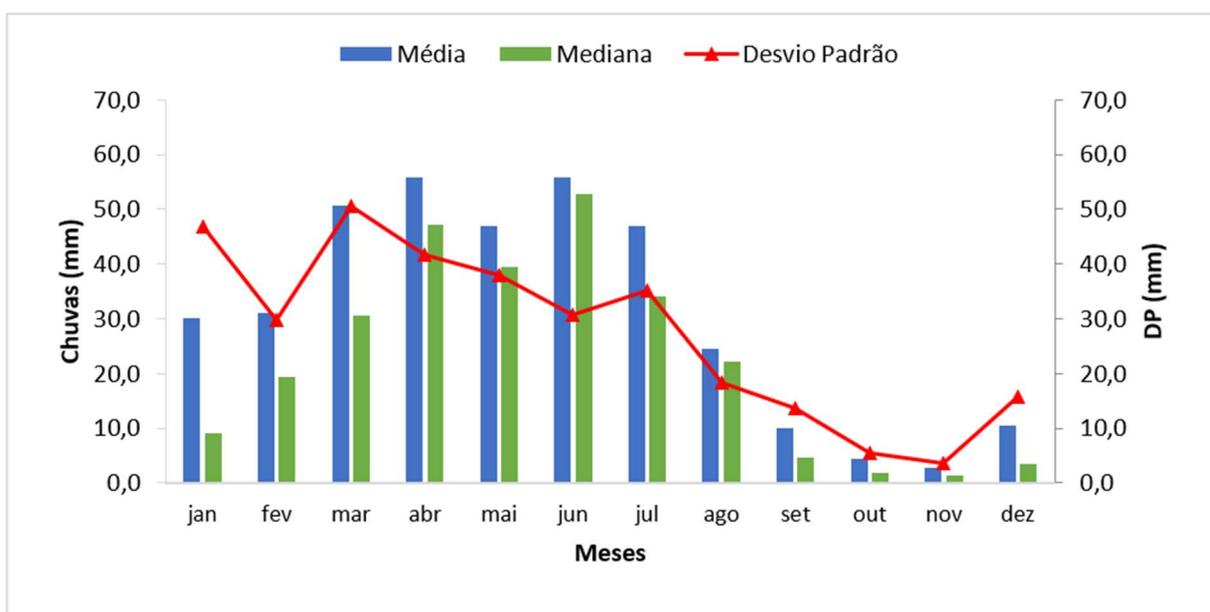
Apesar da existência de açudes públicos e privados, a capacidade de armazenamento de água do município é relativamente baixa (BURITI, 2016). O consumo humano e animal e a predominância de altos índices de evaporação e evapotranspiração (INSA, 2012), fazem com

que os pequenos mananciais sequeem, em questão de meses, a pouca água coletada durante o período chuvoso. Outro fator que dificulta a captação d'água nestes reservatórios, além da escassez de chuvas, é o fato de Pocinhos ser divisor de três bacias hidrográficas, conforme cita Camelo (2011):

Pocinhos e municípios vizinhos estão localizados em uma das partes mais altas do Planalto da Borborema, neste contexto é divisor de água de três grandes bacias: Paraíba, Curimataú e Mamanguape. Esta característica dificulta o acúmulo de grandes volumes de água, desta forma não há viabilidade técnica para a construção de grandes barragens pois não haverá bacia hidrográfica suficiente para abastecê-la.

A estação chuvosa do município, nos últimos 30 anos, compreendeu o período que vai de março a junho, podendo se estender até julho, conforme aponta a mediana na **Fig. 4**. Neste período, a ocorrência de chuvas mais intensas possibilita maior disponibilidade d'água para armazenamento, principalmente para uso animal. Boa parte deste volume hídrico é consumido no início do período de estiagem, que compreende os demais meses do ano.

Figura 4 – Regime pluvial em 30 anos (1989-2018) no município de Pocinhos – PB



Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados fornecidos pela AESA e SUDENE (2019).

Conforme números apresentados e considerando que a agricultura de subsistência e a criação de animais dependem de uma oferta razoável de água, naturalmente, estas culturas têm desenvolvimento limitado em regiões que apresentam clima semiárido e com baixa capacidade armazenamento hídrico, condições estas registradas no município de Pocinhos. O destaque na produção da palma forrageira e do sisal (DE MACEDO *et al.*, 2015) é compreensível para uma

região semiárida acima de 500 metros de altitude média, visto a adaptação dessas culturas a regiões com baixa precipitação pluvial, mas, o que falar quando tratamos de rebanhos que demandam consideráveis volume d'água, a exemplo da avicultura corte?

2.3 Avicultura Industrial e a questão hídrica

Historicamente, baseada nas culturas do sisal e do algodão, a partir do final dos anos 90, a economia do município passou a imergir na produção de frango de corte, resultado da parceria das “agroindústrias – integradoras”: Guaraves, responsável pela maior fatia do mercado produtor Pocinhense e Azeven, com os “produtores rurais – integrados” (BURITI, 2016). De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, o município ocupa o posto de maior produtor avícola da Paraíba, abarcando um rebanho efetivo de 1.465.567 (um milhão, quatrocentos e sessenta e cinco mil, quinhentos e sessenta e sete) de cabeças, conforme exposto na **Tab. 1** (IBGE, 2017). Com relação às questões sociais, Buriti (2016, p. 48) também afirma que:

No município de Pocinhos, o processo de expansão do capital avícola no campo através da avicultura de corte corroborou para reconfiguração da questão agrária em um cenário específico, marcado pela preponderância de elementos estruturais do modo de produção capitalista e pela a emergência de vetores do modo de produção do capital avícola. (BURITI, 2016, p. 48).

Tabela 1 – Dez maiores rebanhos galináceos do estado da Paraíba.

Nº.	Cód.	Município	N. de Cabeças	%/PB	R. G. Integrante	Semiárido
1	2512002	Pocinhos	1.465.567	12,1%	Campina Grande	Sim
2	2511202	Pedras de Fogo	949.594	7,9%	João Pessoa	Não
3	2512309	Princesa Isabel	502.018	4,2%	Patos	Sim
4	2516102	Soledade	435.358	3,6%	Campina Grande	Sim
5	2504009	Campina Grande	425.141	3,5%	Campina Grande	Sim
6	2505204	Cuitegi	421.493	3,5%	João Pessoa	Sim
7	2502151	Boa Vista	400.258	3,3%	Campina Grande	Sim
8	2506301	Guarabira	353.361	2,9%	João Pessoa	Sim
9	2502706	Borborema	341.440	2,8%	João Pessoa	Sim
10	2508901	Mamanguape	330.730	2,7%	João Pessoa	Não

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados do IBGE (2017).

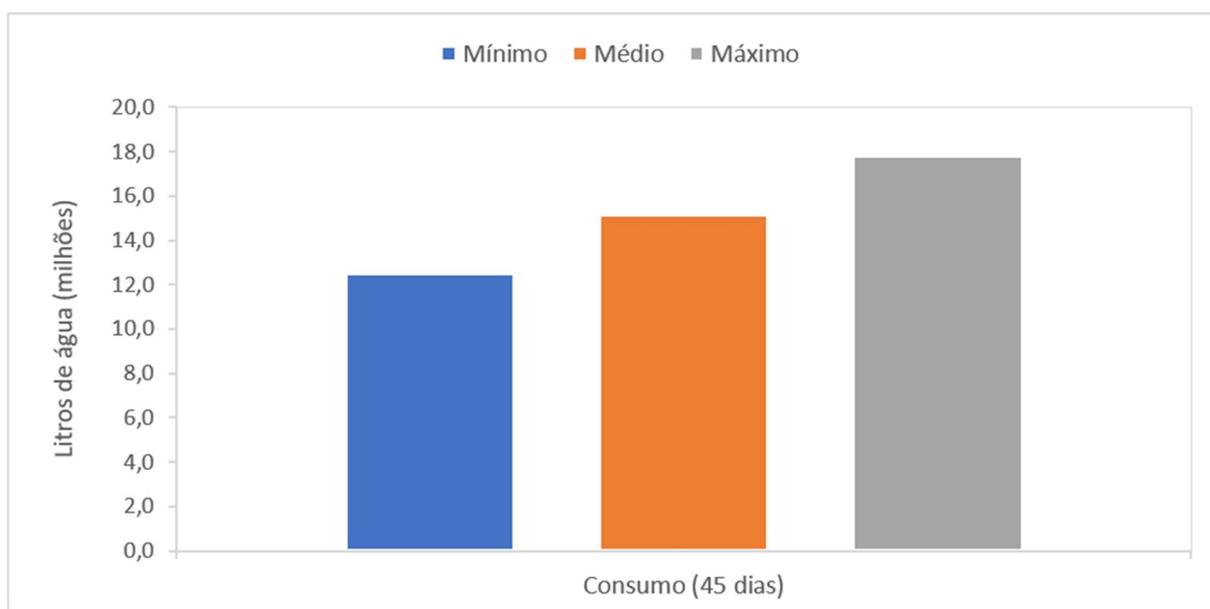
Conforme descrito na **Tab. 1**, a produção de aves em Pocinhos chega a ser maior que o 2º e 3º lugares em todo Estado, Pedras de Fogo e Princesa Isabel, respectivamente. Observando a mesma tabela, considerando apenas os municípios que parte da Região

Geográfica integrante de Campina Grande, a produção de frangos de corte Pocinhense alcança um percentual de 31,4% do número apontado para região.

Municípios que fazem fronteira com Pocinhos, a exemplo de Soledade (4°), Campina Grande (5°) e Boa Vista (7°), também aparecem entre os dez maiores produtores. Juntas, as quatro localidades registram pouco mais de 2,7 milhões de aves, o equivalente a 22,6% do total registrado para o Estado da Paraíba, configurando a região como polo de criação de frangos de corte. Estes números corroboram para que o volume d'água destinado a esta atividade agroindustrial possam registrar consideráveis volumes.

Baseando-se no dado de que um frango consome, em média, 0,23 litros d'água por dia (PALHARES, 2013) e considerando que cada ave permanece no aviário por 45 dias (BURITI, 2016), o consumo de água, alcança um total de 10,35 litros por cabeça. O produto do número de aves do município de Pocinhos pela quantidade de água consumida por animal, ou seja, 1.465.567 vezes 10,35 litros, corresponde a 15.168.618 (quinze milhões, cento e sessenta e oito mil, seiscentos e dezoito) litros, ou aproximadamente 15.168 (quinze mil, cento e sessenta e oito) metros cúbicos (m³) d'água. Este volume seria o suficiente para abastecer o equivalente a 948 (novecentos e quarenta e oito) cisternas de placas com capacidade para 16 m³ cada uma (PALHARES, 2013).

Figura 5 – Consumo d'água na avicultura de corte em temperaturas médias até 21° C (mínimo, média e a máximo).



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados de PALHARES (2013).

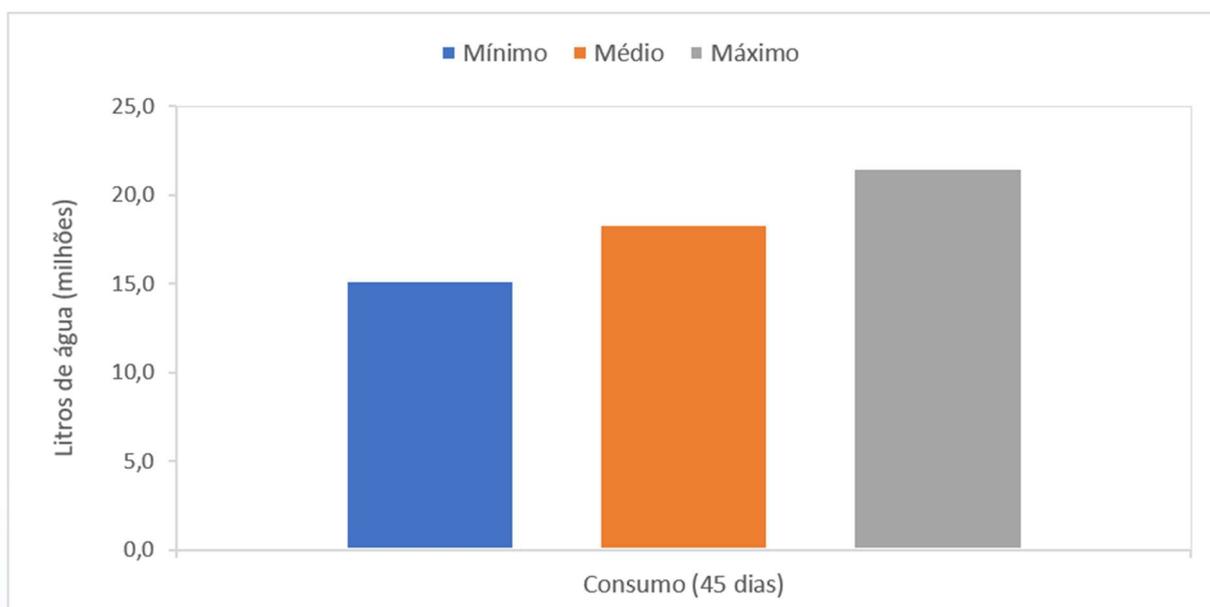
Ao considerar o consumo médio diário em 45 dias, o qual pode variar entre 0,190 e 0,270 litros (PALHARES, 2013), o mínimo de consumo ultrapassa o volume de 12 milhões de litro de água, enquanto o consumo máximo, pode chegar a cerca de 18 milhões (Fig. 5). Caso ocorram a inserção de 5 lotes/ano, o consumo de água na avicultura do município de Pocinhos – PB, poderá alcançar um volume de aproximadamente 100 milhões de litros d’água destinados as aves apenas no período de engorda.

Bellaver e Oliveira, 2009, apontam que o frango de corte pode vir a consumir, em média, até 8,2 litros de água por cada kg de carne produzido e mais 16 litros no processo de abate, o que aumentaria, consideravelmente o consumo d’água na avicultura de corte. Em relação às diferenças no volume d’água consumido,

[...] **possivelmente**, a temperatura do ambiente é o principal fator que influencia as alterações no consumo de água pelos frangos. De acordo com o NRC (1994), o **consumo de água de frangos aumenta em 7% para cada grau centígrado acima de 21oC**. Além disto, com o aumento da temperatura o consumo de alimento diminui. Assim, com o aumento da temperatura, a relação consumo de água: consumo de ração, que em condições termo neutras é de 2:1, aumenta para valores bastante diferentes de 2:1. (PENZ, 2003, grifo nosso).

Sendo assim, o volume de água consumido na avicultura de corte em Pocinhos, durante a fase de engorda, poderá alcançar aproximadamente de 22 milhões de litros em 45 dias, o equivalente para abastecer cerca de 1.350 (mil trezentos e cinquenta) cisternas de placas com capacidade para 16 m³.

Figura 6 – Consumo d’água na avicultura de corte a temperaturas médias acima de 25° C (mínimo, média e a máximo).



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados de PALHARES (2013).

Dessa forma, podemos considerar que temperatura é um fator preponderante para análise do consumo de água na avicultura em regiões com características climáticas do Semiárido. A obtenção de volume de água destinado a criação de frangos de corte, de forma mais aproximada para o local analisado, deve ser obtido através de levantamento, *in loco*, das temperaturas médias anuais, bem como o apontamento do volume diário consumido ao longo de 45 dias. A média de consumo deverá considerar os períodos chuvoso e de estiagem. Um outro fator a ser considerado é a oscilação de média de temperatura entre as estações, visto que a variação de temperatura pode variar de 15 a 29 graus célcios (AESAS, 2018; DE CARVALHO; DE MELO, 2012). Quanto mais elevadas as temperaturas médias anuais, maior deve ser o volume d'água consumido na avicultura de corte.

A água representa cerca de 70% do peso do frango (PENZ, 2003). Este dado reforça a importância deste recurso natural. A diminuição da oferta, certamente, terá reflexo na quantidade proteína produzida, levando os produtores a sofrerem os prejuízos ocasionados pela baixa pesagem dos animais. Deveras, a qualidade da água destinada as aves, também, deve ser observada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do município de Pocinhos estar localizado na região do semiárido paraibano, possuir pluviometria média anual inferior a 400 mm, apresentar baixa capacidade de armazenamento hídrico, não conter nenhum rio perene, algo comum às regiões divisoras de bacias hidrográficas, consolidou-se como maior produtor de frango de corte do Estado da Paraíba. Fator este considerável, visto que a avicultura de corte demanda considerável volume d'água em sua fase de engorda. Tendo em vista que o volume d'água consumido na avicultura do município equivale a mais de 15 mil m³, apenas para a ingestão no período de engorda (45 dias), podemos concluir que não apenas a oferta, mas a gestão dos recursos hídricos são fatores importantes para inserção, manutenção e proliferação desta atividade econômica. Para a criação de rebanhos que demandem consideráveis volumes d'água, a exemplo da avicultura

O PIB *per capita* de Pocinhos ocupa o 32º lugar a nível estadual e, certamente, a avicultura industrial tem considerável participação nesse contexto. A contribuição pode ser maior desde que sejam adotadas políticas públicas que corroborem para o desenvolvimento sustentável desta cultura. A criação de frangos se introduz como alternativa frente às condições climáticas do semiárido. O fato da Região Geográfica Imediata de Campina Grande, abarcar

cerca de 31% de toda produção registrada para o Estado, reforça o potencial desta região para a produção de frangos de corte, ao mesmo tempo em que aponta a esta atividade como alternativa para desenvolvimento econômico para o Semiárido.

Desde que haja potencial para captação e distribuição de água, o volume hídrico destinado a esta cultura não se apresenta como empecilho, e sim como desafio. Desafios estes que estão ligados gestão dos recursos hídricos, baseados, principalmente no processo de captação e reuso da água.

Portanto, apesar das informações apresentados e discutidos nesta pesquisa, fruto de uma análise de dados secundários, julgamos ser necessário um aprofundamento, através de uma pesquisa descritiva/exploratória, capaz de mensurar, em valores mais aproximados, o real consumo d'água por frango no município de Pocinhos – PB. Além, vê-se necessário um levantamento mais preciso da origem desse recurso natural, bem com as possibilidades de captação e uso na avicultura de corte no município. Com esses dados primários, principalmente no que se refere ao consumo d'água por cada kg de carne produzido, teremos informações mais detalhadas a respeito do volume de água consumido em um município localizado no Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 24/07/2019.

BELLAVER, C.; OLIVEIRA, P.A. **Balanço de água nas cadeias de aves e suínos**. Avicultura Industrial, v. 10, p.39-44, 2009.

BLENINGER, T; KOTSUKA, L. K. **Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no brasil**. Revista Recursos Hídricos, Vol. 36, Nº 1, 15-24, maio de 2015. Disponível em: http://www.aprh.pt/rh/pdf/rh36_n1-2.pdf. Acesso em: 02/07/2019.

BURITI, Maria Marta dos Santos. **Dinâmicas territoriais e interações espaciais: o circuito espacial produtivo da avicultura de corte no município de Pocinhos-PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

CAMELO, Suellyn de Brito. **O lajedo de Pocinhos – PB, como recurso de apropriação do espaço: uma análise física e sócio-ambiental**. TCC (Licenciatura em Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.

CARVALHO, O. de; EGLER, C. A. G. **Alternativas de desenvolvimento para o nordeste semiárido: relatório final** / Otamar de Carvalho, Cláudio Antonio Gonçalves Egler. Fortaleza: Ministério da Fazenda, Banco do Nordeste, 2002.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SANTOS, Djail. **Climatologia do Estado da Paraíba**. Campina Grande, ADUFCG, 2017. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/acervo-livros>. Acesso em 04 ago. 2017.

GONDIM, Joaquim *et al.* A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. **Rev. Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 277-300, jun. 2017.

DA SILVA, Roberto Marinho Alves. Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 38, n. 3, p. 466-485, 2007.

DE CARVALHO, A. R.; DE MELO, J. A. B. **Análise ambiental e repercussão do problema da água dos açudes da cidade de Pocinhos-PB**, Caminhos de Geografia Uberlândia v. 13, n. 44 Dez/2012 p. 198–211- Página 199.

DE MACEDO, Antonio Daniel Buriti *et al.* Bioconversão da palma forrageira e do sisal como alternativa para alimentação animal. **Revista Química: ciência, tecnologia e sociedade**, v. 4, n. 1, 2015.

DE MORAIS RODRIGUES, Erimáigna *et al.* Variabilidade climática no Semiárido Brasileiro e as políticas públicas de convivência com a estiagem. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 1, p. 22-33, 2019.

DINIZ, M. T. M; PEREIRA, V. H. C. **Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima**. ISSN: 1984-8501 Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 35, n. 3, p. 488-506, set./dez. 2015.

FIGUEROA, Silvio N.; NOBRE, Carlos A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanalyse**, v. 5, n. 6, p. 36-45, 1990.

FURTADO, C. M. **Uma política de desenvolvimento econômico para o Nordeste**. RJ, Imprensa Nacional, 1959.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª ed. São Paulo, Atlas, 2018.

GTDN. **Uma política de desenvolvimento econômico para o Nordeste**. Recife: Sudene, 1967.

IBGE, **Resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro [online]. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017> Acesso em: 31 jul. 2019.

_____. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência**. Rio de Janeiro [online]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pocinhos/panorama> Acesso em: 15 jul. 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução**. São Paulo: Atlas, 1985.

MEDEIROS, Salomão de Sousa *et al.* **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande Instituto Nacional de Seminário (INSA), 2012.

PALHARES, J. C. P. Consumo de água na produção animal. **Embrapa Pecuária Sudeste- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2013. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/971085> Acesso em: 31 jul. 2019.

PENZ, A. M. JR. **Importância da água na produção de frangos de corte**. Chapecó, IV SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. Chapecó, SC – Brasil, 2003.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

TRAVASSOS, Ibrahim Soares; DE SOUZA, Bartolomeu Israel. Solos e desertificação no sertão paraibano. **Cadernos do Logepa**, v. 6, n. 2, p. 101-114, 2011.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987, p. 112.

SIMBIOSE INDUSTRIAL PARA OS RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE CACHAÇA

Wanessa Dunga de Assis ¹

Luísa Eduarda Lucena de Medeiros ²

Yáscara Maia Araújo de Brito ³

Higor Costa de Brito ⁴

RESUMO

O conceito de ecologia industrial traz a ecologia ambiental para o setor, avaliando-o como um sistema ambiental de fluxos de energia e matéria. A simbiose industrial busca tornar o sistema produtivo um ciclo fechado, no qual todos os resíduos gerados possam ser reinseridos na produção como matéria-prima ou alocados em outras atividades produtivas. Algumas experiências de simbiose industrial foram bem implantadas e funcionam de forma eficiente, como é o caso do parque industrial de Kalundborg na Dinamarca. No Brasil, o Programa Mineiro de Simbiose Industrial é o mais atuante e conta com 317 indústrias que realizam trocas de resíduos, energia e água em seus processos produtivos. Diante disso, este trabalho propõe um diagrama para a simbiose industrial no processo produtivo da cachaça, avaliando sua produção e geração de resíduos para que possam ser reutilizados ou reciclados, na própria indústria ou em outras atividades econômicas. Os resultados demonstraram que praticamente os resíduos provenientes de todas as etapas produtivas da cachaça podem ser reutilizados e/ou reciclados tanto na sua própria indústria quanto em outras atividades, como agricultura e pecuária.

Palavras-chave: Ecologia Industrial, Sustentabilidade, Bebidas destiladas, Cana-de-açúcar.

INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade ambiental é algo amplamente discutido no âmbito da sociedade contemporânea. Cada vez mais, desenvolve-se técnicas produtivas que buscam minimizar os impactos ao meio ambiente ganham força e espaço, principalmente no que diz respeito ao meio industrial, no qual se concentram os impactos mais relevantes ao meio ambiente, desde a extração de matéria-prima até a destinação final dos produtos consumidos pelos usuários.

A Ecologia Industrial é a seção das Ciências Ambientais responsável por analisar a produção industrial e sua interação com a natureza, a partir da otimização do consumo de energia e materiais e na busca para que os resíduos gerados destes possam servir como matéria-prima em outros processos industriais. Em termos práticos, consiste em uma busca

¹ Doutoranda em Eng. Civil e Ambiental, Univ. Federal de Campina Grande (UFCG), w_dunga@hotmail.com;

² Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, lu.mdeiros@hotmail.com;

³ Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, yascaramaiaa@gmail.com;

⁴ Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, h_igor@hotmail.com;

possibilidades de inter-relações que possibilitem permutas de benefícios entre diferentes empresas. A ideia é estudar o sistema produtivo como um sistema ambiental, isto é, uma organização particular de fluxos de matéria, energia e informação. É possível organizar todo este fluxo no sistema industrial de maneira a torná-lo um circuito quase inteiramente fechado (RODRIGUES e RODRIGUES FILHO, 2018; AMORIM, 2012; DALBELO, 2012; ARAÚJO et al., 2003).

De acordo com Pereira (2017) o principal objetivo da Ecologia Industrial é reduzir o impacto total das atividades de produção e consumo, tais como: redução de custos operacionais, implantar uma maior eficiência energética e hídrica na indústria, diminuição da poluição ambiental, uso consciente e eficiente dos recursos naturais usados como matéria-prima, diminuindo os desperdícios, além da reutilização e reciclagem dos resíduos oriundos do processo produtivo.

É a partir da comparação entre os sistemas industrial e ambiental que é definido os modelos fundamentados na logística ambiental, no qual são buscados a harmonia e integração sob o ideal da sustentabilidade para minimização dos resíduos gerados (TREVISAN et al. 2016). Assim, dentro da Ecologia Industrial, há o conceito de simbiose industrial, um processo que busca fazer uma troca de recursos (energia, matéria-prima, água, etc) entre as indústrias, de forma que os resíduos gerados numa determinada empresa possam ser reutilizados por ela mesma ou por outras em seu processo produtivo, e vice-versa (CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

Partindo desse pressuposto, este trabalho objetiva desenvolver um diagrama de Simbiose Industrial para o sistema produtivo da cachaça, avaliando sua produção e geração de resíduos em cidades brasileiras. Verifica-se a possibilidade de reutilizados ou reciclagem na própria indústria e em outras atividades econômicas. Essa aplicação se justifica pela elevada quantidade de resíduos gerados em todas as etapas de produção da cachaça, com isso, há a necessidade em reduzir os custos mediante a reutilização ou destinação adequada desses resíduos.

Simbiose Industrial

A Simbiose Industrial é um método de abordagem coletiva que permite aumentar a vantagem competitividade empresarial, a medida em que valoriza os resíduos e rejeitos para minimizar a importação de recursos naturais nas etapas de produção. No campo organizacional, denomina-se Simbiose Industrial como as sinergias entre indústrias tradicionalmente separadas,

que envolvem trocas físicas de materiais, de energia, de água, e/ou de subprodutos (CHERTOW, 2000; CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

Apesar da ideia ser simples e vantajosa, é necessário um estudo detalhado com relação aos resíduos gerados em cada área de processamento da indústria, assim como uma análise de viabilidade da reutilização destes resíduos como recursos naturais, por ela mesmo ou por outras indústrias, tais como custo para ambas – indústrias doadoras e receptoras, distância de transporte, quantidade disponibilizada de resíduos, entre outras (FERREIRA e MOREIRA, 2013).

No Brasil, o Programa Brasileiro de Simbiose Industrial está sendo desenvolvido desde 2011, com poucos avanços no setor desde então. A presença de parques industriais é recorrente nas grandes cidades brasileiras, porém as experiências que consideram a simbiose industrial nos processos produtivos são mínimas. Os exemplos de projetos mais conhecidos ocorreram no Rio de Janeiro, no polo de Camaçari na Bahia e no Estado de Minas Gerais (TREVISAN et al. 2016).

O projeto para Minas Gerais foi o único dentre os três citados que apresentou resultados significativo. Nesse estado, tem-se o Programa Mineiro de Simbiose Industrial – PMSI, que se destaca com uma maior atuação no setor. Desenvolvido pela FIEMG (Fundação Industrial do Estado de Minas Gerais) em parceria com a FEAM (Fundação Estadual de Meio Ambiente) e com o CMRR (Centro Mineiro de Referência em Resíduos), o programa tem como principal objetivo promover interações lucrativas entre empresas de todos os setores da indústria através da Simbiose Industrial. Na prática, o programa estabelece negócios a partir dos recursos utilizados nos processos de produção. Ou seja, energia, água e materiais provenientes das indústrias e que podem ser recuperados, reprocessados e reutilizados por outras empresas ou por ela mesmo (FIEMG, 2015).

Ao longo dos últimos anos, a Simbiose Industrial praticada em Minas Gerais beneficiou 760 empresas, que reduziram mais de nove milhões de reais em custos ligados à aquisição de matéria-prima para produção industrial. Com relação aos ganhos ambientais, o programa possibilitou a reutilização de quase 140 mil toneladas de resíduos, gerando uma redução de 195 mil toneladas de matérias-primas e reuso de 14 mil metros cúbicos de água (FIEMG, 2015).

No entanto, os principais desafios para a prática da Simbiose Industrial estão relacionados à dificuldade de alocar com relativa proximidade empresas de diversos ramos que possam partilhar de seus processos produtivos recursos como energia, água e produtos para matéria-prima úteis a outras indústrias, e vice e versa, de forma a minimizar a utilização dos recursos naturais, que ocasione ganhos financeiros e ambientais (TREVISAN et al. 2016).

Processo Produtivo da Cachaça

De acordo com o Decreto Federal nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, cachaça é toda bebida que utilize a cana-de-açúcar como matéria-prima, com graduação alcoólica entre 38% e 54% em volume, a 20° C (BRASIL, 2009). Conhecida por ser uma bebida genuinamente brasileira, a cachaça vem conquistando a cada dia mais consumidores, sendo uma segunda bebida alcoólicas mais consumidas no país (EUROMONITOR, 2019).

A produção de cachaça vem se tornando ao longo dos anos um processo cada vez mais eficiente por grandes indústrias, com o objetivo de se tornarem mais competitivas no mercado nacional e mundial e para a economia dos custos de produção. Com isso, nos últimos anos houve uma crescente demanda pela sustentabilidade levando as organizações a fabricarem produtos mais orgânicos, que gerem menos resíduos, e a otimizarem seus sistemas produtivos para que apresentem uma com maior eficiência energética e no uso de água (VERDI, 2006; OLIVEIRA et al., 2008).

As cachaças produzidas no Brasil podem ser encontradas de duas formas, que são diferenciadas quanto ao tipo de produção: industrial (destiladas em colunas de inox, embora ainda envolva técnicas e procedimentos semelhantes aos utilizados em processos rudimentares de alambiques) ou artesanal (destiladas em alambiques ou engenhos de cobre) (RECHE e FRANCO, 2009).

Independentemente do tipo de produção – industrial ou alambique, o processo produtivo da cachaça pode ser dividido em cinco etapas fundamentais: preparação da matéria-prima, moagem, fermentação, destilação e envelhecimento (opcional). A descrição de cada etapa está contida nos tópicos a seguir e foi baseado nas diretrizes da Embrapa (SAKAI, 2019) e em SEBRAE (2012):

- *Preparação da matéria-prima:*

A cana-de-açúcar deve ser colhida quando madura, de forma manual ou mecanizada (Evita-se a queimada das plantas para não precipitar a sua deteriorização). A separação ocorre de acordo com o equilíbrio de alguns fatores – nível de açúcar, teor de redutores, PH e facilidade de fermentação. A parte terminal do colmo de canas, ainda está em fase de amadurecimento, é mais fibrosa e apresenta baixa concentração de açúcares e elevado teor de redutores –

devendo então ser descartada. Se utilizada, o caldo poderá formar espumas excessivas na fermentação e reduzir o rendimento da produção. Em seguida, as partes duras dos colmos são destruídas para romper o maior número de feixes fibrovasculares das células de armazenamento e facilitar a moagem.

- *Moagem:*

Nessa etapa são separados o caldo do bagaço da cana-de açúcar. A moagem deve ocorrer num prazo máximo de 36 horas após o corte para evitar a deteriorização da matéria-prima. Um mesmo bagaço é passado várias vezes pela moenda (movida por motor elétrico ou rodas d'água) até que não se perceba mais caldo sendo extraído. A partir disso, o bagaço é lavado em água ou água com caldo diluído, e novamente submetido à moagem. São removidas as impurezas grosseiras (principalmente bagacilho e terra), o caldo é decantado e filtrado para limpar o caldo e reduzir as chances de contaminações e melhorar a qualidade da fermentação.

- *Fermentação:*

Antes da fermentação o caldo é preparado: os teores de açúcar são padronizados (teor de sacarose entre 14 e 16 graus Brix), com adição de água de boa qualidade na dorna de diluição; o ácido sulfúrico é adicionado para evitar a contaminação do caldo por bactérias potencialmente prejudiciais à qualidade final da cachaça. A partir de então é misturado o fermento ao caldo, formando-se o mosto fermentado, que fica acondicionado em dornas (de madeira, aço inox, plástico ou cimento) por aproximadamente 24 horas. Verifica-se o fim da fermentação são percebidas borbulhas uniformes no mosto e um cheiro agradável, com leve aroma de frutas. Podem ser utilizados dois tipos de fermentos: a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (processo industrial) ou o “fermento caipira”, fabricado pelo próprio produtor, que consiste em uma mistura do caldo (ou água potável) com fubá e/ou farelo de arroz (processo artesanal). Independente do fermento utilizado, as salas de fermentação precisam ser arejadas e capazes de manter a temperatura ambiente na média dos 25° C.

- *Destilação:*

Após a fermentação, o mosto fermentado passa a ser denominado de vinho de cana, rico em componentes nocivos à saúde, como aldeídos, ácidos, bagaços e bactérias. A concentração alcoólica ainda é baixa, e, por isso, o vinho precisa ser destilado para elevar o teor de álcool entre 38 a 54 GL. O processo de fermentação ocorre por fervura em alambique de cobre para produção de vapores (que apresentam grande quantidade de álcool etílico) que são condensados por resfriamento. A destilação pode ser dividida em três fases, de acordo com a qualidade do líquido gerado:

- Cachaça de cabeça: obtida na fase inicial da destilação (os primeiros 10% de líquido que sai do alambique); rica em substâncias mais voláteis que o etanol, não recomendadas para o consumo humano;
- Cachaça do coração: a segunda fração destilada (corresponde de 75 a 85% do total do produto destilado); é a cachaça propriamente dita, ou seja, aquela de qualidade elevada;
- Cachaça de cauda ou “água fraca”: a última fração destilada (corresponde aos últimos 10% do líquido); apresenta maior teor de substâncias menos voláteis e indesejáveis.

O ideal é que a “cabeça” e a “cauda” sejam descartadas, pois comprometem o sabor da cachaça e prejudicam a saúde do consumidor, embora sejam comumente incorporadas à bebida por produtores menos exigentes. Após a destilação, o vinho destilado é novamente filtrado para melhorar a limpidez, transparência e brilho. Caso não haja uma etapa de envelhecimento, a cachaça está pronta para ser engarrafada.

- *Envelhecimento:*

O envelhecimento consiste na estocagem da cachaça, preferencialmente, em barris de madeira para aprimorar a qualidade de sabor e aroma das bebidas. A bebida, quando em contato com a madeira, continua com reações químicas, o que altera as características de cor, sabor e aroma, deixando a cachaça mais ou menos suave, adocicada e/ou perfumada, dependendo do tempo de envelhecimento e do tipo de madeira. Os barris de madeiras neutras (como o jequitibá e o amendoim) não alteram a cor da cachaça, mas conferem sabor e aroma, enquanto que madeiras amareladas (como o carvalho, umburana, cedro e bálsamo) conferem um tom

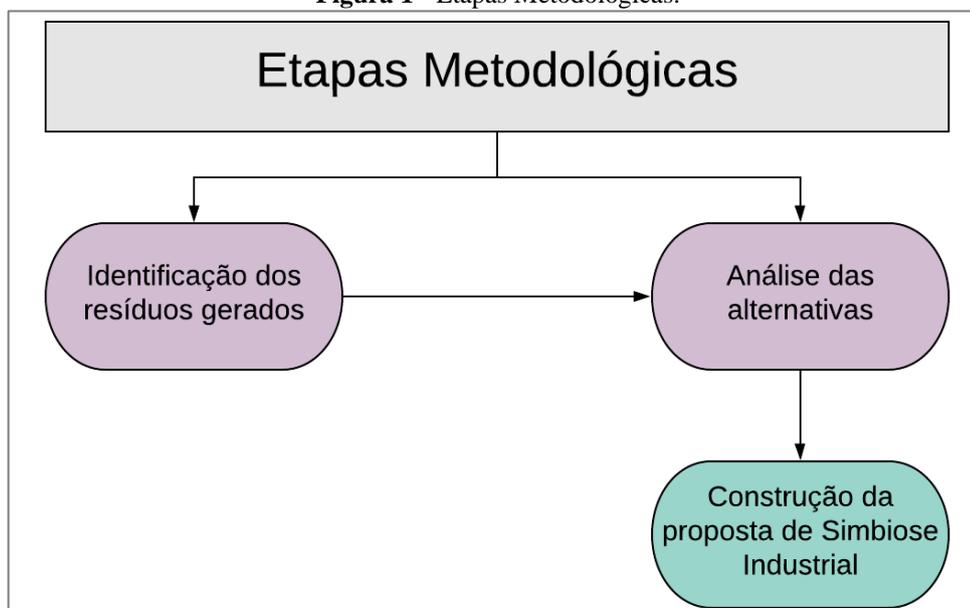
amarelado e alteram o aroma. Após o período determinado para cada característica desejada, a cachaça está pronta para ser engarrafada.

Na produção industrial de cachaça em larga escala o mais comum é o processo industrial, que utiliza, geralmente, colunas de destilação e tonéis de aço-inox, e adiciona produtos químicos na fermentação, além de não se separar a parte nobre do destilado. Em contraposto, no processo artesanal, a destilação é feita em alambiques de cobre e a fermentação ocorre de forma natural (OLIVEIRA, 2010).

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho apoia-se em análises documentais e comparativas e está dividida em duas etapas. O fluxograma da Figura 1 apresenta cada uma delas. Na primeira, foram identificados os resíduos gerados na produção de cachaça. Em seguida, foram analisadas as possíveis alternativas para reuso, reciclagem ou destinação adequada de cada um dos resíduos, para, enfim, ser construída a proposta de Simbiose Industrial do setor produtivo da cachaça.

Figura 1 - Etapas Metodológicas.

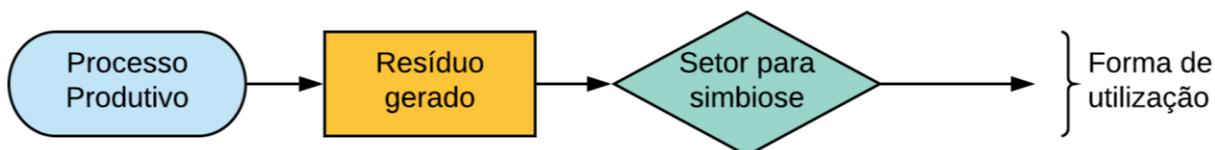


Fonte: A autoria própria.

O esquema proposto para a Simbiose Industrial no processo produtivo da cachaça foi construído em formato de fluxograma. Para cada um dos resíduos gerados na produção foram

identificadas uma ou mais alternativas de utilização, reuso ou reciclagem por outras atividades econômicas, ou até mesmo pelo próprio produtor em alguns casos. O fluxograma será composto de quatro formações, conforme apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Composição da proposta de Simbiose Industrial.



Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resíduos Gerados na Produção da Cachaça

Durante a preparação e a moagem da cana-de-açúcar são gerados resíduos do engenho já que apenas o caldo segue para o processo produtivo da cachaça. A *ponta*, *palmito* e as *folhas da cana-de-açúcar* são removidas antes da moagem, já o *bagaço* e *bagacilho* correspondem aos restos da cana após a moagem. A limpeza do caldo, que promove a separação do caldo das partículas sólidas mais densas, são decantadas e acumuladas no fundo do recipiente, gerando o *lodo do decantador* (SOUZA et al., 2014).

O *fermento*, utilizado no processo de fermentação, fica depositado no fundo da dorna e pode ser reutilizado na próxima fermentação. No entanto, antes da reutilização (assim que concluído o ciclo fermentativo anterior), o fermento passa por lavagem com água potável (sem cloro), ácido e ar para eliminar os contaminantes e revigorar as células. A *água da lavagem do fermento* contém células de leveduras e substâncias nutritivas (MEIRELES et al., 2010).

A fração inicial (*cabeça*) e final (*cauda*) do vinho destilado cabeça, podem representar até 20% do volume destilado quando não incorporados à bebida final. Esse volume é comumente descartado, sem nenhum reaproveitamento. Ainda na destilação, há a geração do *vinhoto* (ou *vinhaça*). Para cada litro de cachaça produzido são produzidos de 8 a 10 litros de vinhoto. É um resíduo classificado como perigoso, que causa danos significativos ao meio ambiente (SOUZA et al., 2014; MEIRELES et al., 2010).

Outros resíduos também podem ser destacados na produção da cachaça: Águas de resfriamento e condensado de caldeira; Águas usadas para limpeza de garrafas, vasilhames,

lavagem da cana e lavagem das instalações; Fuligem e cinzas das caldeiras e fornalhas; Embalagens, garrafas inutilizadas, rótulos e tampas (ALMEIDA, 2015).

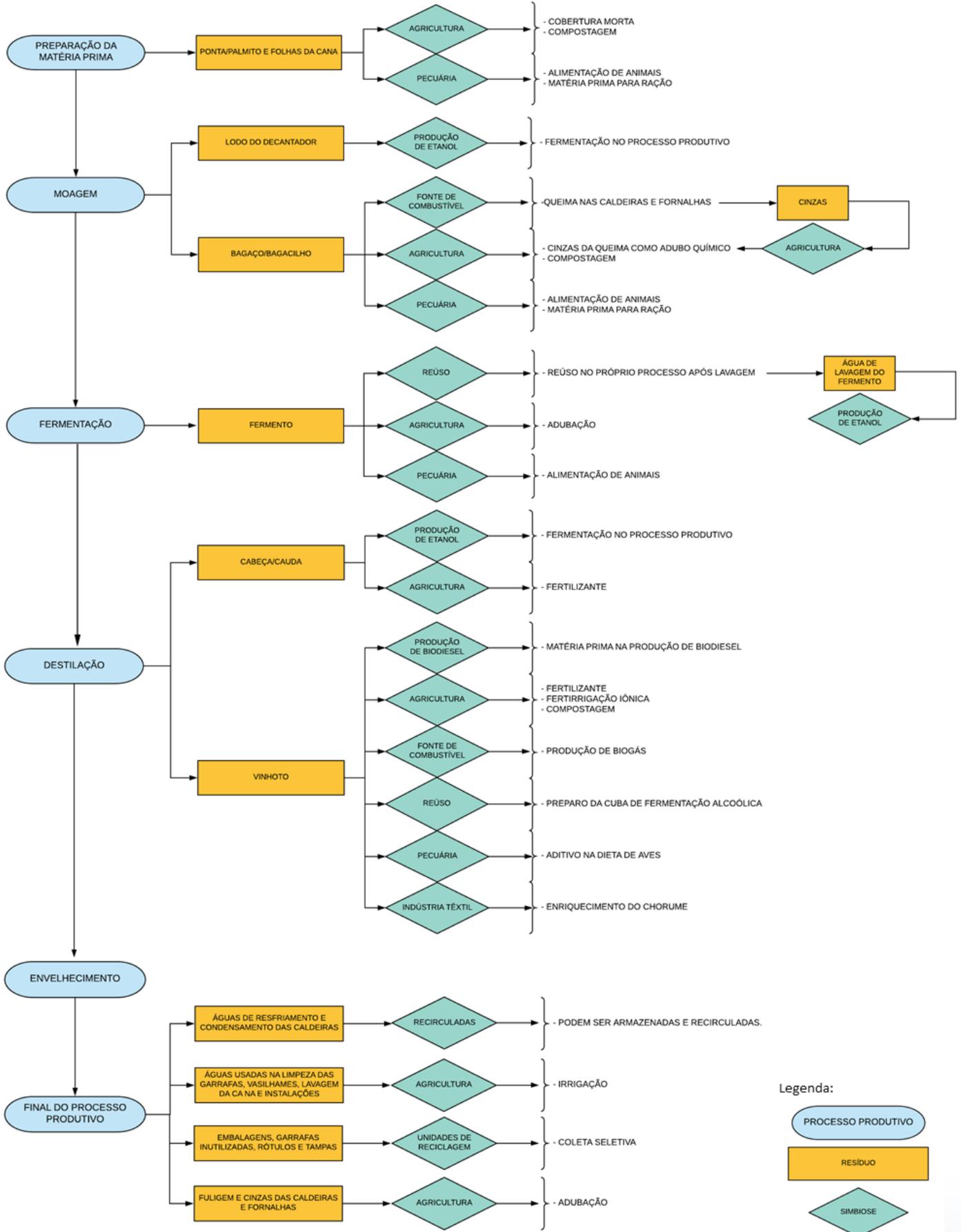
Análise das alternativas para Simbiose Industrial

Para cada um dos resíduos gerados na produção foram identificadas uma ou mais alternativas de utilização, reuso ou reciclagem por outras atividades econômicas, ou até mesmo pelo próprio produtor em alguns casos. Na Figura 3 é apresentado o esquema proposto para a Simbiose Industrial no processo produtivo da cachaça, conforme análise das alternativas de sinergia dos resíduos.

As alternativas a seguir foram construídas a partir dos estudos de Meireles et al. (2010), Souza et al. (2014), Nogueira e Garcia (2013), Almeida (2015) e Jung, Fernandes e Uhde (2015):

- **Preparação da matéria-prima** (Resíduos: ponta, palmito, folhas de cana): O destino mais comum para a *ponta* da cana madura é a utilização como cobertura morta no próprio canal após secagem ao sol, devido a grande quantidade de resíduos (aproximadamente 8% do total da cana-de-açúcar). Pode ainda ser utilizado na compostagem na forma in natura, juntamente com outros resíduos. O *palmito* e a *folha da cana* podem ser destinados para alimentação animal (bovinos, ovinos, caprinos e equinos), que, embora não possua elevado teor nutricional, pode ser utilizado como composto volumoso, enriquecido com ureia e nutrientes desejados.
- **Moagem** (Resíduos: bagaço/bagacilho e lodo do decantador): O *bagaço/bagacilho* da cana pode ser utilizado como fonte de combustível para queima das caldeiras e fornalhas e geração de vapor na etapa de destilação, com o devido controle da quantidade de fumaça produzida. Outro destino é a queima direta do material (a queima a céu aberto não é permitida). Nesses dois casos é gerado outro resíduo, as *cinzas* (equivalente a 2,5% do peso inicial), ricas em silício e potássio, e por isso, podem ser utilizadas na agricultura como fertilizante químico. Pode ainda ser utilizado na forma in natura na compostagem, juntamente com outros resíduos, ou na alimentação animal. O *lodo do decantador*, proveniente das etapas de filtração e decantação do mosto, pode ser utilizado para a fermentação em indústrias de produção de etanol.

Figura 3 - Simbiose Industrial na produção da cachaça.



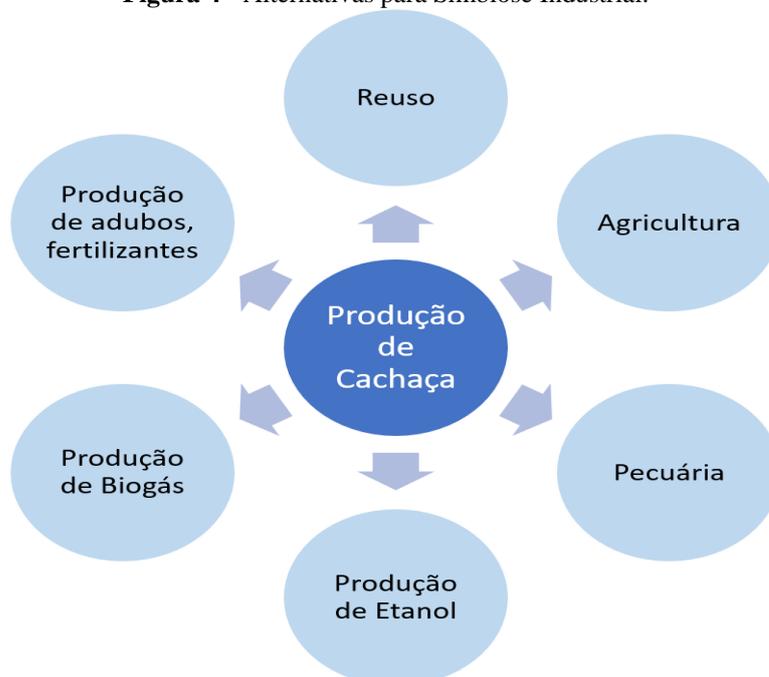
Fonte: Autoria própria.

- **Fermentação** (Resíduo: Fermento): O *fermento* que fica acumulado no fundo das dornas após a fermentação é rico em proteínas e pode ser adicionado a outros componentes para alimentação animal, a exemplo das pontas/palmito ou na adubação direta para a agricultura. O mais comum, no entanto, é a reutilização no processo de fermentação do caldo seguinte. Para isso, é necessária a lavagem do fermento que gera outro tipo de resíduo, a *água da lavagem do fermento*. Esta água contém células de leveduras e substâncias nutritivas, podendo ser utilizada como fonte de matéria-prima na produção do etanol.
- **Destilação** (Resíduo: cabeça/cauda e vinhoto): A *cabeça/cauda* do vinho, quando não incorporadas à cachaça para não reduzir a qualidade da bebida, pode ser redestilada para a produção de etanol ou misturada ao vinhoto para aplicação nos canaviais, após tratamento. O descarte direto, sem tratamento, em corpos hídricos ou no solo não é permitido. O *vinhoto* pode ser reutilizado no preparo da cuba de fermentação alcoólica da própria indústria. Além disso, apresenta múltiplas alternativas de destinação: na agricultura ao ser incorporado na compostagem ou como fertilizante e fertirrigação iônica, que após análise e tratamento adequado, pode contribuir na elevação do pH do solo, dos nutrientes, da capacidade de troca catiônica (CTC) e de retenção de água, além de melhorar a estrutura física e estimular a atividade microbiana; na produção de biodiesel, como matéria-prima; como fonte de combustível na produção de biogás em algumas destilarias; na pecuária como aditivo na dieta da alimentação de aves; na indústria têxtil como substrato para produção de biomassa proteica e lipídica por leveduras e bactérias, para enriquecimento do chorume e tratamento de seus poluentes.
- **Outros resíduos do processo produtivo** (águas de resfriamento, condensamento das caldeiras e de limpeza e lavagem; embalagens e outros itens não utilizados; cinzas e fuligens): As *águas de resfriamento e condensamento de caldeiras* não são contaminadas e podem ser armazenadas e reaproveitadas na própria indústria em usos menos nobres ou descartadas, desde que controle-se a temperatura do efluente. Já a *água utilizada para limpeza de garrafas, vasilhames, lavagem da cana e lavagem das instalações* podem ser misturadas ao vinhoto para irrigação dos próprios canaviais, jardins e pomares (exceto frutas, legumes e verduras rasteiros). *Embalagens,*

garrafas, rótulos e tampas inutilizáveis devem ser encaminhados para reciclagem após devida coleta seletiva e armazenamento adequado. As *fuligem e cinzas das caldeiras e fornalhas* podem receber o mesmo destino das cinzas das queimas dos bagaços/bagacilhos: fertilizante químico na agricultura.

As principais alternativas de simbiose industrial para a produção da cachaça identificadas estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Alternativas para Simbiose Industrial.



Fonte: Autoria própria.

As sinergias mais significativas foram o reuso na própria indústria, em seu setor produtivo, ou no canavial que dá origem à matéria-prima utilizada. A agricultura se mostrou também como um elo para a simbiose bastante forte, tanto na produção de fertilizantes e adubos orgânicos e inorgânicos como na utilização de produtos in natura. Outra alternativa, ainda no campo, é a utilização dos resíduos, principalmente os vegetais para incorporação na alimentação animal, destacando-se como uma grande fonte de nutrientes, principalmente em períodos escassos. Além de servir também como matéria-prima para indústrias de produção de etanol e biodiesel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da Simbiose Industrial como alternativa sustentável para melhorar a competitividade empresarial e reduzir os custos de produção é uma alternativa válida e utilizada com sucesso quando implementada de forma eficaz. O Eco-parque Kallundborg, na Dinamarca, é um dos mais famosos empreendimentos desse tipo. As trocas de resíduos chegam a 2,9 milhões de toneladas por ano, o consumo de água é reduzido em 25% e o calor residual das indústrias maiores abastece as menores e mais de cinco mil casas com aquecimento (CHERTOW, 2000). Para Paula, Abreu e Sousa (2015, p. 3) “essas cooperações aumentaram a eficiência ambiental e econômica da mesma forma que criaram benefícios tangíveis envolvendo pessoas, equipamentos e compartilhamento de informações”.

No Brasil, o Programa Mineiro de Simbiose Industrial – PMSI também vêm apresentando resultados satisfatórios. Com isso, demonstra-se que indústrias brasileiras estão aptas para uma alternativa mais sustentável. Mas é preciso fortalecer as iniciativas para que não fracassem, como o acontecido no Rio de Janeiro e na Bahia. Por este motivo, esse trabalho destaca-se na busca por sinergias para um setor de grande representatividade e lucratividade como a produção de cachaça, mas que ainda não consegue uma produção totalmente eficiente quanto ao manejo dos resíduos gerados.

A partir da análise da simbiose industrial proposta, é possível perceber que os resíduos provenientes de todas as etapas produtivas da cachaça podem ser reutilizados e/ou reciclados tanto na sua própria indústria quanto em outras atividades produtivas como agricultura e pecuária, principalmente. Assim, todo o processo seria fortalecido, melhorando a lucratividade da indústria e a visão ambiental que demonstraria frente ao mercado sustentável.

De certo, é necessário um estudo mais detalhado para verificar a viabilidade de implantação desta simbiose, com análise de despesas e receitas geradas no processo, tratamento de resíduos, logística de transporte e distância a ser percorrida, além do próprio contato entre as empresas que buscam ser mais sustentáveis e reduzir o uso dos recursos naturais de forma mais consciente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. **Resíduos do alambique**. Site da Cachaça: Artigos Técnicos, 2015. Disponível em: <http://www.sitedacachaca.com.br/residuos-do-alambique/>. Acesso em: mai. 2018.

AMORIM, R. R. Um novo olhar na Geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia (Revista on line)**. v. 13, n. 41, mar/2012. p. 80-101, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16613/9240>>. Acesso em: mar. 2019.

ARAÚJO, E. S.; HIDALGA, V.; GIANETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. Ecologia Industrial: um pouco de história. **Revista de Graduação de Engenharia Química**. v. 6, n. 12, jul-dez, 2003. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art2.htm>>. Acesso em: fev. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília: D.O.U. DE 05/06/2009, p. 20, 2009.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000.

CHERTOW, M. R.; ASHTON, W. S.; ESPINOSA, J. C. Industrial symbiosis in Puerto Rico: Environmentally related agglomeration economies. **Regional Studies**, v. 42, n. 10, p. 1299-1312, 2008.

DALBELO, T. S. **Por uma indústria mais sustentável: da Ecologia à Arquitetura**. 2012. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 2012.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Alcoholic Drinks in Brazil**. Londres: Passport EuroMonitor Internacional, 2019.

FERREIRA, A. R. L. MOREIRA, H. C. **Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil**: Estudo de caso do Município do Rio de Janeiro. 129f. Projeto de Graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

FIEMG – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Gestão de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.fiemg.org.br/Default.aspx?tabid=10987> Acesso em: fevereiro de 2018.

JUNG; S. I.; FERNANDES, S. B. V.; UHDE, L. T. Aspectos Socioambientais da Produção de Aguardente e de Alcool no Noroeste-Missões do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento em Questão**. Editora Unijuí. Ano 13, n. 29, p. 257-288, 2015.

MEIRELES, W. A.; OLIVEIRA, V. P.; FERREIRA, L. C.; SOARES, K. M. M.; ABREU, L. Aproveitamento de Resíduos da Fabricação de Cachaça para Produção de Etanol. **Revista Agroambiental**, v. 1, p. 249-265, 2010.

NOGUEIRA, M. A. F. S.; GARCIA, M. S. Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do

Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, v. 17, n. 17, p. 3275-3283, 2013.

OLIVEIRA, A. M. L. **O Processo de Produção da Cachaça Artesanal e sua importância comercial**. Monografia (especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, 2010.

OLIVEIRA, A. R.; GAIO, L. E.; JOÃO, I. S.; BONACIM, C. A. G. Análise da cadeia produtiva da cachaça em Minas Gerais sob a ótica da Economia dos Custos de Transação. **Custos e Agronegócio**. v. 4, n. 3, 2008.

PAULA, E. V.; ABREU, M. C. S.; SOUSA, C. B. **Motivações e Barreiras para a Simbiose Industrial**: a experiência no Estado de Minas Gerais. In: XVI ALTEC: Congresso Latino-Americano de Gestão da Tecnologia. Anais... Porto Alegre: XVI ALTEC, 2015.

PEREIRA, A. S. **Ecologia Industrial**. São Paulo: Editora SENAC, 2017.

RECHE, R. V.; FRANCO, D. W. Distinção entre cachaças destiladas em alambiques e em colunas usando quimiometria. **Quím. Nova**. v. 32, n. 2, 2009.

RODRIGUES, J.A. RODRIGUES FILHO, J. Modelo de sustentabilidade de marketing: conceptualização e aplicação no setor industrial. **Revista Pensamento e Realidade**. v. 33 n.2, abr/jun 2018. p. 23-47. 2018.

SAKAI, R. H. **Cachaça**. Brasília: EMBRAPA - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2019. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fiog1ob502wyiv80z4s473agi63ul.html>>. Acesso em: set. 2018.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cachaça artesanal**: Relatório Completo. Brasília: Sebrae, 2012.

SOUZA, M. F.; LEITE, N. C.; SILVA, A. R.; OLIVEIRA, J. M. S. R. **Diagnóstico Ambiental da Produção de Aguardente no Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais**. In: XVI ENGEMA: Inovação e sustentabilidade: um desafio para enfrentar as mudanças climáticas e seus impactos planetários. Anais... São Paulo: XVI ENGEMA, 2014.

TREVISAN, M. NASCIMENTO, L. F. MADRUGA, L. R. R. G. NEUTZLING, D. M. FIGUEIRÓ, P. S. BOSSLE, M. B. Ecologia industrial, simbiose industrial e Ecoparque industrial: conhecer para aplicar. **Sistemas e Gestão (Revista eletrônica)**. v. 11, n. 12, p. 204-215, 2016.

VERDI, A. R. Dinâmicas e Perspectivas do Mercado da Cachaça. **Informações Econômicas**. SP, v. 36, n. 2, 2006.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO DO PETRÓLEO POR MICRO-ORGANISMOS PARA RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES IMPACTADOS

Patrícia Nazaré Ferreira dos Santos¹
Edja Lillian Pacheco da Luz²

RESUMO

Devido aos graves e numerosos riscos envolvidos na cadeia petrolífera cresce a demanda por tecnologias que minimizem os efeitos nocivos da contaminação do petróleo no meio ambiente. Logo, o papel dos micro-organismos como agentes biorremediadores é fundamental. Deste modo, o objetivo deste estudo foi através de isolados fúngicos coletados de ambiente poluído por petróleo avaliar o potencial destes micro-organismos de forma isolada e em consórcio para biodegradar os compostos tóxicos do poluente. As amostras foram obtidas no município de São Francisco do Conde-BA, os isolados fúngicos foram submetidos individualmente e em consórcio a testes qualitativos de verificação do potencial degradativo de hidrocarbonetos do petróleo. Foram realizados ensaios de aclimatação e o crescimento microbiano foi verificado por meio da quantificação da biomassa e monitoramento do pH, durante a seleção para formação dos consórcios foram feitos ensaios para investigação de ação antagônica entre os micro-organismos. Posteriormente foi feita a verificação da redução dos níveis de toxicidade do material resultante da degradação. Assim, o consórcio fúngico obtido foi avaliado como potencial agente biorremediador para áreas contaminadas pelo óleo, uma vez que possui a capacidade de degradar compostos tóxicos do petróleo.

Palavras-chave: Consórcio fúngico, Biodegradação, Biorremediação.

INTRODUÇÃO

As degradações dos recursos naturais vêm causando, além de impactos ambientais, consequências negativas socioeconômicas, de acordo com o IBAMA (1990), a degradação ambiental é entendida como a perda das características físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico.

As consequências das degradações ambientais estão previstas na Política Nacional do Meio Ambiente – Lei nº 6938/81: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, san_patty@hotmail.com;

²Mestra pelo curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, lillian2800@hotmail.com;

Segundo Santos e Câmara (2002) o impacto ambiental causado por vazamento de óleo na costa brasileira tem sido uma ameaça permanente à integridade dos ecossistemas costeiro e marinho. Com o aumento da produção petrolífera, um grande número de ocorrências de vazamentos e derrames acidentais de petróleo em operações rotineiras (com pequena e média gravidade) tem sido registrado: 191 acidentes entre 1974 e 1994 e 18, entre 1995 e 1998, contribuindo para a poluição crônica em áreas próximas.

As consequências da contaminação de petróleo são evidentes atualmente na costa brasileira, onde o vazamento de petróleo no mar atingiu mais de 2 mil quilômetros de extensão, sendo constatados 161 pontos de contaminação do litoral de todos os estados do Nordeste (BORGES, 2019). Várias espécies marinhas já foram encontradas mortas em decorrência do contato com o óleo, contudo a fauna afetada pode ser ainda maior, uma vez que correntes marinhas tendem a não trazer os animais infectados para a costa.

Como ressaltam Santos e Câmara (2002) a poluição pode atingir drástica e rapidamente o ambiente marinho, causando mortes instantâneas por intoxicação, ou ainda pela bioacumulação, que é o fenômeno através do qual os organismos vivos acabam retendo dentro de si algumas substâncias tóxicas que vão se acumulando também nos demais seres da cadeia alimentar até chegar ao homem, sendo um processo lento de intoxicação e muitas vezes letal.

A metabolização dos poluentes orgânicos depende da sua estrutura química, alguns compostos orgânicos são rapidamente biodegradados por micro-organismos (60 a 90%), enquanto outros são recalcitrantes (10 a 40%) em estado bruto ou refinados. Mesmo em porcentagem menor, compostos não biodegradáveis representam toneladas de poluentes impactando ecossistemas e sendo bioacumulados e biomagnificados na cadeia trófica (PEREIRA; FREITAS, 2012 p. 999; WETLER-TONINI; REZENDE; GRATIVOL, 2010 p.1010).

De acordo com Padilha et al. (2017) o petróleo e seus derivados são responsáveis por impactos ambientais significativos e a fração dos hidrocarbonetos aromáticos BTEX é amplamente utilizada, mesmo sendo considerada altamente tóxica, atuando como depressores do sistema nervoso central. Em consequência aos problemas ambientais e de saúde causados pelos componentes aromáticos, foram desenvolvidos diversos tratamentos físicos, químicos e biológicos para a minimização destes problemas. Segundo Balan (2002) trabalhos atuais em biotecnologia indicam fungos e bactérias como principais micro-organismos eficientes na degradação de poluentes, possuindo alto potencial na recuperação de ambientes contaminados.

Assim, a biorremediação surge como uma tecnologia limpa que utiliza agentes biológicos para reduzir o impacto de áreas contaminadas por produtos químicos (SANTOS et. al., 2018 p.1740). Mariano (2006) explica que as tecnologias de biorremediação podem ser classificadas como *in situ* ou *ex situ*, enquanto no método *in situ*, a transformação ou destruição dos contaminantes ocorre no próprio local, os métodos *ex situ* consistem na remoção do material contaminado para tratamento em local externo ao de sua origem.

Wetler-Tonini, Rezende e Grativol (2010) lembram que nas técnicas de biorremediação *ex situ*, é necessário remover o substrato do local contaminado, biorreatores podem ser utilizados, procedendo-se o tratamento de líquidos ou suspensões no biorreator. A taxa de biodegradabilidade depende do controle de parâmetros físicos-químicos, como pH, disponibilidade de nutrientes, aeração. Após a redução dos contaminantes aos níveis desejados, a suspensão é desidratada e a água pode ser reutilizada no biorreator. A técnica possui a vantagem de degradar poluentes de maneira muito rápida, contudo a quantidade de substrato tratado é limitada pelo tamanho do biorreator.

A Bioestimulação de acordo com Araújo et al. (2014) é um dos tratamentos que compõem o processo de Biorremediação *ex situ*, e também principalmente *in situ*. Nesta ocorre adição de nutrientes (N e P) e oxigênio, estimulando os micro-organismos endógenos, e assim, acelerando o consumo do contaminante no próprio local. A taxa de biodegradabilidade também depende de parâmetros físico-químicos e da manutenção da concentração do inóculo adicionado intermitentemente, durante o período e distribuição uniforme do tratamento. Sendo este um fator bastante importante para aumentar a taxa de biodegradação.

Como sintetiza Moraes Filho e Coriolano (2016) a biorremediação é considerada o aprimoramento da biodegradação, e os seus três principais agentes desta aceleração são: Bioestímulo (acréscimo de nutrientes); Bioaumento (introdução de microrganismos); Biorremediação intrínseca (atenuação natural/monitorada). Para que haja a implementação da biorremediação, a primeira etapa é caracterização do tipo e da quantidade do contaminante, assim como avaliações de ordem biológica, geológica, geofísica e hidrológica do sítio (local) contaminado, avaliação dos seus riscos e a legislação vigente. A partir dos dados obtidos, têm-se a escolha da técnica de biorremediação mais adequada para cada situação. Para verificar a eficiência do processo *in situ*, novos testes de campo devem ser realizados.

Na biorremediação intrínseca, ou biorremediação passiva ocorre uma atenuação natural monitorada que tem atuação na diluição, dispersão, degradação química e biológica,

sorção/precipitação, e/ou decomposição radioativa dos contaminantes do solo e água. Esta técnica limita o deslocamento do contaminante e, conseqüentemente, minimiza a contaminação do meio ambiente. O monitoramento e controle adequados são realizados com o intuito de observar a redução nas concentrações dos contaminantes, toxicidade, massa e volume até níveis aceitáveis à proteção da saúde humana e ao meio ambiente (ARAÚJO, et. al., 2016 p56; WETLER-TONINI; REZENDE; GRATIVOL, 2010 p1015).

Em resumo, como mostra o estudo de Silva e Mesquita (2019) a escolha da técnica mais adequada para remediação de uma área, depende de um correto estudo e levantamento de informações mediante o tipo de contaminante, sua distribuição em área e os efeitos de degradação assim como as características do ambiente contaminado.

Segundo Francisco e Queiroz (2018) dentre as espécies de fungos que degradam poluentes orgânicos, destacam-se: *Bjerkandera adusta*, *Ceriporiopsis subvermisporea*, *Inonotus dryophilus*, *Lentinula edodes*, *Phanerochaete sordida*, *Phellinus badius*, *Pleurotus ostreatus*, *Polyporus pinsitus*, *Stereum hirsutum*, *Trametes hirsuta*, *T. versicolor*, *T. villosa*, *Peniophoracinerea*, *Psilocybecastanella*, *Lentinus crinitus*, capazes de degradar antraceno, pentaclorofenol, 3,4-dicloro anilina, dieldrin, fenantreno, creosoto, dibenzo-a-dioxina, dibenzofuranos 25 policlorados, pireno, fluoreno, hexaclorobenzeno. Os autores também citam alternativas para acelerar a biorremediação de contaminantes como a adição de agentes estimulantes, como oxigênio (bioventilação), biossurfactantes (agindo como dispersantes e solubilizantes de compostos orgânicos) e a inoculação de consórcios microbianos enriquecidos (bioaumento).

Silva et al. (2014) destaca que o consórcio utilizado em um processo de biorremediação deve ser previamente selecionado em laboratório, segundo características do meio e do contaminante, pois algumas espécies de microrganismos podem produzir substâncias que inibem outras.

A utilização de consórcios na biorremediação possui o potencial de uma mineralização mais completa do poluente devolvendo ao meio ambiente apenas substâncias inofensivas (água, gás carbônico e sais inorgânicos). Já os tratamentos convencionais podem resultar na descontaminação da área, porém deixando vestígios de outras substâncias não menos nocivas como afirmam Nascimento, et. al., (2017).

Estudos como os de Francisco et al. (2018) apontam para essas e outras vantagens como o custo que é menor quando comparado a outras tecnologias de remediação e o fato de ser considerado ecologicamente viável. Todavia diante da possibilidade de formação de

subprodutos tóxicos avaliações dos níveis de toxicidade após o processo de degradação são indispensáveis.

Assim sendo, o objetivo deste estudo foi através de isolados fúngicos coletados de ambiente poluído por petróleo avaliar o potencial destes micro-organismos de forma isolada e em consórcio para biodegradar os compostos tóxicos do poluente, visando a atuação como agentes biorremediadores de áreas impactadas pela contaminação de petróleo.

METODOLOGIA

Obtenção de Amostras

As amostras foram obtidas a partir de sedimento de manguezal contaminado do Rio São Paulo no município de São Francisco do Conde entre as coordenadas 12°37'40" S – 38°40'48" O (Figura1) onde atua a refinaria Landulpho Alves-Mataripe (RLAM) pertencente a Petrobrás.



Figura 1. Localização do Município de São Francisco do Conde-BA. **Fonte:** G1.com (2011)

Micro-organismos

As linhagens isoladas do sedimento foram catalogadas e fazem parte da sub-coleção de micro-organismos isolados de ambientes contaminados por petróleo ou derivados pertencentes à coleção de culturas do Departamento de Antibióticos do Centro de Ciências Biológicas-UFPE entre as linhagens utilizadas neste estudo estão as leveduras UFPEDA848, UFPEDA857, UFPEDA858 e UFPEDA860, além das linhagens de fungos filamentosos UFPEDA870, UFPEDA880, UFPEDA884, UFPEDA885, UFPEDA886 e UFPEDA889.

Seleção e verificação do potencial de degradação dos isolados e do consórcio fúngico

Os isolados fúngicos foram submetidos individualmente e em consórcio, a um teste qualitativo de verificação do seu potencial degradativo de hidrocarbonetos do petróleo. Para isolados individuais foi empregada a técnica do indicador redox 2,3,5- cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) em Erlenmeyer, preconizada por Gomes et al. (2004). O indicador TTC atua como acceptor final de elétrons no processo de oxidação biológica, mudando de coloração quando ocorre o processo de oxiredução. Nos casos em que o isolado fúngico testado era capaz de oxidar algum dos compostos presentes no petróleo era observada a mudança de coloração dos blocos de gelose no meio de cultura de incolor para rosa.

A concentração de TTC utilizada foi de 0,06g/mL e de glicose foi de 10 g/ 100 mL. O teste de seleção foi realizado em triplicata e um controle biótico, cada Erlenmeyer continha 50 mL de meio BushnellHass, dois blocos de gelose de cada linhagem, 0,5mL de glicose e 0,25 mL de TTC, no controle biótico duplicado, cada Erlenmeyer continha 50 mL de meio BushnellHass, dois blocos de gelose (0,6mm) de cada linhagem, 0,5mL de petróleo e 0,25 mL de TTC, e um único controle abiótico cada Erlenmeyer continha 50 mL de meio BushnellHass, sem blocos de gelose, 0,5mL de petróleo e 0,25 mL de TTC. Os Erlenmeyer preenchidos foram incubados à 35°C e os tempos de redução do indicador TTC no meio BH foram determinados.

Ensaio de Aclimação

Os ensaios de aclimação foram realizados em Erlenmeyer (500 mL), contendo 95 mL de meio mineral Bushnell Hass, três blocos de gelose (0,6mm) e 5mL de petróleo. Os frascos foram submetidos à agitação de 150 rpm e à temperatura de 30°C, durante sete dias.

Transferiu-se 2 mL das linhagens aclimatadas a 5% para placa de Petri para verificação do crescimento. Após sete dias de cultivo a 5%, também foram retirados 5mL do material bioprocessado para compor o inóculo do experimento seguinte contendo 10% de petróleo. Os frascos foram submetidos novamente a agitação de 150 rpm e à temperatura de 30°C, durante sete dias com posterior avaliação do crescimento em placa a 10% (AZEVEDO, 2010).

Biomassa e pH

A determinação da biomassa foi realizada através da medida do peso seco. A suspensão micelial foi filtrada a vácuo e a massa celular transferida para estufa por um período de 24 horas a 80°C até peso constante. O pH foi medido a partir do líquido metabólico livre de células em potenciômetro (AZEVEDO, 2010).

Ensaio de Antagonismo

Para a realização do teste de antagonismo fúngico utilizou-se placas de Petri com meio Sabouround. Foram preparados blocos de gelose (6mm Ø) contendo fungos filamentosos, crescidos por 7 dias em meio Sabouround, estes foram transferidos para as placas de Petri. O material foi incubado a 35°C por 24 horas e após esse período, não foi observada a formação de halos de inibição do crescimento fúngico, indicativa da ausência de antagonismo (SOUZA, 2009).

Teste de Toxicidade

O efeito da toxicidade do material residual, proveniente do processo de biodegradação do petróleo em biorreator, foi avaliado utilizando sementes da espécie *Cucumissativus* L. (pepino), segundo a metodologia de Tiquia e Hodgkiss (1996) modificado. As sementes, inicialmente, sofreram um processo de desinfecção passando 1 minuto em água destilada estéril, em seguida o mesmo tempo em hipoclorito de sódio a 1% e novamente em água destilada estéril. Placas de Petri (10 x 100 mm) foram utilizadas, contendo papel de filtro impregnado com 5mL do material biodegradado e 10 sementes cada, distribuídas de forma equidistantes. Paralelamente, foi realizado controle com placas contendo água destilada esterilizada e outras com o petróleo. Todos os testes foram realizados em triplicata, sob a

temperatura de 25°C. Após seis dias de incubação no escuro foi feita a verificação da germinação das sementes (Silva, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Andrade, Augusto e Jardim (2010) os micro-organismos metabolizam as substâncias orgânicas, das quais se obtêm nutrientes e energia. Sendo que, para que isso ocorra, os micro-organismos devem estar ativos para desempenharem a sua tarefa de biodegradação. Para avaliar a atividade das linhagens foi verificado o crescimento da biomassa microbiana através da sua aclimação em placas contendo petróleo como fonte de carbono, os resultados de biomassa no primeiro e trigésimo dia dos ensaios podem ser observados nas concentrações de 5% (Figura 2) e 10% de petróleo (Figura 3).

O monitoramento do pH durante os experimentos foi fundamental, uma vez que o pH é um fator que age como agente selecionador dos microrganismos ativos. Leahy e Colwell (1990) sugerem que valores de pH entre 6 e 8 são os mais favoráveis à ação de microrganismos degradadores de petróleo, sendo que os fungos são mais tolerantes a condições ácidas, as variações ocorridas ao longo do processo de aclimação em 5% e 10 % de petróleo são observadas nas figuras 4 e 5.

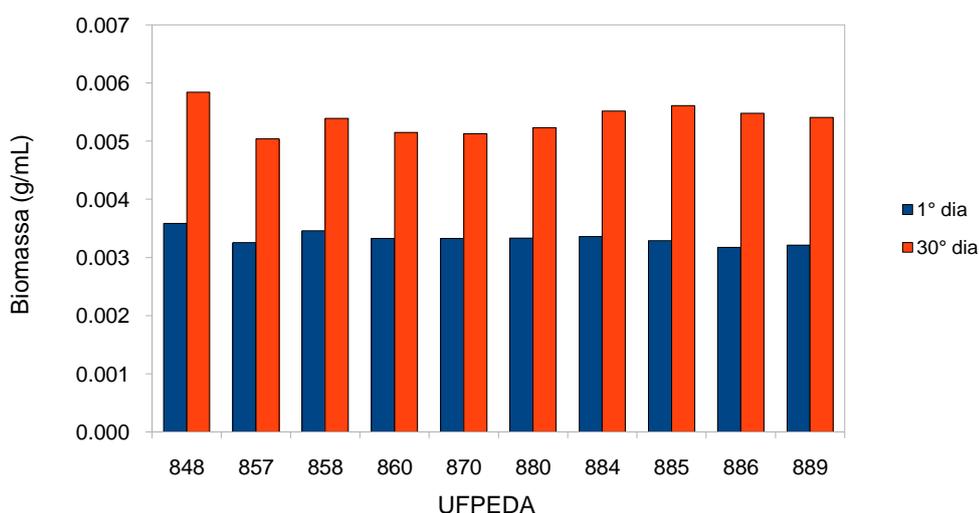


Figura 2. Quantificação de biomassa na aclimação das linhagens isoladas em concentração de 5% de petróleo

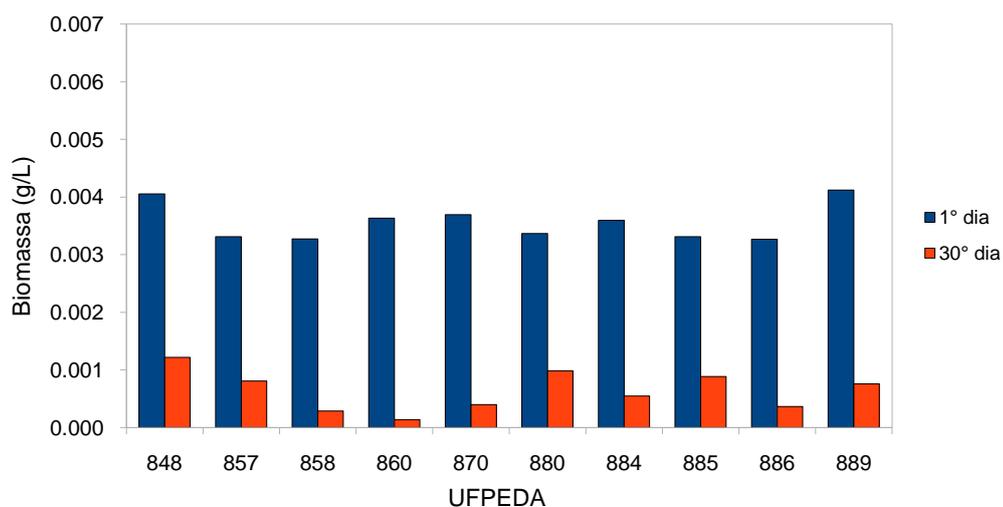


Figura 3. Quantificação de biomassa na aclimação das linhagens isoladas em concentração de 10% de petróleo

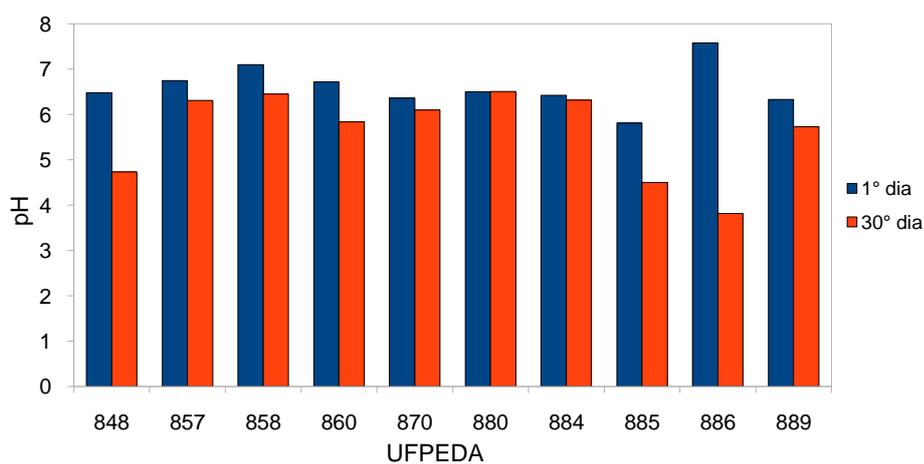


Figura 4. Monitoramento dos níveis de pH na aclimação das linhagens em concentração de 5% de petróleo

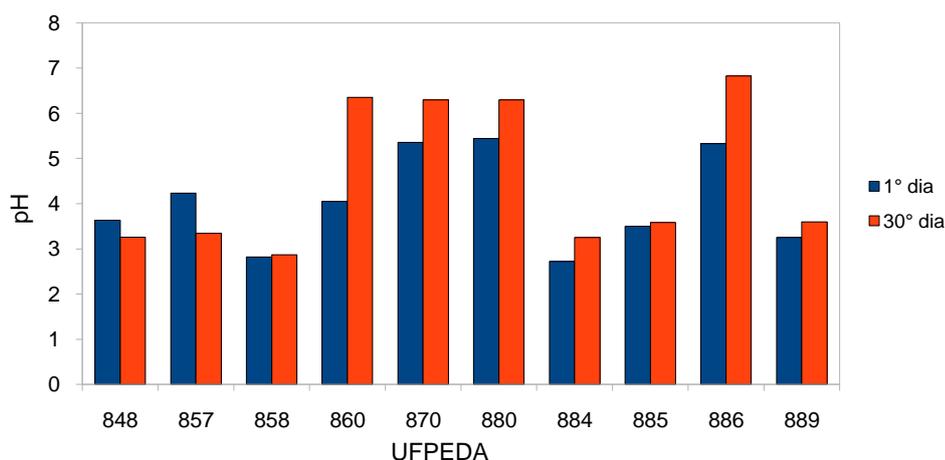


Figura 5. Monitoramento dos níveis de pH na aclimação das linhagens em concentração de 10% de petróleo

Após a aclimação, foi feito o teste de antagonismo para a escolha do consórcio, pois o crescimento em placa das linhagens escolhidas, não eliminou nenhuma delas para formação de consórcio. Foram testadas 11 combinações entre quatro, três ou duas linhagens. Dentre as linhagens de fungos e leveduras nenhuma sofreu inibição. O processo de oxidação biológica foi verificado pelo teste indicador TCC, os resultados obtidos encontram-se no quadro 1.

As linhagens 880 UFPEDA, 858 UFPEDA, 848 UFPEDA, 889 UFPEDA e 860 UFPEDA não apresentaram mudança na coloração. Mesmo apresentando crescimento em placas com concentrações de 10% petróleo, logo, consórcios compostos por alguma dessas linhagens foram invalidados como agentes biodegradadores.

Quadro 1. Isolados fúngicos que apresentaram oxidação de compostos do petróleo

<i>UFPEDA</i>	<i>Houve oxidação</i>	<i>Não houve oxidação</i>
848		x
857	x	
858		x
860		x
870	Pouca oxidação	
880		x
884	x	
885	x	
886	x	
889		x

Dentre os consórcios qualificados foram: C1 (857, 884, 885 e 886); C4 (857, 885 e 886) e C8 (857 e 886). Entre os quais, o composto C1 apresentou melhor desempenho, dados sobre a quantificação de biomassa e monitoramento de pH nas diferentes concentrações da fonte oleosa podem ser observados nas figuras 6 e 7. O emprego de consórcios microbianos, onde várias espécies atuam simultaneamente para degradar o contaminante como ressalta Luz et al. (2016) são mais eficientes principalmente em se tratando de petróleo e derivados que são constituído por vários tipos de hidrocarbonetos complexos, e um consórcio composto por uma maior variedade de espécies pode oferecer uma maior degradação do contaminante.

Através da formação de um consórcio como explicado por Leonel et al. (2010) microorganismos que não apresentam potencial para degradar completamente determinado composto, poderão transformá-lo em uma substância degradável por um segundo microorganismo favorecendo uma biodegração completa.

Estudos como o de Souza e Trigüis (2005) mostram como a biorremediação pode ser usada na recuperação de áreas costeiras contaminadas por petróleo, complementando a ação do intemperismo na remoção dos principais componentes do petróleo. Os autores apontam que o sucesso da aplicação da biorremediação depende da presença de microrganismos específicos e de condições ambientais adequadas, para que a biodegradação ocorra. Os microrganismos devem ser capazes de metabolizar os constituintes do petróleo. Em muitos

casos, esses organismos já fazem parte da microflora local em outras circunstâncias, em que se verifica sua carência, precisam ser adicionados (microrganismos exógenos). Parâmetros ambientais podem ser alterados ou controlados para otimizar o crescimento e as atividades metabólicas dos microrganismos.

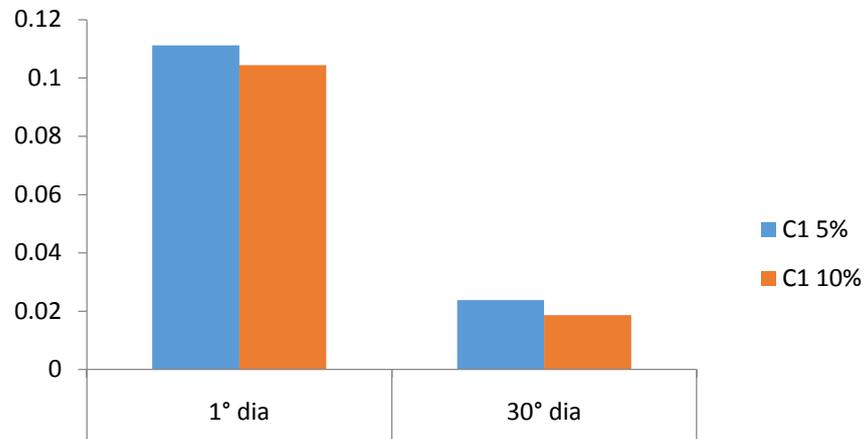


Figura 6. Quantificação de biomassa do consórcio C1 em meio a diferentes concentrações de petróleo

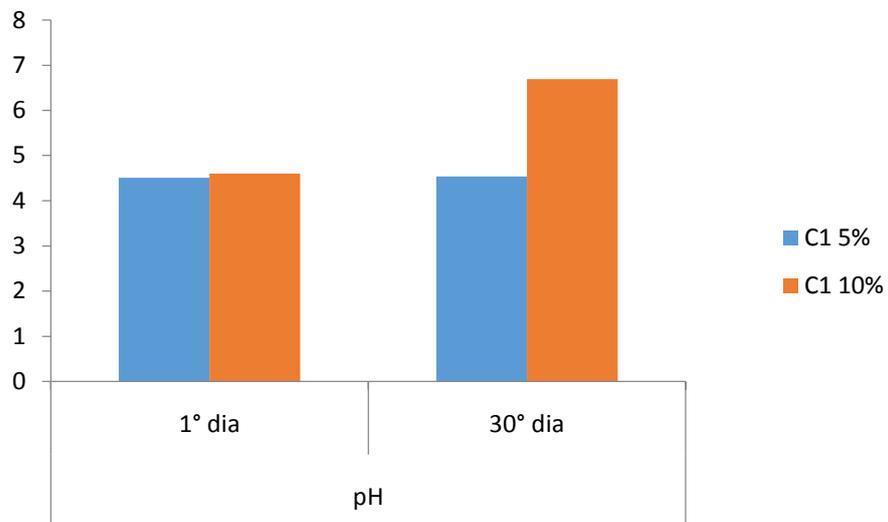


Figura 7. Monitoramento dos níveis de pH do consórcio C1 em meio a diferentes concentrações de petróleo

Por fim, o material residual do processo de biodegradação realizado pelo consórcio fúngico C1 foi submetido ao teste de fitotoxicidade, onde os resultados apontaram redução dos níveis de toxicidade, confirmando a ampla capacidade de degradação dos compostos tóxicos pelo consórcio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consócio fungico obtido a partir das linhagens avaliadas isoladas de um ambiente já impactado apresenta aplicabilidade ambiental como agente biorremediador, como foi verificado este apresenta potencialidade em degradar os compostos tóxicos presentes no petróleo.

Durante a fase de obtenção de consórcios para otimização do processo de biodegradação realizadas pelos microorganismos o uso do consórcio formado pela levedura 857 e pelos fungos filamentosos 884, 885 e 886 mostrou melhor desempenho em utilizar o petróleo como fonte de carbono. A análise feita através do material residual da degradação de petróleo comprovou redução dos níveis de toxicidade revelando que o consócio fúngico pode ser uma importante ferramenta na biorremediação de ambientes impactados por esse poluente.

As linhagens que compõem o consórcio fúngico estudado apresentam potencial para a produção de biossurfactantes estudos posteriores podem ser realizados para analisar esse potencial quanto a sua produção e eficiência, através de análises de parâmetros como a redução da tensão superficial, redução da tensão interfacial, emulsificação e concentração micelar crítica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda equipe participante do projeto Recupetro do laboratório de Biorremediação de Ambiente Poluído por Petróleo ou Seus Derivados-BAPPD, do Departamento de Antibióticos no Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco, em especial a professora coordenadora Maria de Fátima Vieira de Queiroz Sousa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética química**, v. 35, n. 3, p. 17-43, 2010.

ARAÚJO, A. M.; GONÇALVES, C.; NASCIMENTO, E. M.; MACHADO, E. C.; MOREIRA JÚNIOR, J.; SILVA, J. C.; OLIVEIRA, M. A.; BRISA, P.; PIRES, P. H. Protocolo para biorremediação de águas contaminadas por petróleo e derivados. **e-xacta**, v. 7, n. 1, p. 55-63, 2014.

AZEVEDO, L.M.L. **Potencialidade de degradação do petróleo por fungos isolados de manguezal impactado**. 2010. 69f. Dissertação (Mestrado em Biologia dos Fungos) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

BALAN, D.S.L. A indústria têxtil e o meio ambiente. Tecnologia Limpa e controle ambiental. **Química Têxtil**, Barueri, v.66, p.26-31, 2002.

BORGES, A. **200 toneladas de óleo foram recolhidas nas praias do Nordeste**. O Estado de S.Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,200-toneladas-de-oleo-foram-recolhidas-nas-praias-do-nordeste,70003049303>>. Acesso em 14 out. 2019.

BRASIL. Constituição (1988). **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 01 out. 2019.

FRANCISCO, W. C.; QUEIROZ, T. M. Biorremediação. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 249-256, 2018.

GOMES, E. B. **Biodegradabilidade de Querosene de Aviação Movimentado pelo Terminal Portuário de Suape-PE**. 2004. 128f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia de Produtos Bioativos) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis –IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. IBAMA, Brasília, 1990.

LEAHY, J. G.; COLWELL, R. R. Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment. **Microbiological Reviews**; v. 54, nº 3, p. 305-315, 1990.

LEONEL, L. V.; NASCIMENTO, E.G.; BERTOZZI, J.; BÔAS, L.A.V.; BÔAS, G.T.V. Biorremediação do solo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 26, n. 51, p. 37-52, 2018.

LUZ, E. L. P.; SILVA, D.P.S.; MEDEIROS, M.C.; BEZERRA, A.P.G.; LORENA, E.M.G.; SANTOS, I.G.S. Pollution mitigation for hydrocarbons of Petroleum through the Bioremediation. **Revista Geama**, v. 2, n. 4, p. 482-491, 2016.

MARIANO, A. P. **Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel**. 2006. 147 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

MORAIS FILHO, C. M.; CORIOLANO, A. C. F. Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera. **HOLOS**, v. 7, p. 133-150, 2016.

NASCIMENTO, E. A.; ARAÚJO, J. C. S. B.; MACHADO, K. M. G.; Aplicação da biorremediação no Estado de São Paulo. **Leopoldianum**, v. 42, n. 116-8, p. 17-34, 2017.

PADILHA, M.T.; SAMPAIO, J. ; LONGONI, L.; BENEDUZI, A. Isolamento de linhagens bacterianas degradadoras de hidrocarbonetos BTEX proveniente do setor petroquímico. **Scientia Plena**, v. 13, n. 9, 2017.

PEREIRA, A. R. B.; FREITAS, D. A. F. Uso de micro-organismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, n. 6, p. 995-1006, 2012.

SANTOS, S. C.; CASTRO, D. C. M.; ASSUNÇÃO, P. SALES; SANTOS, T. L.; QUINTELLA, C. M. Mapeamento Tecnológico de Processos Microbianos Aplicados na Biorremediação de Metais Pesados. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1740, 2018.

SANTOS, T.C.; CÂMARA, J.B.D. (Org.). **Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Edições Ibama, 2002.476 p.

SILVA, D. P. S. **Biodegradação de Petróleo por Consórcio Bacteriano**. 2009. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, J. S. S. SANTOS, S. S. S. GOMES, F. G. G. A biotecnologia como estratégias de reversão de áreas contaminadas por resíduos sólidos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental-REGTE**, v. 18, n. 4, p.1361-1370, 2014.

SILVA, P. K. O. S; MESQUITA, M. V. Avaliação do processo de remediação em área contaminada por hidrocarboneto. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada-UNG-Ser**, v. 2, n. 1, p. 9-14, 2019.

SOUZA, E. S.; TRIGÜIS, J. A. Degradação do petróleo em derrames no mar - Intemperismo x Biorremediação. **Anais...In: 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gas**. Salvador, 2006. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0234_05.pdf>. Acesso em 01out. 2019.

SOUZA, F.S.; MENDES, A.B.; SILVA, D.L.; BAPTISTA, N.M.Q. MACIEL, C.C.S.; GUSMÃO, N.B. Avaliação de antagonismo microbiano entre fungos isolados de ambiente poluído e bactérias patogênicas. **Anais...In:IX Jornada de ensino, pesquisa e extensão da UFRPE- JEPEX**, 2009. Disponível em:<<http://www.eventosufrpe.com.br/jepeX2009/cd/resumos/R0659-1.pdf>>. Acesso em 01 out. 2019.

TIQUIA. S. M.; TAMA, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. **Effectes of composting on phytotoxicity or spente pig-manure sawdust litter**. *Environmental Pollution*, v. 93, p. 249-256, 1996.

WETLER-TONINI, R. M. C. W; REZENDE, C. E. ; GRATIVOL, A. D. Degradação e biorremediação de compostos do petróleo por bactérias: revisão. **OecologiaAustralis**, v. 14, n. 4, p. 1025-1035, 2010.

USO DE FORRAGENS CONSERVADAS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE

Nágela Maria Henrique Mascarenhas ¹
Júlia Laurindo Pereira ²
Luanna Figuêiredo Batista ³
Daniele Ferreira de Melo ⁴

RESUMO

Os atuais sistemas de produção leiteira do país baseiam-se na produção a pasto. A criação a pasto apresenta algumas vantagens em relação ao sistema de confinamento. Apesar de constituir a forma mais econômica de alimentar o gado, com a irregularidade chuva e a sazonalidade da oferta de pastagens torna o uso exclusivo de pastagem insuficiente para manter a produção regular. A qualidade e quantidade de alimento fornecido ao animal que supra suas necessidades diárias devem ser levadas em consideração sempre, independentemente do sistema de produção que venha a ser empregado. Em sistemas onde a produção de volume for mais elevada que o seu consumo, pode-se aplicar processos de conservação de forragens no excedente, produzindo-se feno ou silagem. Explorar sobre as características e uso de forragens conservadas (feno ou silagem) na produção de leite, informar sobre técnicas que colabore para melhorar o consumo animal, tanto em qualidade quanto em quantidade vem tornando-se fundamental para o entendimento do produtor. De modo, que o objetivo desta revisão é expor quais os tipos de forragens conservadas podem ser utilizadas na produção leiteira, qual o valor alimentício, além das vantagens e desvantagens do seu uso.

Palavras-chave: ensilagem, feno, semiárido.

INTRODUÇÃO

Os atuais sistemas de produção leiteira do país baseiam-se na produção a pasto. A criação a pasto apresenta algumas vantagens em relação ao sistema de confinamento, por demandar investimentos relativamente baixos e menores custos operacionais, geralmente faz-se uso de forragens com baixa qualidade nutricional que apresente produção baixa, além de observar ao longo dos anos uma degradação do pasto, causando perdas significativas no rendimento e produtividade da atividade (DOMINGUES, 2009).

Apesar de constituir a forma mais econômica de alimentar o gado, com a irregularidade chuva e a sazonalidade da oferta de pastagens torna o uso exclusivo de pastagem insuficiente

¹ Doutoranda do Curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande - CG, eng.nagelamaria@gmail.com;

² Doutoranda do Curso de Medicina Veterinária, da Universidade Federal de Campina Grande - CG, julia_laurindovet@hotmail.com;

³ Doutoranda do Curso de Medicina Veterinária, da Universidade Federal de Campina Grande - CG, luanna_151@hotmail.com;

⁴ Doutoranda do Curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande - CG, danimelo.ufcg@hotmail.com;

para manter a produção regular, pois forrageiras tropicais atingem seu rendimento máximo no período chuvoso apresentando uma queda de produtividade significativa no período seco. Sendo necessária a utilização de suplementação com forrageiras conservadas (feno ou silagem), forragem verde picada ou forrageiras de inverno (CÓSER e PEREIRA, 2001).

A qualidade e quantidade de alimento fornecido ao animal que supra suas necessidades diárias devem ser levadas em consideração sempre, independentemente do sistema de produção que venha a ser empregado (API et al, 2014). Fornecer volumoso de qualidade assegura o produtor a ter uma produção de leite alta, com um retorno financeiro maior (DAMASCENO et al, 2002).

Em sistemas onde a produção de volume for mais elevada que o seu consumo, pode-se aplicar processos de conservação de forragens no excedente, produzindo-se feno ou silagem. Explorar sobre as características e uso de forragens conservadas (feno ou silagem) na produção de leite, informar sobre técnicas que colabore para melhorar o consumo animal, tanto em qualidade quanto em quantidade vem tornando-se fundamental para o entendimento do produtor.

De modo, que o objetivo desta revisão é expor quais os tipos de forragens conservadas podem ser utilizadas na produção leiteira, qual o valor alimentício, além das vantagens e desvantagens do seu uso.

IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO LEITEIRA E OS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO

O Brasil está em 5º lugar no ranking mundial de produção de leite, perdendo apenas para os Estados Unidos (1º lugar), Índia (2º lugar), China (3º lugar), a Rússia (4º lugar), com uma produção anual estimada em 32 bilhões de leite (FAO, 2010).

De maneira histórica a atividade leiteira do país era caracterizada pela baixa produtividade, alia a três principais fatores de produção: mão de obra, capital e terra, que quando em conjunto a alta sazonalidade oferta de leite *in natura* de qualidade, colocava o Brasil no *hall* dos países atrasados na questão da produção de leite (NOGUEIRA NETO & GOMES, 2007). Ainda segundo Nogueira Neto e Gomes (2007), a partir de 1997 houve uma mudança no incentivo de indústrias de laticínios. Onde se pode comprovar o potencial de crescimento da atividade no país (MEZZADRI, 2011).

É possível notar que o que vem impulsionando o crescimento da produção de leite, são as mudanças que cenário atual da cadeia produtiva do leite vem sofrendo, principalmente para a qualidade do produto final e a produtividade do rebanho, buscando-se a máxima eficiência técnica e produtiva. Assim, a cadeia produtiva do leite torna-se uma das mais importantes do

complexo agroindustrial brasileiro, movimentando anualmente cerca de US\$ 10 bilhões e empregando 3 milhões de pessoas, sendo mais de 1 milhão de produtores gerando leite in natura proveniente de um dos maiores rebanhos do mundo (INÁCIO, 2010).

Como a atividade leiteira tem se tornado cada vez mais competitiva, acaba nos impondo a necessidade de redução de erros na tomada de decisão, sendo esse um dos fatores determinantes para sustentabilidade dos sistemas de produção (DAMASCENO et al., 2003). Assim, torna-se importante fazer uma dieta balanceada para o rebanho, visando o melhor aproveitamento dos alimentos pelo animal, para conversão em produção de leite (AKTÜRK, 2010).

Na prática, a alimentação adequada de bovinos leiteiros depende do atendimento aos requerimentos nutricionais para a otimização das suas funções produtivas, sendo que isto requer a obtenção de informações a respeito das necessidades específicas para o desempenho de cada função produtiva, da ingestão dos alimentos e da contribuição que cada alimento pode dar para que os requerimentos sejam atendidos (ALVIM & CASTRO NETO, 2005). Assim, analisando-se os recursos alimentares disponíveis e que têm sido utilizados na alimentação animal, verifica-se uma grande amplitude de variação quanto as características qualitativas e quantitativas, decorrentes das diferenças entre: volumosos e concentrados, espécies forrageiras, épocas do ano, entre outros fatores (DAMASCENO et al., 2003). Isso demonstra a necessidade de se estabelecer um rígido controle de qualidade dos alimentos disponíveis na propriedade, bem como os adquiridos fora, como forma de minimizar os erros de previsão de consumo de alimentos e produção de leite (DAMASCENO et al., 2003).

Uma das maiores dificuldades enfrentadas, está relacionada com a nutrição do rebanho. Isso ocorre, em sua grande maioria, devido à escassez de alimentos que se tem, principalmente no período seco (OLIVEIRA et al., 2004). Nesse período, a quantidade e a qualidade das pastagens diminuem acentuadamente, resultando no chamado vazio forrageiro, o qual pode reduzir ou inviabilizar a produção de leite em escala comercial (ROSO & RESTLE, 2000). De acordo com Hanisch & Gislou (2010), são necessários estudos do comportamento das forrageiras, para se verificar qual época do ano é mais favorável para produção de determinada forragem, para determinada região.

Assim, para amenizar as possíveis perdas em produtividade e promover o equilíbrio no sistema, melhorando os índices zootécnicos e a rentabilidade econômica da atividade, pode-se realizar a conservação de forragens, na forma de silagem (MELLO, NÖRNBERG & ROCHA, 2004). Segundo Weiss & Wyatt (2002), a silagem é um alimento seguro, de alta qualidade, excelente palatabilidade e pode estar disponível o ano todo na complementação da dieta do

rebanho. Assim qualquer que seja a estratégia adotada, as ações devem ser tomadas com muita antecedência, pois normalmente implicam em grande impacto na quantidade e qualidade do alimento a ser fornecido aos animais (DAMASCENO et al., 2003).

TIPOS DE CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS

A maioria das áreas agrícolas do mundo, em algum momento, sofrem interferência climática deletéria na produção, fazendo com que ocorra períodos de baixa nessa produção (NOVAES et al., 2010) A qualidade e/ou quantidade das forragens disponíveis nas pastagens durante o período seco, não contém a maioria dos nutrientes essenciais para uma alimentação adequada, não atendendo a demanda dos animais em pastejo. Desta forma, se faz necessário o uso de meios de conservação de forragens para serem utilizadas no período seco (CALIXTO JUNIOR, et al., 2007). O manejo de preparação e uso correto da fenação ou ensilagem, proporciona um armazenamento de volumosos de boa qualidade, que devem ser utilizados nessas épocas de baixa produção de pastagens (NOVAES et al., 2010), além de aproveitar o excedente da pastagem no período de inverno, quando em condições de sub-pastejo (REIS & MOREIRA, 2007).

Para um bom rendimento na produção, faz-se necessário que essa forragem conservada seja de boa qualidade. Segundo Fontaneli & Fontaneli (2009), qualidade da forragem está diretamente relacionada com o desempenho animal, isto é, produção diária de leite por animal ou por área e ganho de peso vivo diário. No entanto, para que esse processo de armazenagem e de qualidade da forragem sejam bem sucedidas, é necessário fazer um estudo da área que vai ser usada, assim também como o tipo de forragens que se adéquam ao tipo de solo e ao sistema de criação animal (NOVAES et al., 2010).

A preparação da área e a formação de pastos fazem parte das atividades que antecedem a preparação da forragem a ser conservada e são etapas de suma importância, uma vez que havendo falhas, pode-se comprometer toda a produção. O preparo da área consiste em sua limpeza, deixando-a isenta de restos de culturas e entulhos para facilitar o plantio. De modo geral, muitas espécies de plantas podem ser utilizadas como pastagens. Estas espécies se dividem de acordo com a estação do ano em que apresentam melhor desenvolvimento (inverno ou verão), quanto ao ciclo de vida (anual ou perene) e quanto à espécie, sendo mais comum o uso de gramíneas e as leguminosas (PEGORARO, 2006). Na conservação de forragens, o objetivo é buscar condições ideais para manter o valor nutritivo do alimento, conservando suas características químicas e físicas. Contudo, deve-se levar em conta, que durante o processo

existem perdas que não podem ser totalmente eliminadas (PEDROSO, 2006). Segundo Reis & Moreira (2007) a ensilagem é mais utilizada no Brasil, pois envolve o uso de máquinas mais simples, com custo mais baixo, quando comparado à fenação.

A fenação é o processo pelo qual se utiliza energia solar para desidratar a forragem podendo conserva-la, com sua qualidade, por um longo período de tempo (ARAÚJO NETO & CAMARA, 2000). As perdas no processo de fenação tem alta correlação com o tempo de secagem, ou seja, quanto mais rápida a desidratação, melhor o valor nutritivo e menos perdas. Um processo eficiente de fenação depende da redução dos teores de umidade de 80% para valores abaixo de 20%, permitindo uma armazenagem segura, sendo essa fase de secagem dividida em três fases que diferem entre si pela duração, perda de água e resistência a desidratação (CALIXTO JUNIOR et al., 2007).

No processo de fenação a forragem permanece biologicamente inativa com respeito a atividade enzimática da planta e dos microrganismos. Ocorre um aumento da pressão osmótica, diminuindo a umidade do material, esse baixo conteúdo de umidade dos fenos permite que este seja transportado e comercializado em função do reduzido peso em relação a unidade de matéria seca (MS). A fenação é mais empregada nas regiões onde ocorrem condições mais apropriadas para a secagem ou em locais onde ocorrem muitas precipitações e a ensilagem fica de difícil armazenamento (REIS et al., 2001).

As etapas envolvidas no processo de fenação incluem a implantação da cultura, aplicação de fertilizante, corte, revolvimento da forragem, enleiramento, enfardamento, recolhimento e armazenamento dos fardos (REIS & MOREIRA, 2007). Na produção de feno, a maioria das gramíneas presentes nos pastos podem ser utilizadas, evitando aquelas com caules grossos, difíceis de ceifar e secar.

O ponto de feno ideal para enfardar é 20% de umidade ou se ao fechar a mão e quebrar os galhos, ele não tenda a voltar, indica que o feno está em condições de ser enfardado (NOVAES et al., 2010). As forrageiras indicadas para fenação devem apresentar as seguintes características: boa produção de massa verde, boa resistência a cortes frequentes, caules finos, muitas folhas, ser de fácil cultivo e boa adaptabilidade ao solo e clima da região. Além disso, é essencial que o corte seja realizado na idade certa para que não ocorra déficit no valor nutritivo, que deve ocorrer em média de 40 a 50 dias após a germinação (ARAÚJO NETO & CAMARA, 2000). Quando a planta alcançar alto teor de proteínas, uma elevada produtividade por hectare e um baixo teor de fibra bruta.

Alguns fatores que interferem na desidratação desse feno. Os fatores climáticos e a influência do solo são peças chaves para esse processo. As principais interferências a serem

consideradas quando se trata do clima são: radiação solar, umidade, temperatura e velocidade do vento. A radiação solar é indicada como o principal fator ambiental que influencia o processo, além da influência da umidade relativa do ar. Fatores pertencentes a planta também influenciam essa secagem como: peso de folha, a relação folha/caule, a espessura e o comprimento do caule, a espessura da cutícula e a densidade de estômatos. Algumas perdas podem ser citadas em relação a esse recolhimento: perdas no corte devido à altura do resíduo.

Perdas pôr respiração e fermentação decorrentes do prolongamento do período de secagem; perdas pôr lixiviação levando a decréscimo no conteúdo de compostos solúveis; perda de folhas em decorrência do manuseio excessivo da forragem, notadamente na fase final de secagem; e perdas pôr deficiência no recolhimento da forragem (REIS et al., 2001). O feno deve ser armazenado em local seco e ventilado, livre de umidade, sob forma de fardos, solto no fenil, inteiro ou picado (ARAUJO NETO & CAMARA, 2000).

Atualmente é possível ferrar todo tipo de forrageira, bastando para isso utilizar métodos e equipamentos adequados ao processamento da planta, embora algumas espécies forrageiras apresentem maior facilidade, principalmente quanto à velocidade de desidratação, atingindo o ponto de feno mais rapidamente e expondo a forragem a menos risco de perdas (CÂNDIDO et al., 2008). As leguminosas, normalmente apresentam maior qualidade comparada com gramíneas, mas dentro de cada grupo de plantas há uma grande variação no VN. Quando ambas são colhidas no estágio de desenvolvimento adequado, as leguminosas apresentam maiores conteúdos de proteína bruta, de minerais, de vitaminas, valores mais altos de digestibilidade da matéria seca e taxa de digestão (REIS et al., 2001).

Já a conservação por meio de ensilagens, apresentam estruturas próprias, com manejo diferenciando e vários tipos de formas. A ensilagem é um processo que se baseia no aumento da acidez (redução do pH), em decorrência da produção de ácido lático por bactérias, a partir do açúcar e na eliminação do oxigênio do meio, com o objetivo de conservar ao máximo o valor nutritivo da forragem (MANUAL KERA, 2013). A preservação depende do pH se manter ácido o suficiente para inibir o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium* e outros microrganismos anaeróbicos, tais como leveduras e fungos sendo assim a conservação de forragem como estratégia para otimizar o manejo das pastagens (REIS & MOREIRA, 2007). A maior parte dos materiais biológicos podem ser conservados pela ensilagem, entre eles, plantas forrageiras, subprodutos e resíduos da agroindústria. Segundo Novaes et al. (2010), silagem é qualquer forragem armazenada na ausência de ar e conservada mediante fermentação em depósitos próprios, chamados silos. Os silos apresentam diversas formas, sendo as mais comuns: tipo trincheira, de encosta, cisterna, aéreo, superfície, bolas e bags. A escolha do silo

depende da utilização, disponibilidade de maquinários, mão de obra e material usado (MANUAL KERA, 2013). As vantagens da ensilagem são a utilização de plantas com o valor nutritivo alto, aproveitamento de excessos produzidos no período chuvoso. No entanto, também apresenta suas desvantagens: difícil comercialização e transporte, a proporção usada deve ser retirada diariamente, maiores exigências durante a confecção que o feno e menos palatável em relação ao feno (ARAUJO NETO & CAMARA, 2000).

Quando se fala em fermentação, deve-se ter muito cuidado para que não cresçam microorganismos de forma indesejável. Quanto pior as condições dentro do silo (presença de ar ou alta umidade) maiores serão as maiores serão as perdas por fermentações indesejáveis. As perdas podem ser minimizadas, quando as etapas de fabricação são realizadas com cuidado, mas não conseguem ser reduzidas completamente. Uma boa silagem depende, entre outras coisas, da qualidade da forrageira ou material a ser ensilado, além do uso de uma tecnologia apropriada. Para um bom rendimento, é necessário colher o material com o teor de umidade indicado e seguir o processo de fabricação corretamente, no menor espaço de tempo possível, o que depende basicamente do tipo do silo a ser fabricado. É muito importante que nesse período não ocorra precipitação de água, o que pode vir a atrasar o processo e prejudicar a qualidade da silagem. O enchimento de um silo é um trabalho feito em equipe e que envolve várias atividades distintas (OLIVEIRA & MARTINS, 2010).

O tipo de armazenamento é crucial para uma silagem de boa qualidade silos são de importância, são eles: silo trincheira que é em forma horizontal e subterrâneo, cujo comprimento, largura e profundidade dependem da quantidade a ser armazenada. Já o silo de superfície apresenta vantagens em relação aos outros pois elimina gastos na construção, no entanto, deve-se procurar um local plano e perto do local próximo dos animais. Deve ser feita de forma similar ao ate do silo trincheira. Para esse silo, o material deve ser amontoado e compactado sobre o solo e coberto por lona plástica segura por terra e pode ser calculada pela mesma fórmula usada para os silos tipo trincheira (OLIVEIRA & MARTINS, 2010). O silo cilíndrico tipo cisterna ou poço, seu carregamento é muito fácil e a maneira de fazer a compactação é idêntica à do tipo meia-encosta, no entanto, para a retirada do material para levar ao cocho é de difícil acesso, pois exige dois homens trabalhando (um dentro do silo e outro fora) e um sistema de balaios, cordas e roldanas. Ao se construir um silo como este, deve-se incluir um telhado para evitar água de chuvas. O silo cilíndrico de meia encosta são construídos junto a encostas para facilitar o trabalho de carregamento, e possuem cobertura de telhas. A compactação da silagem nesse tipo de silo só é possível com a utilização de homens. Embora o carregamento fique facilitado, o acesso à parte de cima do silo pode ser difícil. A retirada da

silagem, porém, é mais trabalhosa. A colocação de janelas ao longo da parede do silo não só facilita a desensilagem como também melhora as condições para os trabalhadores durante a compactação e a retirada da silagem (OLIVEIRA & MARTINS, 2010).

Na fabricação de silagem, deve-se observar fora o pH, alguns elementos que são de suma importância para o bom rendimento desse produto. A exemplo disso temos o teor de umidade que é um fator preponderante na determinação da qualidade fermentativa das forragens. O teor de umidade pode ser controlado, pela secagem e pela adição de aditivos. O teor de umidade recomendado à ensilagem é relativamente variável, mas normalmente situa-se entre 3.0 e 5.0%. Além da umidade, a quantidade e qualidade dos carboidratos solúveis também são de suma importância. O seu conteúdo nas forragens varia com a espécie da planta forrageira, o estágio de maturidade, o clima e até com a hora do dia. De maneira geral, para que ocorra fermentação láctica adequada à conservação da silagem, a forragem deve conter no mínimo de 16 a 15% de carboidratos solúveis na matéria seca (MS). O teor de açúcares necessário a uma boa fermentação depende, no entanto, do poder tampão e da umidade da forragem. Quanto maior a umidade e o poder tampão da planta, maior o teor de açúcares necessário para uma boa fermentação. Associado a isso, ainda tem a avaliação do teor de proteínas, poder tampão e população de microorganismos epífitos princípios da produção e manejo de silagens (PEDROSO, 2006).

O enchimento do silo deve ser feito rapidamente. Para aumentar a janela de corte, que permite recolher toda a silagem com teores próximos de MS. Quanto menor o silo, mais fáceis de compactar, permitindo melhor conservação da silagem (ARAUJO NETO & CAMARA, 2000). Durante a compactação, o essencial é que a distribuição das camadas sejam em camadas finas, de preferência com o auxílio de tratores para uma melhor compactação, no entanto, pode-se fazer a compactação de forma manual. Quanto mais eficiente for a compactação maior será a densidade (em kg de MS/m³) no silo. Além do melhor aproveitamento da capacidade do silo haverá significativa redução das perdas. A densidade ideal para a silagem de milho fica em torno de 550 a 700 kg/m³. Valores muito acima disso não são recomendados, uma vez que, geralmente, resultam de silagens com teores mais baixos de matéria seca, colhidas mais verdes. O fechamento do silo deve ser com lona plástica, pois o processo de respiração da massa ensilada continua até que todo o oxigênio presente seja consumido. Passado esse período, a temperatura diminui e se estabiliza, predominando o processo de fermentação. Durante o tempo de conservação não pode haver entrada de ar no silo. A lona deve ser colocada de trás para frente, deixando espaço para que o ar saia pela frente do silo. Isso evita a formação de bolsões de ar e, principalmente, que a presença de pesos, desde que não prejudiquem a integridade da

lona. Durante o processo de fermentação em que a massa ensilada fica em meio anaeróbico onde é produzida a acidez. A ausência de oxigênio impede o desenvolvimento de microrganismos de atividade aeróbica, como fungos e leveduras. Na presença de oxigênio, as plantas recém-cortadas continuam respirando, produzindo água, gás carbônico e calor, conforme representado pela seguinte equação: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{Energia (Calor)}$. Por isso o silo deve ser fechado o mais rápido possível e a silagem deve ser bem compactada. Se não houver oxigênio o processo de respiração cessa e a silagem não aquece (não se perde mais energia). Esta energia gasta para produzir calor é a mesma energia que o animal utilizaria para produzir leite ou carne. Quanto menos a silagem aquecer mais energia sobra para o animal (BIOGENE, 2013).

A estabilidade da silagem é determinada pela fermentação aeróbia (pós-fermentação) que ocorre após a abertura do silo. A pós-fermentação será mais intensa, quanto melhor for a qualidade da silagem, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis e de ácido lático residuais. Os principais produtos usados pelos microrganismos envolvidos no processo, são os ácidos, o etanol e os açúcares solúveis, resultando em aumento do pH e redução na digestibilidade e no conteúdo de energia o processo inicia-se com leveduras, que transformam os açúcares em álcool. Esses microrganismos apresentam alta resistência as variações do pH e sobrevivem em meio anaeróbio. Particularmente as leveduras *Candida krusei*, *Pichia fermentans* e *Hansenula anomala* são iniciadoras do processo de deterioração da silagem. Em uma etapa subsequente bactérias (*Bacillus cereus*, *B. firmes*, *B. lentus* e *B. sphaericus*) podem estar envolvidas no processo de deterioração (REIS, et. al, 2001).

O processo fermentativo é de tal importância que sem ele não existe conservação de silagem. Esse processo é dividido por fases. São elas: a atividade enzimática que ocorre após o corte e a picagem, a fase aeróbica, fase anaeróbia ou de fermentação e de estabilização:

Após o estabelecimento da condições anaeróbias dentro do silo, a fase de fermentação ativa se começa. Segundo Reis et al., (2001) tempo de fermentação depende do teor de carboidratos solúveis, capacidade tampão e teor de umidade da forragem, ficando normalmente entre 10 e 14 dias. Os microrganismos anaeróbios que se desenvolvem na silagem fermentam hexoses (glicose e frutose) e pentoses (ribose e xilose), produzindo etanol, ácidos graxos voláteis, ácido lático e CO₂. As enterobactérias e bactérias produtoras de ácido lático, normalmente dominam todos os outros microrganismos nos primeiros dias (1 a 3 dias) após o fechamento do silo. Quando os valores de pH caem abaixo de 5,0, a população de enterobactérias diminui rapidamente, predominando as bactérias produtoras de ácido lático As

enterobactérias produzem vão produzia ácido acético, enquanto as lácticas produzem ácido láctico.

Outros produtos formados pela ação deste grupo de bactérias incluem: etanol, butanodiol, ácido succínico, ácido fórmico e manitol). As bactérias lácticas crescem ativamente pôr 1 a 4 semanas, baixando o pH, normalmente para valores entre 3,8 a 5,0, dependendo do conteúdo de umidade da cultura, capacidade tampão e conteúdo de açúcar. Um grupo importante vinculado as bactérias anaeróbias são os *Clostridiuns* que tem efeito pronunciado na qualidade da silagem, se os valores de pH não são suficientemente baixos. Esse grupo fermenta açúcares produzindo ácido butírico e aminas, que faz com que ocorram perdas na palatabilidade, diminuindo o consumo de matéria seca (REIS et al., 2001).

Segundo Novaes et al. (2010), o valor nutritivo da silagem vai depender principalmente da forrageira usada. O milho, o sorgo e o capim-elefante são as principais forrageiras usadas para ensilagem, sendo o milho a mais comum e de maior valor nutritivo dentre essas três. Atualmente tem sido inseridos também nesse tipo de cultura os capins Tanzânia e Mombaça e o girassol passaram a ser empregados na confecção de silagem. Devido à sua menor digestibilidade, a silagem de sorgo tem apresentado 70 a 90% do valor nutritivo da silagem de milho. A silagem de capim-elefante, Mombaça e Tanzânia é, qualitativamente, inferior à do milho e do sorgo, enquanto a de girassol apresenta valor intermediário.

O milho é considerado a forrageira ideal, ou “quase perfeita”, para ensilagem. Apresenta do potencial de produção de massa em média de 12 a 18 t MS/ha e teores de matéria seca entre 28 e 42% e açúcares solúveis 9 a 27% da MS adequados à fermentação, apresenta baixo poder tampão. O sorgo é considerado como sendo uma planta forrageira mais tolerante que o milho. Apresenta maior resistência à acidez e salinidade do solo e a escassez hídrica moderada. Quando em lavouras bem conduzidas, existe a possibilidade de se obter um segundo corte, o que aumenta a produtividade da cultura para uma média 20 t MS/ha. Contudo, devido ao tamanho das sementes serem menores que o milho, o sorgo exige maiores cuidados na preparação do solo e na semeadura, devendo-se tomar cuidado para que as sementes não fiquem em profundidade excessiva (PEDROSO, 2006).

A cana-de-açúcar geralmente é colhida diariamente e fornecida fresca aos animais, pois tem a capacidade de manter seu valor nutritivo durante os vários meses que compreendem o período de escassez das pastagens. Atualmente, observa-se o uso crescente da cana-de-açúcar na forma de silagem devido à busca pelos pecuaristas por melhor eficiência de colheita e manejo dos canaviais e dos rebanhos. A ensilagem tem sido ainda empregada quando ocorrem sobras nos canaviais ao final da safra, bem como solução de emergência na ocorrência de incêndios

acidentais e geadas, para evitar a perda total da forragem. Silagens de cana-de-açúcar apresentam, no entanto, intensa atividade de leveduras que convertem açúcares a etanol, dióxido de carbono e água. Teores de etanol na ordem de 8% a 17% da matéria seca têm sido relatados para cana-de-açúcar ensilada sem o uso de aditivos, resultando em perdas de até 29% da matéria seca durante o processo. Desta forma, a ensilagem da cana-de-açúcar sem nenhum método de controle do desenvolvimento de leveduras resulta em aumento no teor de fibras, diminuição da digestibilidade e perda acentuada de valor nutritivo da forragem. As leveduras são também as maiores responsáveis pela perda de valor nutritivo da silagem após a abertura dos silos. A ação destes microrganismos, na presença de oxigênio, causa a rápida deterioração da silagem e elevação do pH, aumentando o risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos como a *Listeria monocytogenes* (PEDROSO, 2006).

Na atualidade o uso de Capins tropicais vem se tornando mais frequente em decorrência do desenvolvimento de máquinas mais eficientes, para colheita e picagem, tem incentivado o crescimento do número de produtores que utilizam a ensilagem de capins tropicais, seja para suplementação do gado na seca ou para o confinamento de bovinos de corte e de leite. A ensilagem é muitas das vezes utilizada para o aproveitamento do excesso de forragem das pastagens, mas o alto potencial de produção de massa dos capins tropicais com média de 30 t MS/ha, aliado ao menor risco de cultivo, quando comparado ao milho e ao sorgo, tem levado à implantação de áreas específicas de cultivo de capins para ensilagem. Por outro lado, a incapacidade dos produtores em atingir bons níveis de produtividade dos capins, aliada às perdas relativamente altas durante o processo de colheita e ensilagem, tem levado freqüentemente a resultados frustrantes, com a obtenção de silagens de má qualidade e de custo elevado. Em silagens de capins tropicais, a maior fonte de perdas advém da produção de gases devido à fermentação butírica, caracterizada por perda de 51% da matéria seca e 18% de energia do substrato fermentado. Os baixos teores de carboidratos solúveis, normalmente encontrados nestes capins, restringem a fermentação láctica, de forma que a produção de ácidos é normalmente insuficiente para a conservação da silagem. Então, o sugerido para se obter silagens de capim de boa qualidade é utilizando aditivos que promovam o aumento do teor de matéria seca e aumentem a concentração de açúcares na massa ensilada. A adição de polpa cítrica peletizada (10% na matéria verde) tem sido utilizada com sucesso, para esse fim (PEDROSO, 2006).

FATORES QUE INTERFEREM NO CONSUMO DAS FORRAGENS CONSERVADAS

Para determinar a qualidade da forragem, o fator de maior influência é a taxa de consumo pelo animal, sendo determinado como resultado do consumo espontâneo potencial e do produto do valor nutricional (REIS et al, 2006). Mesmo o alimento que possua um alto valor nutricional, este não sendo palatável para o animal, não pode ser considerado um alimento de qualidade em termos, pois o consumo representa a maior variabilidade da qualidade do alimento, porque depende da quantidade ingerida pelo o animal, ele irá suprir as necessidades diárias do mesmo, como produção, crescimento. Por estes motivos, torna-se interessante a avaliação das diversas interações que determinam o consumo pelos animais.

Os alimentos conservados (feno e silagem) são resultantes de uma série de interações que envolvem desde características das plantas antes dos processos de conservação até o fornecimento aos animais. Alimentos conservados tais como fenos e silagens, em seus processos de conservação podem alterar sua composição química, e conforme for o nível dessas modificações, podem diminuir a qualidade e o valor nutritivo dessa forragem (REIS et al, 2001).

Além dos fatores que afetam o consumo, normalmente também se dão pouca importância para a qualidade higiênica de silagens e fenos utilizados na alimentação animal, este é um ponto de grande relevância em função dos graves problemas que podem acarretar à exploração leiteira. Quando uma silagem ou feno apresenta problemas na confecção, armazenagem ou utilização pode ocorrer desenvolvimento de vários microrganismos, patogênicos ou não, que influenciarão o desempenho animal. O exemplo mais comum é a presença de micotoxinas produzidas pela ação de microrganismos em fenos e silagens, ou mesmo em rações armazenadas inadequadamente. As micotoxinas resultam em perdas econômicas significativas para os criadores, uma vez que afetam a saúde dos animais, reduzem a produtividade e podem até levar a morte (JOBIM et al, 2002).

O efeito negativo de algumas micotoxinas sobre a ingestão de alimento pode ser devido às alterações no odor ou palatabilidade dos alimentos contaminados. Segundo Jouany (2001), o pó presente nas forragens secas associado com a presença de mofo e esporos pode estar envolvido no decréscimo da palatabilidade. Além disto, existem as desordens metabólicas e digestivas causadas pela presença de micotoxinas e que provavelmente estão envolvidas na redução da ingestão voluntária do alimento.

Tabela 1- Efeito das micotoxinas mais comuns em alimentos sobre o desempenho animal.

Micotoxinas	Efeitos sobre os animais
Aflatoxina	Má conversão alimentar, Comprometimento hepático
Ocratoxina	Perda de peso
Deoxinivalenol	Recusa do alimento, Baixo consumo
Thicothene T-2	Recusa do alimento, Baixo consumo
Zearalenona F-2	Distúrbios reprodutivos ou estrogênicos
Slaframina	Sialorréia, Diarréia
Ergot (alcalóides)	Convulsão, Fraqueza de membros e gangrena de extremidades

Fonte: Adaptado de JOBIM et al (2002).

EFEITOS DAS MICOTOXINAS NA SAÚDE DE VACAS LEITEIRAS

Vacas leiteiras são altamente expostas à ação de micotoxinas devido à dependência de concentrados e volumosos conservados como feno ou silagem. Assim sendo, é possível que no Brasil os prejuízos na bovinocultura leiteira, em razão da ingestão de alimentos contaminados, estejam entre os fatores limitantes para atingir-se alta produtividade e eficiência na exploração. Nussio et al. (2002) abordando aspectos sanitários de silagens, destacam que considerando-se a importância da silagem para os rebanhos, é surpreendente que pesquisas epidemiológicas não sejam desenvolvidas em maior escala para avaliar os riscos associados à saúde animal e humana.

Em muitas situações as micotoxinas presentes nos alimentos podem ser responsáveis por doenças "indefinidas" e pela redução de produção. Segundo Archundia & Bolsen (2001) a presença de micotoxinas podem reduzir a ingestão de alimentos, alterar a digestibilidade e a absorção de nutrientes, além de ter um efeito tóxico para o animal. De acordo com esses autores, a presença de fungos não significa que haverá presença de micotoxinas, mas sob certas condições a produção é rápida e as micotoxinas permanecem estáveis por longo período após a atividade dos fungos cessarem.

A qualidade higiênica da dieta, em relação ao uso de silagem ou feno, pode ter efeito também, sobre as concentrações de células somáticas (CCS). Os valores de CCS dependem da contagem de bactérias psicrófilas no leite devido às infecções que acometem a glândula mamária. A limpeza e desinfecção dos tetos são essenciais para menor concentração de bactérias psicrófilas no leite produzido (OLIVEIRA et al., 1999).

VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE FORRAGENS CONSERVADAS

Na formulação da ração total para um rebanho leiteiro destaca-se o equilíbrio entre a exigência das vacas e os custos dos componentes da dieta como fator de fundamental importância para a eficiência da atividade. Assim, o menor custo do grão produzido na fazenda desempenha papel de alta relevância na viabilização da atividade. A exploração leiteira, principalmente em rebanhos de alta produção, depende muito do uso de milho como principal fonte de energia. Dado ao alto valor desse cereal os custos com alimentação são bastante significativos na exploração leiteira (JOBIM et al., 2003).

Dentre as principais vantagens em relação ao uso das forragens conservadas, podem-se destacar algumas como a antecipação na colheita em três a quatro semanas, o que permite liberar a área para plantio da cultura subsequente, otimizando o uso da terra, redução significativa das perdas a campo por condições climáticas adversas, ataque de pássaros e de insetos, diminuição da presença de fungos, alta qualidade sanitária dos grãos. E como desvantagens pode se citar a impossibilidade de comercialização de eventuais excedentes de produção, e para evitar problemas dessa natureza devem-se dimensionar os silos de acordo com a demanda da propriedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de forragens conservadas na alimentação de vacas leiteiras tem sido um importante aliado na manutenção da produtividade quando a uma baixa na oferta de forragens fresca. O conhecimento prévio das exigências nutricionais dos animais é primordial para a confecção de algum tipo de forragem conservada. Apesar de ter uma relevância para a atividade é preciso atentar-se a alguns pontos específicos, tais como qual tipo de forragem utilizar no processo de ensilagem ou fenação, até mesmo no fornecimento de forragens pré-secadas, assim também como verificar a qualidade sanitária do volumoso a ser disponibilizado para o animal, para que esse não venha a causar prejuízos à produção.

REFERÊNCIAS

AKTÜRK, D. et al. The Factors Affecting Milk Production and Milk Production Cost: Çanakkale Case – Biga. **Journal of the Faculty of Veterinary Medicine** Kafkas University, v.16, n.2, p.329-335, 2010.

ALVIM, F.; CASTRO NETO, A.G. Alimentos e alimentação para bovinos leiteiros. **Reagro**. 2005. Disponível em:
<http://rehagro.com.br/plus/modulos/noticias/imprimir.php?cdnoticia=144>. Acesso em: 15 de novembro de 2012.

API, I; MARTIN, T. N; KUSS, F; ZIECH, M. F; BERTONCELLI, P; STECCA, J. D. L; NUNES, N. V; LUDWIG, R. L. Planeamento da produção leiteira - técnicas de modelação na tomada de decisão para a produção de silagem de qualidade. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 37. n.4. p.384-391. Lisboa, 2014.

ARAÚJO NETO, R. B.; CAMARA, J.A.S.; Conservação de Forragem: feno e silagem. Terezina, Embrapa p. 16, 2000. Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95134/1/RT60001.pdf>. Acesso em: 18 de novembro de 2016.

ARCHUNDIA, M.E.U, BOLSEN, K.K. Aerobic deterioration of silage: processes and prevention. In: **Proceedings of Alltech's 17th Annual Symposium**. Thrumpton Nottingham, UK. 2001, p. 127 - 144.

BIOGENE; Boas práticas para produção de silagem. 2013. Disponível em:

www.biogene.com.br. Acesso em: 17 de novembro de 2016.

CALIXTO JUNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CANTO, M.W. Taxa de desidratação e composição química bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em função de níveis de adubação nitrogenada. Seminário: Ciências Agrárias, Londrina, v.28, n.3, p.493- 502, 2007. Disponível em:

www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/2992/2539. Acesso em: 18 de novembro de 2016.

CÂNDIDO, M.J.D.; CUTRIN JR, J.A.A.; SILVA, R.G.; AQUINO, M. S.; Técnicas de Fenação para a Produção de Leite. 2008. Disponível em:

<http://www.neef.ufc.br/tec.fen.prodleite.pdf>. Acesso em: 21 de novembro de 2016.

CÓSER, A. C; PEREIRA, A. V. **FORAGEIRAS PARA CORTE E PASTEJO**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. 37 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 66).

DAMASCENO, J. C; SANTOS, G. T; CÔRTEZ, C; REGO, F.C.A. Aspectos da alimentação da vaca leiteira. In: SUL-LEITE “Simpósio sobre sustentabilidade da pecuária leiteira na região sul do Brasil”, 2002. Maringá, PR. **Anais...**v. 2 p. 166-188.

DAMASCENO, J.C. SANTOS, G. T; CÔRTEZ, C; REGO, F.C.A. Aspectos da alimentação da vaca leiteira. Núcleo Pluridisciplinar de Pesquisa e Estudo da Cadeia Produtiva do Leite – NUPEL. 2003. Disponível em: www.nupel.uem.br/pos-ppz/aspecto-08-03.pdf. Acesso em: 19 de novembro de 2016.

DOMINGUES, J. L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.38, p.259-269, São Paulo, 2009.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S. in: forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta, na região sul brasileira. Passo Fundo. Embrapa trigo, 2009. DISPONÍVEL EM:

www.cnpt.embrapa.br/biblio/li/li01-fORAGEIRAS/cap1.pdf. Acesso em: 17 de novembro de 2016.

HANISCH, A.L.; GISLON, I. Massa de forragem e valor nutritivo de gramíneas perenes de inverno no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, v.11, n.1, p.25-32, 2010.

INÁCIO, M.R.C. Ferramentas quimiométricas aplicadas a classificação de amostras de leite em pó e quantificação de proteínas. **Dissertação (Mestrado em Química)**. Programa de pós-graduação em química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; GAI, V. F. Qualidade de forragens conservadas versus produção e qualidade do leite de vacas. **SULLEITE-Simpósio sobre sustentabilidade da pecuária leiteira na região sul do Brasil**, v. 2, p. 98-122, 2002.

JOBIM, C.C.; BRANCO, A.B.; SANTOS, G.T. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. In: **V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite**. Goiânia – Goiás, maio 2003. p. 357-376.

JOUANY, J.P. 2001. The impact of mycotoxins on performance and health of dairy cattle. In: **Alltech's 17th Annual Symposium**, 2001..p.191-222. Proceedings...2001

Manual de Ensilagem Kera. Copyright © Agosto de 2013 Kera Nutrição Animal. Layout e desenvolvimento: Graphia Design. Disponível em: https://issuu.com/nakao/docs/manual_silagem_c6ac6cc32683ad. acesso em: 18 de novembro de 2016.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.87-95, 2004.

MEZZADRI, F.P. Análise da conjuntura agropecuária safra 2010/2011. **Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB**. 2011. Disponível em: www.seab.pr.gov.br. Acesso em: 18 de novembro de 2016.

NOGUEIRA NETO, V; GOMES, A.T. Especialização da pecuária leiteira. **Embrapa Gado de Leite**. 2007.

NOVAES, L.P.; MARTINS, C.E.; ZOCCAL, R.; MOREIRA, P.; RIBEIRO, A.C.C.L.; LIMA, V.M.B. Sistema de produção EMBRAPA 2010. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/infra/10.htm>. Acesso em: 18 de novembro de 2016.

NUSSIO, L.G., PAZIANI, S.F., NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: Anais de Palestras – XXXIX Reunião Anual da SBZ, Recife-PE, 2002, **Anais...** Recife, p.60-99, 2002.

OLIVEIRA, C. A. F., FONSECA, L. F. L. 1999. Aspectos relacionados á produção, que influenciam a qualidade do leite. **Higiene Alimentar**, 13 (62): 10-16.

OLIVEIRA, J.S. et al. Estratificação de ambientes, adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho para silagem no sul do Brasil. **Revista Ciência Rural**, v.34, n.4, p.997-1003, 2004.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – FAO. **Perspectivas alimentarias: análisis de los mercados mundiales.** FAO, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/a1969s/a1969s00.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2016.

PEDROSO, A. F.; PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO E MANEJO DE SILAGENS, Embrapa. 2006. Disponível em: www.faes.org.br/Conteudo.aspx?Code=2843&fileDownload=True&Portal. Acesso em: 18 de novembro de 2016.

PEGORARO, L.M.C.; Principais espécies forrageiras. Noções sobre produção de leite. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 153 p.

REIS, R. A.; TEIXEIRA, I. A. M. DE A.; SIQUEIRA, G. R. Impacto da qualidade da forragem na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.580 - 608, 2006.

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; Conservação de Forragem como Estratégia para Otimizar o Manejo das Pastagens. 2007. Disponível em: http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAUDIARUGGIERI/conservacao_de_forragens_goiania.pdf. Acesso em: 20 de novembro de 2016.

REIS, R.A., MOREIRA, A.L., PEDREIRA, M.S. Técnicas para produção e conservação de fenos de alta qualidade. In: **Simpósio sobre utilização de forragens conservadas.** Jobim C.C., Santos, G.T., Damasceno, J.C., Cecatto, U. (ed.). Maringá. Universidade Estadual de Maringá. 2001. p. 01-39.

ROSO, C.; RESTLE, J. Aveia Preta, Triticale e Centeio em Mistura com Azevém. 2. Produtividade Animal e Retorno Econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.85-93, 2000.

WEISS, W. P.; WYATT, D. J. Effects of feeding diets based on silage from corn hybrids that differed in concentration and in vitro digestibility of neutral detergent fiber to dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.12, p.3462-3469, 2002.

MICROBIOLOGIA DE QUEIJO TIPO COALHO PRODUZIDO COM LEITE PASTEURIZADO RECOBERTO COM COBERTURA A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA E SORBITOL

Karoline Mikaelle de Paiva Soares¹
José Lucas Girão Rabelo²
Barbara Camila Firmino Freire³
Flávio Estefferson de Oliveira Santana⁴

RESUMO

Devido a crescente conscientização sobre os problemas ambientais causados pelo descarte de embalagens plásticas, novas metodologias vem sendo buscadas para a conservação de alimentos. Os biopolímeros surgem nesse cenário como matéria prima para a produção de coberturas comestíveis e conservação de alimentos, com as vantagens de serem biodegradáveis e renováveis. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar coberturas biopoliméricas de fécula de mandioca e sorbitol em parâmetros microbiológicos de queijos coalho. O trabalho se deu pela análise de amostras de queijo coalho revestidas com coberturas biopoliméricas de fécula de mandioca a concentrações de 2% (F2) e 3% (F3), foram realizadas então análises microbiológicas nos dias 0, 3 e 6 durante um período de 6 dias, analisando-se micro-organismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras, coliformes totais e termotolerantes, e *Staphylococcus* coagulase positivo. Como resultado, todos os grupos estudados, controle (C1), F2 e F3 apresentaram resultados satisfatórios para coliformes totais, os valores variaram de <3,0 NMP/g a 3,6 NMP/g, todas as amostras apresentaram resultados negativos para análise de coliformes termotolerantes. Para bactérias mesófilas aeróbicas o grupo F2 apresentou redução de quase 3,00 log₁₀ UFC/g no sexto dia de análise quando comparado com o grupo controle. Nas análises de bolores e leveduras não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos e o grupo controle. Na contagem de *Staphylococcus* spp. o grupo F3 apresentou os melhores resultados no sexto dia de análise, conseguindo inibir o crescimento de tal micro-organismo. Estes resultados mostram que as coberturas foram eficientes no controle do desenvolvimento de bactérias deteriorantes e patogênicas em queijo coalho.

Palavras-chave: Tecnologia de Alimentos, Revestimento, Leite e derivados.

INTRODUÇÃO

Os queijos são produtos lácticos obtidos mediante a aplicação de tecnologias ao leite, são alimentos que possuem boa aceitação pelos consumidores, principalmente devido suas características organolépticas. Através de diferentes tecnologias aplicadas a sua produção, pode-se obter uma grande variedade de queijos (MOTTIN et al., 2016; PEREIRA et al.,

¹ Doutor pelo Curso de Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, karolinesoares@ufersa.edu.br;

² Graduado pelo Curso de Biotecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-árido- UFERSA, joelucasrabelo@gmail.com;

³ Mestre pelo Curso de Ambiente Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA, bcamila.ffreire@gmail.com;

⁴ Mestrando do Curso de Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-árido- UFERSA, flavioestefferson@hotmail.com.

2018). Dentre estes, destaca-se o queijo coalho, um produto típico da região Nordeste do Brasil, que é comumente produzido de maneira artesanal utilizando como matéria-prima leite rico em bactérias lácticas, que auxiliam na construção das características organolépticas deste alimento, como odor, sabor e textura (SANTOS et al., 2019).

O queijo coalho apresenta umidade que pode variar de média a alta, podendo ser de massa cozida ou semi-cozida (BRASIL, 2001). Por ser comumente produzido de forma artesanal muitos manipuladores não seguem as boas práticas de manipulação e em muitos casos é comum a produção de queijo com leite cru, ou seja, sem tratamento térmico adequado, isso atrelado a falta de higienização no momento da ordenha e armazenamento aumentam os riscos de contaminação do queijo por micro-organismos patogênicos, tornando o alimento um veículo de DTAs (Doenças Transmitidas por Alimentos) e também, aumentando as chances de contaminação por micro-organismos deteriorantes, causando uma diminuição da qualidade do queijo e tornando-o impróprio para o consumo (SANTANA et al., 2008; SILVA, 2017).

Tais micro-organismos são caracterizados como indesejados, visto que, causam prejuízos ao queijo, sejam pela transmissão de doenças ou pela deterioração do alimento. Estes micro-organismos são comumente utilizados para avaliar a qualidade de alimentos assim como se os manipuladores utilizam a adoção de boas práticas de manipulação. É o caso dos coliformes totais e termotolerantes, bactérias aeróbias mesófilas, bolores e leveduras, e *Staphylococcus aureus* (MAGALHÃES, 2016), que representam importantes grupos de importância de alimentos.

Os coliformes totais e termotolerantes devem ser analisados em queijos quando se necessita verificar a qualidade desse alimento, é descrito como parâmetro microbiológico em queijo no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (BRASIL, 1996) já que suas altas contagem indicam a ausência de condições higiênico sanitária satisfatórias no processamento de queijos (MOTTIN, 2016). Sua importância se dá pelo fato do seu metabolismo fermentativo leva a formação de gás, e quando em grandes quantidades leva o estufamento precoce causando a formação de furos no queijo, podendo ainda causar intoxicações alimentares (FORSYTHE, 2013; MAGALHÃES, 2016).

As bactérias aeróbias mesófilas, são micro-organismos que apresentam temperatura de crescimento variando de 20 – 40°C. Sua presença em alimentos é um indicativo de déficit nas práticas higiênico sanitárias durante as etapas de processamento, transporte, armazenamento e até mesmo comercialização do alimento. Para realizar seu metabolismo utilizam os açúcares e proteínas dos alimentos como fonte de energia, o que as

caracterizam como bactérias deteriorantes. Esse processo causa deterioração no queijo alterando características perceptíveis pelos órgãos do sentido humano como odor, aparência e sabor, tornando o alimento impróprio para o consumo (MAIESKI, 2011).

Bolores e leveduras fazem parte do reino fungi (MADIGAN, 2016). São micro-organismos deteriorantes nos alimentos, sendo que diversas espécies já foram identificadas em queijo como *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. Uma característica desse grupo, é que conseguem se desenvolver em alimentos ácidos e com pouca atividade de água, tornando-os não tão exigentes como as bactérias. Como resultado de seu metabolismo secundário os fungos produzem toxinas, ou como são comumente chamadas, micotoxinas. Tais moléculas variam em estrutura e peso molecular, variando de 50 Da a >500 Da, são produzidas após os fungos atingirem período de maturidade. As micotoxinas não apresentam nenhuma função aparente no metabolismo dos fungos, porém, quando ingeridas por humanos ou animais podem causar danos ao organismo, induzindo efeitos carcinogênicos, hepatotóxicos e até mutagênicos (FORSYTHE, 2013; FREIRE et al, 2007).

Staphylococcus aureus é uma bactéria patogênica responsável pela produção de fatores de patogenicidade como fosfatases, coagulases e estafiloquinases. É caracterizada como uma cepa enterotoxigênica devido à capacidade de produzir enterotoxinas responsável por muitos surtos infecciosos, tais moléculas possuem baixo peso molecular e sua ingestão mesmo em pequenas doses, pode acarretar sintomas de intoxicação. (FORSYTHE, 2013). Representam um grupo importante na análise de qualidade de alimentos pois seus principais reservatórios são as vias nasais, cabelo, pele e garganta, de humanos o que torna os manipuladores e utensílios de manipulação os maiores causadores de contaminação por *Staphylococcus* em alimentos, o que aumenta a importância da adoção de boas práticas de manipulação (JAY, 2005).

Vendo então a necessidade de metodologias alternativas que auxiliem no controle da qualidade de alimentos os revestimentos biodegradáveis surgem como uma alternativa aos revestimentos plásticos derivados do petróleo. Tais revestimentos utilizam como matéria-prima polímeros naturais como polissacarídeos obtidos de fontes renováveis que permitem a formação de uma atmosfera modificada que mantém a qualidade do alimento por diminuir processos deteriorantes como os oxidativos, pelo impedimento do contato do alimento com o oxigênio externo, possibilitando também diminuição na taxa de crescimento de micro-organismos deteriorantes, proporcionando um aumento na vida de prateleira do alimento sem

alterar suas características intrínsecas e assim sua aceitabilidade pelo consumidor (SOUZA, 2017; FAI et al., 2008; PEREIRA et al, 2018).

A crescente busca pela conservação de alimentos levou ao crescimento da utilização de plásticos oriundos do processamento do petróleo como principal agente na produção de embalagens, mas devido aos impactos ambientais ocasionados pelo grande tempo demandado para decomposição desses plásticos torna-se necessário a adoção de alternativas mais sustentáveis. O uso de polímeros naturais e não sintéticos é uma ótima alternativa aos derivados do petróleo, sua utilização diminuiriam os impactos causados ao meio ambiente por se caracterizarem como material biodegradável e ainda diminuiriam os custos de produção por advirem de fontes renováveis (SILVA, 2016).

Como biopolímero, passível de utilização para a produção de coberturas comestíveis, a fécula de mandioca destaca-se por ser amplamente disponível e pelo seu baixo custo, assim como, por gerar uma menor quantidade de impurezas durante os processos de extração quando comparados a outros amidos (FARKHOURI et al., 2007; PEIXOTO; RESCH, 2018). Caracteriza-se como um pó branco, inodoro e insípido, sua obtenção se dá por processos tecnológicos aplicados nos tubérculos de mandioca para a extração da fécula (ALCÂNTARA & MENDES, 2018). O Brasil produz em larga escala a fécula de mandioca, segundo o CEPEA/USP em 2018 foram produzidas 536,6 mil toneladas de fécula de mandioca no Brasil, demonstrando assim a facilidade de obtenção da mesma como matéria prima.

A fécula de mandioca apresenta-se na forma de grânulos semi-cristalinos formado por duas moléculas de resíduos de glicose, sendo eles a amilose e a amilopectina (FRAZIER, 2015). A diferenciação entre os resíduos glicosídicos que formam a fécula de mandioca se dá basicamente na linearidade e tipo de ligação entre as moléculas, onde a amilose apresenta uma cadeia linear formada por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$ entre unidades de D-glicose, já a amilopectina além da cadeia linear formadas por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$ entre unidades de D-glicose apresenta ainda em sua estrutura ramificações nas posições $\alpha(1\rightarrow6)$. Vale ressaltar que as proporções de tais açúcares na constituição da fécula podem variar, e dependendo de tal variação podem ocorrer modificações na estrutura final do grânulo assim como em suas propriedades podendo alterar suas aplicações industriais (SHIMAZU et al; 2007, FREIRE, 2019).

Um grande problema em relação à produção de revestimentos que utilizam amidos como matéria prima é baixa qualidade de fatores mecânicos apresentados pelo revestimento. Para solucionar tais defeitos torna-se necessário a adição de um agente plastificante na

solução. Agentes plastificantes nada mais são que compostos que quando adicionados nas formulações dos revestimentos melhoram consideravelmente características como resistência, elasticidade e flexibilidade do filme, auxiliando no desenvolvimento de uma barreira a permeabilidade de vapores de água. O sorbitol é um plastificante bastante aplicado na produção de filmes, ele é formado por pequenas moléculas que interagem com as ligações poliméricas da fécula de mandioca, agregando então as características mecânicas citadas (CRUZ, 2018; GOMES, 2015).

Diversos estudos mostram que a produção de revestimentos utilizando sorbitol como agente plastificante em formulações compostas por amido, apresentam características mecânicas superiores quando comparado ao uso de glicerol (FAKHOURI, 2015). Gomes 2015, ao avaliar o efeito do sorbitol e do glicerol nas características físicas, térmicas e mecânicas de hidrogel de amido de milho mostrou que o sorbitol em certas concentrações promove uma maior quantidade de ligações, permitindo a formação de redes mais complexas. Segundo resultados do autor o sorbitol é o plastificante que possibilita maior e melhor interação da água com as moléculas poliméricas, resultando assim em formulações com maior resistência quando comparadas ao glicerol.

METODOLOGIA

Os queijos utilizados no estudo foram produzidos com leite pasteurizado obtidos sob condições ideais de armazenamento e refrigeração adquirido de comercio varejista local, após a aquisição o leite foi transportado imediatamente ao Laboratório de Biotecnologia de Alimentos (CCA/UFERSA) onde foi processado em queijo seguindo metodologia descrita por Nassu (2006) com adaptações, onde foram retiradas as etapas de adição de fermento láctico e de maturação do queijo. As etapas resumidas do processamento foram de aquecimento do leite pasteurizado a 35°C, adição de cloreto de cálcio (CaCl_2), adição do coalho, coagulação, corte e mexedura da coalhada, cozimento da massa, salga, enformagem, prensagem e viragem.

Após a obtenção dos queijos foram produzidos as coberturas comestíveis a base do biopolímero de fécula de mandioca seguindo metodologia descrita por Oliveira et al, (2018). Foram feitas soluções nas concentrações de 2% e 3% de fécula de mandioca utilizando como agente plastificante o sorbitol a uma concentração de 20% do extrato seco de fécula e completado com água destilada estéril até obtenção do volume final de 100ml. Com a finalização das coberturas o queijo, previamente produzido, foi cortado de maneira aséptica

em pedaços de aproximadamente 30g e divididos em grupos para a aplicação dos tratamentos, conforme tabela 1.

As coberturas foram aplicadas por método *dipping* conforme descrita em Freire (2019), onde as peças foram imergidas na solução filmogênica de mandioca três vezes com o auxílio de palitos de madeiras previamente esterilizados, fixadas em um suporte de isopor protegido com filme pvc para completa secagem em temperatura ambiente durante um período de até 4 horas . As peças do grupo controle foram submetidas à manipulação similar, porém, sem o revestimento por coberturas comestíveis.

Tabela 01: Identificação dos grupos estudados de acordo com a porcentagem de fécula de mandioca e sorbitol usadas na formulação das coberturas.

Controle (sem tratamento)	C1
Revestimento a 2% de fécula de mandioca e 20% do extrato seco de sorbitol	F2
Revestimento a 3% de fécula de mandioca e 20% do extrato seco de sorbitol	F3

Após secagem, as peças foram embaladas e armazenadas em refrigeração convencional a temperatura de $9 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de seis dias. Durante o armazenamento as amostras foram submetidas a análises microbiológicas nos dias 0, 3 e 6.

As análises microbiológicas foram realizadas em condições assépticas com material previamente esterilizado, foram avaliados bactérias aeróbias mesófilas, bolores e leveduras, coliformes totais e termotolerantes e *Staphylococcus* coagulase positiva. Todas as análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a Instrução Normativa N°62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para produtos de origem animal (BRASIL, 2003), seguindo metodologia descrita em Silva et al. (2007).

Para a realização das diluições, 25g das amostras de cada grupo foi pesada, e diluída com o auxílio de agitador em 225ml de solução salina peptonada 0,1% para a produção da diluição 10^{-1} , para a obtenção das diluições posteriores 1ml da diluição 10^{-1} foi pipetada para um tubo contendo 9ml de solução salina peptonada, obtendo-se assim a diluição 10^{-2} , este processo foi realizado até obtenção da diluição 10^{-6} . Foi realizada a semeadura de 1ml das diluições 10^{-5} e 10^{-6} em placas de Petri contendo de 15 a 20 ml de meio PCA (Plate Count

Agar) para contagem de bactérias aeróbias mesófilas, BDA (Batata-Dextrose-Ágar) para a contagem de bolores e leveduras e BP (Ágar de Baird-Parker) para contagem de *Staphylococcus* spp, as placas de PCA (Plate Count Agar) e BP (Ágar de Baird-Prker) foram encubadas em estufa bacteriológica a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas, as contendo BDA (Batata-Dextrose-Ágar) foram encubadas em B.O.D a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 5 dias.

Para a confirmação da presença de presença de *Staphylococcus aureus* procedeu-se teste de confirmação pela prova de coagulase, onde de 3 a 5 colônias características (pretas com halo transparente) foram coletadas com o auxílio de uma alça de platina e incubadas em caldo BHI em estufa bacteriológica a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas, em seguida foram pipetados 0,3ml do cultivo de BHI para tubos estéreis contendo 0,3ml de plasma de coelho e caldo BHI (Brain Heart Infusion), e verificado a formação de coágulos para posterior confirmação.

As análises de coliformes totais e termotolerantes deu-se pela técnica de número mais provável (NMP), onde 1ml das diluições 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} foram pipetadas em tubos contendo 5ml de caldo lauril sulfato de sódio em uma série de três tubos por diluição para prova presuntiva da presença de coliformes totais. Em seguida, os mesmos foram incubados em banho maria a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 a 48 horas, sendo a positividade de cada tubo indicada pela formação de gás nos tubos de Durhan. A prova confirmativa para coliformes totais foi realizada pela repicagem dos tubos positivos e cultivo em caldo verde brilhante. As amostras positivas foram repicadas para tubos contendo caldo EC para a confirmação de coliformes termotolerantes e incubadas a $45 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 a 48 horas, a confirmação se deu pela formação de gás no tubo de Durhan.

Os experimentos foram conduzidos a partir de delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos, sendo as amostras avaliadas em três repetições. Os resultados obtidos foram incluídos em planilha eletrônica, a partir da qual, elaboraram-se os gráficos. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk. Após se constatar que os dados eram paramétricos, foi aplicado o teste ANOVA associado ao pós-teste T de Tukey objetivando a comparação dos diferentes grupos de tratamento com o controle e entre si. Todos os dados foram analisados considerando o nível de significância igual a 5% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 aborda os valores encontrados nas análises de coliformes totais e termotolerantes assim como os resultados para o teste de *Staphylococcus* coagulase positiva para as amostra do grupo C1, F2 e F3.

Amostras	Coliformes 35°C	Coliformes 45°C	<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva
C1	3,6 NMP/ g	<3,0 NMP/ g	*
	<3,0 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*
	<3,0 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*
F2	3,6 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*
	<3,0 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*
	<3,0 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*
F3	<3,0 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*
	<3,0 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*
	3,6 NMP/g	<3,0 NMP/ g	*

C1= controle (sem revestimento), F2= cobertura com 2% de fécula, F3= cobertura com 3% de fécula. * não houve confirmação de coagulase.

Após as análises foram obtidos valores de coliformes a 35°C que variaram de <3,0 NMP/g a 3,6 NMP/g, em todos os grupos estudados os maiores valores encontrados foram de 3,6 NMP/g. Nas análises de coliformes a 45°C foi constatado ausência de tal micro-organismo pela não formação de gás nos tubos de Durham em todas as amostras avaliadas.

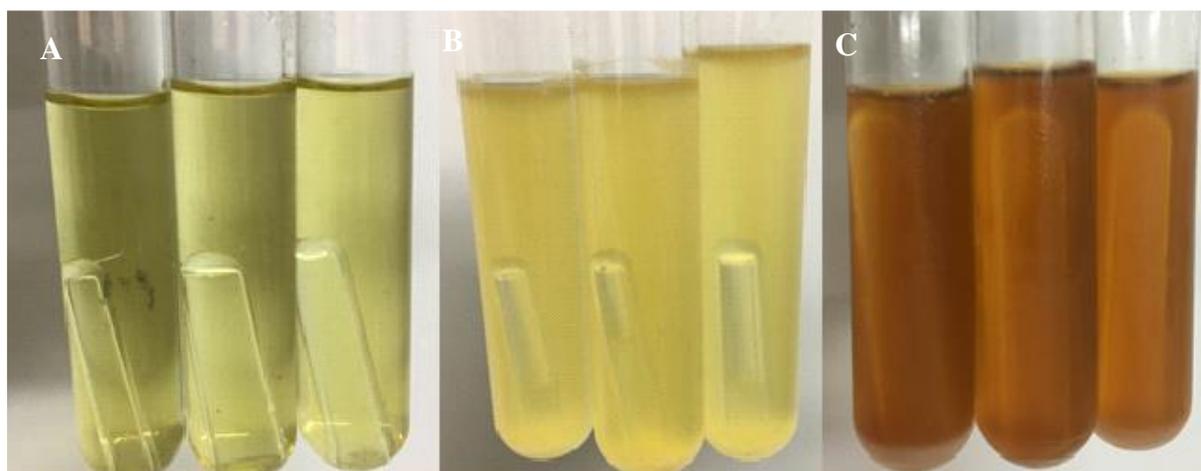


Imagem 1: Tubos de cultivo para análise pre-suntiva de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C de amostras de queijo de coalho revestidos com coberturas a base de fécula de mandioca, imagem 1(A) tubos de coliformes a 35°C negativos, 1(B) tubos de coliformes a 35°C positivos e 1(C) tubos de coliformes a 45°C negativos. .

Fonte: acervo pessoal.

Os valores de coliformes totais e termotolerantes encontrados nos grupos tratamento F2 e F3 não apresentaram diferença aos valores do grupo controle C1, tais resultados possivelmente se dão pela utilização de leite previamente pasteurizado no processo de produção do queijo. Os coliformes são micro-organismos facilmente inativados por tratamento térmico e devido a isso, a aplicação da pasteurização prévia ao leite pode então ter sido responsável pela redução de tais micro-organismos (FORSYTHE, 2013). Vale ressaltar que foi utilizado leite pasteurizado como matéria para a produção dos queijos avaliados neste estudo.

Freitas (2015) afirma que o crescimento de coliformes em queijos é um indicativo da qualidade do leite utilizado em sua produção, visto que, a contaminação por tal micro-organismo pode ocorrer em diversas etapas, desde a obtenção da matéria prima até em etapas de processamento de queijo. A contaminação de queijos por coliformes deve ser evitada devido aos processos deteriorativos que os mesmos podem causar no alimento que o tornam impróprio para o consumo. Sendo assim é de suma importância a adoção de boas práticas de fabricação (BPF) afim de evitar a contaminação por tais micro-organismos. Os queijos do presente experimento foram produzidos de acordo com as BPF, além da utilização do leite tratado termicamente. As bancadas e utensílios foram higienizados antes do processamento e os manipuladores paramentados adequadamente, com luvas, bata, gorro e mascara. Tais cuidados são fundamentais para minimizar a contaminação microbiana, o que pode ser verificado a partir da ausência de coliformes totais e termotolerantes.

Valores semelhantes aos encontrados nos grupos analisados foi encontrado por Santos (2019) ao avaliar o uso de revestimento comestível a base de fécula de mandioca e óleo essencial na conservação de queijo minas frescal, tanto para coliformes a 35°C quanto para coliformes a 45°C (< 3 NMP/g), segundo o autor esses valores são reflexo de processamento com condições higiênico-sanitárias satisfatórias, visto que, o grupo de coliformes termotolerantes são micro-organismos indicadores de contaminação fecal em alimentos.

É bastante comum a contaminação de queijos por tais micro-organismos, Sousa et al: (2014) avaliado parâmetros microbiológicos de queijo coalho comercializados em estados da região Nordeste verificou que 31% das amostras analisadas apresentaram valores em desacordo para coliformes com os preconizados pela legislação virgente, Araujo (2017) encontrou valores de > 1100 NMP/g tanto para coliformes totais quanto para termotolerantes em 100% das amostras ao avaliar queijos do tipo coalho no agreste paraibano, o autor

reafirma que tais valores devem-se, possivelmente, a acontaminações ocorridas durante os processos de produção, armazenamento ou transporte inadequado do queijo, assim como devido a utilização de utensílios e equipamentos que não passaram por processos de higienização antes do uso.

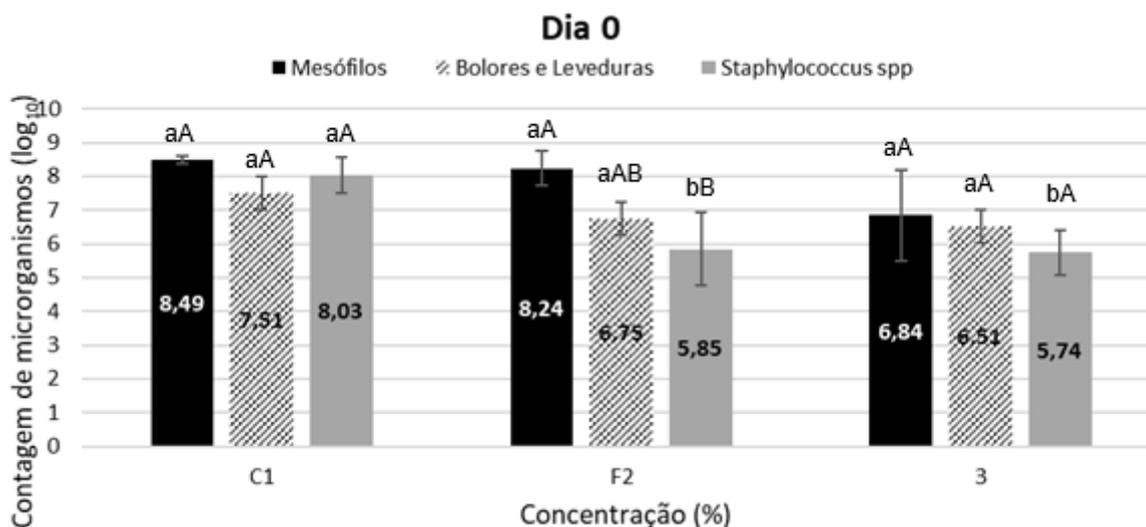


Figura 1: Média em log₁₀ das contagens de microrganismos no grupo controle (C1) e nos grupos revestidos com diferentes concentrações de fécula de mandioca (2% e 3%) no dia 0. Barras de erro representam o desvio padrão em cada tipo de microrganismo. Letras acima das barras representam diferenças estatísticas, onde maiúsculas indicam diferenças entre os tipos de microrganismos na mesma concentração e minúsculas indicam diferenças entre os mesmos microrganismos em diferentes concentrações.

Na figura 1 é possível observar as médias das contagens realizadas do dia 0 de análise (com 24 horas), dos grupos de micro-organismos estudados. No grupo C1 as médias variaram de 8,49 log₁₀ UFC/g, 7,51 log₁₀ UFC/g e 8,03 log₁₀ UFC/g para mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp respectivamente. No grupo F2 as médias foram de 8,24 log₁₀ UFC/g, 6,75 log₁₀ UFC/g e 5,85 log₁₀ UFC/g para os grupos de mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp respectivamente. No grupo F3 as médias das contagens variaram de 6,84 log₁₀ UFC/g, 6,51 log₁₀ UFC/g e 5,74 log₁₀ UFC/g para mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp respectivamente.

Ja no primeiro dia de análise pode-se observar diferença estatística significativa nas médias das contagens de *Staphylococcus* spp nos grupos F2 e F3 quando comparados ao grupo C1, mostradas pelas letras minusculas. Os grupos tratados apresentaram uma redução de mais de 2,00 log₁₀ UFC/g em relação ao grupo C1. O efeito antimicrobiano demonstrado nos resultados da figura 1 é possivelmente resultado da capacidade que o revestimento

biopolimérico de fécula de mandioca possui de formar uma atmosfera modificada ao recobrir o alimento. Autores como Santos (2019) avaliando o revestimento a base de fécula de mandioca em queijo minas frescal e Costa (2013) avaliando revestimentos a base de fécula de mandioca reforçados com nanocelulose atribuem esse efeito devido sua habilidade de formar uma barreira a umidade que diminui também a permeabilidade ao oxigênio, o que impede o contato do alimento com o oxigênio externo, dificultando assim o metabolismo de microorganismos.

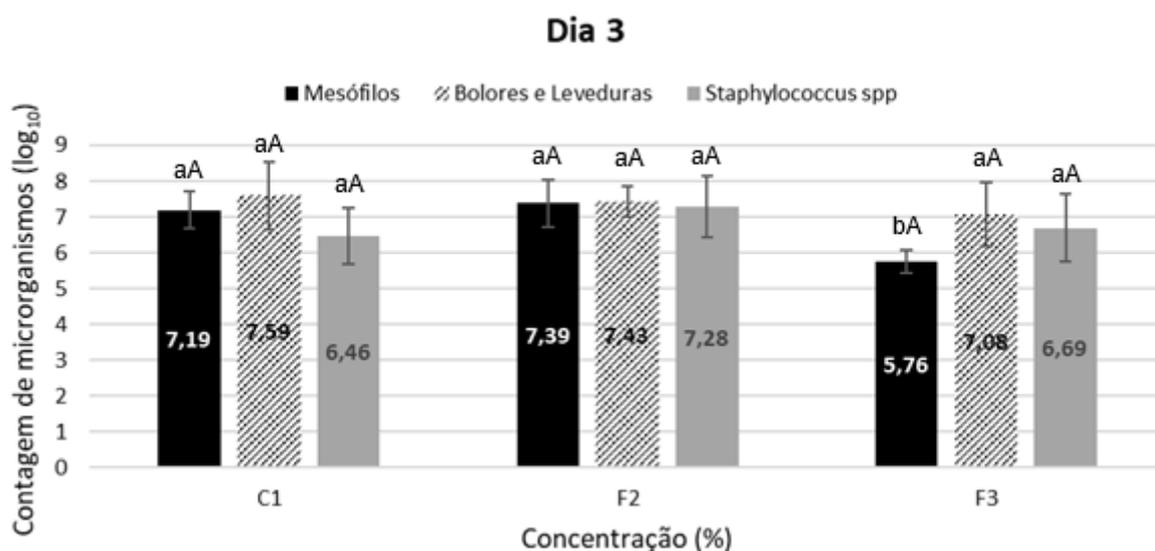


Figura 2: Média em log₁₀ das contagens de microrganismos no grupo controle (C1) e nos grupos revestidos com diferentes concentrações de fécula de mandioca (2% e 3%) no dia 3. Barras de erro representam o desvio padrão em cada tipo de microrganismo. Letras acima das barras representam diferenças estatísticas, onde maiúsculas indicam diferenças entre os tipos de microrganismos na mesma concentração e minúsculas indicam diferenças entre os mesmos microrganismos em diferentes concentrações.

A figura 2 apresenta um gráfico de colunas com as médias e desvios padrões das contagens de mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp dos grupos C1, F2 e F3 do segundo dia de análise (dia 3), os valores encontrados foram de respectivamente 7,19 log₁₀ UFC/g, 7,59 log₁₀ UFC/g e 6,46 log₁₀ UFC/g para mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp no grupo C1, 7,39 log₁₀ UFC/g, 7,43 log₁₀ UFC/g e 7,28 log₁₀ UFC/g de mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp para o grupo F2 e 5,76 log₁₀ UFC/g, 7,08 log₁₀ UFC/g e 6,69 log₁₀ UFC/g em mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp para o grupo F3.

No segundo dia de análise observa-se que apenas a contagem de mesófilos do grupo F3 apresentou valores estatisticamente diferentes quando comparado ao grupo C1. Devido aos mesófilos avaliados neste trabalho possuírem metabolismo aeróbico (ICMSF, 1984) a barreira

ao oxigênio formada pelo revestimento com 3% de fécula de mandioca diminuiu o contato do alimento com o oxigênio externo, o que possivelmente causou uma redução no metabolismo de tal micro-organismo diminuindo assim suas contagens em mais de 1,00 log₁₀ UFC/g quando comparado ao grupo C1.

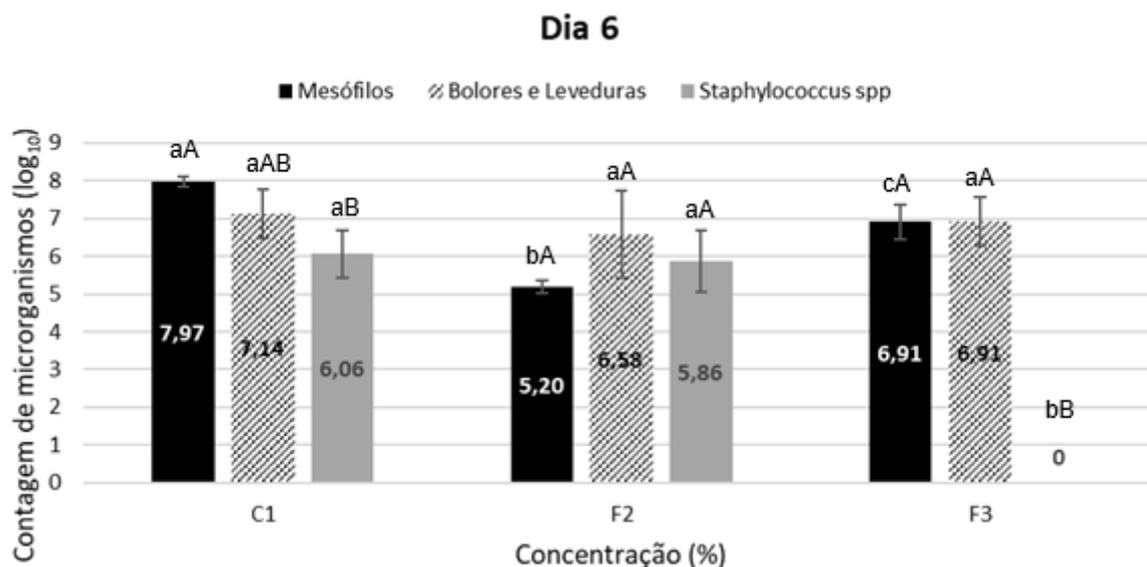


Figura 3: Média em log₁₀ das contagens de microrganismos no grupo controle (C1) e nos grupos revestidos com diferentes concentrações de fécula de mandioca (2% e 3%) no dia 6. Barras de erro representam o desvio padrão em cada tipo de microrganismo. Letras acima das barras representam diferenças estatísticas, onde maiúsculas indicam diferenças entre os tipos de microrganismos na mesma concentração e minúsculas indicam diferenças entre os mesmos microrganismos em diferentes concentrações.

No terceiro dia de análise (dia 6) os valores médios das contagem de mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp do grupo C1 foram de respectivamente 7,97 log₁₀ UFC/g, 7,14 log₁₀ UFC/g e 6,06 log₁₀UFC/g, já para o grupo F2 as contagens foram de 5,20 log₁₀ UFC/g, 6,58 log₁₀ UFC/g e 5,86 log₁₀ UFC/g para mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp respectivamente, para o grupo F3 os valores foram de 6,91 log₁₀ UFC/g, 6,91 log₁₀ UFC/g e 0,00 log₁₀ UFC/g para mesófilos, bolores e leveduras e *Staphylococcus* spp respectivamente.

As letras sobre as médias do dia 6 demonstram que houve redução significativa no grupo de micro-organismos mesófilos do F2 e F3 quando comparadas ao C1, com reduções de quase 3,00 log₁₀ UFC/g para o grupo F2 e mais de 1,00 log₁₀ UFC/g para o grupo F3. Quando comparadas as médias de *Staphylococcus* spp observa-se diferença apenas no grupo F3, onde o revestimento inibiu o crescimento de tal bactéria. Tais reduções do dia 6 são

possivelmente explicadas pelas discussões anteriores, onde a capacidade do revestimento de impedir o contato do alimento com o ambiente externo pela formação de uma atmosfera modificada e pela formação da barreira ao oxigênio, dificultou o metabolismo destes micro-organismos, afetando assim em seu crescimento no alimento.

Segundo Silva (2007) o gênero *Staphylococcus* é formado por bactérias anaeróbias facultativas porém se desenvolve melhor em condições aeróbias, devido a isto, tal barreira formada pelas coberturas poliméricas pode ter auxiliado na inibição de estafilococos. Vale ressaltar que todas as colônias avaliadas de todos os grupos que obtiveram crescimento foram negativo para o teste da coagulase (observar tabela 1), confirmando assim que tal bactéria não é *Staphylococcus aureus*.

Essas bactérias são de grande importância alimentar visto que, estão relacionadas a diversos surtos de intoxicações alimentares devido a produção de toxinas (MAGALHÃES, 2016). O gênero *Staphylococcus aureus* esta presente na microbiota da pele e mucosas de mamíferos e aves, o que torna os manipuladores de alimentos os principais veículos de contaminação, essas bactérias produzem toxinas resistentes a temperatura assim como a enzimas gástricas presente no trato gastrointestinal de humanos, podendo permanecer no alimento mesmo após processamentos, causando possíveis surtos de intoxicação (SOUSA et al; 2018).

Na análise de bolores e leveduras não foi observado diferença significativa entre as contagens dos grupos F2 e F3 quando comparadas ao grupo C1. Molina et al. (2018) afirma que os fungos são micro-organismos menos exigentes que as bactérias por conseguirem se desenvolver em ambientes menos favoráveis como em alimentos com baixa atividade de água e pH baixo, essas características os tornam mais propensos ao desenvolvimento em ambientes menos favoráveis, então, possivelmente tal característica permitiu o desenvolvimento desses micro-organismos mesmo com a atmosfera modificada criada pelo revestimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca a 2% e 3% demonstraram capacidade de diminuir o crescimento de bactérias patogênicas e deteriorantes em queijos coalho. Assim para proporcionar maior embasamento sobre os mecanismos de atuação destes revestimentos novas pesquisas sobre coberturas comestíveis biopoliméricas devem ser estimuladas.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E, M, D. MENDES, J, U, L. Desenvolvimento de um biopolímero de fécula de mandioca para isolamento térmico. HOLOS, Ano 34, Vol. 07. 2018.
- ARAÚJO, R, M, S. Pesquisa de coliformes totais e coliformes termotolerantes em queijos tipo coalho produzidos com leite cru na região do Agreste Paraibano. Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2017.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, Brasília –DF, 18 de setembro de 2003.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Secretaria de defesa Agropecuária Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, mar. 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa Nº 30, de 26 de junho de 2001. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Manteiga da Terra ou Manteiga de Garrafa; Queijo de Coalho e Queijo de Manteiga. Diário Oficial da União, 16/07/2001, Seção 1, Página 1. Brasília: 2001.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/ USP. Produção e consumo de fécula de mandioca no Brasil. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniaocpepea/producao-e-consumo-de-fecula-de-mandioca-no-brasil.aspx>. Acesso em: 04 out. 2019.
- COSTA, S. R. Filmes de fécula de mandioca e glicerol, reforçados com nanocelulose e ativados com Própolis vermelha. 2013. 125 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos)– Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- CRUZ, W, F. Aplicação e avaliação de biopolímeros de amido e gelatina como revestimento em materiais de embalagens. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos. Campinas, 2018.
- FAI, A, E, C. STAMFORD, T, C, M. STAMFORD, T, L, M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. Revista Iberoamericana de Polímeros, v. 9, n. 3, p. 435-451, 2008.

FARKHOURI, F, M. FONTES, L, C, B. GONSALVES, P, V, M. MILANEZ, C, R. STEEL, C, J. COLLARES-QUEIROZ, F, P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(2): 369-375, abr.-jun. 2007.

FAKHOURI, F, M. MARTELLI, S, M. CAON, T. VELASCO, J, I. MEI, L, H, I. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. Postharvest Biology and Technology .V.109, p. 57-64. 2015.

FORSYTHE, STEPHEN J. Microbiologia da segurança dos alimentos. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

FRAZIER, R. A. Química de alimentos. In: CAMPBELL-PLATT, G. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Barueri, SP: Manole, 2015.

FREIRE, B, C, F. Aplicação de coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca, cera de abelha e extrato de romã na conservação de queijo tipo coalho. Dissertação apresentada ao Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Mossoró. 2019.

FREIRE, F, C, O. VIEIRA, I, G, P. GUEDES, M, I, F. MENDES, F, N, P. Micotoxinas: Importância na Alimentação e na Saúde Humana e Animal. Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 110. 48.p 2007.

FREITAS, M.P. Avaliação microbiológica de queijos artesanais produzidos na cidade de Taió, Santa Catarina. Saúde & Meio Ambiente, Santa Catarina, v. 4, n. 2, p. 103-114, 2015.

GOMES, A, F. FERREIRA, M, C, M. GOZZO, A, M. Avaliação do efeito do sorbitol e do glicerol nas características físicas, térmicas e mecânicas de hidrogel de amido de milho reticulado com glutaraldeído. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Unicamp. Campinas. São Paulo, 2015.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. Microorganismos de los alimentos: técnicas de análisis microbiológico. Zaragoza: Acribia,. 431p. 1984.

JAY, J, M. Microbiologia de Alimentos. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

MADIGAN, M, T. MARTINKO, J, M. BENDER, K, S. BUCKLEY, D, H. STAHL, D, A. Microbiologia de Brock. 16 ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MAGALHÃES, S, I, A. Avaliação da qualidade microbiológica de queijo de produção local comercializado no Chimoio, Província de Manica. Monografia apresentada a Universidade Católica de Moçambique a Faculdade de Engenharia em Chimoio como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Alimentar. Chimoio, 2016.

MAIESKI, L, M. Os principais microrganismos patogênicos que afetam a qualidade do leite. Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito para a obtenção de título de Especialista Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem Animal da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2011.

MOLINA, B, P. PAULO, A, S. RUELA, C, H. NOBRE J, A, S. CÓRDOBA, G, M, C. OLIVEIRA, R, C, F. Contaminação microbiológica em alimentos proteicos e energético para atletas. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva, São Paulo. v. 12. n. 73. p.565-573. Set./Out. 2018.

MOTTIN, V. D.; SILVA, L. L.; ROCHA, J. N.; TEIXEIRA NETO, M. R. Quantificação e correlações de parâmetros microbiológicos em queijos minas frescal no sudoeste da Bahia. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 19, n. 3, p.137-142, jul./set. 2016.

NASSU, R, T. MACEDO, B, A, LIMA, M, H, P. Queijo de coalho. Embrapa Informação Tecnológica. 2006.

OLIVEIRA, T, V. SASAKI, F, F, C. NEPOMUCENO, C, F. SILVA, S, O. Fécula de mandioca, como revestimento, para conservação do mamão. VII Simpósio do Papaya Brasileiro Produção e Sustentabilidade Hídrica. Vitória – ES. 2018.

PEIXOTO, T, S. RESCH, S. RESÍDUOS DE MANDIOCA: um estudo sobre a destinação da massa de mandioca pelas fecularias brasileiras. II Encontro Nacional de Gestão Desenvolvimento e Inovação (II EIGEDIN), 2018. Disponível em: https://www.seer.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/viewFile/7327/pdf_98. Acesso em: 20, out, 2019.

PEREIRA, R, B, M. FONTE, R, A, B. BARROS, D, M. MACHADO, E, C, L. OLIVEIRA, M, G. MOURA, D, F. Quitosana em queijo Minas frescal: ação antibacteriana sob cepa patogênica e nos atributos sensoriais. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 1, n. 2, p. 342-363, oct./dec. 2018.

SANTANA, R. F. et al. Qualidade microbiológica de queijo coalho comercializado em Aracaju, SE. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v.60, n. 6, p. 1517-1522, 2008.

SANTOS, D, S. CALAÇA, P, R, E. PORTO, A, L, F. SOUZA, P, R, E. CAVALCANTI, M, T, H. Caracterização parcial probiótica e molecular de bactérias ácido lácticas isoladas de queijo de coalho na cidade de Arcoverde – Pernambuco. Iniciação científica CESUMAR, v.21, n.1, p. 7-14. 2019.

SANTOS, E, V. CESAR, E, L. VIRGINIO, G, V. NETO, J, F. SANTOS, C, C, L. SOUSA, P, E. Influência do revestimento comestível à base de fécula de mandioca e óleo essencial na conservação de queijo minas frescal. Revista Princípios, N° 45, p. 76-89. João Pessoa, 2019.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. Semina: Ciências Agrárias, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.

SILVA, A, M. Filmes biodegradáveis de amido contendo compostos ativos encapsulados e nanopartículas: uma revisão. Monografia apresentada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do grau em bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Porto Alegre, 2016.

SILVA, F, R. SANTANA, C, M. MELO, W, F. TALABERA, G, G. SARMENTO, W, E. SOBRINHO, W, S. SÁ, J, A. MACHADO, A, V. Conservação e controle de qualidade de queijos: Revisão. PUBVET v.11, n.4, p.333-341, Abr. 2017.

SILVA, N.et al. Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007.

SOUSA, A, Z, B. ABRANTES, M, R. SAKAMOTO, S, M. SILVA, J, B, A. LIMA, P, O. LIMA, R, N. ROCHA, M, O, C. PASSOS, Y, D, B. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.81, n.1, p. 30-35, 2014.

SOUSA, T, M, G.; GOMES, L, M, D.; CARVALHO, J, T, F.; BARBOSA, F, R.; PEREIRA, D. E. Gênero *Staphylococcus* spp. Presença e transmissão via manipuladores de alimentos. International Journal of Nutrology. v. 11, S 01. 2018

SOUZA, N.B. Ação antimicrobiana de bacteriocina produzida por *Lactobacillus sakei*: uma análise de resistência e aplicação em queijo minas frescal. 93p.2017. TCC (Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2017.

EMBALAGENS ATIVAS NA CONSERVAÇÃO DE QUEIJO COALHO: UMA ABORDAGEM BIBLIOGRÁFICA

Renata Cristina Borges da Silva Macedo¹
Bárbara Camila Firmino Freire²
Leônia Régia Costa da Silva³
Karoline Mikaelle de Paiva Soares⁴

RESUMO: O queijo de coalho consiste em um produto com considerável relevância econômica e social à região nordeste do Brasil. No entanto, a falta de padronização das boas práticas de fabricação junto às particularidades do produto faz deste um alimento de extrema perecibilidade. Os principais métodos de conservação de queijo coalho estão associados à utilização de polímeros sintéticos não biodegradáveis, acarretando em sérios problemas ambientais. Com o intuito de aumentar a vida de prateleira do queijo coalho utilizando-se de embalagens ativas ecologicamente corretas, objetivou-se com o trabalho realizar um levantamento bibliográfico acerca dos principais fatores que influenciam nos parâmetros qualitativos do queijo de coalho, bem como uma revisão acerca de embalagens ativas utilizadas para a conservação deste produto. Foram realizadas pesquisas bibliográficas em bancos de dados *on-line* para o levantamento das principais variáveis que envolvem os aspectos da qualidade do queijo de coalho e da influência de micro-organismos no tempo de vida útil deste alimento. A utilização de coberturas comestíveis derivadas de polímeros naturais para a conservação de queijo coalho surge como uma alternativa viável e promissora na conservação deste produto frente à substituição parcial/total de plásticos sintéticos e conservantes químicos.

Palavras-chave: Conservação de alimentos, Polímeros naturais, Coberturas comestíveis, Produto lácteo.

INTRODUÇÃO

O queijo coalho é um alimento de origem animal amplamente comercializado no Brasil e que possui alto valor nutricional e biológico, rico em cálcio, vitaminas, fósforo, zinco, entre outros compostos, tendo expressivo impacto social e econômico nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Ceará (NASSU; MACEDO; LIMA, 2006; FREITAS FILHO et al., 2009). É um produto típico da região do nordeste do Brasil, aos quais

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN, rehmacedo@hotmail.com;

² Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN, bcamila.ffreire@gmail.com;

³ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN, leoniaregia@gmail.com;

⁴ Professora orientadora: Professora Adjunta do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN, karolinesoares@ufersa.edu.br.

as técnicas de produção estão associadas às tradições e caracterizadas de acordo com os que o produzem (SOUSA et al., 2014). Estima-se que aproximadamente 85% da produção de queijo de coalho se dê através do uso de matéria-prima sem que haja o cozimento, resultando em um produto que não atende às diretrizes higiênico-sanitárias em vigor, além de ser um alimento altamente manipulado durante todo o processamento, o que pode ocasionar em doenças para a população e conseqüentemente se tornar um problema de saúde pública (BARROS et al., 2019).

Existe uma crescente necessidade da diversificação de materiais utilizados para a elaboração de embalagens, uma vez que o desenvolvimento tecnológico pode proporcionar boas perspectivas ao consumidor quanto à saúde, disponibilidade do produto, segurança alimentar, bem como visibilidade para as questões relacionadas ao ambiente (BITENCOURT, 2013; CARISSIMI, 2017). Os principais métodos de conservação estão relacionados com o emprego de temperaturas refrigeradas e o uso de embalagens e conservantes oriundos de produtos químicos. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) entende-se por embalagem todo objeto que esteja em contato direto com o alimento, desde o à fabricação até a entrega final ao consumidor, com o intuito de armazená-lo, contê-lo de agentes externos e protegê-lo de possíveis contaminações, adulterações e alterações alimentares (BRASIL, 2001). Os filmes e coberturas comestíveis derivados de polímeros naturais tem se tornado cada vez mais presentes na comunidade científica, podendo destacar os polímeros polissacarídicos, sendo estes facilmente adquiridos e geralmente são provenientes de vegetais ou algas marinhas (MORETTO et al., 2008).

Diversas substâncias podem ser acrescentadas às embalagens com o intuito de maximizar propriedades específicas, dando enfoque assim para os sistemas de embalagens com ação antimicrobiana e antioxidante através da adição de compostos ativos naturais, pois auxiliam na inibição do crescimento microbiano, apresentando assim grande importância para a indústria alimentícia (FANG et al., 2017).

Tendo em vista a importância comercial do queijo de coalho e a necessidade do desenvolvimento de novas pesquisas que abranjam a substituição parcial/total de embalagens sintéticas no mercado da indústria alimentícia, objetivou-se com o trabalho realizar um levantamento bibliográfico acerca dos principais fatores que influenciam nos parâmetros qualitativos do queijo de coalho, bem como a influência de embalagens ativas e coberturas comestíveis na conservação deste produto.

METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas em bancos de dados *on-line* para o levantamento das principais variáveis que envolvem os aspectos da qualidade do queijo de coalho, da influência de micro-organismos no tempo de vida útil deste alimento, como também os principais fatores que envolvem a utilização de coberturas comestíveis na conservação do produto. Os sites utilizados para a realização das pesquisas foram Google Acadêmico, PubMed e *Directory of Open Access Journals* (DOAJ). As principais palavras-chave utilizadas para a realização das buscas acadêmicas acerca dos temas envolvidos no presente trabalho foram: Queijo coalho, Coberturas comestíveis, Conservação de alimentos e Polímeros naturais. A apresentação dos resultados seguiu a forma de revisão bibliográfica com os pontos mais relevantes do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deterioração dos alimentos representa um dos principais problemas enfrentados pela indústria alimentícia, ocasionando em perdas econômicas para os diversos setores envolvidas na cadeia produtiva e consumidora (MADIGAN et al., 2010). A maioria dos produtos alimentícios concedem condições apropriadas para o crescimento de micro-organismos e as fontes contaminantes podem ser das mais diversificadas (FRANCO; LANDGRAF, 2008), abrindo vertentes para a comunidade científica explorar novas propostas para o engrandecimento de tecnologias que auxiliem no processo de conservação alimentar. Os filmes e coberturas comestíveis tem se destacado na comunidade científica, uma vez que possuem propriedades que permitem a flexibilidade e utilização nos mais variados tipos de alimentos (PREEDY, 2016), abrindo vertentes para o desenvolvimento sustentável de embalagens ativas na conservação de queijo coalho, maximizando a vida útil e a conservação deste alimento

Habitualmente, os principais materiais utilizados para a confecção de embalagens são metais, papel, vidro e plástico, sendo este último o mais utilizado em consequência de suas propriedades estéticas e mecânicas, além de baixo custo (GÓMEZ; MICHEL JR, 2013). De acordo com a associação Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) no ano de 2011 cerca de 21,5% dos materiais plásticos produzidos no Brasil foram reciclados, o que representa aproximadamente 953 mil toneladas por ano (CEMPRE, 2019). Contudo, apesar de

haver uma redução da disponibilidade dos plásticos na natureza decorrentes dos processos de reciclagem, os polímeros sintéticos não são biodegradáveis, são hidrofóbicos, permanecendo assim por muitos anos no ambiente e conseqüentemente criando graves impactos na natureza (VARGAS et al., 2008).

Os impactos gerados no ambiente e a conscientização ecológica sobre o uso de materiais sintéticos para a elaboração de embalagens têm incentivado o desenvolvimento de produtos biodegradáveis, uma vez que os polímeros sintéticos são derivados de hidrocarbonetos capazes de perdurarem por longos anos na natureza, sendo que estes materiais não são biodegradáveis (ROCHA et al., 2014). Frente à perspectiva do uso de materiais ambientalmente mais aceitos e da conscientização dos consumidores acerca dos problemas ambientais gerados pelos plásticos, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de encontrar alternativas viáveis para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis para a conservação de alimentos.

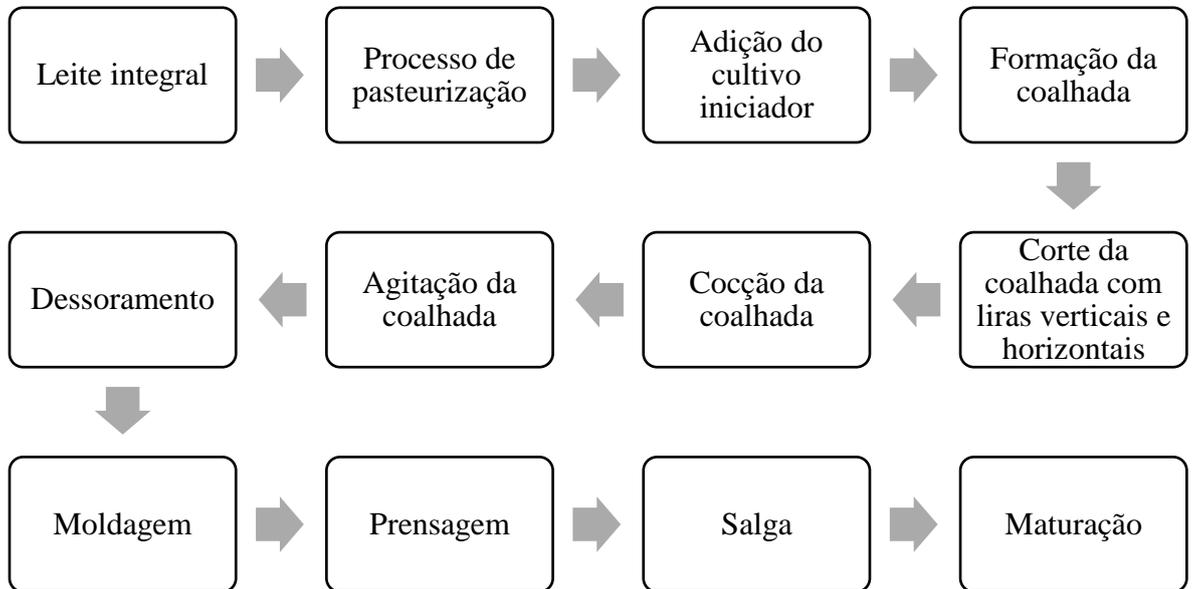
QUEIJO: CARACTERÍSTICAS GERAIS

O leite é um alimento de grande importância para o homem em virtude dos seus valores nutricionais, como fonte de lipídios, vitaminas, minerais e carboidratos (MULINARI; ROSOLEN; ADAMI, 2017). Dentre os principais produtos derivados do leite, pode-se citar o queijo, alimento este elaborado com as mais diversas formulações e suas características sensoriais vai depender diretamente com o tipo de preparo e as metodologias utilizadas (MEDEIROS JÚNIOR et al., 2019). Segundo Ordóñez et al. (2005) o queijo pode ser definido como uma coalhada resultante da coagulação do leite de alguns mamíferos e que, para tal, é necessária a adição de enzimas coagulantes ou coalho e/ou pela ação de micro-organismos produtores de ácido lático presentes no leite ou adicionados intencionalmente a este.

De acordo com Malajovich (2012) todos os tipos de queijo passam por três etapas principais: a coagulação do leite, dessoramento e o processo de maturação, aos quais as variações durante a cadeia produtiva pode resultar em mais de 400 tipos diferentes de queijo, onde estas variações podem estar associadas ao tipo de leite (cabra, ovelha, vaca ou búfala), a umidade e a consistência (mole, semiduro, duro e muito duro) e o agente de coagulação (emprego do calor, enzimas e/ou bactérias lácticas). Geralmente utiliza-se leite de vaca para a produção de queijos, aos quais podem ser elaborados os mais diversificados produtos (ORDÓNEZ et al., 2005; ABIQ, 2019).

A figura 1 esboça o processo geral da produção de queijos, segundo às especificações de Ordóñez et al. (2005):

Figura 1. Processo simplificado da elaboração de queijos.



Fonte: Ordóñez et al. (2005).

Após a escolha do leite de boa qualidade, poderá haver o processo de pasteurização, que constitui em um tratamento térmico com o intuito de destruir os micro-organismos patogênicos presentes no leite; dessa forma também, há a destruição de bactérias lácticas dispostas de modo natural na matéria-prima, sendo necessário adicionar bactérias lácticas para dar continuidade às etapas posteriores da produção do queijo. Essas bactérias utilizam-se do açúcar presente no leite (lactose) para suprir as necessidades metabólicas, fazendo com que haja a produção de ácido láctico e, em decorrência do acúmulo desse ácido, a caseína (proteína principal do leite) coagula no seu ponto isoelétrico, em pH aproximado de 4,6, resultando em um gel gorduroso (ORDÓNEZ et al., 2005; DE PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009). A formação da coalhada poderá ser obtida tanto pela acidificação do ácido láctico promovido pelas bactérias lácticas (coagulação láctica) quanto pela atividade do coalho (coagulação enzimática). O processo de corte da coalhada se dará em função do tipo de coagulação a ser utilizado, uma vez que a coagulação láctica promove queijos mais moles e a coagulação enzimática resulta em queijos mais duros. A posteriori, as etapas de cocção e agitação contribuem para o dessoramento, onde ocorre a separação do soro do leite da massa resultante, à qual seguirá para o processo de moldagem (de acordo com cada fabricante), prensagem (para drenar o soro retido e compactar a massa), a salga (maximizar o sabor e

impedir o crescimento de micro-organismos inconvenientes) e por fim, o processo de maturação, que vai depender diretamente das características físico-químicas inerentes de cada tipo de queijo (ORDÓNEZ et al., 2005).

QUEIJO COALHO

O queijo de coalho é um produto que pode ser obtido através da coagulação do leite com a utilização de enzimas e/ou coalho apropriados para este fim, com características de umidade entre média e alta, comercializado em cerca de 10 dias após o processo de fabricação (MEDEIROS JÚNIOR et al., 2019). Suas características principais estão associadas à resistência ao calor, sabor salgado e levemente ácido (SILVA et al., 2017). É um produto típico da região Nordeste do Brasil, constituindo notável fonte de renda para as famílias que o produzem de forma artesanal, sendo considerado um patrimônio imaterial brasileiro (QUEIROGA et al., 2013; FREITAS; TRAVASSOS; MACIEL, 2013; MEDEIROS JÚNIOR et al., 2019). Por ser um alimento que apresenta uma taxa de umidade classificado entre média e alta umidade, além de ter uma vida de prateleira relativamente curta, se faz necessário desenvolver aplicações práticas que proporcionem o aumento da vida útil do produto e que preservem as qualidades inerentes do queijo (BRASIL, 2001; PAGANI et al., 2012).

Araújo e Pimentel (2017) descreveram de forma sucinta como ocorre a elaboração de queijo coalho de maneira artesanal, podendo descrever como: Inicialmente, há a medição da quantidade ideal de leite para a produção do queijo, bem como a coagem da matéria-prima. Em seguida, será aferida a temperatura (em torno de 35°C), para que ocorra a adição do coalho segundo às especificações de cada fabricante. A massa ficará em descanso por cerca de 40-60 minutos, onde haverá o corte da coalhada, seguida de mexedura e pré-cozimento da massa. As etapas seguintes consistem no processo de salga (para incorporação do sabor), enformagem (de acordo com cada produtor) e prensagem do queijo.

Apesar de ser um alimento amplamente consumido em várias regiões do Brasil, em especial a região nordeste, por muitas vezes o leite utilizado para a fabricação do produto se dá através de condições higiênicas sanitárias insatisfatórias, onde esses fatores contribuem para a proliferação de micro-organismos, apresentando um risco em potencial para as chamadas doenças transmitidas por alimentos (SANTANA et al., 2008). Existem diversos problemas relacionados à qualidade do queijo, que podem estar associados ao alto nível de manipulação durante o processamento, a taxa de umidade elevado que pode favorecer o crescimento

microbiano, deficiência das boas práticas de fabricação, inviabilizando assim o consumo do produto que, por sua vez, estará contaminado (SILVA et al., 2017).

ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DOS ALIMENTOS

Os micro-organismos possuem grande importância nos alimentos, de forma a serem classificados de três maneiras distintas, segundo Franco e Landgraf (2008): a) micro-organismos deteriorantes, que utilizam o alimento como fonte de energia, resultando em alterações como odor, sabor, textura e demais características do alimento; b) micro-organismos patogênicos, causadores de doenças no homem como também nos animais; c) micro-organismos benéficos, que originam produtos decorrentes da atividade do micro-organismo sobre a matéria-prima utilizada.

A maioria dos alimentos possuem condições adequadas para o desenvolvimento da microbiota indesejada, e as fontes de contaminação são as mais diversas, podendo citar exemplos como a água, o trato intestinal do homem e dos animais, utensílios utilizados no preparo do alimento, bem como os manipuladores destes (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

A deterioração alimentar consiste em um dos principais problemas enfrentados pela indústria de alimentos, ocasionando em perdas econômicas para os setores de produção, distribuição e consumidor final, sendo que o potencial de deterioração do alimento vai depender diretamente do seu valor nutricional e da água disponível deste (MADIGAN et al., 2010). Na tabela 1 é possível observar os principais grupos microbianos deteriorantes de alimentos considerados perecíveis, de acordo com Madigan et al. (2010):

Tabela 1. Principais micro-organismos deteriorantes de alimentos perecíveis.

Tipo de alimento	Grupo microbiano	Alguns micro-organismos deteriorantes classificados por gênero
Frutas e legumes	Bactérias	<i>Erwinia, Pseudomonas, Corynebacterium</i>
	Fungos	<i>Aspergillus, Botrytis, Penicillium, Cladosporium, Alternaria, Rhizopus, entre outros</i>

Carnes frescas, frutos do mar e aves domésticas	Bactérias	<i>Acinobacter, Aeromonas, Pseudomonas, Micrococcus, Flavobacterium, Proteus, Salmonella, Escherichia, Campylobacter, Listeria</i>
	Fungos	<i>Cladosporium, Mucor, Sporotrichium, Candida, Torula, Penicillium</i>
Leite	Bactérias	<i>Streptococcus, Leuconostoc, Lactococcus, Lactobacillus, Pseudomonas, Proteus</i>

Fonte: Madigan et al. (2010).

Em geral, os micro-organismos deteriorantes são qualificados predominantemente de acordo com as alterações do alimento ao qual foi afetado (como cor, odor, sabor e textura). Contudo, alguns desses micro-organismos também são considerados patógenos (MADIGAN et al., 2010).

Os micro-organismos patogênicos são os principais responsáveis pela disseminação das Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA). De acordo com a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) os sintomas relacionados às DTA's dependerão diretamente do agente etiológico causador da doença, que podem gerar simples desconfortos intestinais à desidratação e insuficiência renal do indivíduo (BRASIL, 2010). No Brasil, estima-se que entre os anos de 2009 a 2018 houveram aproximadamente 6.800 surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (quando duas ou mais pessoas apresentam sintomas parecidos após da ingestão de água e/ou alimentos provenientes da mesma localidade), com 16.332 de pessoas hospitalizadas, cerca de 99 óbitos e, dentre os alimentos associados aos surtos alimentares, 7,8% foram relacionados ao consumo de leite e seus derivados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

MICRO-ORGANISMOS DETERIORANTES E PATOGÊNICOS EM QUEIJOS

Por ser um alimento de alto teor nutricional, pH com valores próximos à neutralidade e alta atividade de água, o leite possui condições satisfatórias para o crescimento de micro-organismos e qualidade dos produtos derivados deste estará diretamente associada aos aspectos microbiológicos do mesmo (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Sousa et al. (2014) avaliou 104 amostras de queijo de coalho comercializado em diversos estados do nordeste brasileiro, onde aproximadamente 96% estavam em desacordo com a ANVISA para *Staphylococcus* coagulase positiva (que preconiza valores limítrofes de até 10^3 UFC g^{-1}), bem como 31% apresentavam resultados desfavoráveis quanto à contagem de coliformes termotolerantes.

Dentre os micro-organismos do gênero *Staphylococcus*, a espécie *Staphylococcus aureus* é comumente a mais associada às doenças, uma vez que esta bactéria produz enteroxinas que, caso sejam ingeridas juntamente com o alimento contaminado, pode resultar em distúrbios gastrointestinais acompanhados de náuseas, diarreia e vômitos (FRANCO; LANDGRAF, 2008; MADIGAN et al., 2010).

As bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes são os principais indicadores de condições higiênico-sanitárias dos alimentos, sendo a *Escherichia coli* mais amplamente utilizada para detectar a contaminação fecal do produto, pois é um micro-organismo que compõe a microbiota intestinal tanto do homem como de animais de sangue quente (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Apesar de a maioria das linhagens de *E. coli* serem não patogênicas, existem algumas destas podem apresentar patogenicidade em alimentos decorrentes da produção de toxinas, resultando em gastroenterites e infecções, sendo um dos agentes etiológicos responsáveis por 23,4% dos surtos alimentares entre os anos de 2009 a 2018 (MADIGAN et al., 2010; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

Os coliformes possuem grande relevância na indústria queijeira, uma vez que conseguem fermentar a lactose presente no leite com posterior produção de CO_2 , resultando em pequenos furos, fenômeno determinado de inchamento precoce do queijo (ORDÓNEZ et al., 2005).

As bactérias aeróbias mesófilas também podem indicar a qualidade sanitária do alimento, partindo do pressuposto que, apesar de um determinado tipo de alimento não apresentar alterações característica de uma deterioração alimentar, a grande quantidade destes micro-organismos sugere condições de insalubridade (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Embora não haja valores determinantes da quantidade tolerável de bolores e leveduras em alimentos, esses micro-organismos apresentam um risco em potencial à saúde dos consumidores, uma vez muitos fungos são produtores de micotoxinas (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Neste sentido, vários métodos de conservação podem ser empregados aos diversos tipos de queijos, em especial ao queijo coalho, com o intuito de minimizar o desenvolvimento

de micro-organismos e evitar a deterioração precoce, bem como diminuir a possibilidade de disseminação de micro-organismos patogênicos.

EMBALAGENS ATIVAS: FILMES E COBERTURAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO DE QUEIJO COALHO

Diversos fatores podem influenciar na vida útil de um alimento e é neste contexto que a comunidade científica tem se baseado para o desenvolvimento de novas técnicas de conservação de alimentos com a utilização de substâncias naturais, aos quais confirmam propriedades bioativas e que mantenham as características inerentes do produto a ser conservado. Os métodos combinados de conservação do produto têm se tornado tema de diversas pesquisas científicas em prol do aumento da vida de prateleira do queijo e, não menos importante, métodos naturais de conservação que surgem como uma alternativa na substituição de conservantes sintéticos (DANNENBERG, 2017; PEREIRA et al., 2018; NASCIMENTO DA SILVA, 2018).

Todo e qualquer alimento necessita de barreiras que o contêm do ambiente externo a fim de conservar as características iniciais do produto. Com isso, o emprego de embalagens está presente em quase todos os tipos de alimentos, uma vez que, adicionadas de outros métodos de conservação (como por exemplo o emprego da refrigeração para dificultar o desenvolvimento microbiano) perpetuam a vida útil destes. Nesse sentido, as embalagens podem ser derivadas tanto de materiais sintéticos (como os plásticos) quanto de matérias-primas naturais, que por muitas vezes contribuem ativamente para a conservação do alimento, podendo citar as chamadas embalagens ativas (SILVA, 2018).

Embalagem ativa pode ser descrita como um objeto responsável por garantir a qualidade do produto que a recebe, além de manter e/ou melhorar as propriedades sensoriais, prolongando a vida útil do alimento e melhorando os aspectos de segurança que o envolvem (SOARES et al., 2002). Estes tipos de embalagens podem retardar ou até mesmo inibir o crescimento microbiano e das reações que ocorrem na superfície externa do alimento, sendo este o lugar onde comumente começa o processo de deterioração (DEVLIEGHERE; VERMEIREN; DEBEVERE, 2004). Os principais grupos de compostos bioativos utilizados como aditivos de embalagens com o intuito de potencializar os efeitos de conservação dos alimentos são substâncias antioxidantes, bactericidas, antimicrobianas, dentre outras (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

As substâncias antimicrobianas podem ser incrementadas tanto em filmes com em coberturas comestíveis, de forma que os filmes necessitam de preparo antes de ser aplicado ao alimento, enquanto que as coberturas são adicionadas diretamente na superfície do produto (QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998).

Alginato de sódio

O alginato é um polissacarídeo derivado de algas marrons e vem sendo amplamente empregado em diversos setores da indústria, tais como farmacêutica, biotecnológica e alimentícia, em função de suas propriedades de biodegradabilidade e ser um produto não tóxico, de modo que é comercializado habitualmente nas formas de sais de potássio, amônio ou sódio (VAZ, 2012). É uma matéria-prima amplamente utilizada no setor alimentício em consequência de suas propriedades estabilizantes, formação de filmes, fibras, agente de geilificação, encapsulação, entre outros (MÜLLER; SANTOS; BRIGUDO, 2011).

Estudos com alginato de sódio na conservação de queijo de coalho ainda são escassos. Para a presente revisão, foi realizada uma abordagem com outros tipos de alimentos altamente relevantes na indústria alimentícia.

Santos (2016) avaliou a influência da cobertura comestível de alginato adicionada de óleo de canela e óleo de noz moscada na conservação de maçã minimamente processada e obteve resultados satisfatórios quanto à redução da contagem de micro-organismos *Escherichia coli* e *Penicillium commune*, aos quais foram previamente inoculados às coberturas comestíveis.

Igarashi (2010) desenvolveu um filme comestível à base de alginato de sódio incorporado com óleo essencial de cravo para avaliar a influência deste na conservação de cortes de frango, onde foi possível observar que houve um controle da proliferação de *Listeria monocytogenes*, bactéria patogênica que pode desencadear diversas doenças ao homem, tais como meningite, aborto e listeriose (DUSSURGET; PIZARRO-CERDA; COSSART, 2004; IGARASHI, 2010).

Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo natural seguro, não tóxico e biodegradável. Diversos estudos comprovaram a sua eficácia na aplicação em alimentos e suas propriedades antimicrobianas. É obtida pela desacetilação da quitina, a qual é preparada a partir de cascas de crustáceos (MA et al., 2017). Além disso, é o segundo polímero natural mais abundante da natureza depois da celulose (KURITA, 2006), sendo este um material amplamente utilizado na indústria para diversos fins biotecnológicos e, dentre estas aplicabilidades, pode-se citar a ação antimicrobiana do polímero, fazendo com que haja um controle da carga microbiana do alimento ao qual o recebe.

Segundo Barros (2017) a quitosana possui ação antimicrobiana tanto contra micro-organismos Gram-negativos quanto Gram-positivos, onde as diferenças dos mecanismos de ação para cada grupo dependerão do peso molecular do polímero. Outro fator que pode possivelmente explicar a atividade antimicrobiana da quitosana está relacionada com a interação entre as propriedades físico-químicas do polímero com a membrana do micro-organismos, fazendo com que haja um desequilíbrio da parede celular e, como consequência, perda de material intracelular, resultando na inibição do desenvolvimento do micro-organismo (OLIVEIRA, 2015).

Em estudos realizados por Barros (2017) constatou-se que houve uma redução no desenvolvimento de *Staphylococcus aureus* em amostras de queijo de coalho revestidas com cobertura comestível de quitosana, o que corrobora com os dados citados anteriormente nesta revisão acerca das propriedades antimicrobianas do polímero. Além disso, pesquisa desenvolvida por Oliveira (2015) estudou o comportamento antimicrobiano da quitosana em queijo coalho frente à *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus* coagulase positivo e coliformes termotolerantes, onde a quitosana se mostrou promissora frente ao controle e desenvolvimento destes micro-organismos no produto.

Fécula de mandioca

A fécula é um subproduto oriundo da mandioca e que possui diversas aplicações na indústria, dando destaque à formulação de filmes e coberturas comestíveis para revestimento em alimentos. De acordo com Nunes et al. (2017) a fécula de mandioca possui diversas vantagens quanto à sua aplicabilidade, como boas propriedades mecânicas (o que faz com que o filme e o revestimento comestível possua uma vantajosa atividade frente à conservação de

alimentos), é um material transparente e que pode ser incorporada de diversas substâncias bioativas que auxiliem no controle de micro-organismos.

Freire (2019) estudou o comportamento de coberturas comestíveis à base de quitosana, fécula de mandioca e extrato de romã e pôde constatar que os filmes à base de fécula de mandioca apresentaram uma melhor resposta ao controle do desenvolvimento de micro-organismos em queijo do tipo coalho.

Tendo em vista as problemáticas ambientais envolvidas com o uso de plásticos sintéticos, a fécula de mandioca surge como uma alternativa promissora ao desenvolvimento de filmes e coberturas comestíveis tanto de queijo de coalho como de outros alimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O queijo de coalho possui um grande impacto social e econômico para a população brasileira. A utilização de embalagens ativas para a conservação de alimentos de origem animal, em especial o queijo de coalho, tem despertado o interesse da comunidade acadêmica para o desenvolvimento de novas tecnologias de conservação deste produto. A combinação de substâncias antioxidantes e antimicrobianas também podem auxiliar na contenção da carga microbiana, fazendo com que haja uma maior segurança da qualidade alimentar, tendo em vista também o interesse da população pela utilização de produtos naturais que sejam capazes de substituir substâncias sintéticas na conservação de alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQ. **Associação Brasileira das Indústrias de Queijo**. 2019. Disponível em: < https://www.abiq.com.br/queijos.asp?PaginaAtual=1&codigo_categoria=16&codigo_subcategoria=37 >. Acesso em: 12 de maio de 2019.

ARAÚJO, J. B. C; PIMENTEL, J. C. M. Produção de queijo coalho artesanal: passo a passo. **Embrapa**, 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1080129/producao-de-queijo-coalho-artesanal-passo-a-passo> >. Acesso em 13 mai. 2019.

BARROS, D. M. **Quitosana como cobertura e incorporada em queijo de coalho: influência na viabilidade de Staphylococcus aureus e no controle de qualidade**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017.

BARROS, D. M.; MACHADO, E. C. L.; MOURA, D. F.; FONTE, R. A. B.; FERREIRA, S. A. O.; BEZERRA, R. S. Aspectos do queijo de coalho com ênfase na importância das Boas Práticas de Fabricação no sistema de produção. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 67-93, 2019.

BITENCOURT C. M. **Desenvolvimento e aplicação de filmes à base de gelatina aditivados com extrato etanólico de cúrcuma (*Curcuma longa* L.)**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 91. **Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos**. Brasília, Distrito Federal, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 30, de 26/06/2001. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo de Coalho**. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção, p. 5, 26 de junho de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual integrado de vigilância, prevenção e controle de doenças transmitidas por alimentos**. 1. ed. Editora MS: Brasília, 2010.

CARISSIMI, M. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis a partir de amido de mandioca e microalga verde**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Plásticos**. Disponível em: < <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/4/plasticos> >. Acesso em 10 de maio de 2019.

DANNENBERG, G. S. **Óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi): atividade antimicrobiana e aplicação como componente ativo em filme para bioconservação de alimentos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Pelotas, 2017.

DEVLEIGHERE, F.; VERMEIREN, L.; DEBEVERE, J. New preservation technologies: Possibilities and limitations. **International Dairy Journal**, v. 14, n. 4, p.273-285, 2004.

DE PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Basic principles of cheese production: from historical to salting. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367-368, p. 19-25, 2009.

DUSSURGET, O.; PIZARRO-CERDA, J.; COSSART, P. Molecular determinants of *Listeria monocytogenes* virulence. **Annual Review of Microbiology**, v. 58, p. 587-610, 2004.

FANG, Z., ZHAO, Y., WARNER, R. D., JOHNSON, S. K. Active and intelligent packaging in meat industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 60-71, 2017.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

FREIRE, B. C. F. **Aplicação de coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca, cera de abelha e extrato de romã na conservação de queijo tipo coalho.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2019.

FREITAS FILHO, J. R.; SOUZA FILHO, J. S.; OLIVEIRA, H. B.; ANGELO, J. H. B.; BEZERRA, J. D. C. Avaliação da qualidade de queijo coalho artesanal fabricado em Jucati-PE. **EXTENSIO - Revista Eletrônica de Extensão**, Santa Catarina, v. 6, n. 8, p. 35-49, 2009.

FREITAS, W. C., TRAVASSOS, E. R. A.; MACIEL, J. F. Avaliação microbiológica e físico-químico de leite cru e queijo de coalho produzido no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindústria**, v. 15, n. 1, p. 35-42, 2013.

GÓMEZ, E. F.; MICHEL JR, F. C. Biodegradability of conventional and bio-based plastics and natural fiber composites during composting, anaerobic digestion and longterm soil incubation. **Polymer Degradation and Stability**, v. 98, n. 12, p. 2583–2591, 2013.

IGARASHI, M. C. **Desenvolvimento de filme comestível à base de alginato incorporado do agente antimicrobiano óleo essencial de cravo: aplicação em alimento.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, São Paulo, 2010.

KURITA, K. Chitin and chitosan: Functional biopolymers from marine crustaceans. **Marine Biotechnology**, v. 8, n. 3, p. 203–226, 2006.

MA, L.; ZHANG, M.; BHANDARI, B.; ZHONGXUE, G. Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 64, p. 23–38, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.005>.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK, D. P. **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia 2011**. Rio de Janeiro, Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

MEDEIROS JÚNIOR, F. C.; PEREIRA, I. C.; MIRANDA JUNIOR, R. N. C.; OLIVEIRA, R. E. S. Consumer profile of Coalho Cheese in the State of Paraíba. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 5, p. 1-17, 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis. **Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil Informe 2018**. Disponível em: < <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/fevereiro/15/Apresenta---o-Surtos-DTA---Fevereiro-2019.pdf> >. Acesso em 21 de maio de 2019.

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L. V; KUSKOSKI, E. M. **Introdução à ciência de alimentos**. 2nd ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2008.

MULINARI, E. L.; ROSOLEN, M. D.; ADAMI, F. S. Avaliação da qualidade microbiológica de leite pasteurizado produzido no rio grande do sul. **Caderno pedagógico**, v. 14, n. 1, p. 28-35, 2017.

MÜLLER, J. M.; SANTOS, R. L.; BRIGUDO, R. V. Produção de alginato por microrganismos. **Revista Polímeros**, v. 21, n. 4, p. 305-310, 2011.

NASCIMENTO DA SILVA, M. **Incorporação de curcumina e cristais de curcumina em revestimento comestível à base de hidroxipropilmetilcelulose (hpmc)**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Santa Catarina, 2018.

NASSU, R. T.; MACEDO, B. A.; LIMA, M. H. P. Queijo de Coalho. Coleção Agroindústria Familiar. **EMBRAPA**, Informação Tecnológica, v. 1, 2006.

NUNES, A. C.; NETO, A. F.; NASCIMENTO, I. K. S.; OLIVEIRA, F. J. V.; MESQUITA, R. V. C. Armazenamento de mamão 'formosa' revestido à base de fécula de mandioca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 254-263, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v40n1/v40n1a28.pdf>. Acesso em 27 out. 2019.

OLIVEIRA, P. G. **Bioatividade de quitosana como cobertura comestível em queijo de coalho na inibição de Listeria monocytogenes**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2015.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PAGANI, A. A. C.; SANTANA, M. M.; ALEXANDRE, A. P. S.; SILVA, E. A.; SILVA, G. F. Aplicação de biopelículas pigmentadas em queijo coalho. **Revista Geintec**, São Cristóvão, v. 3, n. 1, p. 41 -47, 2012.

PEREIRA, R. B. M.; FONTE, R. A. B.; BARROS, D. M.; MACHADO, E. C. L.; OLIVEIRA, M. G.; MOURA, D. F. Chitosan in cheese Mines frescal: antibacterial action under pathogenic strain and in sensory attributes. **Brazilian Journal of health Review**, v. 1, n. 2, p. 342-363, 2018.

PREEDY, V. R. **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**. Elsevier, 2016.

QUEIROGA, R. C. R. E., MELO-SANTO, B., PEREIRA-GOMES, A. M., MONTEIRO, M. J., TEIXEIRA, S. M., SOUZA, E. L.; ESTEVEZ-PINTADO, M. Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats', cows' milk and their mixture. **LWT - Food Science and Technology**, n. 50, p. 538-544, 2013.

QUEZADA-GALLO, J.A.; DEBEAUFORT, F; VOILLEY, A. Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packaging: a Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.38, n.4, p.299-313, 1998.

ROCHA, G. O.; FARIAS, M. G.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GALDEANO, M. C. Filmes Compostos Biodegradáveis a Base de Amido de Mandioca e Proteína de Soja. **Polímeros**, v. 24, n. 5, p. 587-595, 2014.

SANTANA, R. F.; SANTOS, D. M.; MARTINEZ, A. C. C.; LIMA, Á. S. Qualidade microbiológica de queijo-coalho comercializado em Aracaju, SE. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 6, p.1 517-1522, 2008.

SANTOS, A.M.P.; YOSHIDA, C.M.P. **Técnico em alimentos: Embalagens**. Recife: UFRPE, 2011.

SANTOS, S. M. **Filmes ativos comestíveis elaborados com óleos essenciais aplicados em maçãs minimamente processadas**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2016.

SILVA, F. R.; SANTANA, C. M.; MELO, W. F.; TALABERA, G. G.; SARMENTO, W. E.; SOBRINHO, W. S.; DE SÁ, J. A.; MACHADO, A. V. Conservação e controle de qualidade de queijos: Revisão. **PUBVET**, v. 11, n. 4, p. 333-341, 2017.

SILVA, N. M. **Adição de extrato de casca de jaboticaba e soro de leite no desenvolvimento de embalagem inteligente para queijo prato**. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Rio Verde, 2018.

SOARES, N. F. F.; RUTISHAUSER, D. M.; MELO, N.; CRUZ, R. S.; ANDRADE N. J. Inhibition of microbial growth in bread through active packaging. **Packaging Technology and Science**, v. 15, p. 129-132, 2002.

SOUSA, A. Z. B.; ABRANTES, M. R.; SAKAMOTO, S. M.; DA SILVA, J. B. A.; LIMA, P. O.; LIMA, R. N.; ROCHA, M. O. C.; PASSOS, Y. D. B. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.81, n.1, p. 30-35, 2014.

VARGAS, M. et al. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 6, p. 496–511, 2008.

VAZ, J. M. **Preparação e caracterização de biofilmes ativos à base de alginato de diferentes estruturas poliméricas reticulados com cálcio**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 2012.

MICROBIOLOGIA EM AVES E OVOS

Leônia Régia Costa da Silva¹
Flávio Estefferson de Oliveira Santana²
Renata Cristina Borges da Silva Macêdo³
Karoline Mikaelle de Paiva Soares⁴

RESUMO

Pesquisas têm evidenciado a função dos alimentos produzidos, processados e conservados fora de condições adequadas na transmissão de agentes patogênicos ao ser humano, onde o seu consumo pode trazer riscos à saúde dos mesmos. As toxinfecções alimentares que tem origem microbiana, vêm sendo identificadas como um transtorno a saúde pública atualmente no mundo, e um motivo considerável na diminuição da produtividade, perdas econômicas que afetam os países, empresas e consumidores finais. A carne e os derivados do frango são mundialmente alimentos cada vez mais consumidos, isso se dá em virtude do seu preço que se tornou altamente competitivo, ocasionado principalmente por baixos custos de produção. Devido a sua composição nutricional, à atividade de água elevada e ao pH próximo à neutralidade a carne de frango é um alimento muito vulnerável à deterioração microbiológicas, sendo os fatores que influenciam o desenvolvimento de micro-organismos oriundos da própria ave ou de fontes externas. O ovo é um alimento completo, com uma composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de alta qualidade que agrupam vários aminoácidos essenciais de elevado valor biológico. No entanto, representa um meio favorável para o desenvolvimento de microrganismos, tornando-se assim essencial conhecer a qualidade sanitária desse produto em toda a cadeia produtiva e da distribuição até o consumidor. Portanto é essencial que o controle de qualidade nas indústrias, seja cada vez mais eficiente nos produtos derivados de aves, para reduzir o risco potencial de transferência dos mesmos para humanos, visando a saúde do consumidor.

Palavras-chave: Qualidade sanitária, Segurança alimentar, Toxinfecções.

INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas atualmente têm evidenciado a função dos alimentos produzidos, processados e conservados fora de condições adequadas na transmissão de agentes patogênicos ao ser humano, onde o seu consumo pode trazer riscos à saúde dos mesmos. (LOBO et al., 2005). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), “a alimentação deve ser acessível em quantidade e qualidade nutricional adequada, além de ser livre de contaminações que possam levar ao desenvolvimento de doenças de origem alimentar”.

¹Mestranda do Programa de Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, leoniaregia@gmail.com;

²Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, flavioestefferson@hotmail.com;

³Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, rehmacedo@hotmail.com;

⁴ Professora orientadora: Professora Adujnta do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, karolinesoares@ufersa.edu.br

As toxiinfecções alimentares que tem origem microbiana, vêm sendo identificadas como um transtorno a saúde pública atualmente no mundo, e um motivo considerável na diminuição da produtividade, perdas econômicas que afetam os países, empresas e consumidores finais (NASCIMENTO, 2006).

A existência de agentes patógenos nos alimentos, além de favorecer a deterioração e/ou redução da vida útil desses produtos, possibilitando a disseminação dos mesmos causando potenciais riscos à saúde dos consumidores (PACHECO, 2014). Desta forma, a boa higiene dos alimentos é essencial para a garantia e a segurança de sua sanidade em todas as etapas de sua produção, diminuindo a apreensão para a saúde pública (CORTEZ, 2003).

A carne e os derivados do frango são mundialmente alimentos cada vez mais consumidos, isso se dá em virtude do seu preço que se tornou altamente competitivo, ocasionado principalmente por baixos custos de produção (SANTOS, 2009).

Uma maior intensificação na produção possibilitou ao Brasil se tornar um dos maiores produtores de frangos de corte do mundo, mesmo com todo desenvolvimento tecnológico atrelado a produção e as condições higiênicas-sanitárias nas criações doenças transmitidas por esses alimentos ainda ocorrem.

A incorporação de modernas tecnologias em nutrição, manejo, sanidade e genética resultaram na carne de frango como uma das mais importantes fontes de proteína animal para a população brasileira (PACHECO, 2014).

Ademais este alimento pode veicular microrganismos causadores de doenças que constituem um grande problema de saúde pública, sendo responsáveis por causar elevados custos econômicos e sociais (WELKER et al. 2010).

Segundo Gonçalves et al. (2002), uma das grandes preocupações no abate de aves é a obtenção da carne desses animais com a menor quantidade possível de contaminação, devendo permanecer em níveis baixos durante todo o processamento.

Os cuidados observados em alguns estabelecimentos e indústrias muitas vezes são negligenciados e ainda podem-se encontrar estabelecimentos comerciais que vendem carnes de frango em condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, fornecendo ao consumidor um produto inadequado (SOUZA et al, 2014).

A presença de microrganismos na carcaça de frango é estimada por análise microbiológica para investigar a presença ou ausência de microrganismos, podendo

quantificar, identificar e caracterizar as diferentes espécies microbianas presentes (SOUZA et al., 2014).

Os produtos derivados de aves (carnes e ovos) vêm demonstrando aumento na procura e consumo, entretanto são produtos que precisam de cuidados na conservação e manuseio para que se tenha a qualidade desejável. Sendo necessária a adoção das Boas Práticas de Fabricação para o correto tratamento e consumo seguro.

Diante do exposto, vê-se a importância da qualidade desses produtos para a sociedade brasileira. Portanto objetivou-se realizar um levantamento em trabalhos publicados sobre a microbiologia de aves e ovos, visando discutir e aprofundar os conhecimentos sobre esses produtos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada entre os meses de março e maio de 2019 e envolveu profissionais da área de zootecnia, medicina veterinária e biotecnologia. Foram consultados artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais entre os anos de 1992 à 2018 por meio da base de dados Scielo Brasil e Google Acadêmico. As palavras chaves empregadas nesta pesquisa foram “microbiologia de ovos”, “microbiologia de aves” “qualidade sanitária”, “toxiinfecções” e “segurança alimentar”. Os critérios de seleção do material seguiram os padrões de revistas científicas com corpo editorial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MICROBIOLOGIA DA CARNE DE FRANGO

A carne de frango é bastante utilizada na alimentação no Brasil e no mundo, sendo classificada como um alimento saudável, com teor de gorduras baixo, se for consumido sem pele. Apresenta rico teor de proteínas de boa qualidade e seu consumo é recomendado para todas as faixas etárias e também por pessoas que tenham riscos cardiovasculares, pois contém um baixo teor de colesterol (SILVA 2002; HEINEMANN 2003).

Em função das suas características, os alimentos podem ser veículos e/ou substrato para o crescimento de vários microrganismos, em sua maioria, patogênicos, com capacidade

de produzir toxinas, e com isso, causar risco à saúde do consumidor quando ingeridos (GONÇALVES et al., 1998).

As aves que vão para o abate comumente são fonte inicial de contaminação, e o número de microrganismos que está presente nestes animais é diretamente influenciado pelas condições higiênicas deste abate e do processamento pelo que vão passar (PACHECO 2014). Portanto, a pesquisa de microrganismos patogênicos e/ou indicadores ajuda na verificação da qualidade do alimento que será consumido (LÍRIO et al., 1998).

Devido a sua composição nutricional, à atividade de água elevada e ao pH próximo à neutralidade a carne de frango é um alimento muito vulnerável à deterioração microbiológica (SILVA, 2010). Os fatores que influenciam o desenvolvimento de micro-organismos podem ser oriundos da própria ave ou de fontes externas (JAY, 2005)

A carga microbiana carregada em carcaças de frangos e seus derivados são representados por uma microbiota proveniente especialmente, de animais vivos ou obtidos em qualquer momento do abate, sendo as etapas mais críticas a escaldagem, a depenagem e a evisceração.

Quando se refere a qualidade microbiológica de alimentos, constantemente se usa a pesquisa de micro-organismos que possam servir como indicadores, um exemplo é o grupo dos coliformes e micro-organismos mesófilos e psicotróficos, que quando encontrados em alimentos concedem informações sobre o grau de sua contaminação e as condições higiênic-sanitárias durante o processo, produção ou armazenamento (SANTOS, 2009).

Os coliformes habitam o trato intestinal do homem e de animais. Pertencem à família Enterobacteriaceae, incluindo muitos gêneros, tendo como principais a *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Proteus*, *Providencia*, *Citrobacter*. Podem ser divididos em coliformes totais e fecais, dependendo do habitat do micro-organismo. *E. Coli* é considerado um indicador de contaminação fecal, já que tem um fácil isolamento nos meios de cultura convencionais e resistente por um período de tempo maior, podendo causar surtos de diarreias, cólicas, náuseas e vômitos (FRANCO; LANDGRAF 2005; VON SPERLING 1996).

A presença de bactérias do grupo dos coliformes, que abitam em sua maioria no trato intestinal do ser humano e de outros animais, aponta contaminação de origem ambiental e fecal do produto (MOTTA & BELMONT, 2000). Altas contagens dessas bactérias significam

contaminação pós-processamento, limpezas precárias, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento. Já a detecção de grande número de bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes em alimentos é interpretada como indicativo da presença de patógenos intestinais (CARVALHO et al, 2005; JAY, 2005).

O grupo dos coliformes totais inclui todas as bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C (SOUZA et al., 2014). Cabe o mesmo para o grupo de coliformes termotolerantes, porém, restringindo-se aos capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 44,5-45,5°C (SILVA et al., 2007).

Menezes et al., (2018) ao realizar a caracterização microbiológica de carcaças de frangos de corte produzidas no estado de Minas Gerais, encontrou a ocorrência de altas contagens de coliformes totais e termotolerantes, das 240 carcaças analisadas, foram encontrados coliformes totais em 82 e termotolerantes em 33 das amostras.

Os micro-organismos psicrotróficos, como *Pseudomonas* spp., que estão presentes em sua maioria, em carcaças sob refrigeração, podendo se multiplicar, mesmo que de forma mais lenta, em temperaturas iguais ou inferiores a 0°C, e sendo assim causadores da maior parte das mudanças que acontecem nos produtos, o que a vida comercial destas carnes possa diminuir (CARVALHO et al., 2005; JAY, 2005).

A contagem de micro-organismos psicrotróficos aponta o grau de deterioração de alimentos refrigerados, já que essas bactérias se desenvolvem na faixa de 0 a 15°C, onde sua temperatura ótima para crescimento se dá de 15 a 30°C (SILVA et al., 2002).

De acordo com Jay (2005), quando a carne de aves sofre deterioração sob baixas temperaturas, os principais micro-organismos envolvidos neste processo são as psicrotróficas do gênero *Pseudomonas*. *Pseudomonas* spp são bastonetes Gram-negativos aeróbicos que se locomovem por um único flagelo polar ou por meio de tufo, comuns em solo e em outros ambientes naturais (TORTORA, 2005).

Rossa et al. (2013), ao quantificarem micro-organismos psicrotróficos em cortes de frangos convencionais (obtidos no comércio varejista) e orgânicos, obtiveram médias de contaminação semelhantes (4,1 e 6,5 Log UFC.g⁻¹, respectivamente).

O que também pode ser isoladas nestes alimentos são bactérias mesófilas produtoras de toxinfecções alimentares, que se pode ter como exemplo a *Salmonella* spp. (SOUZA, 2007).

As bactérias do gênero *Salmonella* continuam sendo uma das causas mais importantes de toxinfecções alimentares em todo o mundo (BAÚ, 2001), representando o mais importante micro-organismo envolvido em contaminações de alimentos à base de frango. As salmonelas são micro-organismos aeróbios e anaeróbios facultativos, desenvolvendo-se bem em ambas as condições e à temperatura ótima de 37°C, sendo observado crescimentos entre 5 e 45°C, em relação ao pH se desenvolvem bem níveis entre 4 e 9, sendo o pH ótimo em torno de 7 (PACHECO, 2014).

Carvalho e Cortez (2005), com o objetivo de detectar a presença de *Salmonella* em produtos de frango prontos para serem distribuídos no comércio, encontraram a presença de *Salmonella* spp. em 6 das 45 amostras analisadas na região Nordeste do estado de São Paulo. De 30 amostras de carcaças de frango “*in natura*” refrigeradas, coletadas em diferentes pontos comerciais da cidade de Maceió, 13 (40%) do total de amostras coletadas apresentaram a presença de *Salmonella* sp (SILVA et al., 2004).

Surtos de toxinfecção alimentar causados por *Salmonella* são conhecidos, envolvendo os mais variados tipos de alimentos, verificando-se, no entanto, que a carne de aves é a mais freqüentemente envolvida (LANDGRAF & FRANCO, 1996). A ocorrência e a quantidade de *Salmonella* presente na carne varia de acordo com as condições de manejo durante a criação e com os cuidados higiênicos nas operações de abate dos animais e posterior manipulação das carcaças (CARVALHO E CORTEZ, 2005).

Outro agente de extrema importância é a *L. monocytogenes* causadora da Listeriose, doença grave que possui elevada taxa de letalidade (PACHECO 2014). As listerias são bastonetes Gram positivos, aeróbias ou anaeróbias facultativas, toleram teores elevados de sal, e a desidratação. (JAY, 2005).

Apresenta ampla distribuição ambiental, tendo sido isolada em águas de esgoto doméstico, águas residuárias de indústrias de laticínios e de abatedouros, solos, insetos, adubo orgânico, e em fezes de animais e inclusive de humanos (PACHECO, 2014), podendo também ser isolada em diversos produtos alimentícios, principalmente os de origem animal (JAY, 2005).

A espécie *L. monocytogenes* é patogênica para o homem e diversos animais, e sua ampla distribuição ambiental, é favorecida pela capacidade de se desenvolver entre 0 e 44°C e, embora sua faixa ótima seja entre 30 e 37°C, pode sobreviver em alimentos congelados (PACHECO, 2014).

Tolera pH extremos de 5 e 9, baixa atividade de água e concentrações de NaCl de 10% e até superiores. Este conjunto de características faz com que esta espécie de *Listeria* seja um patógeno emergente e de grande interesse na área de alimentos e explica o destaque que este micro-organismo vem ocupando nos últimos anos no controle de qualidade na indústria de alimentos, haja vista a dificuldade de sua eliminação, assim como a possibilidade de causar doenças graves no consumidor (JAY, 2005; TORTORA, 2005).

Araújo et al. (2002), em pesquisa realizada na cidade de Niterói - RJ com 10 amostras de blaqueet de peru fatiado e 10 amostras de presunto de peru fatiado foi encontrada *Listeria monocytogenes* em 50% e 60% das amostras, respectivamente. Teixeira e Lima, (2008), avaliaram contaminação por *Salmonella* e *Listeria* em carcaças de frango de duas granjas com sistemas de manejo e produção diferenciados no município de Campinas, SP, e em 50% das amostras analisadas foram encontradas presença de *Listeria*, não havendo diferença entre os diferentes sistemas de produção.

A doença inclui infecções severas, como septicemias, encefalite, meningite e aborto, com altas taxas de hospitalizações e mortes. Acomete principalmente pessoas idosas, recém-nascidos, gestantes e indivíduos imunocomprometidos, o chamado grupo de risco (SILVA, 2010).

Dentre os vários micro-organismos que podem ocasionar toxinfecções alimentares em seres humanos também pode se destacar a *Staphylococcus aureus* (FRANCO; LANDGRAF 2005).

A *Staphylococcus aureus* habita a pele e as cavidades nasais. Presente nas mãos ela pode facilmente contaminar os alimentos, onde se reproduzem e liberam enterotoxinas. As altas temperaturas pode eliminar as bactérias, mas não a toxina, que quando ingerida pode causar uma intoxicação estafilocócica. Sendo os principais sintomas são: náusea, vômito, diarreia e câibras abdominais (TORTORA ET AL. 2012; TRABULSI; ALTERTHUM 2004). A presença deste micro-organismo em alimentos é vista como um indicador de contaminação dos manipuladores, bem como da limpeza e sanitização mau feitas dos materiais e equipamentos, retratando condições higiênico-sanitárias inadequadas (Franco; Landgraf 2005; Rodrigues et al. 2004).

Ademais a contaminação microbiana pode ocorrer também em decorrência de práticas realizadas pelos consumidores, como o armazenamento em refrigeradores domésticos convencionais, manipulação higiênica precária ou até por contaminação cruzada através do contato com outros alimentos contaminados, o que pode causar a impressão de que a

contaminação aconteceu durante o processamento das carcaças, ainda na indústria (PACHECO 2014).

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO OVO

O ovo é um ótimo alimento do ponto de vista nutricional, podendo ser consumido diariamente. Por ser considerado um alimento com baixo custo e atender parcialmente as exigências nutricionais do homem a produção brasileira de ovos para consumo tem aumentado, se tornando necessário um maior controle na qualidade bacteriológica de toda cadeia produtiva.

O ovo é considerado como um dos alimentos mais completos que existe, sendo sua composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de elevado valor biológica. Este representa um ingrediente indispensável para diversos produtos alimentares por combinar propriedades nutricionais e funcionais. Além disso, possui substâncias que promovem a saúde e previnem doenças (ALCÂNTARA, 2012).

A produção de um alimento seguro implica na adoção de cuidados higiênico-sanitários em todas as etapas da cadeia alimentar. A contaminação de ovos deve ser uma preocupação constante dos profissionais da área, devendo ser observados aspectos como a qualidade da casca, o processo de lavagem e desinfecção, o armazenamento adequado. O processo incompleto de classificação, a reutilização de embalagens, a ausência de fiscalização e a impossibilidade de controle sanitário eficiente e o prazo de validade (RODRIGUES & SALAY, 2001).

A qualidade dos ovos é determinada por diversos fatores internos e externos, sendo que qualquer defeito pode comprometer a utilização do ovo seja para consumo ou para produção. Os aspectos internos estão relacionados ao albúmen, gema, câmara de ar, cor, odor, sabor e manchas de sangue. Já os aspectos externos estão relacionados à qualidade da casca, considerando sua estrutura e higiene (MENDES, 2010).

A contaminação de ovos pode acontecer tanto pelas rotas horizontal e vertical, por isso, também é fundamental conhecer a qualidade sanitária desse produto em toda a cadeia produtiva e da distribuição até o consumidor. Essa contaminação pode ocorrer em diferentes pontos na cadeia produtiva, no trato reprodutor da galinha, durante a formação do folículo da gema e/ou formação do albúmen no oviduto, antes da formação da casca. (MESSENS et al., 2005). Entretanto, alguns estudos microbiológicos revelam que a contaminação dos ovos

ocorre, preferencialmente, após postura, para a maioria dos micro-organismos (EMBRAPA, 2004).

A disseminação horizontal é caracterizada pela contaminação bacteriana dos ovos na passagem pela cloaca ou no contato com o ambiente e na sua manipulação, sendo que existe uma correlação direta entre a contaminação do ambiente e a contaminação dos ovos (MENDES, et al., 2014). Enfim, de acordo com Melo et al. (2015) a contaminação pode ocorrer no contato com fezes ou áreas contaminadas após a postura (oviposição) ou pelos microrganismos presentes na cloaca.

O ovo representa um meio favorável para o desenvolvimento de microrganismos, sendo necessárias várias barreiras intrínsecas de defesa contra bioagentes. A cutícula é uma cobertura glicoproteica da casca, transparente e delgada, que cobre por curto período a superfície externa do ovo, selando 99% dos poros. A casca e suas membranas constituem uma barreira física rígida que limita a penetração de bactérias, enquanto o albúmen possui uma série de substâncias antimicrobianas como a lisozima, coalbumina e avidina, que impedem a multiplicação e o deslocamento bacteriano (MESSENS et al., 2005).

Devido a seu caráter de perecibilidade o ovo é um produto com vida de prateleira curta, que começa a perder sua qualidade interna logo após a ovoposição devido a presença de aproximadamente 8 mil poros em sua casca, trocando gases com o meio externo e podendo ser porta de entrada para microrganismos, caso a sua conservação não seja realizada de forma adequada, sendo assim, com o passar do tempo a qualidade dos ovos vai se tornando decrescente, ocorrendo de forma natural e inevitável, no entanto, esse fenômeno pode ser acelerado por diversos fatores no armazenamento (BARBOSA et al., 2008).

Dentre os microrganismos mais comuns que podem ser encontrados em ovos: bactérias (*Salmonella* spp., *E. coli*, *Staphylococci*, *Streptococci*, *Mycobacterium avium*, *Campylobacter* spp., *Mycoplasmas*, *M. gallisepticum*, *M. synoviae*, *Chlamydia*, *C. psittaci*), vírus (*Retroviridae*, *Oncovirinae*, *Virus da retículoendoteliase*, *Picornaviridae*, *Reoviridae*, *Adenovirus*, *Orthomyxoviridae*, *Circoviridae*) e fungos (*Aspergillus fumigatus* e organismos esporulados) (FIGUEIREDO, 2008).

Entre as bactérias patogênicas comumente associadas com a deterioração de ovos e derivados destacam-se a *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes* e *Yersinia enterocolitica*. A contaminação também pode ocorrer via transovariana, ou seja, quando a *Salmonella enteritidis* além de colonizar o trato intestinal da ave, migra para o tecido do aparelho reprodutor, principalmente o ovário e o oviduto posterior

(STRINGHINI et al., 2009). Neste caso, a contaminação está localizada na gema e os processos de desinfecção convencionais não são eficientes para a eliminação deste microrganismo (ARAGON-ALEGRO et al., 2005; FERREIRA, 2011; HOWARD et al., 2012).

Algumas espécies de *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alcaligenes* e coliformes podem provocar alterações que não são percebidas por cor e odor, porém a gema pode desintegrar-se e a albumina liquefazer-se. Ainda, os bolores produzem coagulação ou liquefação do ovo, aparecendo sabor e odor de mofo nos ovos. Com a presença de bolores podem aparecer as seguintes alterações: manchas puntiformes em grande número dentro e fora da casca, produção de mucosidade superficial (quando umidade relativa do ar alta) e apodrecimento devido à entrada de micélios no interior dos ovos através de rachaduras ou poros (EMBRAPA, 2004).

Uma alta contagem de bactérias é indesejável em qualquer produto derivado do ovo. As bactérias multiplicam-se rapidamente em produtos de ovos abertos e sempre surgem elevadas concentrações bacterianas quando esses produtos líquidos permanecem por várias horas em temperaturas superiores a 15°C. A maioria dos ovos, logo após a postura, é estéril internamente. A microbiota nos ovos compõe-se de 38% de bactérias que não formam esporos, entre elas os germes de *Pseudomonas* e *Proteus*, 30% de bactérias que formam esporos, 25% de cocos, 4% de leveduras e 3% de actinomicetos; no ovo de galinha é raro encontrar bactérias patogênicas como *Salmonella* (0,6%). (DUARTE, 2011).

Dentre os principais patógenos envolvidos na deterioração desse tipo de alimento estão *Staphylococcus*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *Salmonella*, sendo o último responsável pela maior quantidade de casos no país (GARCIA et al., 2010).

Os ovos têm sido apontados como uns dos principais veiculadores do gênero *Salmonella*, responsável por surtos de toxinfecções alimentares de maior ou menor gravidade como diarreia, dor abdominal, febre, dor de cabeça, mal-estar, desidratação e calafrios (ANDRADE et al., 2004). Muitos estudos relatam que a maioria das contaminações dos ovos, levando em consequência a intoxicação alimentar é a bactéria *Salmonella*. As *Salmonellas* pertencem à família *Enterobacteriaceae*, compreendendo cerca de 2.800 sorotipos bioquimicamente relacionados. Os organismos do gênero *Salmonella* são bacilos Gram-negativos, móveis por flagelos peritríquios, anaeróbios facultativos, com catalase positiva e oxidase negativa (SANTOS et al., 2008).

A *Escherichia coli* representa 95% das bactérias que compõem o grupo dos coliformes fecais, sendo a mais conhecida e a mais facilmente identificada. Sua presença é o melhor indicador de contaminação fecal conhecido até o momento e, geralmente, em ovos não apresenta nenhuma característica visível, mas se multiplica rapidamente por razão da alta concentração de nutrientes e das temperaturas adversas (SOARES & MESA, 2009).

ADESIYUN et al. (2006) realizaram análises microbiológicas em ovos coletados em granjas, supermercados e pequenos comércios e observaram presença de diferentes espécies de bactérias como *Enterobacterspp.* (3,3%), *Klebsiellaspp.* (1,6%), *Citrobacterspp.* (0,5%), *Serratiaspp.* (1,6%), *Proteusspp.* (2,2%), *Pseudomonas spp.* (1,1%), *Acinetobacterspp.* (0,5%), *Alcaligenesspp.* (0,5%) e outras enterobactérias (6,0%).

Geralmente nos supermercados os ovos são expostos próximos ao hortifrúti e freezer, com o objetivo de tentar manter uma temperatura mais amena, pois se este produto ficasse em condições de refrigeração, por mais que o tempo de prateleira aumentasse também aumentaria os custos dos estabelecimentos. Mesmo o Brasil sendo um país tropical não se é exigido por lei que os ovos fiquem em temperatura e umidade controlada durante o período em que ele é ofertado para os consumidores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a carne de aves e ovos possua ótima qualidade nutricional, para seu consumo é essencial que os mesmos estejam livres de contaminação, então verifica-se a necessidade que o controle de qualidade nas indústrias, seja cada vez mais eficiente para assim se assegurar o controle de microrganismos patogênicos nos produtos derivados de aves, e consequentemente reduzir o risco potencial de transferência dos mesmos para humanos, visando a saúde do consumidor.

REFERÊNCIAS

- ADESIYUN, A.; OFFIAH, N.; SEEPERSADSINGH, N.; RODRIGO, S.; LASHLEY, V.; MUSSAI, L. Frequenya and antimicrobial resistance of enteribacteria withn spoilage potentialisolated from tableeggs. **Food Research International.**, v. 39, p. 212-219, 2006
- ALCÂNTARA, J. B. Qualidade Físico-Química de Ovos Comerciais: Avaliação e Manutenção da Qualidade. Goiânia, 2012.

ALMEIDA, P. F.; SILVA, E. N. Estudos sobre o controle e disseminação bacteriana em carcaças de frangos de abatedouros industriais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 44, n. 2, p. 105-120, 1992.

ANDRADE, M. A., CAFÉ, M. B., JAYME, V. S., ROCHA, P. T., LEANDRO, N.S. M., STRINGHINI, J. H. Avaliação da qualidade bacteriológica de ovos de galinha comercializados em Goiânia. Goiás. Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 5, n. 4, p. 221-228, 2004.

ARAGON-ALEGRO, L.C.; SOUZA, K.L.D.O.; SOBRINHO, P.D.S.C.; LANDGRAF, M.; DESTRO, M.T. Avaliação na qualidade microbiológica do ovo integral pasteurizado produzido com ou sem a etapa da lavagem do processamento. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 618-622, 2005.

BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; MENDONÇA, M.O.; FREITAS, E.R. FERNANDES, J.B.K. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **ARS Veterinária**, v. 24, n. 2, p. 127- 133, 2008.

BAÚ, Ana Cristina; Beiro Carvalho, José; Guimarães Aleixo, José Antonio. Prevalência de Salmonella em produtos de frangos e ovos de galinha comercializados em pelotas, RS, Brasil **Ciência Rural**, vol. 31, núm. 2, abril, 2001, pp. 303-307 Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil.

CARVALHO, A.C.F.B., A.L.L. CORTEZ, B.M. SALOTTI, K.P. BÜRGER, A.M.C. VIDAL-MARTINS. Presença de microrganismos mesófilos, psicrótróficos e coliformes em diferentes amostras de produtos avícolas. **Arquivo Instituto Biologia**, São Paulo, v.72, n.3, p.303-307, jul./set., 2005.

CORTEZ, A. L. L. Indicadores de qualidade higiênico-sanitária em linguça frescal comercializada no município de Jaboticabal-SP. 2003. 42p. **Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista**, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2003.

DUARTE, E. R. **Microbiologia Básica para Ciências Agrárias**, (ed.) 129 p.: il. (Bacia do Conhecimento Agrário, 1). Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de segurança e qualidade para avicultura de postura**. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18216/1/manualesegurancaqualidadeaviculturadepostura.Pdf>. 97p. Brasília: Embrapa, 2004.

FERREIRA, A. C. R. Avaliação de três métodos de extração de DNA de Salmonella sp. em ovos de galinhas contaminados artificialmente. 41f. **Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

FIGUEIREDO, T.C. Características físico-química e microbiológica e aminas bioativas em ovos de consumo. 91p. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte-MG, 2008.

FRANCO BDGM, Landgraf MTD. Microbiologia dos Alimentos. São Paulo: Atheneu; 2005. 171p.

GARCIA, E. R. M. et. al. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.11, n.2, p. 505-518. 2010.

GALHARDO, J. A.; LOPES, M; OLIVEIRA, J. T.; TAMANINI, R; SANCHES, S. F.; FREITAS, J. C; MÜLLER, E. E. Eficácia dos tanques de pré-resfriamento na redução de contaminação bacteriana em carcaças de frango. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 647-656, out./dez. 2006.

GERMANO, M. I. S.; GERMANO, P. M. L.; KAMEI, C. A. K. Manipuladores de alimentos: capacitar? É preciso. Regulamentar? Será preciso? **Revista Higiene Alimentar**. v. 14, n. 78/79, p. 18-422, nov./dez., 2000.

GONÇALVES, P. M. R.; FRANCO, R. M.; ZAMBORLINI, L. C. Enumeração de *Enterococose* coliformes fecais, pesquisa de *Salmonella* e indicação presuntiva de *Proteus*, em cortes e miúdos de frangos (*Gallusdomesticus*) congelados. **Revista Higiene Alimentar**. v. 12, n. 54, p. 42-47, mar./abr., 1998.

HEINEMANN RJB, Pacheco JAC, Ponsano EHG, Pinto MF. Análise Comparativa de Custos de proteína de Carne de Frango e Carne Bovina; 2015. Disponível em: http://www.exitorural.com.br/artigos/analise_carnes.htm

HOWARD, Z. R.; O'BRYAN, C. A.; GRANDALL, F. G.; RICKY, S. C. Salmonella enteritidis in shell eggs: Current issues and prospects for control. **Food Research International**, v. 45, n.2, p. 755-764, 2012.

JAY, J. M. Microbiologia de Alimentos. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005

LANDGRAF M. Microrganismos Indicadores. In: Franco BDGM. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu; 1996. 27-31p.

LÍRIO, V. S; SILVA, E.A.; STEFONI, S.; CAMARGO, D.; RECCO, E.A.P.; MALUF, Y.T.; MIYAZAWA, T.T.; NEVES, D.V.D.A.; OLIVEIRA, V.M.R. Frequência de 17 sorotipos de *Salmonella* isoladas em alimentos. **Revista Higiene Alimentar**, v.12, n. 55, p. 36-42, 1998.

LOBO, M. U.; GALDE, M.G.; FRIDES, L.L.; KUBOTA, E.H. Avaliação microbiológica de salames comercializados no município de Santa Maria-RS. **Revista Higiene Alimentar**, v. 15, n. 88, p. 57-61, 2005.

MAIA, K. M; GRIESER, D. O; AMORIM, E. P; PAULINO, M. T. F; FERREIRA, D. D; DEO A. G. Fatores que influenciam a qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. XXXVIII Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia ISSN: 2176-1272 Universidade Estadual de Maringá, 2017.

MENDES, F. R. Qualidade física, química e microbiológica de ovos lavados armazenados sob duas temperaturas e experimentalmente contaminados com *Pseudomonas aeruginosa*. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), **Escola de Veterinária**, Universidade Federal de Goiás, 72p. Goiânia, 2010.

MENDES, F.R; LEANDRO, N. S. M; ANDRADE M. A; CAFÉ, M. B; SANTANA, E. S; STRINGHINI J. H. Qualidade Bacteriológica de Ovos Contaminados com *Pseudomonas*

Aeruginosa e Armazenados em Temperatura Ambiente ou Refrigerados. **Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.15, n.4, p. 444-450, out./dez. 2014.

NASCIMENTO, F. C. A. Aspectos socioeconômicos das doenças veiculadas pelos alimentos. Disponível:<<http://nutriçãoempauta.com.br/novo/40/foodservice.html>.

MELO, J. M. M. C; NASCIMENTO, K. O; BARBOSA JUNIOR, J. L; Saldanha, T; BARBOSA, M. I. M. J. Diagnóstico e qualidade microbiológica de ovos caipiras produzidos por agricultores familiares. **R. bras. Ci. Vet.**, v. 22, n. 1, p. 48-53, jan./mar. 2015

MENEZES, L.d.m. et al. Caracterização microbiológica de carcaças de frangos de corte produzidas no estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 70, n. 2, p.623-627, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9912>.

MESSENS W, GRIJSPEERDT K, HERMAN L. Eggshell penetration by *Salmonella*: a review. **WorldPoultrySci J.** 2005 jan; 61(1): 71-85.

MOTTA, M.R.A. & BELMONT, M.A. Avaliação microbiológica de amostras de carne moída comercializada em supermercados da região Oeste de São Paulo. **Higiene Alimentar**, v.11, n.78/79, p.59-62, 2000.

PACHECO, D.O. Qualidade microbiológica da cadeia de carne de aves da região sul do Rio Grande do Sul, Brasil -Pelotas, 2014 113f. :il.

RODRIGUES, K. R. M; SALAY, E. Atitudes de granjeiros, atacadistas, varejistas e consumidores em relação à qualidade sanitária do ovo de galinha *natura*. **Revista de nutrição**. v. 14, n.3, p. 185-193, 2001.

RODRIGUES KL, MOREIRA AN, ALMEIDA ATS, CHIOCHETTA D, RODRIGUES MJ, BROD CS, CARVALHAL JB, ALEIXO JAG. Intoxicação estafilocócica em restaurante institucional. **Ciênc Rural**. 2004; 34:297-299.

SANTOS, J. S. Avaliação da qualidade microbiológica de carnes de frango comercializadas na cidade de Aracaju – SE. 2009. 41f. Monografia (Especialização em Gestão da Qualidade Vigilância Sanitária em Alimentos) Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Recife.

SILVA, M. C. D.; RAMALHO, L. S.; FIGUEIREDO, E. T. *Salmonella* sp em ovos e carcaças de frango “in natura” comercializadas em Maceió, AL. **Revista Higiene Alimentar**, v. 18, n. 121, p. 80-84, jun., 2004.

SILVA JA, Azevedo GA, Barros CMR. Incidência de bactérias patogênicas em carne de frango refrigerada. **HigAlim**. 2002; 16:97-101.

SILVA, A. C. M. **A influência do tempo de refrigeração na virulência inicial de *Listeriamonocytogenes***. 2010. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar – Qualidade e Segurança Alimentar) Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

SOARES, N. M.; MESA, D .A. **Manejo da água na produção de ovos**.2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/ovos/index.htm>.

SOUZA, G. C. **Deteção de betalactamases de espectro expandido (ESBL) em cepas de coliformes isoladas de carne de frango comercializadas na cidade de Fortaleza, Ceará.**

2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, Germana C. de et al. Característica microbiológica da carne de frango. **Agropecuária Científica no SemiÁrido**, Patos-pb, v. 1, n. 10, p.12-17, maio 2014.

STRINGHINI, M.L.F.; ANDRADE, M.A.; MESQUITA, A.J.; ROCHA, T.M.; REZENDE, P.M.; LEANDRO, N.S.M. Características bacteriológicas de ovos lavados e não lavados de granjas de produção comercial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1317-1327, 2009.

TEIXEIRA, L. C.; LIMA, A. M. C. OCORRÊNCIA DE SALMONELLA E LISTERIA EM CARÇAÇAS DE GRANGO ORIUNDAS DE DOIS SISTEMAS DE CRIAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS SP. *Archives of Veterinary Science* [S, I.], set. 2008. ISSN 1517-7844X.

TESSARI, E. N. C.; CARDOSO, A. L. P.; KANASHIRO, A. M. I.; STOPPA, G. F. Z.; LUCIANO, R. L.; CASTRO, A. G. M. Ocorrência de *Salmonella* spp. em carcaças de frangos industrialmente processadas, procedentes de explorações industriais do Estado de São Paulo, Brasil. **Rev Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p 2557--2560, 2008.

TORTORA GJ, Funke BR, Case CL. *Microbiologia*. 10ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. 706-721p.

TRABULSI LR, Alterthum F. *Microbiologia*. 4ª ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

Von Sperling M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. [internet] 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.

WELKER CAD, BOTH JMC, LONGARA SM, HAAS S, SOEIR OMLT, RAMOS RC. Análise microbiológica dos alimentos envolvidos em surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA) ocorridos no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Rev Bras de Bioc**. 2010; 8(1):44-48.

INOVAÇÕES E ATUALIDADES EM TECNOLOGIA DE EMBALAGENS PARA ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Bárbara Camila Firmino Freire ¹
José Lucas Girão Rabelo ²
Renata Cristina Borges da Silva Macêdo ³
Karoline Mikaelle de Paiva Soares ⁴

RESUMO

As embalagens desempenham um papel fundamental na tecnologia dos alimentos contribuindo para aspectos sensoriais, de conservação e de intenção de compra dos produtos alimentícios. Neste sentido, vários avanços vêm sendo alcançados nessa área com contribuições inovadoras, beneficiando não só a indústria, como também o consumidor final. Assim, têm-se as embalagens ativas e inteligentes, responsáveis por interações benéficas entre alimento e consumidor, representando estratégias de melhoria de qualidade e agregação de valor dos produtos. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre inovações e atualidades em tecnologia de embalagens para alimentos.

Palavras-chave: Qualidade, Agregação de valor, Indústria de alimentos.

INTRODUÇÃO

Pelo contexto histórico, as embalagens foram essenciais ao desenvolvimento do comércio e, aos poucos, sua função foi incrementada, passando de objetos para conter e transportar produtos a “vendedores”. Desse modo, foram elas tornando-se visivelmente atraentes e despertando o interesse do consumidor para embalagens autênticas. Além da atratividade e a facilitação na transação das mercadorias, as embalagens também precisavam permitir a conservação do produto até o receptor final, garantindo o mínimo de perdas, e sendo esta sua real finalidade, o que consentiu o aumento na segurança pela não contaminação por micro-organismos e o contato com fatores ambientais (LANDIM et al., 2016).

As embalagens convencionais procuram preservar ao máximo as características do produto pela criação de condições resultantes em alterações químicas, bioquímicas e microbiológicas mínimas, mas estão gradualmente sendo postas à parte pelo emprego de

¹ Mestra pelo Curso de Ambiente Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, bcamila.ffreire@gmail.com;

² Graduado pelo Curso de Biotecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, joclucasrabelo@gmail.com;

³ Mestranda do Curso de Ambiente Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, rehmacedo@hotmail.com;

⁴ Doutora pelo Curso de Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, karolinesoares@ufersa.edu.br;

embalagens mais tecnológicas, capazes de interagir com o produto e, dentre outros pontos, fornecer conhecimento quanto a sua condição final (BRAGA; PERES, 2010).

Assim, têm-se as “embalagens ativas”, possuidoras de grande potencial na indústria alimentícia graças à sua capacidade de aumentar a vida de prateleira e segurança dos alimentos pela inibição ou retardo do crescimento microbiano e das reações que ocorrem em sua superfície, como é o caso dos filmes comestíveis, formados, comumente, por biopolímeros (CARVALHO et al., 2017; MELO et al., 2017). Outro grupo de embalagens que vem ganhando espaço no mercado é o de embalagens inteligentes. Estas possuem indicador externo ou interno capaz de fornecer informações ao consumidor sobre o produto, registrando alterações que podem revelar sua qualidade (PACMAN, 2013).

Em síntese, enquanto as embalagens ativas surgiram da necessidade de prolongar a vida útil e proteger os alimentos das influências ambientais, as embalagens inteligentes vieram auxiliar a indústria de alimentos, importadora e exportadora de produtos, pela implantação de sistemas de rastreabilidade, indicação de violação e sustentabilidade (KUSWANDI et al., 2011).

Nessa perspectiva, tem surgido a necessidade de um maior número de pesquisas quanto o desenvolvimento e aplicação de embalagens mais tecnológicas, capazes de suprir a atual necessidade dos consumidores e do mercado.

Com base no que foi exposto, a revisão a seguir tem por finalidade conhecer as inovações no setor de embalagens alimentícias, com enfoque nas embalagens ativas e inteligentes.

TECNOLOGIA DE EMBALAGENS DE ALIMENTOS: ASPECTOS GERAIS

Convencionalmente, as embalagens são produzidas com materiais inertes, que possuam mínima interação com o alimento que acondicionam, já que reações capazes de interferir na qualidade do produto são geradas. Essas reações podem resultar em perdas que estarão relacionadas não apenas com as características da embalagem, mas também com a composição e condições de estocagem do produto (AZEREDO et al., 2000; BATALHA et al., 2009).

Tratando sobre as características da própria embalagem, observa-se que a proteção oferecida por ela vai de encontro com a natureza do material empregado, que pode consistir em um único elemento ou na combinação de matérias como metal, vidro, papel e polímeros plásticos, o que a classifica como embalagem secundária ou terciária, ou seja, aquela que possui várias embalagens primárias ou secundárias, respectivamente (ROBERTSON, 2015).

As embalagens devem apresentar uma estética atrativa ao consumidor, praticidade na forma e tamanho, conveniência na retenção do alimento, fácil descarte, reciclagem e/ ou reutilização. Além desses fatores, a embalagem deve atender os requisitos legais preconizados pelas legislações (FELLOWS, 2006).

No entanto, essa obrigatoriedade da embalagem de “interação mínima” com o produto tem sido transformada ao longo dos anos, e a exploração de embalagens capazes de interagir de modo desejável com o alimento tem aumentado significativamente, resultando em uma grande evolução na tecnologia de embalagens.

O mercado de embalagens tem apresentado crescimento rápido, estando o Brasil entre os países de destaque, perdendo apenas para Estados Unidos, China, Japão, Alemanha, França e Canadá. Dia após dia as indústrias têm se preocupado em produzir embalagens a partir de novos materiais, que gerem menos impacto ambiental e sejam mais leves (SOARES, 2016). Na realização de observações sobre o assunto, percebe-se que os impactos ambientais gerados pela utilização de embalagens descartáveis são inúmeros. Como exemplo tem-se o lixo doméstico gerado, considerado um problema, já que a grande variedade de componentes que pode ser encontrada nesse grupo não permite uma solução universal de recuperação e reciclagem. Outro ponto é a redução da quantidade de materiais a serem utilizados na sua produção, o que permitiria um número menor de resíduos e a produção de embalagens com conseqüente economia durante a etapa de transporte, maximizando a necessidade de pensar e desenvolver embalagens mais ambientais (ROBERTSON, 2015).

Além disso, tais matérias devem possuir a capacidade de agregar valor ao produto final, o que requer maior investimento em inovação. Em âmbito mundial, além das matérias-primas, tem-se investido em equipamentos mais sofisticados e no aperfeiçoamento de processos produtivos (SOARES, 2016).

Apesar de ser este um mercado que vem ganhando força, algumas dificuldades impedem a aceitação global das novas tecnologias de embalagens ou mesmo o seu avanço, inclusive o custo em pesquisa e desenvolvimento, já que o aumento no preço das tecnologias impede a agregação de valor do produto (MELARE, 2014).

EMBALAGENS ATIVAS

Por definição, as embalagens ativas consistem em embalagens que preservam os alimentos por meio de funções adicionais, não apenas de barreira, como acontece com as

embalagens passivas, interagindo, assim, com o alimento (AZEREDO et al., 2000), e apresentando alguma característica tecnológica adicional.

Apesar das inúmeras funções aplicadas à embalagem ativa, pode se dizer que sua atuação se encontra resumida na absorção de compostos deteriorantes e liberação de outros que permitam uma maior vida de prateleira ao alimento, podendo ser comestível do tipo filme ou revestimento, onde uma é pré-formada para posterior aplicação e outra, aplicada para ser formada sobre o alimento, respectivamente, e cujo desempenho se dará pela composição do material, processo de formação e método de aplicação. Em suma, a aplicação de tais filmes busca evitar a perda das propriedades do alimento bem como a incorporação de compostos, características típicas de embalagens ativas (FERREIRA et al., 2009; SOUZA et al., 2017), e funções básicas que as define.

As embalagens ativas permitem a interação com o alimento, como também entre os componentes presentes na própria embalagem, visando à entrega de um produto com qualidade nutricional inalterada e inibindo o crescimento de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, o que resulta em segurança quanto à ingestão do alimento. São inúmeras as variedades de embalagens ativas, dentre elas estão as capazes de absorver oxigênio, etileno, umidade, além das emissoras de dióxido de carbono, etanol e filmes antimicrobianos, aromáticos, entre outros (Tabela 1) (OZDEMIR; FLOROS, 2004).

Tabela 1. Aplicações para embalagens ativas.

Embalagem ativa	Definição/Finalidade
<i>Filmes antimicrobianos</i>	Incorporação de compostos antimicrobianos na embalagem, não diretamente no alimento.
<i>Absorvedores de etileno</i>	Utilizados para aumento da vida útil de vegetais.
<i>Absorvedores de oxigênio</i>	Incorporação de compostos reativos com o O ₂ na forma de sachê.
<i>Absorvedores de umidade</i>	Incorporação de umectantes no sistema.
<i>Liberadores ou absorvedores de sabor e odor</i>	Incorporação de aromas visando a melhoria da qualidade sensorial do alimento.

Fonte: Vasconcelos & Melo Filho, 2010.

Graças ao conceito de interação destas embalagens, não só promovendo barreiras, mas atuando na melhoria da qualidade e tempo de prateleira do alimento, as substâncias incorporadas a elas, para segurança do consumidor, devem estar inseridas na categoria de não tóxicas e adequadas aos limites estabelecidos pela legislação vigente (REBELLO, 2009).

Na embalagem antimicrobiana, uma das mais difundidas, tem-se a inclusão de substâncias antimicrobianas ao material polimérico utilizado como embalagem visando o retardo ou inibição do crescimento de micro-organismos em alimentos, o que interfere na vida útil do produto, prolongando-a (GÓMEZ-HEINCKE et al., 2016). Esse tipo de embalagem vem ganhando destaque e constante interesse de pesquisadores e indústrias devido ao potencial benéfico que possui, incluindo qualidade e segurança na ingestão de alimentos, disponibilizando novas formulações e materiais, vistos como inovadores à indústria de alimentos (GORRASI et al., 2016).

Tratando sobre a atividade antioxidante, avalia-se a oxidação como um dos mecanismos mais frequentes de degradação do alimento, sendo capaz de alterar suas propriedades e impossibilitar o consumo. Objetivando a redução dos efeitos oxidativos, as indústrias têm desenvolvido métodos capazes de conferir estabilidade ao alimento, como é o caso da incorporação de agentes antioxidantes em embalagens, configurando as embalagens ativas antioxidantes. Estas atuam na conservação e conseqüente aumento da vida de prateleira do alimento pela redução ou inibição das reações de oxidação (MONTES et al., 2013).

Na tabela 2 podem ser observados alguns trabalhos desenvolvidos para embalagens ativas antimicrobianas e antioxidantes.

Tabela 2. Estudos sobre embalagens ativas com funções antimicrobianas e antioxidantes, e suas respectivas aplicações práticas.

Embalagem antimicrobiana	
<i>Gómez-Heincke et al. (2016)</i>	Buscou a incorporação de agentes biocidas naturais, constando de óleos essenciais e agentes ativos, carvacrol e cinamaldeído, em bioplásticos à base de glúten de trigo com a finalidade de obter embalagens alimentares sustentáveis. Por resultado, observou-se que os bioplásticos formulados com canela, cravo, carvacrol, cinamaldeído e tomilho branco demonstraram atividade antimicrobiana adequada.
<i>Gorrasi et al. (2016)</i>	Com o intuito de acelerar os fenômenos de deterioração, utilizou de abuso térmico (18 °C) para armazenamento de <i>Mozzarella</i> com revestimento em Poli(Tereftalato de Etileno), tendo como molécula antimicrobiana o salicilato. Foram obtidos com tal experimento resultados experimentais satisfatórios no aumento da vida útil do queijo.
<i>Carvalho et al. (2017)</i>	Avaliou a incorporação de curcumina em filmes de acetato de celulose visando à mensuração das alterações decorridas da inserção, já que a curcumina, composto utilizado como corante, apresenta atividade antimicrobiana.
Embalagem antioxidante	
<i>Carvalho et al. (2017)</i>	Avaliou a incorporação de curcumina em filmes de acetato de celulose visando à mensuração das alterações decorridas da inserção, já que a curcumina, composto utilizado como corante, apresenta atividade antioxidante.

<p><i>Benito-Peña et al.</i> (2016)</p>	<p>A pesquisa traz uma nova opção de embalagem pela síntese de hidrogéis impressos molecularmente contendo ácido ferúlico, um antioxidante natural, que foi aplicado a manteiga para a prevenção da oxidação lipídica e gerou resultados promissores de proteção.</p>
<p><i>Calatayud et al.</i> (2013)</p>	<p>Novos filmes de copolímero de etileno-álcool vinílico (EVOH) acrescidos de cacau, rico em flavonoides, foram desenvolvidos e constatou-se uma liberação prolongada dos agentes usados como antioxidantes, resultando também em efeitos antimicrobianos e de enriquecimento nutricional, demonstrando a utilização segura do material como embalagem de produtos alimentícios.</p>
<p><i>Moudache et al.</i> (2017)</p>	<p>Produziu uma embalagem antioxidante constituída por multicamadas de polietileno nas quais foram imobilizadas diferentes concentrações de extrato de folhas de oliva. A embalagem foi aplicada a carne de porco fresca que permaneceu a 4° C durante 16 dias. De acordo com o que foi observado a película ativa contendo antioxidantes naturais contribuiu para o aumento da estabilidade do produto.</p>
<p><i>Ogiwara et al. (2015)</i></p>	<p>Produziu uma embalagem ativa de quelação de ferro não-migratório por imobilização covalente de polihidroxamato, que atuou no atraso da oxidação lipídica, introduzindo uma interessante proposta à redução do uso de aditivos sintéticos em formulações de produtos, tendo em vista o potencial maléfico de alguns à saúde do consumidor.</p>

FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

Graças às preocupações ambientais que dizem respeito aos impactos causados pela utilização de recursos não biodegradáveis na produção de embalagens, têm-se intensificado as pesquisas sobre a aplicação de polímeros produzidos a partir de produtos agrícolas e/ou de

resíduos alimentares, que incluem os amidos, derivados de celulose, quitosana/quitina, proteínas e lipídios (ELSABEE; ABDU, 2013).

Características importantes são as suas capacidades na redução de transpiração e perda de peso em frutas, por exemplo, e de incorporação de aditivos funcionais como antimicrobianos e/ou antioxidantes, melhorando a qualidade do alimento, seja no quesito sensorial, microbiano, físico ou/e químico, e são produzidos, principalmente, a partir de polissacarídeos e proteínas, por fim, considerados pelas regulamentações internacionais como parte do próprio alimento (MURMU; MISHRA, 2018). Além das já citadas, outras vantagens na utilização de filmes e revestimentos comestíveis estão na sua biocompatibilidade, aparência estética, barreira contra a passagem de gases, não serem tóxicos ou poluentes e o baixo custo para a obtenção, permitindo o contato direto com alimentos frescos ou processados, o que garante estender sua vida útil (ELSABEE; ABDU, 2013).

Em suma, além de promoverem a proteção dos alimentos, os filmes e revestimentos podem atuar como ingrediente ativo ou como material de embalagem, demonstrando um excelente potencial na preservação de frutas e hortaliças, onde são comumente empregados (SOUZA et al., 2017).

Por princípio, além de serem feitos de um biopolímero, o que garante a insolubilidade e estabilidade da matriz da embalagem em meio aquoso, os filmes e revestimentos comestíveis devem ser formados por compostos reconhecidos como GRAS (geralmente reconhecidos como seguros) pelo FDA (Food and Drug Administration). Os filmes são diferenciados dos revestimentos pela forma de aplicação ao produto; o filme é pré-formado, resultando em uma fina película, e depois de seco é aplicado no alimento, enquanto o revestimento é formado no produto (VILLADIEGO et al., 2005).

EMBALAGENS INTELIGENTES

A validade e os sentidos da degustação ainda são os pontos mais usados na avaliação de qualidade de um alimento, mas ainda assim são, por vezes, insuficientes para garantir a adequação do alimento a se ingerir. Nesse escopo, as informações geradas pelas embalagens inteligentes permitem um maior detalhamento sobre o produto (MELARE, 2014).

As embalagens inteligentes são incorporadas de indicadores e sensores, que se diferenciam, basicamente, pelo primeiro permitir a passagem de informações necessárias através da mudança visual facilmente observável, enquanto o segundo caracteriza-se por ser constituído por um receptor e um transdutor. No entanto, a obtenção de um sistema ideal

envolve vários fatores, como custo-benefício, já que após sua aplicação haverá o descarte, a reação ser irreversível e contínua e ser composto de materiais atóxicos (PARK et al., 2015).

O sensor é um dispositivo capaz de transformar sinais físicos ou químicos em informações úteis, observadas na forma de um sinal elétrico. Apesar do princípio bastante instigante dos sensores, sua aplicação em embalagens alimentícias não é permitida. De modo contrário, a utilização de biossensores pode ser observada, sendo representados por um elemento de reconhecimento biológico, que pode ser um anticorpo ou uma enzima, por exemplo, e um elemento de transdução de sinal, seja ele eletroquímico, óptico, piezoelétrico ou calorimétrico. Ao final do processo são obtidos dados consistentes, como é o caso da detecção de patógenos em alimentos (MOHEBI; MARQUEZ, 2015).

O grupo de embalagens inteligentes, simples e de eficiente monitoramento sobre a qualidade do alimento graças ao seu íntimo contato com ele, pode ser dividido em: embalagens carreadoras de dados e embalagens indicadoras. Na categoria de carreadoras de dados estão inseridos os códigos de barras e etiquetas RFID (SOARES et al., 2009).

A codificação de materiais é capaz de facilitar sua gestão, interferindo positivamente nas várias etapas que a envolvem, seja ela por métodos de gravação, etiquetas adesivas de códigos de barra ou etiquetas Identificadoras por Rádio frequência. O rastreamento de produtos contribui para a eficiência dos processos utilizando-se um número serial ou lote, e tem sido realizado por inúmeras empresas através de tecnologias como de leitura de código de barras e de RFID (MARQUES et al., 2009). No entanto, o sistema de código de barras possui uma capacidade muito restrita de armazenamento de dados, úteis ao real conhecimento do produto, o que favoreceu a atual busca por novos modelos que poderão ser utilizados em associação com indicadores, diferente da etiqueta RFID, que já possui tal característica (SOARES et al., 2009).

A Identificação por Rádio Frequência (RFID) é vista como inteligente graças à alta capacidade de armazenamento de informações que a etiqueta possui. A ação da tecnologia pode permear toda a cadeia produtiva, indo desde a produção até sua chegada ao mercado (ROCHA et al., 2013), visando, em suma, a identificação e rastreamento de produtos. Uma etiqueta RFID anexada à superfície de um item serve como rótulo e seu reconhecimento é feito por meio de um leitor. Apesar das vantagens da sua utilização, etiquetas RFID são capazes de identificar tags ao invés dos produtos presentes no interior da embalagem. Assim, para garantir a integridade e segurança dos sistemas de gerenciamento automático se fazem necessários testes do status interno dos pacotes e isso foi proposto por Wang et al. (2016).

Sobre as embalagens indicadoras, segunda categoria explanada como inteligente, tem-se os indicadores de temperatura. A temperatura é um fator crucial à qualidade do alimento

perecível, e seu controle é importante desde a etapa de produção até a sua comercialização, influenciando diretamente na deterioração do produto, seja ela por meio físico, químico ou microbiológico (SOARES et al., 2009).

O oxigênio é outro fator relevante e essencial aos processos biológicos, desempenhando também um papel importante em muitos procedimentos químicos industriais. Porém, sua presença no interior de embalagens pode resultar na perda do alimento, cuja remoção é fundamental à indústria alimentícia. Nesse intuito, pesquisadores têm trabalhado no desenvolvimento de sensores de gás para determinação e quantificação rápida deste elemento, nos quais a presença pode ser avaliada por meio da mudança de coloração do indicador, fornecendo informações que viabilizam ou não o consumo do produto (DOBRUCKA, 2014). Exemplos para ambos os tipos de embalagens inteligentes encontram-se relatados na tabela 3.

Tabela 3. Estudos sobre embalagens inteligentes com aplicação em alimentos, e suas respectivas aplicações práticas.

Embalagem carreadora de dados		Denominação
<i>Wang et al. (2016)</i>	Investigação sobre a possibilidade do uso de sistemas RFID passivos na detecção de mudanças anormais no interior de embalagens.	Echoscope
<i>Tanguy et al. (2015)</i>	Objetivou a melhoria na eficiência e rentabilidade de biossensores na qualidade de alimentos <i>in situ</i> , trabalhando no uso de novas etiquetas RFID na quantificação de putrescina, composto liberado durante a deterioração dos alimentos.	-
Embalagens indicadoras		Denominação
<i>Maciel et al. (2012)</i>	Produzida com o intuito de obter um indicador a partir de material biodegradável e proveniente de fonte natural. Nele, a clorofila foi inserida à matriz de filmes de quitosana, resultando em um indicador	-

	colorimétrico, do verde para o amarelo, a uma faixa de temperatura de 50 °C a 75 °C.	
<i>3M MICROBIOLOGIA</i> (2012)	Monitora o produto de acordo com a variação de sua temperatura, alertando quando esta é ultrapassada e fornecendo um sinal visual que permite a identificação do tempo decorrido desde a temperatura excedida.	3M™ MonitorMark™
	Indicador de congelamento que objetiva manter adequada à temperatura de armazenamento de produtos sensíveis, que podem ser danificados a temperaturas muito baixas.	3M™ Freeze Watch™
<i>Gillanders et al. (2010)</i>	Descobriram novos materiais fosforescentes sensíveis ao oxigênio de características melhoradas, baseados em substratos poliolefínicos nanoestruturados, sendo economicamente mais interessantes para aplicação na forma de embalagem.	-

CONCLUSÃO

O investimento em embalagens que atendam às necessidades dos consumidores vem crescendo dia a dia, disponibilizando alternativas interessantemente viáveis à conservação dos mais variados tipos de alimentos. Os papéis iniciais dados às embalagens (acondicionamento e transporte) já não são suficientes ao mercado, que prioriza a redução das perdas e ampliação das novas tecnologias. Neste contexto, as embalagens ativas recebem destaque frente a utilização das embalagens inteligentes, em teoria, por motivos econômicos, recebendo um maior investimento em pesquisa, especialmente as acrescentadas de componentes antimicrobianos, visto o benefício gerado pela tecnologia.

REFERÊNCIAS

- 3M MICROBIOLOGIA. Soluções para cadeia de frio. Boletim técnico, 2012.
- AZEREDO, H. M. C. de; FARIA, J. de A. F.; AZEREDO, A. M. C. de. Embalagens ativas para alimentos. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 20, n.3, 2000.
- BATALHA, M. O.; GOMIDE, L. A. M.; CÉSAR, A. S. Tecnologias Emergentes para o Setor de Alimentos (segmento de carnes). Modelo SENAI de prospecção. Série Estudos Tecnológicos e Organizacionais. Brasília, 2009.
- BENITO-PEÑA, E.; GONZÁLEZ-VALLEJO, V.; RICO-YUSTE, A.; BARBOSA-PEREIRA, L.; CRUZ, J. M.; BILBAO, A.; ALVAREZ-LORENZO, C.; MORENO-BONDI, M. C. Molecularly imprinted hydrogels as functional active packaging materials. Revista Food Chemistry, v. 190, p. 487–494, 2016.
- BRAGA, L. R.; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 69-84, jan./jun. 2010.
- CALATAYUD, M.; LÓPEZ-DE-DICASTILLO, C.; LÓPEZ-CARBALLO, G.; VÉLEZ, D.; MUÑOZ, P. H.; GAVARA, R. Active films based on cocoa extract with antioxidant, antimicrobial and biological applications. Revista Food Chemistry, v. 139, p. 51-58, 2013.
- CARVALHO, D. M.; TAKEUCHI, K. P.; GERALDINE, R. M.; MOURA, C. J. de; SILVEIRA, M. F. A. Filme ativo de acetato de celulose incorporado com nanosuspensão de curcumina. Revista Polímeros [online], 2017. ISSN 0104-1428.
- DOBRUCKA, R. The use of oxygen indicators - elements of intelligent packaging for monitoring of food quality. LogForum, v. 10, n. 2, p. 183-190, 2014.
- ELSABEE, M. Z.; ABDOLU, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. Materials Science and Engineering C, 33, p. 1819–1841, 2013.
- FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.
- FERREIRA, M. L. A.; MENDES, H. S.; SOUZA, C. G.; PAIVA, I. M.; SPRITZER, A. Embalagens ativas: estado da arte e da técnica a partir do monitoramento de informações tecnológicas. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 2-14, 2009.
- GÓMEZ-HEINCKE, D.; MARTÍNEZ, I.; PARTAL, P.; GUERRERO, A.; GALLEGOS, C. Development of antimicrobial active packaging materials based on gluten proteins. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 96, n. 10, p. 3432-3438, 2016.

- GORRASI, G.; BUGATTI, V.; TAMMARO, L.; VERTUCCIO, L.; VIGLIOTTA, G.; VITTORIA, V. Active coating for storage of Mozzarella cheese packaged under thermal abuse. *Food Control*, 64, 10-16, 2016.
- GILLANDERS, R. N.; ARZHAKOVA, O. V.; HEMPEL, A.; DOLGOVA, A.; KERRY, J. P.; YARYSHEVA, L. M.; BAKEEV, N. F.; VOLYNSKII, A. L.; PAPKOVSKY, D. B. Phosphorescent Oxygen Sensors Based on Nanostructured Polyolefin Substrates. *Analytical Chemistry*, v. 82, n. 2, 2010.
- KUSWANDI, B.; WICAKSONO, Y.; JAYUS; ABDULLAH, A.; HENG, L. Y.; AHMAD, M. Smart packaging: sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and instrumentation for food quality and safety*, v. 5, p. 137–146, 2011.
- LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros [online]*, v. 26, n. spe, p. 82-92, 2016.
- MACIEL, V. B. V.; FRANCO, T. T.; YOSHIDA, C. M. P. Sistemas inteligentes de embalagens utilizando filmes de quitosana como indicador colorimétrico de temperatura. *Polímeros*, v. 22, n. 4, 2012.
- MARQUES, C. A.; FURLAN JR., V.; MUNIZ, J.; CHAVES, C. A.; URIAS, A. A tecnologia de identificadores de rádio frequência (RFID) na logística interna industrial: pesquisa exploratória numa empresa de usinados para o setor aeroespacial, GEPROS. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 4, n. 2, p. 109-122, 2009.
- MELARE, J. Embalagem inteligente visa redução de perdas, mas ainda esbarra em obstáculos. *Revista Ciência e Cultura [online]*, v. 66, n. 1, p. 0-18, 2014.
- MOHEBI, E.; MARQUEZ, L. Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 7, p. 3947–3964, 2015.
- MELO, P. T. S.; AOUADA, F. A.; MOURA, M. R. Fabricação de filmes bionanocompósitos à base de pectina e polpa de cacau com potencial uso como embalagem para alimentos. *Química Nova*, v. 40, n. 3, 2017.
- MONTES, S. S.; SANTANA NETA, L. G.; CRUZ, R. S. Óleos essenciais em embalagens para alimentos – revisão de literatura de 2000 a 2012. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 1/2, 2013.
- MOUDACHE, M.; NERÍN, C.; COLONB, M.; ZAIDI, F. Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman Spectroscopy. *Food Chemistry*, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.023>

MURMU, S. B.; MISHRA, H. N. The effect of edible coating based on Arabic gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava. *Food Chemistry*, 245, p. 820–828, 2018.

OGIWARA, Y.; ROMAN, M. J.; DECKER, E. A.; GODDARD, J. M. Iron chelating active packaging: Influence of competing ions and pH value on effectiveness of soluble and immobilized hydroxamate chelators. *Food Chemistry*, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.029>

OZDEMIR, M.; FLOROS, J. D. Active Food Packaging Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 44, n. 3, p. 185-193, 2004.

PACMAN. Embalamento ativo e inteligente: Inovações para o futuro. 2013. Disponível em: <http://www.pacmanproject.eu/page/newsletters/pdf/pt/newsletter_11_2013.pdf>. Acesso em: 06 maio 2018.

PARK, Y. W.; KIM, S. M.; LEE, J. Y.; JANG, W. Application of biosensors in smart packaging. *Molecular & Cellular Toxicology*, v. 11, p. 277-285, 2015.

ROBERTSON, G. L. Embalagens de alimentos. In: CAMPBELL-PLATT, G. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Barueri, SP: Manole, 2015. p. 289.

REBELLO, F. de F. P. Novas tecnologias aplicadas às embalagens de alimentos. *Revista Agrogeoambiental*, dezembro, 2009.

ROCHA, A.; BIANCHINI, C.; KUPTY, H. J.; GOVIER, J. H. Contribuições da implementação de etiquetas inteligentes no ambiente organizacional. *Revista Inovação Tecnológica*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 29-41, 2013.

SOARES, N. DE F. F.; SILVA, W. A. da; PIRES, A. C. dos S.; CAMILLOTO, G. P.; SILVA, P. S. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. *Revista Ceres*, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.

SOARES, A. G. Embalagens para frutas e hortaliças – inovação e sustentabilidade. *Embrapa Agroindústria de Alimentos*. 2016. Disponível em: <<http://tmeventos.com.br/frut2016/pdfs/C4ANTONIOGOMESSOARES.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2018.

SOUZA, L. B.; MOURA, A. A. C.; SILVA, J. B. A. Embalagens para alimentos: tendências e inovações. *Higiene Alimentar*, v. 31, n. 270/271, p. 25-29, 2017.

TANGUY, N. R.; FIDDES, L. K.; YAN, N. Enhanced Radio Frequency Biosensor for Food Quality Detection Using Functionalized Carbon Nanofillers. *Acs Applied Materials & Interfaces*, v. 7, p. 11939–11947, 2015.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. Conservação dos Alimentos. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (ETEC – Brasil). Recife: EDUFRPE, 2010, 122 p.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. Revista Ceres, 52, 300, p. 221-244, 2005.

WANG, G.; QIAN, C.; HAN, J.; XI, W.; DING, H.; JIANG, Z.; ZHAO, J. Verifiable Smart Packaging with Passive RFID. UBIComp '16, 12–16, 2016.

SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS COMO CONSERVANTES NATURAIS EM ALIMENTOS

Alcinda Nathally Nogueira¹
Renata Cristina Borges da Silva Macedo²
José Lucas Girão Rabelo³
Lidiane Pinto de Mendonça⁴

RESUMO

Os conservantes naturais são aditivos utilizados com o intuito de conservar e minimizar o crescimento bacteriano no alimento, de forma a mantê-lo próprio para consumo, mantendo o seu sabor, textura e aroma. Objetivou-se com o estudo avaliar as definições de conservantes naturais, os tipos, as vantagens e desvantagens frente ao uso de conservantes sintéticos, bem como tornar notório o assunto para a comunidade. Foram realizadas pesquisas bibliográficas desde o ano de 2006 até os estudos mais recentes em ferramentas *on-line* de pesquisas acadêmicas (Google Acadêmico e National Center for Biotechnology Information (NCBI)). Foi possível observar uma grande diversidade de substância bioativas que podem ser aplicadas para a conservação de alimentos, tornando assim uma alternativa promissora e eficaz frente à utilização de conservantes sintéticos.

Palavras-chave: Bioconservação, Qualidade alimentar, Antimicrobiano, Antioxidante.

INTRODUÇÃO

Os alimentos podem ser de origem animal e vegetal e alguns microrganismos podem se vincular a esses alimentos provocando alterações indesejáveis. Dentre os tipos de microrganismos pode-se citar os deteriorantes, que causam alterações químicas e físicas como mudanças na cor, odor, sabor e textura, mas não necessariamente causando doenças. Os patogênicos são responsáveis por perturbações fisiológicas no organismo causando diferentes tipos de doenças ao organismo humano (AZEVEDO; LEONARDI, 2018).

Sabendo que os alimentos promovem ao organismo energia para suprir suas funções vitais, é importante mantê-los seguros em questão de qualidade. Nisto, a melhor maneira de se preservar as qualidades nutricionais de um alimento, e impedi-lo de deteriorar-se, é por meio

¹ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal Rural do Semiárido - RN, nathally7@hotmail.com;

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN, rehmacedo@hotmail.com;

³ Biotecnologista pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN, joelucasrabelo@gmail.com;

⁴ Orientadora: Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - RN, lidiane.mendonca@outlook.com.

da conservação, uma técnica empregada aos alimentos que visa aumentar a vida de prateleira, mantendo-o livre de microrganismos que provoquem alteração em sua qualidade microbiológica e organoléptica. Atualmente há vários métodos de conservação de alimentos, no geral podemos classificá-los como conservantes sintéticos ou naturais (SHARIF et al., 2017).

Por definição, os conservantes naturais são aditivos utilizados com o intuito de conservar e minimizar o crescimento bacteriano no alimento, de forma a mantê-lo próprio para consumo, mantendo o seu sabor, textura e aroma. Podendo ser de origem vegetal, animal e/ou microbiana, devemos classificá-los em agentes antimicrobianos e agentes antioxidantes (SHARIF et al., 2017).

Galo et al. (2018), define conservantes naturais como substâncias intencionalmente adicionadas aos alimentos capazes de conferir alguma característica ou melhorar outras, como as propriedades de armazenamento. Sendo moléculas de origem natural que apresentam atividade biológica na conservação alimentar, tem função antioxidante, se enquadrando na conservação alimentar pela adição de aditivos.

Manter o alimento o mais parecido possível com suas características físicas, químicas e biológicas através do uso de substâncias naturais, é o nome apropriado ao método de conservação alimentar por meio de conservantes naturais (AZEREDO, 2012).

Os conservantes naturais são classificados em agentes antimicrobianos e agentes antioxidantes. Os antimicrobianos são compostos microbicidas ou microbiostáticos, que agem matando, inibindo ou reduzindo o crescimento de microrganismos indesejáveis no alimento, que provocam alterações e conseqüentemente os deixando impróprios ao consumo. Os agentes antioxidantes atuam no alimento impedindo a rancidez oxidativa, visto que, a oxidação é uma das principais razões para deterioração de alguns produtos alimentícios (TIWARI et al., 2009).

Nos dias atuais os conservantes sintéticos vêm sendo utilizados com moderação, pois estudos apontam diversos malefícios relacionados ao seu uso em excesso para saúde humana. Desse modo, devido à grande procura, pela população, por alimentos menos industrializados, os conservantes naturais estão em crescente aumento, com isso, as indústrias procuram cada vez mais suprir as necessidades desse grupo de pessoas (AZEVEDO; LEONARDI, 2018), dando enfoque à importância do conhecimento notório de tais substâncias pela população.

METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas em sites acadêmicos desde o ano de 2006 até as pesquisas mais recentes, tendo em vista definições do tema explorado, a importância da utilização de conservantes naturais para a conservação de alimentos, bem como as vantagens e desvantagens da utilização dessas substâncias. As ferramentas *on-line* de buscas foram: Google Acadêmico e *National Center for Biotechnology Information* (NCBI).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tipos

Os conservantes naturais são classificados em agentes antimicrobianos e agentes antioxidantes, podendo ser de origem animal, vegetal e/ou microbiano. Os conservantes naturais antimicrobianos são utilizados no intuito de inibir o crescimento de bactérias que provoquem algum tipo de deterioração indesejada nos alimentos (AZEVEDO; LEONARDI, 2018). Os conservantes naturais antioxidantes, prolongam a vida de prateleira do alimento desejado, impedindo sua rancidez, degradação e mudança de cor, tendo como principal atuação o sequestro dos radicais livres, como exemplos têm-se os compostos fenólicos, vitamina C e vitamina E. Dentro desses grupos há diversos compostos utilizados como conservantes naturais para inúmeros tipos de produtos alimentícios (HASSOUN; ÇOBAN, 2017).

A quitosana é um exemplo de conservante natural antimicrobiano de origem animal, esse composto é encontrado no exoesqueleto de alguns frutos do mar como camarão, lagosta, siris e caranguejo, que devido suas propriedades vem sendo estudada e utilizada como método de conservação para muitos tipos de alimentos (SHARIF et al., 2017). Dentre os conservantes de origem vegetal têm-se os óleos essenciais, que são sintetizados, armazenados e liberados por algumas plantas. Eles são amplamente utilizados para prolongar a vida de prateleira de alimentos, por minimizar alguns microrganismos responsáveis por sua deterioração, graças aos seus compostos antimicrobianos como os fenólicos. Como exemplos temos o manjeriço e alecrim que contém propriedades antimicrobianas capazes de agir em bactérias gram-negativas como a *Salmonella sp.* (RADIC et al., 2018). De origem microbiana têm-se as bacteriocinas, estas são compostos proteicos microbianos ativos, produzidos a partir de bactérias ácido lácticas, como o *Lactobacillus acidophilus* que são utilizados contra o crescimento bacteriano indesejável em alimentos. Um exemplo de bacteriocina é a nisina, que é um peptídeo que vem

sendo utilizado por ter espectro bactericida para bactérias gram-positivas, especialmente em queijos para controlar o crescimento de *Clostridium Botulinium* (SHARIF et al., 2017).

Dentro do grupo dos agentes antioxidantes, temos os de origem vegetal, que são encontrados em especiarias, polpa cítrica, casca e sementes oleaginosas, pimenta preta, açafraão e alho. Entre os antioxidantes de origem animal, destaca-se o mel, que tem em suas características compostos fenólicos, vitaminas e enzimas, mostrando seu alto poder antioxidante graças aos seus flavonoides. (SHARIF et al., 2017).

Porém, há alguns óleos essenciais que tem propriedades conjuntas, como propriedades antioxidantes e antimicrobianas, é o caso do orégano, alecrim, tomilho, sálvia, canela, cravo e manjeriço, que vêm sendo usados em peixes e frutos do mar no intuito de preservá-los por maior tempo possível (HASSOUN; ÇOBAN, 2017). Outros conservantes naturais que vêm sendo amplamente utilizados na preservação de inúmeros produtos alimentícios, é o caso da mostarda, extratos de semente de uva, extrato de alecrim, lisozima e a natamicina (AKINMOLADUN et al., 2010).

Utilização de conservantes naturais

Os conservantes naturais vêm sendo utilizados amplamente em diversos tipos de produtos. Em alimentos pode-se citar seu uso em diferentes tipos de carnes como peixes e frutos do mar, frango e carne vermelha. Os queijos, produtos de panificação e vinhos também vêm frequentemente sendo conservados através desse método de conservação (OLIVEIRA et al., 2012).

Um dos alimentos que sofrem alta contaminação é o pão, um produto de panificação que é colonizado por fungos, como bolores e leveduras, frequentemente exposto a esse tipo de contaminação, que levam a diminuição da sua vida de prateleira. Uma maneira para conservar esse produto e mantê-lo próprio ao consumo humano é através do emprego de conservantes naturais, neste contexto tem-se o extrato de romã, um extrato obtido através da técnica de maceração da casca seca. Devido sua atividade antimicrobiana contra fungos deteriorantes, esse extrato é utilizado no intuito de se ter um produto rico e livre de microrganismos deteriorantes como *Penicilium citrinum*, *Cladosporium subuliforme*, *Aspergillus chevalieri* e *Cladosporium oxysporum* (MORAES, 2017).

Os produtos cárneos devido seu crescimento bacteriano deterioram-se quimicamente através da oxidação química e proteica gerando mudança de coloração, sabor e minimizando a vida de prateleira. A conservação gera uma maior redução desses danos provocados nas carnes, nisto, uma alternativa aos conservantes sintéticos é a conservação natural por meio da adição

de antioxidantes obtidos através de ervas e especiarias, ricas em fenólicos, sendo estes capazes de reduzir a oxidação lipídica e proteica, mudança de coloração e crescimento microbiano, por impedir a formação dos radicais livres, ou se ligando aos radicais livres evitando sua propagação e transformando os radicais livres por meio das reações enzimáticas. Um dos produtos utilizados nessa ação são os óleos essenciais presentes em especiarias (LEÃO et al., 2017).

Os pescados são excelentes alimentos por apresentarem alto valor nutricional, porém são produtos com grande potencial de contaminação microbiana por apresentarem pH próximo a neutralidade, alta atividade de água e elevado teor nutricional. Estudos mostram que o pescado impróprio ao consumo é aquele que apresenta aspecto repugnante e com odor e aromas anormais provocados por microrganismos como *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* e *Vibrio pahaemolyticus*. A conservação natural vem sendo bastante empregada para evitar que o pescado venha a deteriorar-se. A atividade antimicrobiana de óleos essenciais presente no cravo-da-índia, alecrim e tomilho mostrou-se bastante promissora por apresentar efeitos inibitório para os microrganismos encontrados frequentemente em pescados (FIQUEREDO, 2016).

A quitosana é obtida a partir do exoesqueleto de crustáceos e utilizada por suas características antimicrobianas em alguns alimentos, como o vinho e o queijo. Para a produção do vinho é necessário o uso de conservantes, em substituto ao anidrido sulfuroso, a quitosana vem sendo empregada para o processo de vinificação por inibir a atividade de microrganismos indesejáveis (ZIGIOTTO et al., 2017). Em relação aos queijos, a quitosana vem sendo empregada como um filme responsável por inibir microrganismos indesejáveis. Esse revestimento comestível serve como uma alternativa natural de conservação para redução de microrganismos responsáveis pela deterioração dos queijos (SILVA, 2018).

O uso da quitosana é bastante versátil, podendo ser aplicado na fabricação de suplementos alimentares, emulsificantes, estabilizantes em alimentos, fibras em biscoitos e conservantes por inibir o crescimento de microrganismos como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *S. faecalis*, *S. enterica*, *S. paratyphi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Shigella dysenteriae*, *Aeromonas hydrophila*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Sacharomyces cerevisiae*, *S. ludwigii*, *Zygosaccharomyces baillii*, *Cryptococcus albidus*, *Candida sp.* e *Rhodotorula sp.* Estudos mostram que o mecanismo de ação em relação a atividade antimicrobiana da quitosana, está relacionado com as propriedades físico-químicas das soluções, concentrações, tempo de exposição e as características do microrganismo (ALBUQUERQUE et al., 2009).

O ácido ascórbico (Vitamina C) é um antioxidante utilizado para conservação de carnes, vegetais em conservas, bebidas e produtos de pastelaria no intuito de evitar sua oxidação. As bacteriocinas são um conservante natural de origem microbiana utilizados com sucesso em produtos como carnes e laticínios (HASSOUN; ÇOBAN, 2017).

Alterações provocadas nos alimentos

Quando se trata de vida de prateleira de alimentos, tem-se uma preocupação devido cada alimento apresentar suas características específicas. Nesse sentido, os conservantes naturais, empregados para aumento da vida útil de produtos, devem ser utilizados com cautela por necessitar de vários estudos que comprovem verdadeiramente sua eficácia. São necessários alguns cuidados ao se escolher o tipo de conservante natural a ser utilizado, pois o método de conservação deve ser escolhido com base em alguns fatores como o tipo de microrganismo que irá inibir, a facilidade do manuseio do conservante, o impacto que o paladar irá sofrer, o custo e sua eficácia contra os microrganismos (AZEVEDO; LEONARDI, 2018).

Alterações benéficas são realizadas por meio dos conservantes naturais através da adição de antimicrobianos e antioxidantes. Estudos comprovam a ação desses sobre o aumento de vida de prateleira, conservação das características organolépticas, assim como a minimização de agentes deteriorantes e patógenos nos alimentos. Com isso, mostra-se promissor como substituto de conservantes sintéticos usados rotineiramente pelas indústrias de alimentos (SHARIF et al., 2017).

Apesar de ser bastante promissora a utilização de conservantes naturais, seu uso exige mais estudos devido algumas alterações provocadas no interior do alimento. Uma das alterações que é bastante percebida são as características organolépticas de alimentos conservados através desse método. Características como aparência, cor, aroma, sabor e textura podem ser alteradas com alguns extratos naturais utilizados para conservação do alimento e conseqüentemente ser pouco aceito por parte do consumidor (HASSOUN; ÇOBAN, 2017).

Vantagens

A utilização de compostos naturais, para conservação de alimentos, em substituição aos aditivos químicos, vem se expandindo em virtude das inúmeras vantagens do seu uso. Algumas delas são a atividade antimicrobiana e antioxidante observada em alguns compostos, como os óleos essenciais, presentes nas especiarias. Outra característica desses óleos é a redução da oxidação lipídica em alimentos com alto teor de gordura, como carnes. A extensão da vida útil

dos alimentos e garantia das suas características sensoriais são imprescindíveis para a indústria, aliado a isso a utilização de óleos essenciais, como conservantes, atende a crescente demanda dos consumidores por produtos mais naturais e considerados de marca limpa, que são frescos e sem aditivos químicos (HASSOUN; ÇOBAN, 2017).

A ação antimicrobiana desempenhada pelos conservantes naturais apresenta um papel potencialmente importante na proteção da qualidade e segurança dos alimentos, inativando ou inibindo a deterioração e/ou microrganismos patogênicos (DAVID et al., 2013). Em relação a atividade antioxidante sua importância se observa no combate as doenças degenerativas do envelhecimento, que os compostos antioxidantes apresentam, protegendo a lipoproteína de baixa densidade do processo de oxidação, assim como inibindo as enzimas cicloxigenase e lipoxigenase, inibindo a peroxidação lipídica (DAVIDSON et al., 2015).

A adição de extratos vegetais, ou óleos essenciais, em produtos processados é também uma oportunidade para promover e incentivar a ingestão de ingredientes funcionais, sem causar mudanças drásticas nos hábitos alimentares da população, melhorando as características nutricionais da alimentação (AKINMOLADUN et al., 2010). Além disso, o uso de antimicrobianos naturais, em particular, os derivados de extratos vegetais, apresentam benefícios diretos à saúde humana. Um exemplo é a mostarda que, entre os seus compostos, apresenta os isotiocianatos. Estes além de apresentarem atividade antimicrobiana demonstraram também ter potencial quimiopreventivo. O alho possui compostos organossulfurados, como a alicina, que além de apresentar atividade antimicrobiana contra algumas bactérias e fungos, possui atividade quimiopreventiva e antioxidante, agindo na redução do risco de desenvolvimento de doença cardiovascular e ação de potencializar a função imune. Outros óleos essenciais de plantas apresentam também atividade antiviral ou antitumoral. A utilização de extratos de semente de uva e alecrim em marinadas de carne moída proporcionou redução da formação de amins heterocíclicas possivelmente carcinogênicas. A quitosana é outro conservante natural que além de suas propriedades antimicrobianas, apresenta as vantagens de pode formar géis, filmes, fibras, esponjas, esferas e nano partículas, devido ao seu alto peso molecular e solubilidade em soluções aquosas ácidas (DAVIDSON et al., 2015).

Além dos conservantes naturais derivados de plantas, a utilização de bactérias ácido lácticas (BAL) e bacteriocinas apresentam diversas vantagens na conservação de alimentos. As BAL apresentam uma grande vantagem, a nível comercial, que é a segurança do seu consumo, por estarem presentes na microbiota normal de alguns alimentos, como os queijos, sendo associadas com os processos fermentativos, em alimentos fermentados. Elas naturalmente dominam a microbiota de alguns alimentos e promovem a conservação dos produtos por

competição com microrganismos patogênicos. Em relação as bacteriocinas, a principal vantagem do seu uso é a prevenção que elas promovem às perdas de nutrientes, causadas pelos tratamentos aplicados aos alimentos. A maioria das bacteriocinas apresenta estabilidade térmica e consegue sobreviver aos diferentes ciclos do processamento dos alimentos, algumas também conseguem se adaptar a pH e temperaturas baixas, sendo úteis no processamento de alimentos ácidos e armazenados a frio. As bacteriocinas podem ser consideradas constituintes normais da dieta animal e humana, sendo os produtos derivados do leite fontes ricas dessas substâncias, produzidas pelas BAL. Por essas moléculas apresentarem natureza proteica, durante a passagem pelo trato gastrointestinal, as bacteriocinas são inativadas por proteases e, portanto, se utilizadas em alimentos não causam alteração na ecologia do trato digestivo e não resultam em risco relacionado ao uso de antibióticos comuns (VERMA et al., 2014).

Os peptídeos antimicrobianos, ou bacteriocinas, apresentam também uma solução promissora para o problema da resistência aos antibióticos uma vez que, diferentemente dos agentes antimicrobianos tradicionais, apresentam a característica de destruir rapidamente a membrana do microrganismo, não permitindo tempo suficiente para que bactérias de crescimento rápido sofram mutações no alimento (TIWARI et al., 2009).

Outros conservantes naturais que apresentam potencial biopreservativo em produtos alimentícios e inúmeras vantagens são os bacteriófagos. Eles são hospedeiros altamente específicos para certas espécies bacterianas e não afetam as culturas iniciais. Uma de suas grandes vantagens é a segurança de uso em humanos, uma vez que eles só lisam as células bacterianas específicas. Alguns bacteriófagos estão disponíveis comercialmente, sendo considerados seguros para a saúde humana, possuindo o status de Geralmente Reconhecido como Seguro (GRAS) (ANANY et al., 2015).

Diante disso, observa-se que os antimicrobianos naturais oferecem inúmeras vantagens para o processamento de alimentos, pois além de estender a vida útil e garantir a segurança dos alimentos, eles podem permitir a elaboração e inserção no mercado de novos produtos alimentícios com melhor qualidade e propriedades nutricionais (TIWARI et al., 2009). Embora os antimicrobianos naturais sejam frequentemente mais caros que os aditivos químicos sintéticos, devido aos processos de produção e refinamento e à sua menor estabilidade, a rotulagem dos compostos naturais é altamente desejável e vista como promissora pela indústria e pelos consumidores (DAVIDSON et al., 2015).

Desvantagens

A utilização de conservantes naturais apesar de promissora e desejável apresenta algumas desvantagens, principalmente relacionadas as características sensoriais dos produtos. Foi verificado em alimentos como peixes e frutos do mar que é necessária utilizar uma maior concentração de óleos essenciais para se atingir o efeito antimicrobiano verificado nos ensaios *in vitro*. Essa maior concentração é indesejável por proporcionar modificações sensoriais nos alimentos e por induzir a ocorrência de reações alérgicas (HASSOUN; ÇOBAN, 2017). Outra desvantagem do uso de conservantes de origem vegetal é a variabilidade química que pode ser encontrada, uma vez que em plantações espontâneas pode-se verificar uma variação na composição dos óleos essenciais, o que dificulta a sua extração e utilização (FERREIRA, 2014).

Os óleos essenciais, por serem extraídos de partes de plantas, requerem grande atenção quanto a sua composição e toxicidade. Uma desvantagem da sua utilização é a necessidade de muitos estudos e testes que avaliem a composição detalhada dos óleos e a quantidade permitida para uso e consumo humano (DIMA; DIMA, 2015).

Em relação as bacteriocinas, uma possível desvantagem do seu uso em alimentos é que elas são moléculas hidrofóbicas que podem se difundir no conteúdo de gordura dentro de uma matriz alimentar, afetando seu mecanismo de ação. Embora a maioria das bacteriocinas seja muito hidrofóbica, elas são moléculas relativamente pequenas e, portanto, podem também facilmente se difundir na fase aquosa dos produtos alimentícios. Outra desvantagem é que a ligação a superfícies alimentares e a fraca atividade são frequentemente observadas quando as estirpes produtoras de bacteriocinas são adicionadas aos sistemas alimentares. O ambiente específico do alimento pode ter outras desvantagens, tais como baixa solubilidade ou distribuição desigual das moléculas de bacteriocina, sensibilidade às enzimas alimentares e a níveis elevados de sal ou outros ingredientes adicionados que afetam a produção ou atividade da bacteriocina. Além disso, de forma espontânea, podem surgir mutantes resistentes à bacteriocina das estirpes alvo, um exemplo são as estirpes mutantes resistentes à nisina de *Listeria monocytogenes* que aparecem na frequência de 10^{-6} a 10^{-8} . Em alimentos adequadamente processados, no entanto, níveis tão altos não devem ser encontrados (VERMA et al., 2014).

Além da interferência dos componentes alimentares na ação das bacteriocinas, estas podem ser negativamente afetadas pelas condições em que o alimento é preparado e estocado, como pH e temperatura. A nisina, por exemplo, apresenta estabilidade ótima em condições ácidas, diante disso para a aplicação efetiva da nisina é necessário um pH menor que 7 no

alimento, o que asseguraria sua solubilidade e estabilidade durante o processamento do alimento e o tempo de estocagem (NASCIMENTO et al., 2008).

Limitações de uso

Apesar das inúmeras vantagens e da utilização de conservantes naturais em alimentos alguns fatores surgem como limitantes para a aplicação dessa tecnologia de conservação. Um dos principais fatores é o não alcance da ação antimicrobiana esperada com o uso de apenas um método, sendo muitas vezes necessário a aplicação de vários métodos de conservação em conjunto para se obter a ação desejada. Em estudos onde avaliou-se a combinação de óleos essenciais com quitosana, visando melhorar a qualidade de peixes e prolongar sua vida útil, observou-se que apesar dos resultados satisfatórios encontrados, ocorreram muitas diferenças na composição dos óleos e mudanças de ação nos diversos produtos, em virtude das características de composição dos peixes e frutos do mar. Diante disso, a variabilidade de composição dos óleos, assim como seu comportamento diante dos vários métodos de extração se apresentam como fatores limitantes para sua utilização. Em alguns estudos concentrações mais elevadas de óleos essenciais são geralmente necessárias para alcançar uma atividade antimicrobiana e antioxidante satisfatória, o que, por sua vez, pode causar efeitos organolépticos negativos e até problemas de saúde (HASSOUN; ÇOBAN, 2017).

Assim como para os óleos essenciais, a eficiência inibitória das bacteriocinas pode ser um fator limitante, uma vez que está relacionada ao nível de contaminação do alimento pelo microrganismo alvo. Se a contaminação inicial for muito elevada, a atividade da bacteriocina é restrita, não impedindo o desenvolvimento do microrganismo, levando ao não desenvolvimento da ação esperada da bacteriocina como conservante natural (NASCIMENTO et al., 2008).

A interação dos óleos essenciais com outros nutrientes consumidos também pode ser um fator limitante ao seu uso. O consumo de extratos vegetais com alto teor de tanino, por exemplo, pode resultar na redução da absorção das vitaminas do complexo B, assim como o consumo contínuo de pimentas (*Capsicum*) e gengibre (*Zingiber officinale*) pode levar ao refluxo gastroesofágico (PETER; BABU, 2012).

Outros fatores limitantes do uso de especiarias e seus óleos essenciais na conservação de alimentos são a contaminação e a adulteração. As especiarias podem ser contaminadas no seu local de plantio, na colheita, na estocagem, no seu transporte e até mesmo durante a sua manipulação para processamento. Essa contaminação pode ser por esporos, fungos e leveduras, como também por insetos. Todos os contaminantes quando passados ao alimento processado

podem causar sérios danos ao consumidor e prejuízos a indústria, principalmente em produtos enlatados (CARRIJO et al., 2012).

Um ponto importante a ser avaliado também é o custo final do produto adicionado de conservantes naturais. A adição de antimicrobianos aumenta o custo por unidade de um produto acabado, uma vez que tem-se os gastos com o antimicrobiano no nível exigido, a utilização de ingredientes inertes, como o glicerol e a maltodextrina, assim como dos facilitadores, como surfactantes e emulsificadores. Todo esse processo proporciona ao alimento melhor estabilidade microbiológica e segurança, entretanto aumenta o valor do produto final e pode ser um fator que limite a compra desse produto pelo consumidor (DAVID et al., 2013).

Além de todos esses pontos apresentados, o quesito mais importante a ser avaliado é a aceitação do produto pelo consumidor. Os consumidores podem não aprovar, por exemplo, a adição de bacteriófagos a alimentos como agente de biocontrole, por não ter esclarecimento suficiente sobre o que é e como funciona esse tipo de conservante. É fundamental estudar as características toxicológicas dos antimicrobianos naturais e seus metabólitos, a possível toxicidade causada pela interação com os componentes alimentares e a alergenicidade a indivíduos sensíveis. O processo de compilação de dados sobre novos componentes e sistemas antimicrobianos quanto à sua toxicidade e aos seus limiares aceitáveis para consumo humano é dispendioso e demorado, limitando assim o uso da maioria dos novos compostos e sistemas. (DAVIDSON et al., 2015).

Legislação vigente

A nível internacional alguns conservantes naturais possuem regulamentação e liberação de uso. A lisozima é aprovada para adição direta a alimentos nos Estados Unidos, possuindo o status de GRAS. A natamicina foi aprovada em 1982 nos Estados Unidos (EUA) para inibir o crescimento de fungo em queijos, com concentração máxima de 20 mg/ Kg do produto. A nisina também tem aprovação nos EUA desde 1988 para inibir o crescimento de esporos de *Clostridium botulinum* e a formação de toxinas em pastas de queijo pasteurizadas e foi posteriormente liberada para utilização em outros alimentos. Na Europa, a nisina foi adicionada à lista de aditivos alimentares no início dos anos 80 e é a única bacteriocina que foi aprovada pela Organização Mundial de Saúde para uso como conservante de alimentos. Em relação aos bacteriófagos existem algumas preparações que receberam o status GRAS da Food and Drug Administration dos EUA. Entre eles estão as preparações comerciais Listex P100, LMP 102 e

List-shield™, todos direcionados ao controle de *Listeria monocytogenes* (ANANY et al., 2015).

No Brasil, a natamicina, a nisina e a lisozima foram regulamentadas como conservadores para alguns produtos lácteos. Em queijos cortados e fatiados é permitido adicionar natamicina na superfície na quantidade máxima de 5mg/Kg, não sendo detectável a 2mm de profundidade, em doce de leite e requeijão na concentração de 1mg/dm² (em superfície livre). A nisina é permitida em queijos cortados, fatiados, frescos, ricota e requeijão na quantidade máxima de 12,5 mg/Kg. A lisozima é liberada na elaboração de queijos de média umidade, sendo permitida a adição máxima de 25mg para cada litro de leite utilizado na elaboração do queijo (BRASIL, 1996).

Em relação as carnes e produtos cárneos o Brasil dispõe de diversas regulamentações que estabelecem os padrões de identidade e qualidade dos produtos, suas características, ingredientes e aditivos. Além de dispor da Instrução Normativa n.º. 51, de 29 de dezembro de 2006, que dispõe sobre os aditivos que podem ser adicionados às carnes e produtos cárneos, seus limites e categorias (BRASIL, 2007).

Entre os produtos cárneos que possuem regulamentação estão paleta cozida, produtos cárneos salgados, empanados, presunto tipo Serrano, jerked beef, presunto tipo Parma, presunto cru, salame, salaminho, salaminho tipo Alemão, salame tipo Calabrês, salame tipo Friolano, salame tipo Napolitano, salame tipo Hamburguês, salame tipo Italiano, salame tipo Milano, linguiça colonial, pepperoni, almôndega, apresuntado, fiambre, hambúrguer, kibe, presunto cozido, carne mecanicamente separada, mortadela, linguiça e salsicha. Em nenhuma das portarias e resoluções destes produtos é especificado a permissão de uso de conservantes naturais, sendo permitido apenas o uso de especiarias, com a finalidade de agregar sabor ou outra característica sensorial.

Como legislações específicas para utilização de conservantes naturais em produtos cárneos tem-se a Resolução n. 28, de 23 de fevereiro de 2001 que aprova a utilização da natamicina (INS 235) como conservador em superfícies de produtos cárneos embutidos, na quantidade máxima de 1mg/dm², sendo ausente em 5mm de profundidade (BRASIL, 2001). Assim como, a Instrução Normativa n. 89, de 17 de dezembro de 2003, que autoriza o uso de óleos essenciais em substituição parcial ou total de condimentos e especiarias em aves temperadas, em concentrações de 0,5% ou menos e com especificações claras dos temperos utilizados (BRASIL, 2003).

Vida de prateleira estimada de alimentos incorporados de conservantes naturais

A adição de conservantes naturais, como os óleos essenciais, visa, principalmente, a segurança do alimento e a extensão da sua vida útil, garantindo assim a permanência do produto para comercialização em condições adequadas e com qualidade (STOJANOVIĆ-RADIĆ et al., 2018).

Avaliando a ação de três óleos essenciais, incluindo cravo, cominho e hortelã, quanto à eficácia na prevenção da degradação e prolongamento da vida útil de filés de peixe “red drum” durante 20 dias de armazenamento refrigerado a 4°C, os autores demonstraram que a adição desses óleos a 4 µl /L reduziu os teores de amins biogênicas e as contagens de microflora de vários microrganismos, prolongando assim o tempo de armazenamento do peixe em 10 dias em comparação com a amostra controle (CAI et al., 2015).

Em carnes de frango também foi avaliada a ação antimicrobiana do suco de romã em combinação com a quitosana e óleo essencial da *Zataria multiflora*. Os resultados demonstraram uma extensão de vida útil de 10 a 15 dias com as amostras tratadas em relação ao controle, onde todos os tratamentos diminuíram significativamente as contagens viáveis totais de *Pseudomonas* spp., bactérias lácticas, Enterobacteriaceae, bactérias psicrotróficas e leveduras. Os resultados também revelaram que a quitosana e o óleo essencial têm potencial para manter e prolongar essas características do suco de romã durante o armazenamento. Diante disso, os autores concluíram que o suco de romã tem a capacidade de retardar as alterações microbianas e químicas e assim prolongar o prazo de validade de carne de peito de frango. Considerando a preferência do consumidor por conservantes aditivos naturais, o suco de romã pode ser usado como antioxidante natural, antimicrobiano, aromatizante, texturizante e aditivo de coloração em peito de frango, bem como em outros tipos de carnes (BAZARGANI-GILANI et al., 2015).

Em carnes de cordeiro picada também foi observada extensão da vida útil utilizando conservantes naturais. Neste tipo de carne foi possível reduzir o crescimento de bactérias gram-negativas durante quatro semanas ao utilizar uma mistura de quitosana e extrato de menta na concentração de 0,1%. Os autores também concluíram que a mistura estudada apresentou atividade antioxidante e que pode ser usada para a preservação e extensão da vida útil de carne e produtos cárneos (KANATT et al., 2008).

Efeito mais expressivo é observado quando são associados diversos tipos de conservantes. Em carne fresca de peru conseguiu-se obter acréscimo de até 11 dias de vida útil em refrigeração, quando utilizados óleo essencial de alecrim, quitosana e embalagem a vácuo

(VASILATOS; SAVVAIDIS, 2013). Os óleos essenciais demonstraram ser sinérgicos com embalagens a vácuo e embalagens de atmosfera modificada. Em estudo analisando a combinação da embalagem a vácuo com o óleo essencial de orégano em carne de polvo mediterrâneo foi observada uma extensão de vida útil de aproximadamente 17 dias comparado com amostras controle (ATREA et al., 2009).

O uso de nisina como conservante em produtos cárneos também possibilitou uma extensão da vida útil de salsichas prontas para consumo. A nisina adicionada a um invólucro de colágeno permitiu a redução do crescimento de bactérias deteriorantes e patogênicas (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* e *Lactobacillus* sp.) e a extensão do prazo de validade da salsicha por pelo menos 90 dias a 4°C e 49 dias a 10°C, sendo uma alternativa de conservação que proporciona segurança e qualidade ao alimento (BATPHO et al., 2017).

Além da qualidade microbiológica, a conservação das características organolépticas é de extrema importância para a garantia da qualidade de um produto. Avaliando a adição de extrato de orégano em hambúrguer de cordeiro foi possível manter a estabilidade da maioria dos parâmetros físico-químicos avaliados, bem como boa aceitação e redução da oxidação lipídica e proteica após 120 dias de armazenamento congelado (FERNANDES et al., 2017).

. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de conservantes naturais se apresenta como promissora e desejável tanto pela indústria, quanto pelos consumidores. Estes buscam por produtos mais naturais e saudáveis, que mantenham suas características sensoriais e sua qualidade microbiológica por mais tempo. Apesar dos fatores limitantes e das possíveis desvantagens de utilização dos conservantes naturais, a extensão da vida útil dos produtos, observada em alguns estudos, e a rotulagem limpa dos alimentos coloca a substituição de aditivos químicos por aditivos naturais como atividade em expansão e como uma tecnologia em crescente pesquisa e utilização.

REFERÊNCIAS

- AKINMOLADUN, A. C.; OBUOTOR, E. M.; FAROMBI, E. O. Evaluation of Antioxidant and Free Radical Scavenging Capacities of Some Nigerian Indigenous Medicinal Plants. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 2, p. 444-451, 2010.
- ALBUQUERQUE, R. B.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; STAMFORD, T. C. M. Perspectiva e Potencial Aplicação de Quitosana Como Inibidor de *Listeria Monocytogenes* em Produtos Cárneos. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 10, 2009.

ANANY, H.; BROVKO, L. Y.; EL ARABI, T.; GRIFFITHS, M. W. Bacteriophages as antimicrobials in food products: applications against particular pathogens – 5. P. In: Handbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality. Ed.: Taylor, T. M. Woodhead Publishing Series in Food Science Technology and Nutrition, n. 269, Elsevier, p. 89-116, 2015.

ATREA, I.; PAPAVERGOU, A.; AMVROSIADIS, I.; SAVVAIDIS, I. N. Combined effect of vacuum-packaging and oregano essential oil on the shelf-life of Mediterranean Octopus (*Octopus vulgaris*) from the Aegean Sea stored at 4° C. **Food Microbiology**, v. 26, p. 166-172, 2009.

AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Brasília: Embrapa, 2012.

AZEVEDO, B.M.; LEONARDI, J.G. **Métodos de Conservação de Alimentos**. Revista Saúde em Foco, n. 10, p. 51-61, 2018.

BATPHO, K.; BOONSUPTHIP, W.; RACHTANAPUN, C. Antimicrobial activity of collagen casing impregnated with nisin against foodborne microorganisms associated with ready-to-eat sausage. **Food Control**, v. 73, Part B, p. 1342-1352, 2017.

BAZARGANI-GILANI, B.; ALIAKBARLU, J.; TAJIK, H. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 29, p. 280-287, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 89, de 17 de dezembro de 2003. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Aves Temperadas**. Diário Oficial da União, 18 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 51, de 29 de dezembro de 2006. **Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus limites das seguintes Categorias de Alimentos 8: Carne e Produtos Cárneos**. Diário Oficial da União, 04 de janeiro de 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 146, de 7 de março de 1996. **Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos**. Diário Oficial da União, 11 de março de 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 28, de 23 de fevereiro de 2001. **Aprova a extensão de uso da Natamicina (Pimaricina) (INS 235), como conservador, para tratamento de superfícies de produtos cárneos embutidos no limite máximo de 1mg/dm², ausente em 5mm de profundidade**. Diário Oficial da União, 02 de março de 2001.

TIWARI, B.K.; VALDRAMIDIS, V.P.; O' DONNELL, C.P.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; BOURKE, P.; P. J. CULLEN, A.P.J. Application of Natural Antimicrobials for Food Preservation. **J. Agric. Food Chem**, Vol. 57, No. 14, 2009.

CAI, L., CAO, A., LI, Y., SONG, Z., LENG, L., LI, J. The effects of essential oil treatment on the biogenic amines inhibition and quality preservation of red drum (*Sciaenops ocellatus*) filets. **Food Control**, v. 56, p. 1–8, 2015.

CARRIJO, K. F.; PRAXEDES, C. I. S.; NOBRE, F. S. D.; FRASÃO, B. S.; DUARTE, M. T.; CUNHA, F. L. Condimentos e especiarias empregados no processamento de alimentos: considerações a respeito de seu controle físico-químico. **PUBVET**, v. 6, n. 26, 2012.

DAVID, J. R. D.; STEENSON, L. R.; DAVIDSON, P. M. Expectations and Applications of Natural Antimicrobials to Foods: A Guidance Document for Users, Suppliers, Research and Development, and Regulatory Agencies. **Food Protection Trends**, v. 33, n. 4, p. 238-247, 2013.

DAVIDSON, P. M.; CEKMER, H. B.; MONU, E. A.; TECHATHUVANAN, C. The use of natural antimicrobials in food: na overview - 1. In: Handbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality. Ed.: Taylor, T. M. Woodhead Publishing Series in Food Science Technology and Nutrition, n. 269, p. 1-27, **Elsevier**, 2015.

DIMA, C.; DIMA S. Essential oils in foods: extraction, stabilisation and toxicity. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 29-35, 2015.

FERNANDES, R. P. P.; TRINDADE, M. A.; TONIN, F. G.; PUGINE, S. M. P.; LIMA, C. G.; LORENZO, J. M. MELO, M. P. Evaluation of oxidative stability of lamb Burger with *Origanum vulgare* extract. **Food Chemistry**, v. 233, p. 101-109, 2017.

FERREIRA, A. R. A. **Uso de óleos essenciais como agentes terapêuticos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, 87 p., Porto, 2014.

FIGUEREDO, E. S. **Métodos Tradicionais e Alternativos para a Conservação de Pescados**. Trabalho de Conclusão de curso (Engenharia de Alimentos) - Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Porto Alegre, 2016.

GALO, G. T.; LIMA, A. C. S; MACGHADO, K. M.; VIEIRA, L. B.; MARTINS, V. C.; FERREIRA, N. L.; LUCARINE, A. C. Estudo da extração da quercetina a partir da cebola (*Allium Cepapa L.*) e seu uso como conservante natural alimentar. **The Jornal of engineering and exact scienses**, v. 4, n. 1, 2018.

HASSOUN, A.; ÇOBAN, Ö. E. Essential oils for antimicrobial and antioxidante applications in fish and other seafood products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 68, p. 26-36, 2017.

KANNAT, S. R.; CHANDER, R.; SHARMA, A. Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat products. **Food Chemistry**, v. 107, n. 2, p. 845-852, 2008.

LEÃO, L. L.; OLIVEIRA, F. S.; SOUZA, R. S.; FARIAS, P. K. S. F.; FONSECA, F. S. A.; MARTINS, E. R.; SOUZA, R. M. Uso de antioxidantes naturais em carnes e seus subprodutos. **Cadernos de Ciências Agrárias**, v. 9, 2017.

MORAES, T. R. **Avaliação da Esporulação e Viabilidade de Esporos por Extrato de Romã Sobre Fungos Deteriorantes do Pão**. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR. Campo Mourão, 2017.

NASCIMENTO, M. S.; MORENO, I.; KUAYE, A. Y. Bacteriocinas em alimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 120-127, 2008.

OLIVEIRA, R. R.; LAGE, M. E.; NETO, O. J. C.; SALES, M. C. Antioxidantes naturais em produtos cárneos. **PUBVET**, v. 6, n. 10, 2012.

PETER, K. V.; BABU, K. N. 1 – Introduction to herbs and spices: medicinal uses and sustainable production. Volume 2 – Handbook of Herbs and Spices (Second edition). Ed. Woodhead Publishing **Series in Food Science, Technology and Nutrition**, p. 1-16, 2012.

RADIC, Z. S.; JOKOVIC, M. P. N.; JOKANOVIC, M.; IVIC, M.; SOJIC, B.; SKALJAC, S.; STOJANOVIC, P.; KRSTEV, T. M. Inhibition of *Salmonella* Enteritidis Growth and Storage Stability in Chicken Meat Treated With Basil and Rosemary Essential Oils Alone or in Combination. *Food Control*. **Revista Saúde em Foco**, n. 10, 2018.

SILVA, R.C.L. **Influência da cobertura de quitosana na qualidade microbiológica em queijo coalho comercializado na cidade de vitória de Santo Antão – PE**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em nutrição) – Centro acadêmico de Vitória UFP. Pernambuco, 2017.

SHARIF, Z. I. M.; MUSTAPHA, F. A.; JAI, J.; YUSOF, M. N.; ZAKI, N. A. M. Review on Methods for Preservation and Natural Preservatives for Extending the Food Longevity. **Chemical Engineering Research Bulletin**, v. 19, p. 145-153, 2017.

STOJANOVIĆ-RADIĆ, Z.; PEJČIĆ, M.; JOKOVIĆ, N.; JOKANOVIĆ, M.; IVIĆ, M.; ŠOJIĆ, B.; ŠKALJAC, S.; STOJANOVIĆ, P.; MIHAJLOV-KRSTEV, T. Inhibition of *Salmonella* Enteritidis growth and storage stability in chicken meat treated with basil and Rosemary essential oils alone or in combination. **Food Control**, v. 90, p. 332-343, 2018.

TIWARI, B. K.; VALDRAMIDIS, V. P.; O' DONNELL, C. P.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; BOURKE, P.; CULLEN, P. J. Application of Natural Antimicrobials for Food Preservation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 5987-6000, 2009.

VASILATOS, G. C.; SAVVAIDIS, I. N. Chitosan or Rosemary oil treatments, singly or combined to increase turkey meat shelf-life. **International Journal of Food Microbiology**, v. 166, n.1, p. 54-58, 2013.

VERMA, A. K.; BANERJEE, R.; DWIVEDI, H. P.; JUNEJA, V. K. Bacteriocins: Potential in Food Preservation. **Encyclopedia of Food Microbiology**, v. 1, p. 180-186, 2014.

ZIGIOTTO, L.; GABBARDO, M.; COSTA, V. B.; ECKHARDT, D. P.; CUNHA, W.; SCHUMACHER, R. L. Quitosana Como Alternativa ao So₂ para a Estabilização Microbiológica de Vinhos da Campanha Gaúcha. **Anais do 9º SIEPE Salão Internacional de Pesquisa, Ensino e Extensão**, Universidade Federal do Pampa, v. 9, n. 4, 2017.

ESTUDO FARMACOLÓGICO E TOXICOLÓGICO DE UM CANDIDATO À FÁRMACO DERIVADO DA D-GLICOSE

Rodrigo Ribeiro Alves Caiana¹
Francisco Carlos de Medeiros Filho²
Juliano Carlo Rufino de Freitas³

RESUMO

Os medicamentos e as tecnologias farmacêuticas desempenham um papel essencial na saúde mundial, por isso, seu processo de desenvolvimento e descoberta é amplamente necessário. Neste âmbito, uma classe de moléculas que vem atraindo a comunidade científica são os O-glicosídeos 2,3-insaturados, moléculas simples, derivadas de fontes naturais com interessantes atividades biológicas. Deste modo, o objetivo deste trabalho consistiu na avaliação das propriedades farmacodinâmicas, farmacocinéticas e toxicológicas do *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo a partir de diferentes métodos *in silico*. Os métodos *in silico* apontaram que a molécula apresenta uma baixa probabilidade de apresentar efeitos tóxicos, boas características para se tornar um bom fármaco, um ótimo potencial de biodisponibilidade oral, e a probabilidade de desempenhar diferentes funções por diferentes mecanismos farmacológicos, destacando-se as ações antineoplásica, antibiótica, antialérgica, de inibição enzimática, entre outras. Em suma, o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo apresenta uma probabilidade comprovada de desencadear diferentes efeitos fisiológicos, podendo agir por diferentes vias com baixo risco de apresentar efeitos tóxicos e ainda com a possibilidade de administração oral. Além disso, esta molécula pode ser facilmente preparada, o que motiva os estudos experimentais que avaliem as atividades da mesma bem como de seus derivados, objetivando a aplicação destas moléculas em pesquisas que visem o desenvolvimento de novos candidatos à fármacos.

Palavras-chave: Química Medicinal, Carboidratos, Rearranjo de Ferrier, Métodos *in silico*.

INTRODUÇÃO

Os medicamentos e as tecnologias farmacêuticas têm um papel essencial na saúde mundial, se mostrando como aspectos decisivos para o bom funcionamento das políticas de saúde pública (CORRÊA; RODRIGUES; CAETANO, 2018). Entretanto, cotidianamente surgem novos desafios, a citar, o aparecimento de agentes patogênicos resistentes aos fármacos comerciais, a necessidade de aperfeiçoamento dos tratamentos já existentes, o desenvolvimento de agentes que atuem no tratamento de doenças recém-identificadas e a produção de moléculas mais seguras pela redução ou remoção de seus efeitos adversos. Tais

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, rodrigoriibeiroalves@hotmail.com;

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, carlosfilho1202@gmail.com;

³ Orientador/Professor do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, julianocrf@gmail.com.

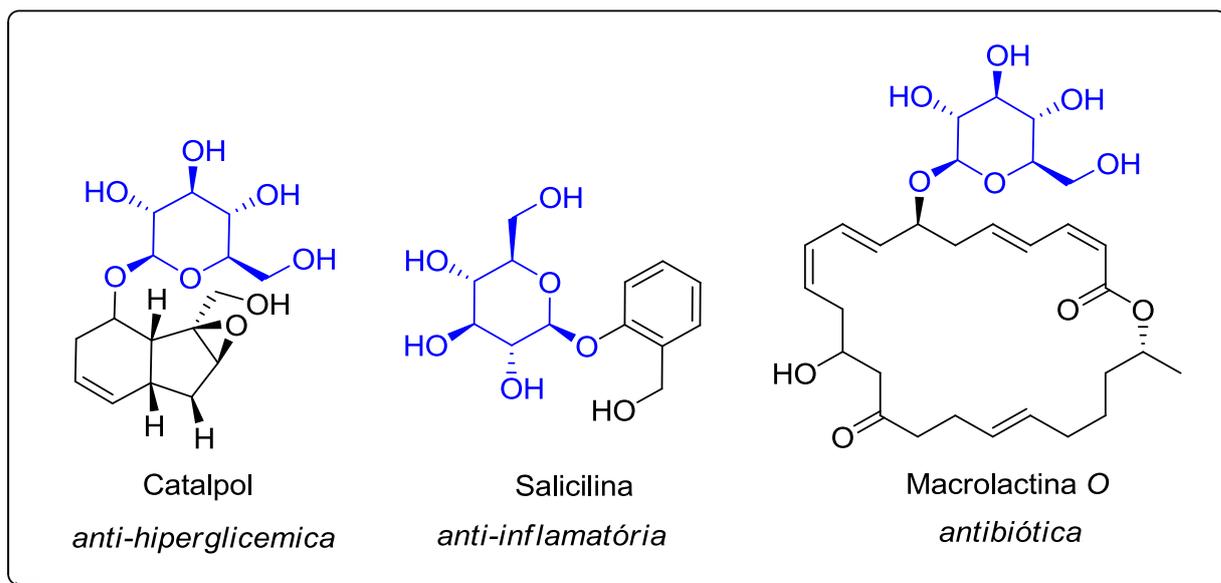
situações apontam, de maneira indubitável para a necessidade do desenvolvimento de novos fármacos (THOMAS, 2012).

A necessidade de novos agentes terapêuticos, bem como o desenvolvimento de seu processo de descoberta faz com que se voltem às atenções para moléculas promissoras que possam vir a suprir os problemas relatados. Neste âmbito, uma classe de moléculas que vem atraindo a comunidade científica são os O-glicosídeos, moléculas simples, derivadas de fontes naturais com interessantes atividades já relatadas, e que compõem diversos produtos naturais (FREITAS et al., 2012; ALMEIDA, 2015).

Diferentes resíduos de carboidrato são capazes de reagir com outros carboidratos (gliconas), ou moléculas de outra natureza (agliconas), através do seu carbono anomérico, formando assim as ligações glicosídicas. A partir destas reações uma infinidade de derivados pode ser sintetizada, dando origem a novas moléculas que podem apresentar ações amplificadas ou diversificadas (MATA, 2017).

A literatura relata um grande número de glicosídeos com importantes atividades farmacológicas, a saber: ação anti-inflamatória, antibiótica, antiviral, antitumoral, imunológica, anticoagulante e antiprotozoária (ALMEIDA, 2015). Estas estruturas também compõem diversos produtos naturais com atividades variadas, como o catalpol, a salicilina e a marolactina O (Figura 1) (FREITAS et al., 2012).

Figura 1. Exemplos de O-glicosídeos naturais com ação farmacológica.



Fonte: Próprio autor.

Outros estudos apontam diversos *O*-glicosídeos sintéticos com atividades promissoras, como é o caso do trabalho de Cordeiro e colaboradores (2014), em que a porção aglicona da molécula é um produto natural isolado de plantas do gênero *Piper* spp., e os trabalhos de Goyard e colaboradores (2015) e Polakova e colaboradores (2015), nos quais os glicosídeos apresentam-se conjugados a fragmentos contendo anéis triazólicos.

O trabalho de Kimura e colaboradores (2015) relata a ação inibitória de *O*-glicosídeos de flavonol com diferentes tipos de agliconas isoladas das folhas de Índigo sobre a atividade de HMG-CoA redutase, a principal enzima da biossíntese de colesterol.

O interesse por estes *O*-glicosídeos é intensificado pelo fato deles serem obtidos a partir de carboidratos simples e comuns presentes nos organismos vivos, como, por exemplo, a D-glicose e a D-galactose, o que pode implicar em uma maior biocompatibilidade e baixa toxicidade (DELBIANCO et al., 2016).

No entanto, para que estas moléculas se tornem fármacos e desempenhem seu papel na melhoria da saúde devem primeiramente passar por inúmeros testes clínicos, um processo que leva um longo tempo, apresenta um custo elevado, além da considerável utilização de animais, o que desperta uma busca por métodos alternativos que venham solucionar estes problemas (SANTOS, 2011).

A trajetória desde a descoberta de uma molécula promissora até a sua aplicação como produto farmacêutico é bastante longa e formada por diversas etapas. Durante a pesquisa e desenvolvimento de um novo fármaco, a molécula é submetida a inúmeros estudos *in vitro* e *in vivo* a fim de garantir sua efetividade e segurança (KNOP; MARIA, 2017).

Para alcançar este objetivo, o modelo animal vem sendo utilizado há bastante tempo por diversas áreas de desenvolvimento técnico-científico. Entretanto, esta prática vem sendo criticada por diversos segmentos da sociedade devido o sofrimento dos animais envolvidos, sendo exigido da comunidade científica e das autoridades testes alternativos à experimentação animal (VICTAL te al., 2014).

Neste horizonte, a química medicinal se empenha para oferecer ferramentas que possam facilitar o processo de descoberta de novos fármacos, merecendo destaque para as análises *in silico*, ferramentas que utilizam métodos computacionais e matemáticos com comprovada efetividade para prever uma grande diversidade de características biológicas de uma molécula em um menor tempo e com custo reduzido (PAPA, 2017).

Estas metodologias inovadoras vêm se unindo a diferentes estratégias para a obtenção de novas moléculas, onde se destacam as modificações moleculares, uma vez que objetivam o

desenvolvimento de agentes com características agradáveis de eficácia e segurança (LÚCIO NETO, 2011).

Diante da crescente necessidade de novos fármacos, dos entraves notados no processo de pesquisa e desenvolvimento dos mesmos e das favoráveis características químicas, biológicas, toxicológicas e de biocompatibilidade dos carboidratos, o presente trabalho buscou a obtenção de moléculas que possam vir a suprir estas importantes necessidades, utilizando métodos simples e eficazes para colaborar com a descoberta de novos agentes com boas características farmacológicas e que sejam seguras para o homem e meio ambiente.

Desta forma, diferentes análises *in silico* foram realizadas para o glicosídeo 2,3-insaturado obtendo-se resultados quanto a suas características farmacocinéticas, farmacodinâmicas, a semelhança com outros fármacos e a probabilidade de atividade.

Os resultados obtidos com o advento das ferramentas *in silico* enaltecem o potencial deste glicosídeo 2,3-insaturado, apresentando uma probabilidade comprovada de desencadear diferentes efeitos farmacológicos, a citar ação antineoplásica, antibiótica contra diversos organismos, antialérgica, inseticida, antitrombótica, antinociceptiva e se comportar como inibidor enzimático. Além disso, foi demonstrado que o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo é capaz de agir por diferentes vias sem apresentar efeitos tóxicos se tendo ainda a probabilidade de administração oral.

Pode-se concluir que tais resultados são suficientes para que se fomente o desenvolvimento de mais estudos que visem explorar as atividades que esta molécula e seus derivados possam expressar, buscando identificá-las, entendê-las e moldá-las, cooperando para o processo de desenvolvimento de novos fármacos.

METODOLOGIA

Diferentes análises foram realizadas para o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo obtendo-se resultados quanto a suas características farmacocinéticas, farmacodinâmicas, a semelhança com outros fármacos e a probabilidade de atividade. Para isso, foram utilizadas três plataformas: os programas *Osiris Property Explorer*, *Molinspiration Online Property Calculation Toolkit* e Previsão do espectro de atividade para substâncias (PASS) *online*.

A ferramenta Osiris é um *software online* capaz de gerar algoritmos preditivos de potencial risco toxicológico a partir da estrutura molecular estudada. Tal predição é baseada na comparação entre os fragmentos estruturais da molécula analisada com um conjunto de fragmentos do “Registro de Efeitos Tóxicos de Substâncias Químicas” (RTECS), do “Centro de controle e prevenção de doenças” (CDC), um órgão norte-americano, e com mais de três mil fármacos comerciais (BRITO, 2010).

Após a análise, o programa expressa probabilidade de a molécula demonstrar mutagenicidade, tumorigenicidade, irritabilidade e interferência na reprodução humana através de cores, em que a cor vermelha indica alto risco, a cor amarela risco moderado e a cor verde sem risco.

Molinspiration Online Property Calculation Tollkit

A ferramenta *Molinspiration* possibilita o cálculo de importantes propriedades físico-químicas da molécula. Estes parâmetros foram utilizados para avaliar o padrão de biodisponibilidade teórica do glicosídeo 2,3-insaturado baseando-se na “Regra dos Cinco” desenvolvida por Lipinski e colaboradores (1997).

Este *software* também foi utilizado para avaliar a probabilidade deste composto atuar em diferentes alvos farmacológicos gerando uma noção de suas características farmacodinâmicas. Foi avaliada a probabilidade da molécula agir como: ligante de receptores acoplados à proteína G (GPCR), modulador de canal iônico, inibidor de quinase, ligante de receptor nuclear, inibidor de protease e inibidor enzimático (ERTL; ROHDE; SELZER, 2000).

PASS online

A ferramenta *PASS online* foi projetada com o objetivo de avaliar o potencial biológico geral de uma molécula orgânica sobre o organismo humano. Esta ferramenta faz uso de uma abordagem de Relação Estrutura Atividade Quantitativa (*Quantitative structure-activity relationships* - QSAR) que se baseia na decomposição da molécula em descritores 2D e/ou 3D, seguida da geração de modelos obtidos de ligantes bioativos (MALGORZATA; GRIFFITH, 2013).

Mais de 3500 atividades biológicas potenciais são analisadas, incluindo os efeitos farmacológicos, mecanismos de ação, efeitos tóxicos e adversos, interação com enzimas metabólicas e transportadores, ação toxicológica para alguns organismos, tais como

protozoários, micro-organismos e organismos terrestres e aquáticos relacionados a impacto ambiental, entre outras informações (OLIVEIRA, 2014).

O programa consulta um banco de dados e realiza a comparação entre a molécula estudada e outras moléculas com atividade biológica definida, fornecendo uma previsão das possíveis atividades que a molécula teste possa expressar. Os resultados são expressos em probabilidade da molécula ser ativa para determinada atividade biológica (P_a – probabilidade “de ser ativo”) e probabilidade da molécula ser inativa para determinada atividade biológica (P_i – probabilidade “de ser inativo”) (CHAND, 2011; KHURANA et al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ser oriundo de uma classe com interessantes características químicas, biológicas e industriais, o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo sustenta a hipótese de se comportar como um bom fármaco no meio biológico, principalmente pela expectativa de baixa toxicidade oriunda desta classe química.

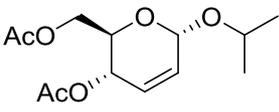
Diante das características promissoras do *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo, notou-se a necessidade de ir além nos estudos a fim de explorar como essa molécula pode se comportar no meio biológico e quais ações são esperadas para a mesma, o que foi possível com o advento dos métodos *in silico*.

O programa *Osiris Property Explorer*, foi utilizado para a realização das análises de toxicidade do glicosídeo. A análise foi realizada pela busca de fragmentos na estrutura da molécula testada que indiquem risco de toxicidade.

Conforme descrito pelo programa, uma análise realizada com 3.343 fármacos evidenciou que: 88% deles não apresentava risco de mutagenicidade; 92% não apresentava risco de causar efeitos irritantes; 94% não apresentava risco de tumorigenicidade; e 90% não apresentava risco de interferir na reprodução. Isso nos leva a concluir que o ideal é a ausência da possibilidade de risco na molécula analisada. Os resultados obtidos para o composto sintetizado encontram-se listados na Tabela 1.

A análise apontou a ausência de fragmentos estruturais indicadores de risco na molécula do *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo, resultando em uma baixa probabilidade desta molécula vir a apresentar efeitos tóxicos para os parâmetros avaliados.

Tabela 1. Predição de toxicidade do *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo a partir do *software Osiris*.

Glicosídeo 2,3-insaturado	Toxicidade			
	Mutagênico	Tumorigênico	Irritante	Reprodução
 <p style="text-align: center;">3</p>	Sem risco	Sem risco	Sem risco	Sem risco

Fonte: Próprio autor.

Estes resultados corroboram com o que é descrito por Delbianco e colaboradores (2016), os quais defendem que a utilização de moléculas biocompatíveis para o desenvolvimento de novos fármacos é uma forma de resolver os problemas de citotoxicidade que muitas vezes inviabilizam a utilização de uma molécula como agente terapêutico.

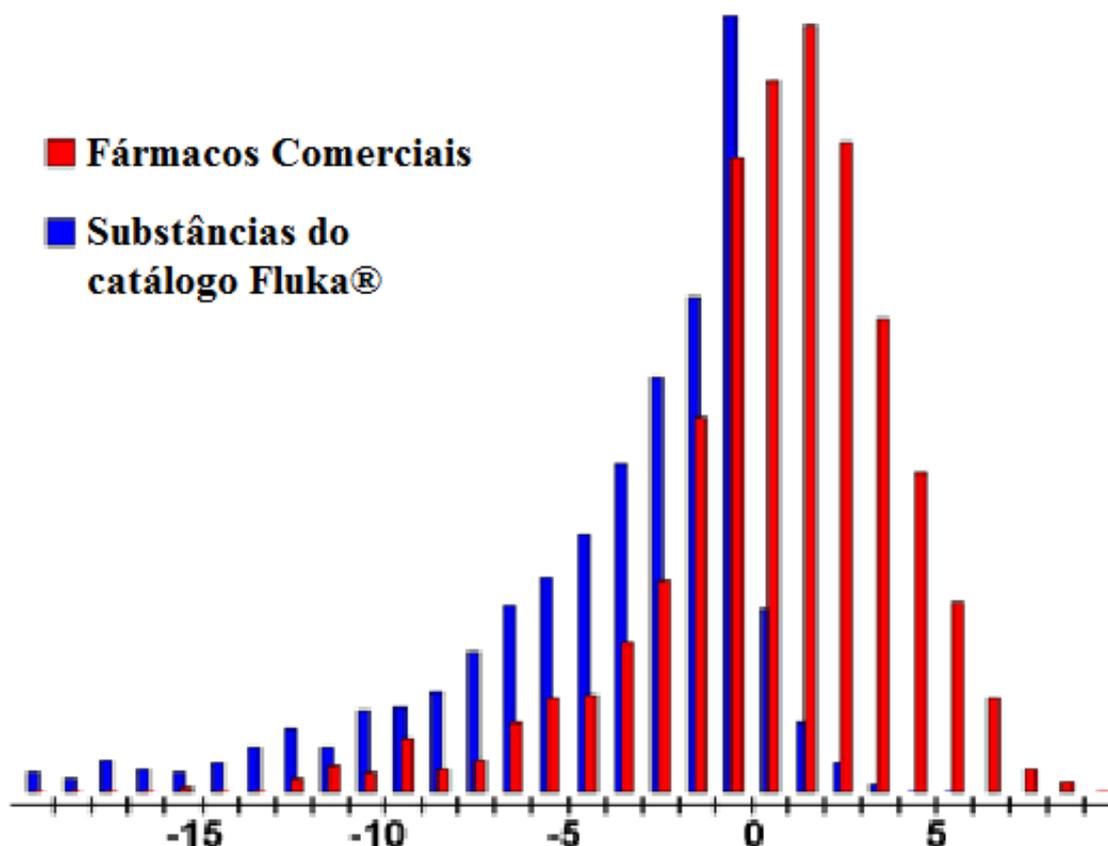
A partir do *software Osiris* foi possível obter os valores de *drug-likeness* e *drug score*, os quais avaliam a probabilidade de uma molécula tornar-se um novo fármaco baseado em suas características físico-químicas e biológicas, bem como na sua semelhança com outras moléculas já em comercialização.

O valor de *drug-likeness* avalia a semelhança da molécula testada com uma lista criada a partir da fragmentação de 3.300 fármacos comerciais e 15.000 substâncias químicas não medicamentosas presentes no catálogo Fluka[®] resultando em uma lista completa com todos os fragmentos disponíveis (URSO et al., 2011).

Uma pontuação é gerada exprimindo a semelhança da molécula teste com o banco de dados indicando a probabilidade desta vir a se tornar um fármaco futuramente. Como mostrado na Figura 2, 80% dos fármacos apresenta um valor positivo de *drug-likeness*, ao passo que a grande maioria das substâncias não medicamentosas apresenta valores negativos, por isso, o ideal é que o candidato a novo fármaco apresente um valor de *drug-likeness* positivo.

O *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo apresentou um valor de *drug-likeness* positivo (0,45) de forma semelhante a 80% dos fármacos analisados pelo programa, indicando a semelhança entre eles e fomentando a possibilidade deste composto vir a apresentar as mesmas características estruturais que levaram os demais fármacos à comercialização.

Figura 2. Distribuição dos valores de drug-likeness dos fármacos comerciais e das substâncias pertencentes ao catálogo Fluka®.



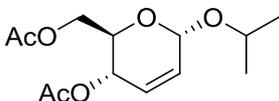
Fonte: [http:// www.organic-chemistry.org/prog/peo/druglikeness.html](http://www.organic-chemistry.org/prog/peo/druglikeness.html)

O *drug score* é calculado combinando-se os resultados de *drug-likeness*, da lipofilicidade (cLogP), da solubilidade (LogS) e do risco de toxicidade, gerando um valor útil que pode ser usado para avaliar o potencial geral do composto para se tornar um medicamento.

Segundo os critérios estabelecidos, quanto mais próximo de 1 (um) for o resultado de *drug score*, maior é a probabilidade teórica dessa molécula vir a se tornar um bom fármaco. O *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo obteve uma pontuação de 0,76 indicando uma harmonia entre suas características moleculares e apontando uma elevada probabilidade de se tornar um bom fármaco.

O próximo passo foi realizar um levantamento dos parâmetros físico-químicos do *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo utilizando o programa *Molinspiration Online Property Calculation Tollkit*, onde os resultados obtidos encontram-se listados na Tabela 2.

Tabela 2. Predição do perfil farmacocinético baseado na “Regra dos cinco”.

Glicosídeo 2,3- insaturado	cLogP	MM	nDLH	nALH	Nº de Violações
 <p style="text-align: center;">3</p>	1,49	272,30	0	6	0

Legendas: cLogP: coeficiente de partição; MM: peso molecular; nDLH: doadores de ligação hidrogênio; nALH: aceptores de ligação hidrogênio.

Fonte: próprio autor.

Lipinski (2004) desenvolveu uma regra conhecida como a “Regra dos 5”, a qual determina que um fármaco apresentará uma boa biodisponibilidade oral quando satisfizer um conjunto de pré-requisitos, a saber:

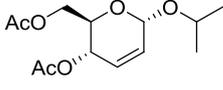
- ✓ Apresentar massa molecular (MM) menor do que 500 Daltons;
- ✓ Coeficiente de partição (cLogP) menor que 5;
- ✓ Máximo de cinco grupos doadores de ligação hidrogênio (nDLH);
- ✓ Máximo de dez grupos aceptores de ligação hidrogênio (nALH).

De acordo com a Tabela 3, os pré-requisitos de Lipinski (2004) para o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo foram todos satisfeitos, indicando que a molécula apresenta um ótimo potencial de biodisponibilidade oral. Tal dado é extremamente relevante, pois apesar de existir outras vias de administração, a via oral continua sendo preferencial devido aos benefícios como: conveniência, baixo custo, possibilidade de autoadministração, maior adesão ao tratamento e menores risco de desencadear infecções sistêmicas no usuário (GOLAN et al., 2014).

Ainda utilizando o *Molinspiration* foi avaliado o possível comportamento farmacodinâmico da molécula aqui estudada, sendo os resultados mostrados na Tabela 3.

Segundo Singh, Gupta e Verma (2013) existe uma probabilidade da molécula apresentar uma boa bioatividade quando sua pontuação for maior que 0,0 (valores positivos). Uma pontuação entre -5,00 e 0,0 demonstra a possibilidade de moderada bioatividade e uma pontuação menor que -5,00 é indicativo de inatividade.

Tabela 3. Predição de alvos farmacodinâmicos a partir do software *Molinspiration*.

Glicosídeo 2,3-insaturado	Ligante GPCR	Modulador Canal Iônico	Inibidor Quinase	Ligante Receptor Nuclear	Inibidor Protease	Inibidor de Enzima
 3	0,05	0,03	-0,38	0,04	-0,24	0,25

Fonte: Próprio autor.

Sendo assim, o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo apresentou um bom potencial e pode se comportar como ligante de GPCR, modulador de canal iônico, ligante de receptor nuclear e inibidor enzimático, o que nos leva a observar o quão promissora se mostra a molécula testada. Sua atividade como inibidor de quinase e inibidor de protease se mostraram moderadas, porém muito próximas de um valor positivo.

A plataforma ainda ressalta, após a análise, as atividades que mais se destacam para a molécula teste. No estudo em questão a de inibidor enzimático se destacou, o que aumenta ainda mais o interesse pela molécula, uma vez que inúmeros processos bioquímicos importantes para o controle da homeostasia, bem como o tratamento de doenças envolvem a participação de enzimas no processo.

Utilizando-se a plataforma *PASS online* realizou-se um levantamento dos potenciais efeitos e alvos biológicos do *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo, resultando em valores percentuais que apontam a probabilidade da molécula ser ativa para determinada atividade biológica (P_a) e probabilidade da molécula ser inativa para determinada atividade biológica (P_i).

Este estudo apontou que o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo apresenta 19 possíveis atividades em que os valores de P_a são maiores que 70%, as quais encontram-se sumarizadas na Tabela 4. Estes resultados apontam atividades de extrema relevância, como a ação antineoplásica, antiprotozoária e antifúngica.

A análise da Tabela 4 também nos mostra que das 19 atividades citadas para o glicosídeo 2,3-insaturado 12 delas compreendem processos de inibição enzimática, o que corrobora o resultado anteriormente apontado pelo programa *Molinspiration* quando este ressalta a ação de inibidor enzimático como a mais pronunciável para esta molécula.

Tabela 4. Atividades previstas para o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo com uma probabilidade de atividade maior que 70%.

Pa	Pi	Atividade
0,888	0,014	Agonista da integridade da membrana
0,861	0,002	Inibidor da Micotiol-S-conjugada amidase
0,841	0,010	Inibidor da Açúcar-fosfatase
0,831	0,009	Antineoplásico
0,826	0,007	Inibidor da permeabilidade de membrana
0,820	0,005	Inibidor da Ribulose-fosfate 3-epimerase
0,829	0,024	Inibidor da CDP-glicerol glicerofosfotransferase
0,804	0,005	Inibidor da UDP-N-acetilglicosamina 4-epimerase
0,808	0,016	Inibidor da Benzoato-CoA ligase
0,795	0,007	Antagonista da integridade da membrana
0,790	0,019	Inibidor da Alcenilglicerofosfocolina hidrolase
0,768	0,005	Inibidor da Metaloendopeptidase IgA-especifica
0,760	0,006	Antiprotozoário (Leishmania)
0,742	0,009	Inibidor da Manganês peroxidase
0,745	0,027	Substrato da CYP2H
0,726	0,008	Antifúngico
0,722	0,015	Inibidor da Exoribonuclease II
0,711	0,014	Inibidor da Fucosterol-epóxido ligase
0,702	0,017	Imunossupressor

Legenda: Pa: Probabilidade “de ser ativo”; Pi: Probabilidade “de ser inativo”.

Fonte: Próprio autor.

O programa ainda aponta outras atividades bastante interessantes para o glicosídeo aqui estudado quando os valores de Pa são menores que 70%, as quais encontram-se listadas na Tabela 5.

Estes resultados apontam as principais atividades esperadas para o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo, ajudando no direcionamento dos testes a serem desenvolvidos para o descobrimento e entendimento de suas possíveis ações farmacológicas.

Tabela 5. Outras atividades previstas para o *iso*-propil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo.

Pa	Pi	Atividade
0,656	0,009	Antiviral (Influenza)
0,634	0,004	Antiviral (Rhinovirus)
0,598	0,009	Antibacteriano
0,573	0,007	Antiprotozoário
0,562	0,009	Anti-helmíntico (Nematoides)
0,495	0,021	Antimetastático
0,499	0,041	Antialérgico
0,421	0,005	Inseticida
0,441	0,025	Anticarcinogênico
0,425	0,044	Antitrombótico
0,421	0,093	Antinociceptivo

Legenda: Pa: Probabilidade “de ser ativo”; Pi: Probabilidade “de ser inativo”.

Fonte: Próprio autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com o advento das ferramentas *in silico* enaltecem o potencial deste glicosídeo 2,3-insaturado, apresentando uma probabilidade comprovada de desencadear diferentes efeitos farmacológicos, podendo agir por diferentes vias sem apresentar efeitos tóxicos se tendo ainda a probabilidade de administração oral.

Estas ferramentas ainda apontam uma elevada probabilidade deste glicosídeo 2,3-insaturado desempenhar atividades farmacológicas de extrema relevância, podendo atuar principalmente como antineoplásico, antibiótico contra diversos organismos, antialérgico, inseticida, antitrombótico, antinociceptivo e inibidor enzimático.

Pode-se concluir que tais resultados são suficientes para que se fomente o desenvolvimento de mais estudos que visem explorar as atividades que esta molécula e seus derivados possam expressar, buscando identificá-las, entendê-las e moldá-las, cooperando para o processo de desenvolvimento de novos fármacos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. L. A. **Planejamento sintético e avaliação antitumoral de carboidratos enônicos**. 2015. Monografia (Licenciatura em química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, Cuité. 2015.
- BRITO, M. A. Avaliação de propriedades farmacológicas de fármacos in silico no curso experimental de química medicinal. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 17, n. 4, p. 22-29, 2010.
- CHAND, B. Structure – Bioactivity – Relation ships and crystallographic analysis of secondary interactions in Pregnane-BasedSteroids. **Journal Chemical Crystallography**, v. 41, n. 12, p. 1901-1926, 2011.
- CORDEIRO, K. C. F. A.; REZENDE, K. R.; VAZ, B. G.; ROMÃO, W.; LIAO, L. M. GIL, E. S.; DE OLIVEIRA, V. Biosynthesis and antioxidant activity of 4-NCR- β -glycoside. **Tethaedron Letters**, v. 54, n. 48, p. 6656-6659, 2014.
- CORRÊA, M. C. D. V.; RODRIGUES, P. H. A.; CAETANO, R. Os medicamentos como uma questão estratégica para a viabilidade do Sistema Único de Saúde. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 28, n. 1, 2018.
- DELBIANCO, M.; BHARATE, P.; VARELA-ARAMBURU, S.; SEEBERGER, P. H. Carbohydrates in Supramolecular Chemistry. **Chemical Reviews**, v. 116, n. 4, p. 1693-1752, 2016.
- ERTL, P.; ROHDE, B.; SELZER, P. Fast calculation of molecular polar surface area (PSA) as a sum on fragment-based contributions and its application to the predictons of drug transport properties. **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 43, n. 1, p. 3714-3717, 2000.
- FREITAS, J. C. R.; COUTO, T. R.; PAULINO, A. A. S.; FREITAS FILHO, J. R.; MALVESTITI, I.; OLIVEIRA, R. A.; MENEZES, P. H. Stereoselective synthesis of pseudoglycosides catalysed by TeCl₄ under mild conditions. **Tetrahedron Letters**, v. 68, p. 8645-8654, 2012.
- GOLAN, D. E.; TASHJIAN JUNIOR, A. H.; ARMSTRONG, E. J.; ARMSTRONG, A. W. **Princípios de farmacologia: a base fisiopatológica da farmacoterapia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- GOYARD, D.; DOCSA, T.; GERGELY, P.; PRALY, J. P.; VIDAL, S. Syntesis of 4-amidomethyl-1-glucosil-1,2,3-triazoles and evaluation as glycogen phophorylase inhibitors. **Carbohydrate research**, v. 402, p. 245-251, 2015.

- KHURANA, N. I.; MOHAN, P. S.; GAJBHIYE, A.; GOEL, R. K. PASS assisted prediction and pharmacological evaluation of novel nicotinic analogs for nootropics activity in mice. **European Journal of Pharmacology**, v. 662 n. 1-3, p. 22-30, 2011.
- KIMURA, H.; TOKUYAMA, S.; ISHIHARA, T.; OGAWA, S.; YOKOTA, K. Identification of new flavonol O-glycosides from indigo (*Polygonum tinctorium* Lour) leaves and their inhibitory activity against 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 108, p. 102-112, 2015.
- KNOP, L. B.; MARIA, D. A. Métodos substitutivos e a experimentação animal: um enfoque inovador. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório**, v. 4, n. 2, p. 101-114, 2017.
- LIPINSKI, C. A. Lead and drug-like compounds: the rule-of-five revolution. **Drug discovery today: Technologies**. v. 1, n.1, p. 337-341, 2004.
- LIPINSKI, C.A.; LOMBARDO, F.; DOMINY, B.W.; FEENEY, P.J. Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 23, p. 4-25, 1997.
- LÚCIO NETO, M. P. **Avaliação tóxica, citotóxica, genotóxica e mutagênica do composto 3-(2-cloro-6-fluorobenzil) – imidazolidina-2,4-diona em células eucarióticas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2011.
- MALGORZATA, N.D.; GRIFFITH, R. Combination of ligand- and structure based methods in virtual screening. **Drug Discovery Today: Technologies**, v. 10, n. 3, p. 395-401, 2013.
- MATA, M. M. S. **1,2,4-oxadiazóis e O e S-glicosídeos-2,3-insaturados: síntese e caracterização estrutural**. 2017. Dissertação (mestrado em química) – Universidade federal Rural de Pernambuco, Recife. 2017.
- OLIVEIRA, M. L. G. **Avaliação in silico do potencial farmacológico e toxicológico de friedelanos, lupanos e derivados**. 2014. Tese (doutorado em ciências – química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2014.
- PAPA, E. ARNOD, J A.; SANGION, A.; GRAMATICA, P. In Silico Approaches for the Prediction of In Vivo Biotransformation Rates. In: ROY, K. **Advances in QSAR Modeling**. Springer International Publishing, v. 24, p. 425-451, 2017.
- POLAKOVA, M.; STANTON, R.; WILSON, I. B. H.; HOLKOVÁ, I.; SESTÁK, S.; MACHOVÁ, E.; JANDOVÁ, Z.; KONA, J. ‘Click chemistry’ synthesis of 1-(α -d-mannopyranosyl)-1,2,3-triazoles for inhibition of α -mannosidases. **Carbohydrate Research**, v. 406, p. 34-40, 2015.

SANTOS, C. E. M.; RODRIGUES, A. S. Toxicologia in silico: contexto de aplicação e o modelo de custo-efetividade nos testes alternativos. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 3, p. 92-113, 2011.

SINGH, S.; GUPTA, A.K.; VERMA, A. Molecular properties and bioactivity score of Aloe vera antioxidant compounds-in order to lead finding. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 876-881, 2013.

THOMAS, G. **Química medicinal: uma introdução**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

URSO, O.; RAYAN, A.; GOLDBLUM, A.; OPREA, T. I. Understanding drug-likeness. **Wiley Interdisciplinary Reviews**, v. 1, n. 5, p. 760-781, 2011.

VICTAL, J. C.; VALÉRIO, L. B.; OSHIRO, M. C.; BAPTISTA, S. C.; PINHEIRO, F. Métodos alternativos in vitro e in silico: métodos auxiliares e substitutivos à experimentação animal. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 36-57, 2014.

MONITORAMENTO DAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DA ENZIMA ACETILCOLINESTERASE OBTIDAS NA PLATAFORMA PATENTINSPIRATION®

Francisco Carlos de Medeiros Filho ¹

Rodrigo Ribeiro Alves Caiana ²

Nilton Ferreira Frazão ³

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o monitoramento da geração de tecnologias utilizando a enzima *acetilcolinesterase* (*AChE*) no qual buscou os principais bancos de patentes para obtenção das informações. Esse levantamento foi gerado através da plataforma PatentInspiration®, aplicando critérios de busca da palavra-chave. Foram realizadas análises “macro”, “meso” e “micro”, considerando-se as principais características que fazem relação a enzima *acetilcolinesterase* ao desenvolvimento tecnológico. De acordo com os resultados da pesquisa, a análise da distribuição de patentes por ano de depósito, pode-se verificar que houve uma quantidade significativa ao longo dos 20 anos (1999 a 2019) sobre as tecnologias referentes a *acetilcolinesterase*. A tendência de estudos sobre essa enzima é de crescimento nos anos recentes 2016 a 2019. O Brasil e Estados Unidos são os que mais se destacam em quantidades de patentes depositadas referente a enzima *AChE*. Já a Espanha, Itália e Bélgica encontram-se no grupo de “países baixos” com apenas um documento (1 patente). Esse trabalho é relevante pois apresenta contribuições significativas no estudo de inibição dessa enzima com a utilização de fármacos para o tratamento de doenças neurodegenerativas, como a doença do Alzheimer e Parkinson.

Palavras-chave: Monitoramento, Acetilcolinesterase, PatentInspiration.

INTRODUÇÃO

A *acetilcolinesterase* (*AChE*) é uma enzima pertencente da família colinesterases, sendo responsável por romper a comunicação neurotransmissora da *acetilcolina* (*ACh*) nas sinapses colinérgicas. Durante esse processo, a acetilcolina efetua a transmissão de informações de um neurônio a outro (WESTFALL; WESTFALL, 2006). As sinapses colinérgicas apresentam diversas funções fisiológicas no indivíduo, na região do sistema nervoso central e periférico. O sistema nervoso central é responsável pelo controle motor, cognição e memória, já o sistema nervoso periférico tem a função de modular os impulsos nervosos que controlam os batimentos cardíacos.

¹ Mestrando do Curso de Ciências Naturais e Biotecnologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, carlosfilho1202@gmail.com ;

² Mestrando do Curso de Ciências Naturais e Biotecnologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, rodrigoriibeiroalves@hotmail.com;

³ Doutor em Física pela UFRN e Professor da UFCG, niltonfrazao@gmail.com;

A ACh é um neurotransmissor que se constitui no espaço terminal dos neurônios considerada axônio terminal, que se integra em vesículas sinápticas e, quando chega um impulso nervoso é liberada pelo neurônio na região sináptica, que é atraído pelos receptores colinérgicos que estão localizados próximos aos neurônios (STANDAERT, D. G.; YOUNG, 2006). Quando entra em contato com esses receptores, regenera um impulso nervoso no neurônio, levando assim as informações cognitivas. Para aumentar a função da ACh é necessário inibir a função da enzima acetilcolinesterase. Já existe alguns fármacos inibidores da AChE que são utilizadas no tratamento de doenças neurodegenerativas, como a doença Alzheimer (DA) leve e moderada, sendo eles, Rivastigmina, Donepezil, Tacrina e Galantamina.

Os fármacos que atuam como inibidor dessa enzima, apresentam propriedades semelhantes, apesar de alguns componentes farmacocinéticos e farmacodinâmicos se diferirem entre eles, os efeitos contribuem para manutenção da comunicação sináptica da acetilcolina.

Existem diversos fármacos que atuam como alvo as sinapses colinérgicas, podendo ativar na enzima AChE, inibindo-a ou reativando-a, como também manifestar em receptores de ACh como agonista ou antagonista. Esses fármacos que apresentam atividade de inibição são considerados anticolinérgicos. A AChE quando inibida ativa a função de não hidrolisar a ACh promovendo uma interrupção na fenda sináptica. O inibidor da AChE no sistema nervoso central como a Rivastigmina tem função de promover o tratamento específico em paciente portadores de doenças neurodegenerativas, como a doença Alzheimer (INOUE; OLIVEIRA, 2004).

A inibição da acetilcolinesterase tem várias importantes aplicações em tratamentos médicos, principalmente no que se refere as doenças neurodegenerativas, como a doença Alzheimer (DA), uma das mais recorrentes em pessoas com idade avançada, afetando mais de 35,6 milhões de pessoas em todo o mundo. Esta doença pode causar diversos problemas, pode causar a diminuição da atividade dos neurônios colinérgicos, no entanto, pode ser tratado aumentando a quantidade do neurotransmissor acetilcolina (STANDAERT, D. G.; YOUNG, 2006).

A doença do Alzheimer (DA) pode ser considerada neurodegenerativa, caracterizada basicamente por deterioração cognitiva e perda de memória, que ocorre de forma insidiosa, lenta e progressiva (WANNMACHER, 2005). Nos Estados Unidos, avaliou-se que cerca de 5,4 milhões de pessoas apresentam DA, sendo esta a sexta causa de morte no país (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2011). Além da idade, perda de memória, outros fatores de risco são constatemente associados à DA. Fatores genéticos como mutações são

relacionados ao desenvolvimento da doença, verificando-se ainda um aumento de risco considerável para pessoas com histórico familiar de demência (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2011).

As alterações nos níveis de DA estão associadas por meio de diversas doenças tais como a doença de Parkinson (WARREN et al., 2017), esquizofrenia (EDDY, 2017), distúrbios bipolares (KWIATKOWSKI et al., 2017), discinesia tardia (VASAN; PADHY, 2017), Síndrome de Tourette (EDDY, 2017), autismo (BISSONETTEET; ROESCH, 2016), distúrbios alimentares (VOLKOW; WISE; BALER, 2017).

Os efeitos colaterais desses medicamentos (donepezil, rivastigmina, galantamina) podem atuar também de forma semelhante no indivíduo, como: náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal, considerando os efeitos gastrointestinais; variações de pressão arterial, arritmia, bradicardia, considerando os efeitos cardiovasculares; entre outros sintomas como tontura, câimbras, insônias sudorese (INOUYE; OLIVEIRA, 2004).

As novas perspectivas são o desenvolvimento de novos fármacos ou melhoramento desses para atuar na inibição da enzima AChE com intuito da promoção de resultados significativos. Drogas que sejam capazes de modificar o desenvolvimento natural da doença, com antecedentes no diagnóstico, fármacos com propriedades antiamilóides.

A análise de patentes tem como função investigar tecnologias referente ao estado da técnica que tenha gerado algum tipo de tecnologia, seja ela, relacionada a um produto ou processo. É no estado da técnica que identifica-se as aplicações tecnológicas que são geradas no decorrer dos anos, por inventores, seja por pessoa física, empresa ou instituições federais e que geram contribuição de algo novo para qualidade de vida das pessoas a partir do conhecimento obtido sobre diversas áreas do conhecimento.

O monitoramento tem a função de mapear as tecnologias que são desenvolvidas com o passar dos anos, descobrindo os inventores, os detentores, os países depositantes, as aplicações nas diversas áreas do conhecimento, como também, permite um análise mais detalhada e criteriosa da patente.

O trabalho teve como objetivo o monitoramento da geração de tecnologias utilizando a enzima acetilcolinesterase no qual buscou os principais bancos de patentes para obtenção das informações. Esse levantamento das informações foram gerados através da plataforma PatentInspiration®

METODOLOGIA

O método utilizado de monitoramento tecnológico para este trabalho foi obtida a partir das informações estabelecidas na plataforma PatentInspiration®. Esse estudo de busca possibilitou informações dos bancos de patentes, dispondo de outros bancos de dados.

A proposta metodológica da pesquisa, foi filtrar informações no banco de patentes, no contexto de aplicação tecnológica a partir da utilização do termo *acetilcolinesterase* possibilitando a busca de dados através de palavra-chave como: “acetilcolinesterase”. Os campos marcados foram título e resumo com intuito de obter o maior número de documentos de patentes no período estabelecido entre 1999 a 2019. Foram obtidos 68 documentos de patentes a partir das palavras-chave da pesquisa. No que se refere a leitura da patente, foram realizadas análises mais detalhadas a fim de obter informações em três níveis diferentes: macro, meso e micro.

A análise macro refere-se ao estudo dos documentos que são depositados a partir de uma série histórica, os países envolvidos, número de depósitos por ano, os inventores, as empresas que se comprometem com as pesquisas científicas e tecnológicas com parcerias a nível nacional e internacional.

Já na análise meso, os documentos foram selecionados a partir de aplicações mais relevantes em torno da “*acetilcolinesterase*” considerando critérios, como: Tipos de tecnologia, matéria-prima e análise de caracterização. Nos tipos de tecnologia são destacadas nos documentos etapas e tecnologias aplicadas. Na matéria-prima, quando são identificados nos documentos de patentes as principais matérias-primas. E por fim, na análise de caracterização considera o produto final, aplicação do material e suas características.

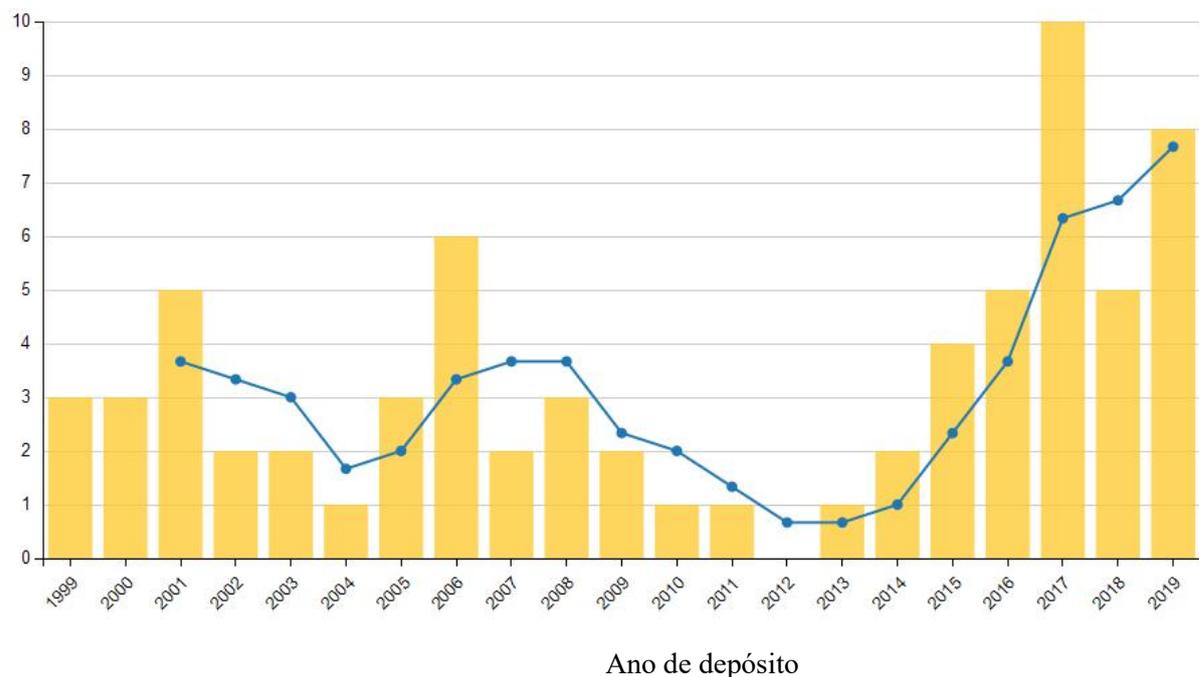
A análise nível micro, foram identificadas as particularidades e detalhamentos das tecnologias de interesse.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere a distribuição de documentos de patente foram registradas 68 patentes com a palavra-chave citada acima. Esse estudo possibilitou a verificação do número de patentes que já foram registrados por ano de depósito e a tendência de crescimento ao longo dos 20 anos. A seguir, foi demonstrado apenas o número de patentes no contexto geral de toda as palavras-chave atribuídas na plataforma.

A **figura 1** demonstrou a distribuição de patentes publicadas no período entre 1999 a 2019 que está relacionada a evolução tecnológica em quantidades por ano depositada. É possível notar que houve uma tendência de crescimento significativo com o passar dos anos, destacando-se o ano de 2017 com 10 patentes registradas com relação a enzima. Já o que obteve nenhum depósito foi no ano de 2012. Vale salientar que no ano de 2004, 2010, 2011 e 2013 apenas 1 registro relacionado às palavras-chaves aqui citadas.

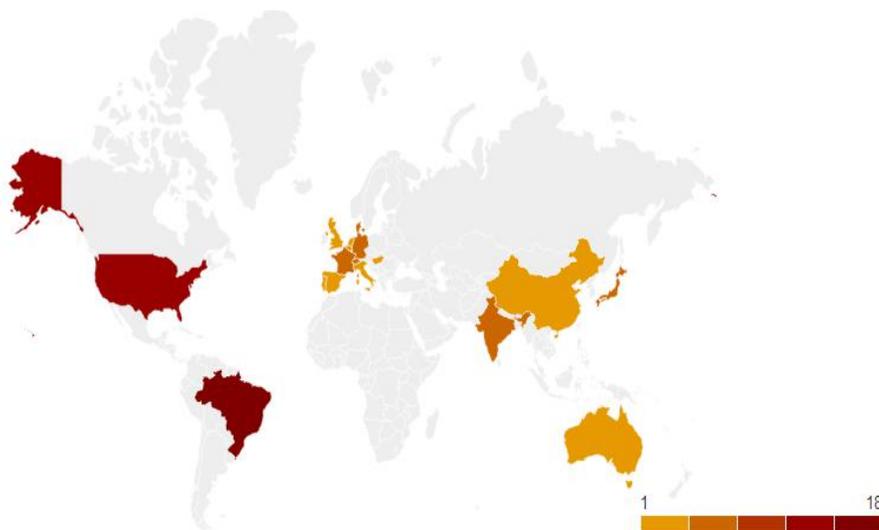
Figura 1. Distribuição de patente por ano de publicação.



Fonte: PatentInspiration® (2019)

De acordo com a distribuição da palavra-chave: “*acetilcolinesterase*”, destaca-se os países depositantes sendo o Brasil com o maior número de depósitos com 26,47% e Estados Unidos como segundo país depositante com 20,58%. Alguns países como Bélgica, Austrália, Alemanha, Itália e Espanha ficaram com apenas 1 patente depositada com percentual de 1,47% , ou seja, dentro do bloco de países que pouco deposita patentes.

Figura 2. Distribuição de patentes por países depositantes



Fonte: PatentInspiration® (2019)

A **figura 2** demonstra no mapa o número de patentes depositadas por países desenvolvidos e subdesenvolvidos no contexto de prospecção tecnológica a partir da enzima acetilcolinesterase considerando as regiões de coloração vermelha são os países que mais se destacaram no número de patentes. No Brasil, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) foi a instituição nacional que mais depositou patentes no INPI em 2017, com 77 pedidos, revela o estudo do INPI “Indicadores de Propriedade Industrial 2018”. (INPI, 2018)

De acordo com o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (2018): No ano de 2016, a Unicamp havia ocupado a segunda posição do ranking, com 62 pedidos. Outras instituições também, respectivamente, a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Universidade Federal da Paraíba e Universidade de São Paulo (USP).

Tabela 1 - Distribuição do número de patentes por países, *acetilcolinesterase*

País	Número de patentes	Porcentagem
Brasil	18	26,47%
Estados Unidos	14	20,58%
Dinamarca	5	7,35%

Índia	5	7,35%
Alemanha	4	5,88%
França	4	5,88%
Japão	3	4,41%
Suíça	3	4,41%
Reino Unido	2	2,94%
Portugal	2	2,94%
China	2	1,47%
Austrália	1	1,47%
Bélgica	1	1,47%
Itália	1	1,47%
Espanha	1	1,47%
Hungria	1	1,47%
Países baixos	1	1,47%

Fonte: PatentInspiration® (2019)

Na **figura 3** destaca-se a distribuição por número de patentes por inventor da *acetilcolinesterase* depositadas. Os inventores são destacados por pessoa física, empresas ou instituições que patenteiam com relação a enzima AChE no contexto de monitoramento tecnológica. Dentre vários, foram evidenciados apenas 10 inventores mais atuante com relação as essas pesquisas, que são geradas novas tecnologias.

Os inventores que desenvolveram tecnologias dessa enzima foram classificadas de acordo com as patentes depositadas com seus respectivos nomes. Entre eles, destacam-se Bhyrapuneni Gopinadh, Jasti Venkateswarlu, Jayarajan Pradeep com o maior número de depósito relacionado aos outros inventores. Em segundo os inventores Bolzani Vanderlan da Silva e Castro Newton G.

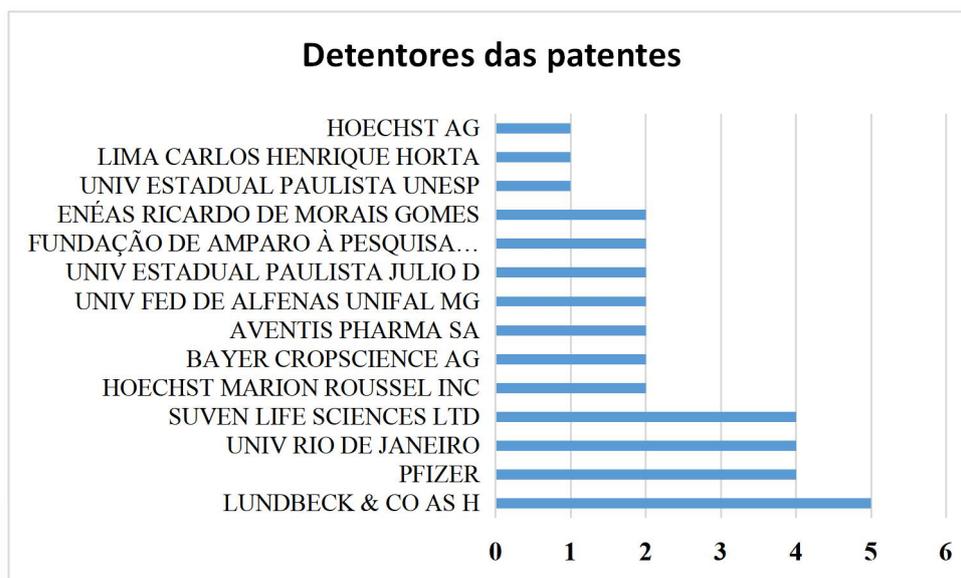
Figura 3. Distribuição do número de patentes por inventor, *acetilcolinesterase*

Inventor	Patents
BHYRAPUNENI GOPINADH	4
BOLZANI VANDERLAN DA SILVA	3
CASTRO NEWTON G	2
CHESSON SUSAN M	2
JASTI VENKATESWARLU	4
JAYARAJAN PRADEEP	4
NIROGI RAMAKRISHNA	4
O'MALLEY GERARD J	2
PALERMO MARK G	2
SHINDE ANIL KARBHARI	4

Fonte: PatentInspiration® (2019)

No que se refere aos detentores das patentes registradas pode-se verificar que foram selecionadas 15 instituições dentre várias que estão no bloco aplicante, utilizando o termo *acetilcolinesterase*. Destacando-se a empresa Lundbeck e CO AS H, Pfizer, Universidade Federal do Rio de Janeiro e Suven Life Sciences LTD como a maiores detentoras de números de patentes relacionadas ao estudo e produtos fornecidos (empresas) a essa enzima . Alguns detentores, como: Lima Carlos Henrique Horta e Enéas Ricardo de Moraes Gomes que se destacaram como aplicantes por pessoa física.

Figura 4. Detentores das patentes registradas, *acetilcolinesterase*

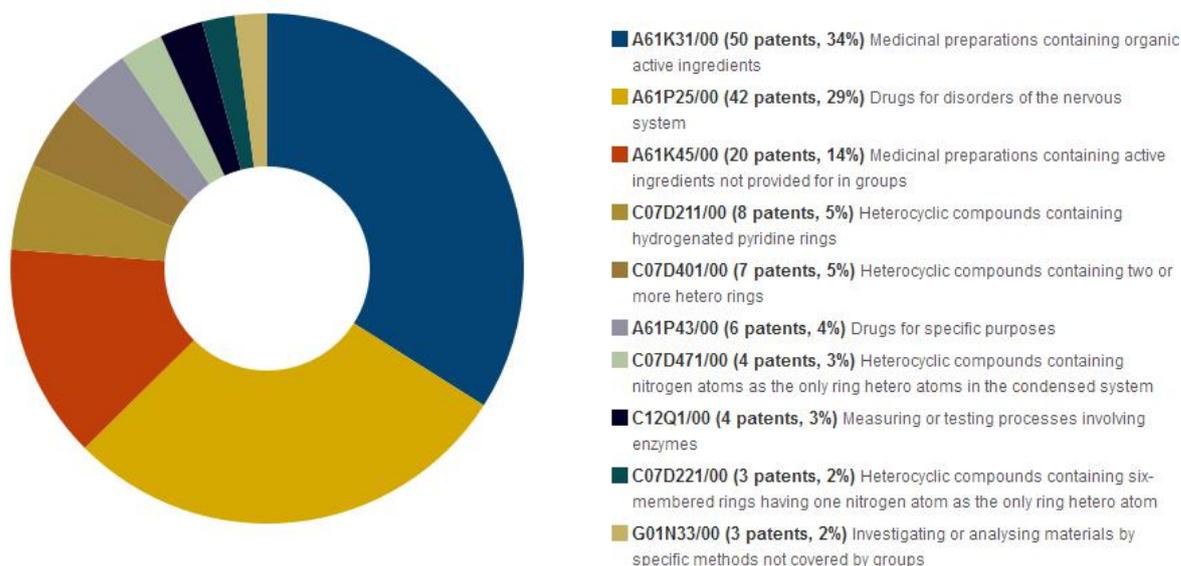


Fonte: PatentInspiration® (2019)

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Na plataforma foram selecionadas as 10 áreas tecnológicas que mais se destacaram a partir da palavra-chave enzima “*acetilcolinesterase*” que são classificados por código IPC (Classificação Internacional de Patentes), demonstrados no **gráfico 1**. Todos essas aplicações podem ser classificada em mais de uma categoria por código IPC, dependendo de cada documento da patente, pode ser selecionado por vários códigos.

Gráfico 1 - Classificação por código IPC, *acetilcolinesterase*



Fonte: PatentInspiration® (2019)

Com relação às características tecnológicas das patentes foi analisada em termos de verificação por código do IPC. Todos os pedidos de patentes publicados são classificados na área tecnológica a que pertencem. “O Instituto Nacional de Propriedade Industrial INPI adota a Classificação Internacional de Patentes (IPC, na sigla em inglês) e, desde 2014, a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC, na sigla em inglês) para classificar os pedidos.” (INPI, 2017)

O IPC é considerado um sistema de classificação de patentes criado desde 1971 por acordo Estraburgo, cujas áreas são divididas em classes de A a H. **Seção A** - necessidades humanas; **Seção B** - Operações de processamento, transporte; **Seção C** - Química e Metalúrgica; **Seção D** - Têxteis e Papel; **Seção E** - construções fixas; **Seção F** - Engenharia mecânica; Aquecimento; Iluminação; Armas; **Seção G** - Física; **Seção H** - novas tecnologias;

Dentro de cada classe, há subclasses, grupos principais através de um sistema hierárquico.

Na Classificação Internacional de Patente (IPC) aplicou-se um filtro, 68 documentos de patentes foram agrupadas de acordo com a aplicação. Verificando com mais detalhe por porcentagem, temos: Preparações medicinais que contém ingredientes ativos orgânicos com 50 patentes (34%), medicamento para distúrbios do sistema nervoso com 42 patentes (29%), preparações medicinais contendo ingredientes ativos não previstos em grupos com 20 patentes (14%), compostos heterocíclicos contendo anéis de piridina hidrogenada com 8 patentes (5%) e entre outras áreas tecnológicas. A importância dessas aplicações na área medicinal é ampla e são as que mais se destacaram, na área biotecnológica fazem uso de produto ou novos processos para minimizarem o comportamento de doenças neuro-degenerativas do tipo Alzheimer e Parkinson.

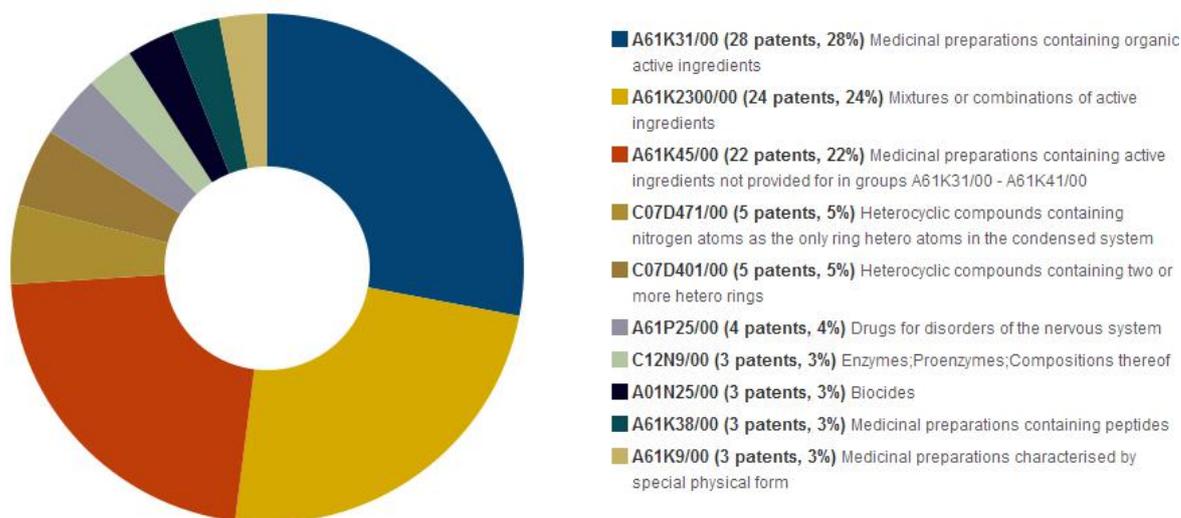
Figura 5. Análise da Classificação dos domínios de patentes ou Classificação Cooperativa de Patentes (CPC).



Fonte: PatentInspiration® (2019)

De acordo com a **figura 5** permitiu analisar dos domínios de classificação de patentes que são distribuídos por códigos e relacionadas às diversas áreas do conhecimento, destacando as principais como: necessidades humanas, química e metalúrgica, física e novas tecnologias. Esse resultado está relacionado ao número de patentes por área e discussão dos blocos de patentes sobre cada código CPC. Nas necessidades humanas destacamos: atividade terapêutica específica das preparações químicas dos medicamentos e preparações de medicamentos. No domínio de Química e metalúrgica: enzimas, peptídeos, compostos heterocíclicos e entre outros. Já no domínio física: análise de materiais determinando suas propriedades físicas. E no que se refere as novas tecnologias: novas tecnologias adaptada a mudanças climáticas;

Gráfico 2 - Classificação por código Classificação Cooperativa de Patentes, *acetilcolinesterase*



Fonte: PatentInspiration® (2019)

No contexto de classificação cooperativa de patentes por códigos, é organizado por áreas tecnológicas aplicadas em blocos de estudos semelhantes.

Ao fazer análise das 68 patentes da enzima acetilcolinesterase foi realizado um novo filtro de seis documentos de patentes de interesse. Essas seis patentes protegem a tecnologia referentes há: Preparações medicinais contendo ingredientes orgânicos, medicamentos para

distúrbios do sistema nervoso e preparações medicinais contendo ingredientes ativos não previstos em grupos.

A primeira tem autoria de Mohamed Abdul Rasheed, Shinde Anil Karbhari, Bhyrapuneni Golpinadh, Jayarajan Pradeep e Nirogi Ramakrishna que tem origem nos Estados Unidos e protege a tecnologia em 2019 que diz respeito as preparações medicinais contendo ingredientes orgânicos. Esse invento refere-se a uma combinação do inverso agonista do receptor de histamina-3 e do inibidor da acetilcolinesterase ou sal (s) farmacologicamente aceitável (s) do mesmo em combinação com ou como um adjunto para inibidor da acetilcolinesterase e o uso dos mesmos no tratamento de distúrbios cognitivos. A presente invenção fornece adicionalmente uma composição farmacêutica para o tratamento de doenças neurodegenerativas, com a doença do Alzheimer leve e moderada (RASHEED et al., 2019).

A segunda tecnologia tem autoria de Windfeld Kristian que tem origem nos Estados Unidos e protege a tecnologia em 2019 que se refere as preparações medicinais contendo ingredientes orgânicos. Essa patente apresenta o tratamento da doença de Alzheimer com um 5-HT₆ antagonista (idalopirdina) do receptor, como uma terapia adjunta para acetilcolinesterase, inibidores no grupo da doença do paciente subpopulação de Alzheimer, em que os pacientes são portadores quer um alelo APOE₄ (heterozigotos) ou dois alelos APOE₄ (homozigoto), que compreende a administração de uma dose eficaz de um 5-HT₆ receptor antagonista para melhorar ou aumentar o efeito do tratamento com um inibidor da acetilcolinesterase, em particular no desempenho cognitivo (KRISTIAN, 2019).

A terceira tecnologia tem por autoria Andreia Medianeira Pedrolo Weber da Silva, Eduardo José Machado Dutra, Fabio Machado da Silva, Bonacorso Helio Gauze, Martins Marcos Antonio Pinto que tem origem no Brasil e protege a tecnologia em 2017 que se inclui no grupo IPC como medicamentos para distúrbios do sistema nervoso. Essa tecnologia descreve um método de tratamento de Alzheimer e outras doenças causadas pela diminuição da produção ou ação de acetilcolina. A utilização de 4 (6) trifluormetilpirimidin-2 (1h) como inibidoras da enzima acetilcolinesterase, buscando impedir a degradação do neurotransmissor acetilcolina, mantendo sua concentração central, que descreve situações nos campos de farmacologia e medicina (SILVA et al., 2017).

A quarta invenção tem por autoria Adriana Machado das Neves, Daniel Schuch da Silva, Gabriele dos Anjos Berwaldt, Mayara Sandrielly Pereira Soares, Roselia Maria Spanevello que tem origem no Brasil e protege a tecnologia de 2018 que inclui-se no grupo IPC como medicamentos para distúrbios do sistema nervoso. Seu uso refere-se a inibidores de

dor. A presente invenção refere-se a derivados de benzotiazinonas e seu uso como potenciais inibidores da enzima acetilcolinesterase (dor) na busca de novas possibilidades terapêuticas habilitadas e seguras para o tratamento da doença de alzheimer, seu processo de declaração refere-se a uma produção multicomponente de derivados de benzotiazinona (NEVES et al., 2018).

A quinta tecnologia tem como autoria Comércio Thomas Antony e Schechter Lee Erwin que tem origem nos Estados Unidos e protege a tecnologia de 2011 que no grupo IPC é destacado como preparações medicinais contendo ingredientes ativos não previstos em grupos. Apresenta um método para o tratamento de um distúrbio cognitivo, como um Alzheimer, que inclui o uso no paciente de uma quantidade terapêuticamente eficaz de uma combinação de um inibidor de acetilcolinesterase e um antagonista de 5 - hidroxitriptamina-6. (ANTONY; ERWIN, 2011)

A sexta tecnologia tem autoria Marca de Campo John e Williams Richard Griffith que tem origem nos Estados Unidos e protege a tecnologia de 2006 que no grupo IPC é referenciado como preparações medicinais contendo ingredientes ativos não previstos em grupos. A presente invenção refere-se a uma combinação de um ligante alfa-2-delta e um inibidor da AChE para utilização em terapia, particularmente no tratamento de dor, especificamente, na neuropática. Os ligantes alfa-2-delta particularmente preferidos são gabapentina e pregabalina. Os inibidores de AChE são particularmente preferidos: donepezil (Aricept), tacrina (cognex), rivastigmina (Exelon), fisostigmina (Synapton), galantamina (Reminyl), metrifonato (Promem), neostigmina (Prostigmin) e icopezil (JOHN; GRIFFITH, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, considera-se o estudo de monitoramento das patentes que foram publicadas no PatentInspiration® no decorrer dos anos bastante relevante, tendo em vista a diversidade de aplicação da enzima acetilcolinesterase desenvolvida, observa-se também as seguintes conclusões:

A análise da distribuição de patentes por ano de depósito, pode-se verificar que houve uma quantidade significativa ao longo dos 20 anos (1999 a 2019) sobre a palavra-chave acetilcolinesterase. A tendência é de crescimento nos anos recentes 2016 a 2019. No entanto, apenas no ano de 2012 não foi identificado documento de patente relacionado ao tema de interesse na plataforma PatentInspiration®. Por outro lado, o ano de 2017 foi o ano que houve

um aumento expressivo de 10 patentes comparado aos outros anos depositados. No ano de 2019 também houve um crescimento de 8 patentes.

Com relação aos países, o Brasil e Estados Unidos encontram-se na frente e são os que mais se destacam em quantidades de patentes depositadas referente a enzima AChE. Já a Espanha, Itália e Bélgica encontram-se no grupo de “países baixos” com apenas um documento (1 patente) e assim a mesma quantidade com outros países dentro desse grupo.

As aplicações da enzima AChE são amplas, principalmente no que diz respeito ao tratamento de doenças neurodegenerativas como a doença de Alzheimer (DA) e Parkinson através de novas formulações de fármacos que inibem sua atividade melhorando a comunicação sináptica. Já existem diversos estudos referentes a inibidores da enzima AChE que são eficazes e podem contribuir no tratamento dessas doenças. Porém, algumas áreas ainda apresentam patentes ultrapassadas que podem servir, no futuro, como estudo mais aprimorado de patente.

REFERÊNCIAS

1. ANTONY, T.; e ERWIN, L. S.; Método para tratamento de um transtorno cognitivo em um paciente necessário, composição farmacêutica, produto e uso. 2011. PatentInspiration.
2. BISSONETTE, G. B.; ROESCH, M. R. Development and function of the midbrain dopamine system: what we know and what we need to. Genes Brain Behav, USA, v. 15, n. 1, p. 62- 73, 2016. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26548362>>. Acesso em: 19 set. 2019.
3. EDDY, C. M. Social cognition and self-other distinctions in neuropsychiatry: Insights from schizophrenia and Tourette syndrome. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, Birmingham, v. 17, p. 30844-8, 2017. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29195921>>. Acesso em: 19 set. 2019.
4. INOUE, K.; OLIVEIRA, G. H. Avaliação crítica do tratamento farmacológico atual para Doença de Alzheimer. Infarma 2004, 15, 80. Acesso em: <<http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/84/i08-alzheimer.pdf>> Disponível em 10 de Setembro de 2019.

5. INPI. Unicamp lidera ranking de maiores depositantes de patente nacionais. Ministério da Economia. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. 2018. Disponível em:<<http://www.inpi.gov.br/noticias/unicamp-lidera-ranking-de-maiores-depositantes-de-patente-nacionais>>Acesso em: 20 de Set de 2019.
6. JOHN, M. C; e GRIFFITH, W. R.; Combinações de Ligantes alfa-2-delta e Inibidores de acetilcolinesterase. 06 nov de 2006. PatentInspiration.
7. KRISTIAN, W.; Combinação de um antagonista do receptor 5-ht6 e de um inibidor de acetilcolinesterase para uso no tratamento da doença de alzheimer em uma subpopulação de pacientes portadores de alelos de apoe4. 29 Abril de 2019. PatentInspiration.
8. KWIATKOWSKI, M. A., HELLEMANN, G.; SUGAR, C. A.; COPE, Z. A.; MINASSIAN, A.; PERRY, W.; GEYER, M. A.; YOUNG, J. W. Dopamine transporter knockdown mice in the behavioral pattern monitor: A robust, reproducible model for mania-relevant behaviors. *Pharmacol Biochem Behav*, USA, v. 17, p. 30545-2, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29289701>>. Acesso em: 16 mar. 2017.
9. NEVES, A. M.; SILVA, D. S.; BERWALDT, G. A; SOARES, M. S. P.; SPANEVELLO, R. M. Benzotiazinonas: utilizadas e ação anticolinesterásica. 17 dez. 2018. PatentInspiration.
10. RASHEED, M. A.; KARBHARI, S. A. GOLPINADH, B; PRADEEP, J.; e RAMAKRISHNA, N. Combinação, método para tratamento, composto e composição farmacêutica. 27 maio de 2019. PatentInspiration.
11. SILVA, A. M. P W. ; DUTRA, E. J. M. SILVA, F. M; GAUZE, B. H. PINTO, M. M. A. Uso de 4 (6) -trifluormetilpirimidin-2 (1h) -não-substituí no tratamento de alzheimer e outras doenças caracterizadas pelo decréscimo na produção ou na ação do neurotransmissor acetilcolina. 2017. PatentInspiration.
12. STANDAERT, D. G.; YOUNG, A. B. Em Goodman & Gilman. As bases farmacológicas da terapêutica, 10a. Ed.; Brunton, L. L.; Lazo, J. S.; Parker, K. L., eds.; Mc Graw Hill, 2006, cap. 20.

13. VASAN, S.; PADHY, R. K. Tardive Dyskinesia. Treasure Island: StatPearls, USA, 2017.
Disponível em: . Acesso em: 20 set. 2019

14. WARREN, N.; O’GORMAN, C.; LEHN, A.; SISKIND, D. Dopamine dysregulation syndrome in Parkinson's disease: a systematic review of published cases. J Neurol Neurosurg Psychiatry, Austrália, v. 88, n. 12, p. 1060-1064, 2017. Disponível em:. Acesso em; 12 set 2019.

15. WESTFALL, T. C.; WESTFALL, D. P. Em Goodman & Gilman. As bases farmacológicas da terapêutica, 10a. Ed.; Brunton, L. L.; Lazo, J. S.; Parker, K. L., eds.; Mc Graw Hill, 2006, cap. 6.

TECNOLOGIA DE BIODIGESTORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Vanessa Rosales Bezerra ¹
Valderi Duarte Leite ²

RESUMO

As disposições indevidas de resíduos orgânicos provocam impactos negativos ao meio ambiente, afetando as condições sanitárias e estéticas, como também aumenta os riscos de saúde pública e prejudica a segurança e qualidade de vida da população. A busca por novas tecnologias que amenizem a poluição ambiental tem sido prioritária, principalmente na área produtiva, com objetivo de reduzir estes impactos. As empresas começam a rever suas estratégias, suas estruturas e suas responsabilidades junto à sociedade, para que possam ajudar a minimizar a degradação do meio ambiente. Neste contexto, busca-se uma alternativa, para que o resultado da produção de energia não comprometa ainda mais os recursos naturais. Diante disso, vários meios para solucionar e amenizar os problemas ambientais causados pelos dejetos tem-se desenvolvido e colocado em prática. Dessa forma, através da implantação de um biodigestor, será possível reaproveitar os dejetos de tal forma que os mesmos possam ser transformados em recursos renováveis e necessários para o desenvolvimento social. A iminente necessidade de alternativas sustentáveis para tratamento de resíduos orgânicos, como também, utilizar novas fontes de energia elétrica, de forma renovável para diversificar a matriz energética, tendo em consideração a escassez de combustíveis fósseis, constitui o norteador para iniciar os estudos desta pesquisa.

Palavras-chave: Digestores; Resíduos sólidos; Tratamento.

INTRODUÇÃO

As disposições indevidas de resíduos orgânicos provocam impactos negativos ao meio ambiente, afetando as condições sanitárias e estéticas, como também aumenta os riscos de saúde pública e prejudica a segurança e qualidade de vida da população. Salienta-se, que a falta de tratamento de tais resíduos, causa geração de gases de efeito estufa (GEE) que influenciam diretamente o aquecimento global.

A digestão anaeróbia é um processo biológico utilizado para tratamento de resíduos orgânicos, como subproduto ocorre a formação de gases, chamado de biogás. Dentre os gases presente na composição química do biogás em maior proporção, está o gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), que são agressivos para a atmosfera.

Fonte de energia renovável, o gás metano é um biocombustível que possui conteúdo energético elevado, semelhante ao gás natural, apresenta inúmeras aplicações, como produção

¹ Doutorando do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Estadual - PB, rosalesuepb@email.com;

² Professor pelo pós graduação Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Federal - PB, mangabeiraleite@gmail.com;

de energia elétrica, térmica e gás combustível. Neste contexto, a biodigestão anaeróbia apresenta-se como uma tecnologia de tratamento viável para este tipo de resíduo, através da utilização de biodigestores.

O Brasil é um país que apresenta tradição no uso de fontes renováveis de energia, destacando-se a utilização da energia hidrelétrica como responsável pela maior parcela, isto é, 74% de toda a geração de eletricidade. Por outro lado, existe um enorme potencial de fontes renováveis de energia, destaca-se, entre elas, a energia eólica (0,4%) e a biomassa (4,7%) (BEN,2011).

Segundo Ministério de Minas e Energia (2017), as fontes renováveis de energia elétrica tendem a aumentar significativamente nos próximos cinco anos, visto que, os custos de implantação de tais fontes estão diminuindo, principalmente, as fontes eólicas, fotovoltaicas e de biomassa.

A iminente necessidade de alternativas sustentáveis para tratamento de resíduos orgânicos, como também , utilizar novas fontes de energia elétrica, de forma renovável para diversificar a matriz energética, tendo em consideração a escassez de combustíveis fósseis, constitui o norteador para iniciar os estudos desta pesquisa.

METODOLOGIA

O processo analítico da pesquisa foi realizado através de uma revisão com as seguintes fases: identificação do tema; levantamento da questão de pesquisa; escolha dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos; coleta de dados; avaliação dos artigos selecionados que contribuíssem com a questão de pesquisa; e a síntese das informações extraídas dos artigos analisados para em seguida realizar a discussão dos dados. Como critérios de inclusão foram utilizados artigos disponibilizados em textos completos, para discussão desse estudo, foram utilizadas pesquisas publicadas em periódicos.

DESENVOLVIMENTO

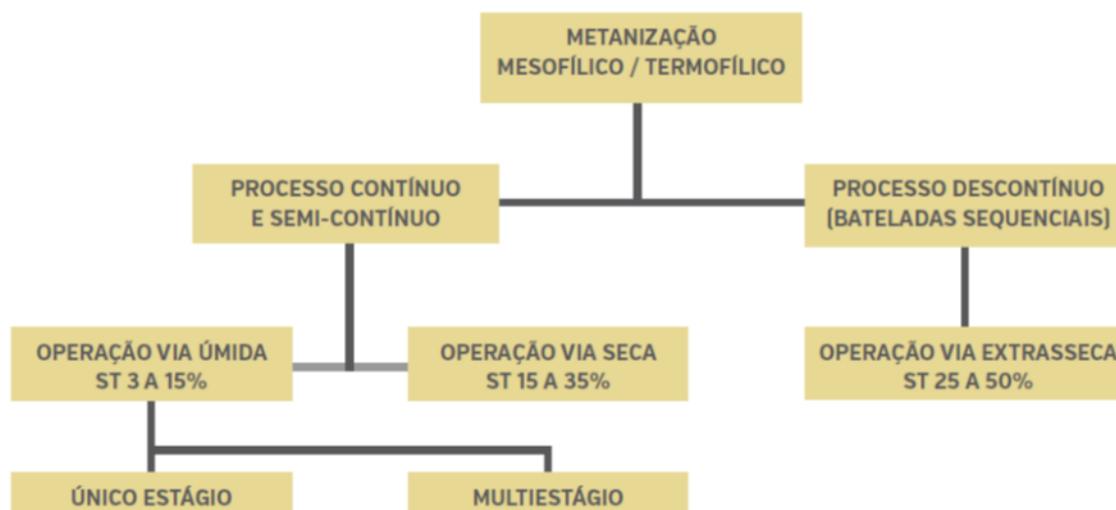
A biodigestão anaeróbia é um processo bioquímico, que ocorre na ausência de oxigênio molecular livre, no qual, diversas espécies de microrganismos interagem para converter compostos orgânicos complexos em CH₄, compostos inorgânicos como CO₂, N₂, NH₃, H₂S e traços de outros gases e ácidos orgânicos de baixo peso molecular (LEITE et al.2009)

A utilização de tecnologia anaeróbia era utilizada antigamente para eliminação de resíduos, mas nas últimas décadas, a partir de resíduo putrescível (por exemplo, fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, esterco de animais, bagaço da cana-de-açúcar, resíduos de laticínios) são reaproveitados como oportunidade de produzir um biocombustível, que fomenta o rápido crescimento do biogás.

A digestão anaeróbia é importante alternativa para o tratamento de resíduos com elevadas concentrações de materiais orgânicos putrescíveis, haja vista incorporar baixos custos operacionais e produzir fonte limpa de energia.

De acordo com Observatórios Sistema FIEP (2016), o processo de biodigestão depende de alguns fatores para ser bem-sucedido, a temperatura configura um deles. O essencial é que ela se mantenha constante no biodigestor, dentro de uma faixa adequada para a biodigestão (normalmente entre 37 e 42° C ou entre 50 e 60° C). Os microrganismos adaptam-se a vários intervalos de temperatura, já que se trata de um consórcio entre diversas espécies, o que o torna mais resistente a mudanças bruscas. Na Figura 1, são apresentadas as características básicas das tecnologias de biodigestão anaeróbia

Figura 1: Características dos processos para tratamento via digestão anaeróbia



Fonte: Fricke; Pereira(2013)

O processo contínuo é caracterizado por dois tipos de sistemas: operação via úmida, (concentração de sólidos totais 3 a 15%) e operação via seca, (concentração de sólidos totais entre 15 a 35%), ou seja, apresentando menor umidade o resíduo a ser degradado para operação via seca.

Existem basicamente duas faixas de temperatura utilizadas no processo de metanização - mesofílica e termofílica. No processo mesofílico, os microrganismos apresentam uma taxa máxima de crescimento a temperaturas em torno de 37°C, enquanto que no termofílico, a temperatura ideal é de aproximadamente 55°C.(PROBIOGÁS,2016)

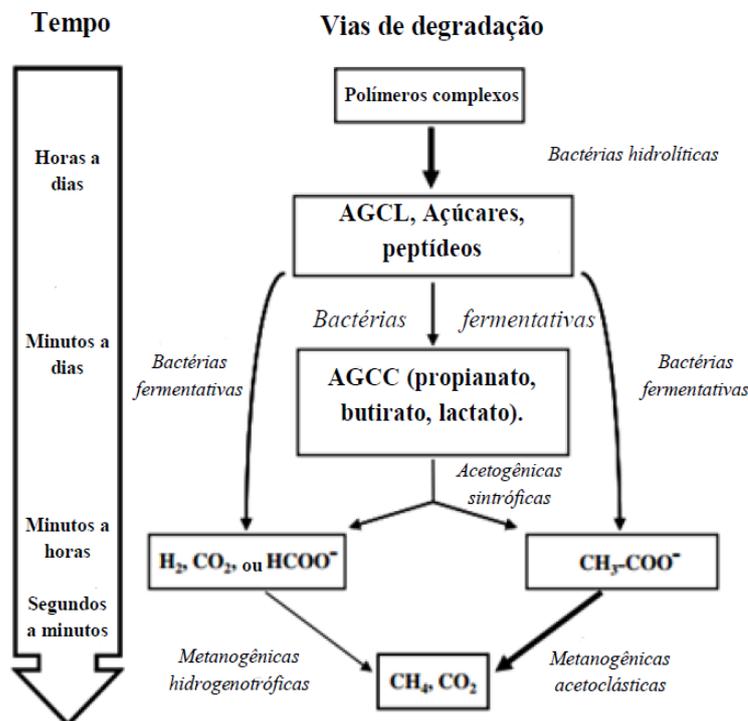
Os sistemas de bateladas sequenciais são tecnologicamente mais simples, robustos e baratos, tendo como principais desvantagens, a necessidade de uma maior área e uma menor produtividade de biogás. Entretanto, devido aos reatores serem completamente esvaziados ao final de cada processo, torna-se possível eliminar um dos principais problemas operacionais enfrentados em usinas de biodigestores de fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, o acúmulo de materiais inertes no interior do reator (DE BAERE; MATTHEEUWS, 2010).

Nos reatores de único estágio, todas as etapas do processo de digestão anaeróbia (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) ocorrem simultaneamente em um único tanque de reação, de mistura completa.

Entretanto, devido aos microrganismos metanogênicos serem mais sensíveis a mudanças no meio e possuírem requerimentos metabólicos específicos, bem como uma taxa de crescimento menor do que os demais, os reatores devem ser manejados de forma a prover as condições ótimas a este grupo de microrganismos. Devido à taxa de crescimento mais acelerada dos demais microrganismos envolvidos no processo e à elevada produção de ácidos, pode ocorrer o processo denominado inibição por substrato, prejudicando o desenvolvimento dos microrganismos metanogênicos. De forma a otimizar cada uma das etapas do processo de metanização, foram desenvolvidas tecnologias que operam em processos multiestágio (AUSTERMANN et al., 2007).

Na Figura 2, estão apresentadas as etapas do processo de digestão anaeróbia, resumido em quatro etapas: Hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogêneses, como também, os grupos microbianos envolvidos no processo.

Figura 2: Representação esquemática das principais fases do processo de Digestão Anaeróbia



Fonte: Adaptado de Pind et al. (2003).

Através do processo de digestão anaeróbia, a matéria orgânica se decompõe por ação de bactérias anaeróbias, desde sua forma mais completa até sua forma mais simples, produzindo biogás com conteúdo de metano 55 e 57% (AINIA,2018).

Nos sistemas anaeróbios, a maior parte da demanda química de oxigênio (DQO), é convertida em metano, sendo removida do material em digestão, e extraída do reator na forma gasosa. Entre 5 a 15% do material orgânico é convertido em lodo ou biomassa microbiana e cerca de 10 a 30% não é convertida em biogás ou biomassa, permanecendo como material não degradado (CHERNICHARO, 1997). Salienta-se que estas características dependem do tipo de substrato utilizado.

No Quadro 1, são apresentadas as vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da digestão anaeróbia

Vantagens	Desvantagens
Baixa produção de sólidos, que é cerca de 5 a 10 vezes menor que a verificada nos processos aeróbios;	Suscetibilidade das bactérias anaeróbias à inibição por um grande número de compostos

Aplicabilidade em pequena e em grande escala.	Na ausência de lodo de sementeira adaptado, a partida do processo é lenta
Baixo consumo de energia, com consequente redução de custos operacionais	Pré-tratamento usualmente necessário;
Produção de metano (que pode ser convertido em energia);	Possibilidade da geração de maus odores, porém, controláveis;
Tolerância a elevadas cargas orgânicas;	Remoção de nitrogênio, fósforo e patogênicos insatisfatória.

Fonte: Chernicharo,(2007)

As vantagens de utilização de biodigestores na agropecuária são: fornecimento de combustível no meio rural mediante o biogás e adubo por intermédio de biofertilizante ; valorização dos dejetos para uso agrônomico; redução do poder poluente e do nível de patógenos; exigência de menor tempo de detenção hidráulica e de área em comparação com outros sistemas anaeróbios; geração de créditos de carbonos. Já as desvantagens são: processo de fermentação anaeróbia é lento, porque depende das bactérias metanogênicas, cuja velocidade de crescimento é lenta, que se reflete num tempo longo de retenção dos sólidos; necessidade de homogeneização dos dejetos para garantir a eficiência do sistema.(COLLATO;LANGER, 2011)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biodigestores são estruturas projetadas e construídas de modo a produzir a degradação da biomassa residual, sem que haja qualquer tipo de contato com o ar. Isso proporciona condições para que alguns tipos especializados de bactérias, altamente consumidoras passem a predominar no meio e, com isso, provoquem degradação mais acelerada da matéria (BLEY, 2009)

O Biodigestor é um equipamento utilizado para diversos tipos de resíduos orgânicos, os quais são transformados por intermédio da digestão anaeróbia para resultar em gás combustível, com teores de metano e dióxido de carbono, além de outros gases, possibilitando a geração de energia (COLATTO; LANGER, 2011).

Além de ser uma tecnologia viável ambientalmente, os biodigestores tem a capacidade de suprir as necessidades energéticas e promover benefícios sociais e econômicos. Dentre os

biodigestores mais conhecidos, estão os tipos indiano, canadense e chinês, são de baixa taxa e apresentam rendimentos inferiores, e o custo de investimento é mais barato, os modelos variam de acordo com seu modelo de construção e operação.

Os biodigestores de baixa taxa apresentam rendimentos inferiores, e seu custo de investimento é mais barato. No Quadro 1, são apresentadas as características e algumas particularidade.

Quadro 1: Biodigestores de baixa taxa

Tipo de Biodigestor	Formas construtivas	Particularidades	Manutenção
Indiano	Cúpula móvel de metal	Por ser enterrado no solo é imprescindível, o cuidado com infiltrações	Atenção especial a cúpula e gasômetro
Chinês	Teto impermeável (armazenamento do biogás)	Devido a necessidade de pressão constante, deve haver regulador de pressão	Pode apresentar problemas de estanqueidade
Canadense	Cúpula de metal ou PVC/lona		Limpeza simples, devido a fácil remoção da lona

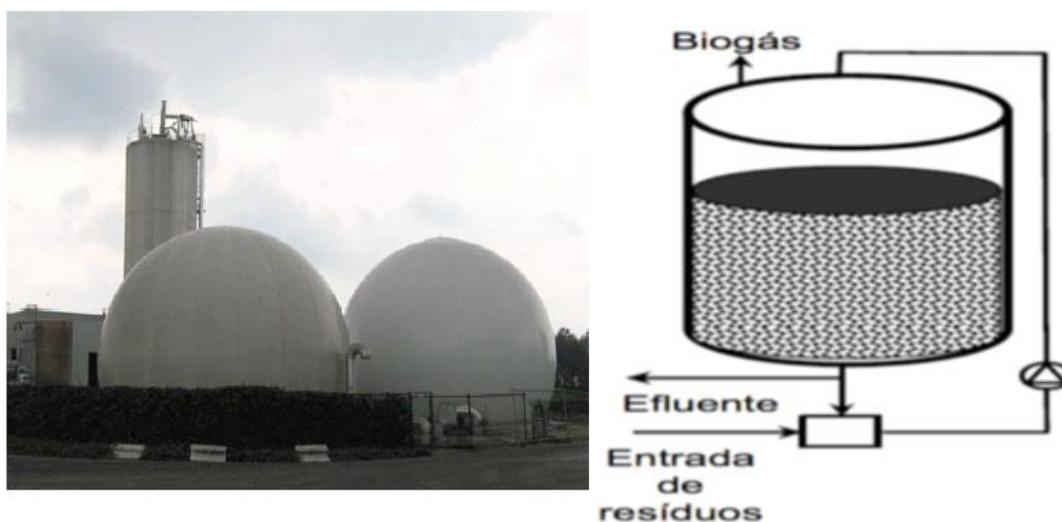
Fonte: FNR,(2010),adaptado do autor

Segundo Bley, (2016) os reatores anaeróbios dividem-se em baixa taxa, alta taxa e alta taxa em dois estágios. A denominação alta ou baixa taxa refere-se à carga orgânica suportada na alimentação do equipamento. Os reatores depende de configurações e características, demonstram capazes de absorver grandes quantidades de matéria orgânica na corrente de entrada (alta taxa), ou se limitam a absorver concentrações menores (baixa taxa). A natureza do resíduo a ser tratado, configura o critério para a escolha da tecnologia mais apropriada à digestão, determinando se serão necessárias etapas de pré-tratamento ou de concentração antes da biodigestão propriamente dita.

É importante ressaltar, que o biodigestor é o equipamento mais importante para a produção de biogás, a quantidade e a qualidade do resíduo orgânico determina a viabilidade técnica e econômica do processo, assim, o projeto e sua execução devem ser feitos com exatidão e qualidade.

O modelo DRANCO, na Bélgica, usa um recipiente de fluxo vertical sem mistura. A matéria-prima entra pelo topo e sai na parte inferior da embarcação, onde o movimento da matéria-prima é por força gravitacional (LI;PARK;ZHU,2011) conforme a Figura 1. O digerido é desidratado e o líquido é recirculado para inocular a matéria-prima fresca. A digestão é operada sob condições termofílicas (55 ° C) e a concentração total de sólidos é de cerca de 25 a 40%.

Figura 1 : Modelo de biodigestor Dranco



Fonte: Rapport et al. (2008).

O modelo de Valorga (França), utiliza tanques de aço verticais com um defletor central que se estende por dois terços do centro do tanque (Figura 2).O material é forçado a fluir em torno do defletor a partir da entrada para alcançar a porta de saída no lado oposto, criando um fluxo de plugue no reator. Estes tanques podem operar entre 25% e 35% de sólidos totais. (LI; PARK; ZHU,2011)

Figura 2 :Modelo de biodigestor Valorga



Fonte: Rapport et al. (2008).

Para que funcione de maneira eficiente os biodigestores devem ser considerados, o tipo de material construtivo, a instalação, operação de todo o sistema e a tecnologia selecionada para tratamento dos resíduos.

No Quadro 2, são apresentados alguns modelos de tecnologia a partir de digestão anaeróbia, utilizando resíduos orgânicos como matéria-prima, e que estão sendo utilizado atualmente em diversos países.

Quadro 2: Tecnologia de biodigestores

País	Tecnologia utilizada	Características técnicas
Eslovênia	O biogás produzido resulta em 4 GWh por ano de eletricidade	Digestores: 3 x 500 m ³ Capacidade: 13.000 Ton Biogás: 1.800.000 m ³ Metano: 73%
Uppsala, Suécia		Digestores: 2 x 2.400 m ³ Capacidade: 40.000 Ton Biogás: 4.700 000 m ³ Metano: 3.000 000 m ³
Lille, França	Os poluentes, como sulfeto de hidrogênio (H ₂ S) e CO ₂ , dissolvidos em água.	Digestores: 3 x 1.900 m ³ Capacidade: 108.000 Ton. Biogás: 7.400.000 m ³ Metano: 4.111.000 m ³
Oshkosh, WI, USA	- 2,8 milhões de kWh -Processamento adicional de biofertilizante através da empresa local de compostagem	Volume de digestor de 2.900 m ³ ;

Fonte: EBA(2017)

BIOGÁS

Em termos de uso, o biogás pode ser aproveitado para geração de calor, eletricidade com uso de caldeira, geração de eletricidade em motores e turbinas, células de combustível, após a realização de limpeza de H₂S e outros contaminantes nas membranas, introdução em uma rede de transporte de gás natural após purificação e agregação dos aditivos necessários, especialmente utilizado em Alemanha, Suécia e Holanda, material básico para a síntese de produtos de alto valor agregado, como o metanol ou o gás natural liquefeito, e mesmo como combustível automotivo (IDAE, 2007).

O poder calorífico do gás metano é cerca de 35.800 kJ/ m³, isto significa um alto potencial de aproveitamento energético (JORDÃO et al.,1995) seu potencial é demonstrado quando tratado (remoção do CO₂), pois o seu poder calorífico pode chegar a 60% do poder calorífico do gás natural (SALOMON; LORA,2005). No Quadro 3, são apresentadas as equivalências energéticas entre fontes energéticas e 1 m³ de biogás.

Quadro 3:Equivalências energéticas entre fontes de energia em 1 m³ de Biogás

Fontes energéticas	1 m³ de biogás equivalente:
Gasolina	0,61-0,70(L)
Querosene	0,58-0,62(L)
Óleo Diesel	0,55(L)
GLP	0,40-1,43(kg)
Álcool	0,80(L)
Lenha	3,50(kg)
Eletricidade	1,25- 1,43(kWh)

Fonte: Pompermayer (2000)

Na Tabela 1 são apresentados os dados da composição do biogás, produzido a partir da biodigestão anaeróbia, no entanto, esta composição pode ser variável, depende do resíduo orgânico degradado e da eficiência de tecnologia utilizada.

Tabela 1: Composição média do biogás

Gás	Composição (%)
Metano (CH ₄)	55 a 66
Dióxido de Carbono (CO ₂)	35 a 45
Nitrogênio (N ₂)	0 a 3
Hidrogênio (H ₂)	0 a 1
Oxigênio (O ₂)	0 a 1
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	0 a 1

Fonte: CTGAS (2015)

As tecnologias utilizando o biogás, expõem capacidade de grande amplitude geográfica, sua técnica de aplicação em sistemas de escala e produção variados é adaptada em diferentes situações. No Quadro 4, são apresentadas características específicas do biogás

Quadro 4: Características do biogás

Ácido sulfúrico(H ₂ S)	134 ppm ou 0,01%
PCI	5.300 Kcal/m ³ ou 22.195 kJ/m ³
Massa Específica	0.86 kg/m ³ a 15 ⁰ C 101,325 kJ/m ³
Pressão	250 mmc.a.(Medida do Gasômetro)
Volume produzido	24.000 m ³ /dia(aproximadamente)

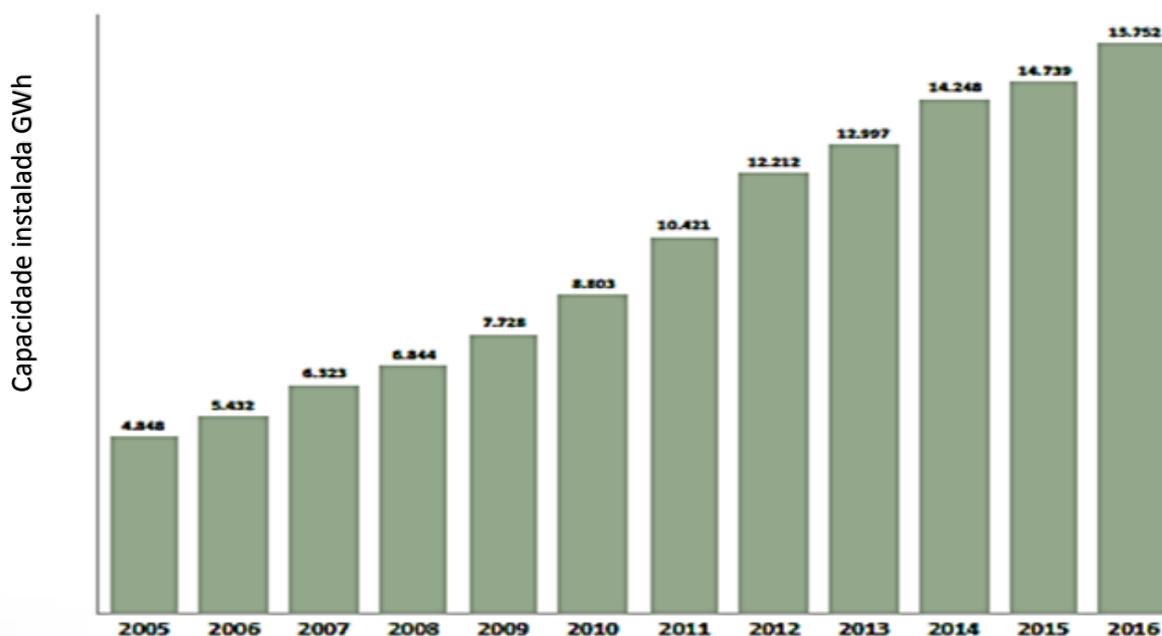
Fonte: CENBIO ,2003; SABESP,2001

Na Europa, algumas aplicações de biomassa no setor residencial, são projetadas para as instalações de cogeração, os custos são competitivos e estão crescendo rapidamente (CREUTZIG *et al.*, 2012). De acordo com Holm-nielsen *et al.*, (2009), pelo menos 25% de toda a bioenergia no futuro poderá originar de biogás na união europeia, produzidos a partir de materiais orgânicos úmidos, tais como: estrume animal, silagens de culturas, alimentos úmidos e resíduos alimentares.

Os biocombustíveis líquidos geraram 1,7 milhões de empregos e biogás 0,3 milhões de empregos em 2016. Com empregos concentrados no fornecimento de matéria-prima. Brasil, China, Estados Unidos e Índia foram a chave dos mercados de trabalho de bioenergia (IRENA, 2017). A China, Índia e Alemanha são os países que apresentam maior número de empregados na atividade de biogás atualmente.

As energias renováveis fazem parte da matriz energética mundial e apresenta um futuro bastante promissor de grande crescimento econômico, pois em poucos anos houve grande expansão. Na Figura 3, são apresentados os dados referentes a capacidade de eletricidade instalada atualmente no mundo, derivado de biogás, sendo aproximadamente 15.752 GWh de energia elétrica por ano.

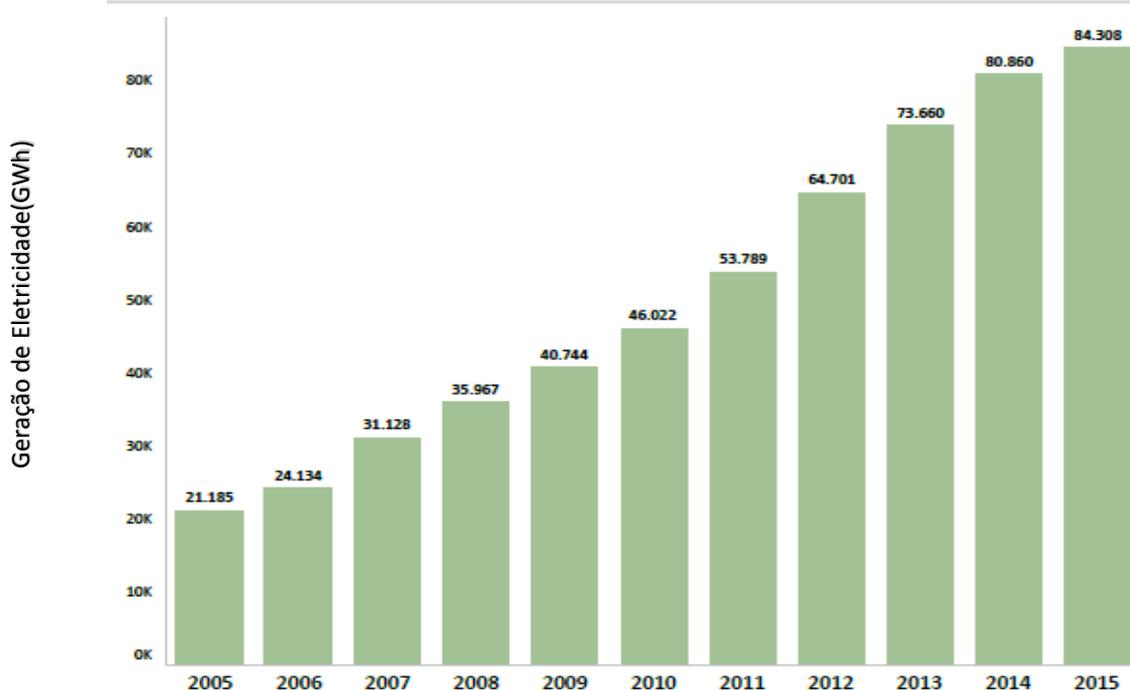
Figura 3: Capacidade instalada de geração mundial de eletricidade a partir da produção de Biogás



Fonte: Irena 2017

A capacidade de geração de energia elétrica, se todos os países utilizassem deste recurso renovável seria capaz de suprir as necessidades energéticas de inúmeros países, na Figura 4, é apresentado o potencial energético disponível de geração de energia Elétrica a partir de Biogás.

Figura 4: Energia elétrica mundial disponível derivada da produção de biogás



Fonte: Irena (2017)

O biogás pode desempenhar um papel fundamental na transformação das energias renováveis com um grande potencial na Índia (aproximadamente 48,383 milhões de m³ de biogás por ano), tendo possibilidades de substituição e, portanto, reduzir a dependência de combustíveis fósseis (JHA, BHASKAR et al.,2015).

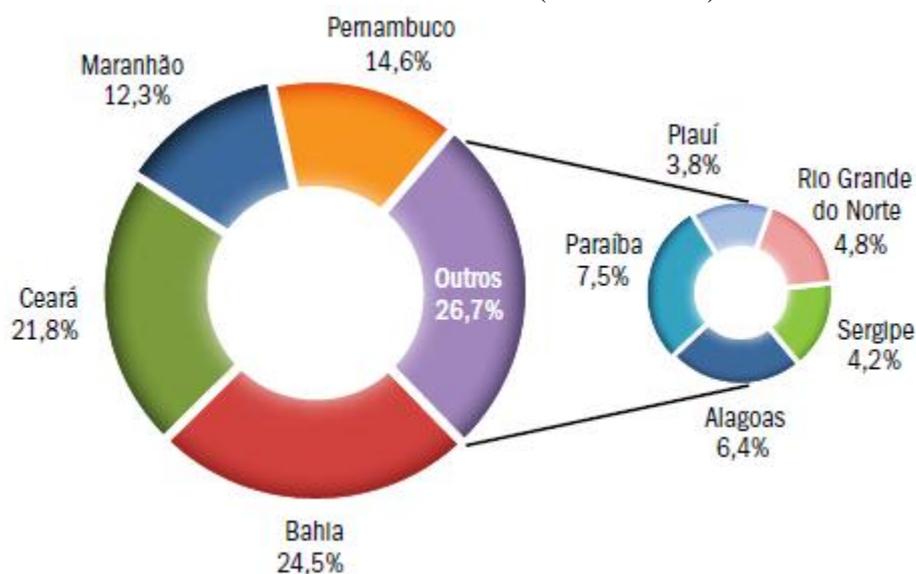
Alguns países têm optado pelo uso recorrente do biogás para produção de energia elétrica na zona rural, onde o acesso a energia elétrica é mais escasso como a China, Índia e Bangladesh. Os países da União Europeia que obtêm a maior quantidade de energia elétrica, procedente de biogás como fonte renovável são Alemanha, França e Itália

Apesar dos desafios na aquisição e processamento de recursos de biomassa, produção de energia com base em resíduos é mais sustentável, seguro e econômico para o desenvolvimento do setor de biogás da União Europeia (Meyer et al,2017).

Na Europa, segundo Capros et al. (2008) as usinas de biogás resultantes de efluentes industriais, geralmente são localizados na fonte geradora. Os resíduos agrícolas podem ser tratados em pequenas usinas de biogás ou como usinas que recebem o resíduo agrícola de vários estabelecimentos rurais.

As emissões de gases de efeito estufa, ocorrem praticamente em todas as atividades humanas e setores da economia: na agricultura, por meio da preparação da terra para plantio e aplicação de fertilizantes; na pecuária, por meio do tratamento de dejetos animais e pela fermentação entérica do gado; no transporte, pelo uso de combustíveis fósseis, como gasolina e gás natural; no tratamento dos resíduos sólidos, pela forma como são tratados e disposto; nas florestas, pelo desmatamento e degradação de florestas; e nas indústrias, pelos processos de produção (BRASIL, 2017). Na Figura 5, são apresentados os dados das emissões de GEE por estado na Região Nordeste (2009 – 2039).

FIGURA 5: Porcentagem das emissões de gases do efeito estufa por estado na região Nordeste do Brasil entre (2009 – 2039)



Fonte: Pesquisa ABRELPE(2016)

A tecnologia para aproveitamento do biogás está fora do alcance dos mais desfavorecidos, devido ao alto investimento inicial. Existe também, uma série de restrições que afetam a implementação da tecnologia de biogás em grande escala, tais como: político, social-cultural, financeiro, informativo, restrições institucionais, técnicas e formativas. Para o desenvolvimento da tecnologia de biogás incluem: avaliação dos padrões de demanda e oferta de energia e suas distribuições setoriais em nível nacional, a fim de estimar a contribuição da tecnologia de biogás e outra energia renovável para a nação (OECD, 2010)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos biodigestores abre espaço para o crescimento da propriedade sem que o proprietário se preocupe com a deposição e tratamento dos dejetos vindos da atividade. Aliás, essa é a principal vantagem do uso de biodigestores. A instalação de sistemas de biodigestores reduz a emissão de poluentes nos rios e lagos, e aparece como uma alternativa para escapar das multas que poderão surgir sem um sistema limpo de preservação. Outra fonte alternativa de recursos com o sistema de biodigestão, é o desenvolvimento de projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), em que os agentes do setor suinícola podem se beneficiar a partir dos créditos de carbono. A preocupação ambiental com a poluição causada pelos dejetos animais e outros tipos de poluição, se torna cada vez mais importante para o desenvolvimento de práticas que garantam a viabilidade econômica e ambiental de um projeto de investimento. A disseminação desses projetos, faz com que surjam novas perspectivas para mudar a forma como tais empresários administram suas propriedades.

REFERÊNCIAS

AUSTERMANN, S.; ARCHER, E.; WHITING, K. J. Commercial Assessment - Anaerobic Digestion Technology for Biomass Projects, Juniper for Renewables East. Juniper for Renewable East, 2007. Disponível em: <[http://www.biomassenergycentre.org.uk/pls/portal/docs/PAGE/RESOURCES/REF_LIB_RE S/PUBLICATIONS/RENEWABLES%20EAST%20%20ANAEROBIC%20DIGESTION%20\(FULL%20REPORT\).PDF](http://www.biomassenergycentre.org.uk/pls/portal/docs/PAGE/RESOURCES/REF_LIB_RE S/PUBLICATIONS/RENEWABLES%20EAST%20%20ANAEROBIC%20DIGESTION%20(FULL%20REPORT).PDF)>.

BAERE, L. Dranco Process: A Dry Continuous System for Solid Organic Waste and Energy Crops. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DRY FERMENTATION, 2008, Berlim, Alemanha. Apresentação: 2008. Disponível em: <http://www.ows.be/pub/Dranco-Process_IBBKfeb08.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2018.

BAERE, L.; MATTHEEUWS, B. State-of-the-art 2008 - Anaerobic Digestion of Solid Waste. Waste Management World. v.9, N. 4, Julho 2008. p. 8. Disponível em: <[http://www.waste-management-world.com/index/display/article display/339836/articles/waste-management-world/volume-9/issue 4/features/state-of-the-art-2008-anaerobic-digestion-of-solid-waste.html](http://www.waste-management-world.com/index/display/article_display/339836/articles/waste-management-world/volume-9/issue 4/features/state-of-the-art-2008-anaerobic-digestion-of-solid-waste.html)>.

BIANEK, Julia et al. COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS USEPA E IPCC PARA ESTIMATIVA TEÓRICA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERRO MUNICIPAL. BIOFIX Scientific Journal, v. 1, n. 1, p. 34-40, 2017.

BOGNER, J.; HICKMAN, H. L.; HUITRIC, R.; LIPPY, S. G.; PACEY, J.; ROQUETA, A.; WILES, C. Final report: comparison of models for predicting landfill methane recovery. In: DRIVE, R. B.; AUGENSTEIN, D. The solid waste association of North America, 1997, p. 1-5.

BEN ,Balanço Energético Nacional 2011: Ano base 2010/ Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2011. <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_final_BEN_2011.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2017.

BERNAL, Andressa Picionieri et al. Vinasse biogas for energy generation in Brazil: An assessment of economic feasibility, energy potential and avoided CO2 emissions. Journal of cleaner production, v. 151, p. 260-271, 2017.

BLEY , Júnior C. Biogás: a energia invisível. 2ª edição revisada e ampliada. São Paulo: CIBiogás, 2015.

BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Neue Wege zur Prozessoptimierung in Biogasanlage. Berlin, 2013. ISSN 2192-1806

BORGES, Ane Caroline Pereira et al. Energias Renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. Renewable energy: a contextualization of the biomass as power supply. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 10, n. 2, 2017.

BORSCHIVER, S.; DA SILVA, A. L. R. MAPEAMENTO TECNOLÓGICO PARA PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS E SEU APROVEITAMENTO: PANORAMA MUNDIAL E INICIATIVAS NACIONAIS. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, Santa Catarina. 2014.

BRASIL, Plano Nacional de Energia 2030. Publicado em: 2017.

Disponível:<www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/08.+Biomassa+%28PDF%29/0a02b482-db1a-4dbe-9388-baadbc168ae7?version=1.1>. acesso em: 12 Mai. 2017

BRASIL , ministério agricultura pecuária e abastecimento. Dados estatísticos bovinos.2016.Disponível em

www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/estatisticas Acesso: 14 ago 2017

BRASIL, ministério das cidades. barreiras e soluções propostas para o mercado do biogás no Brasil.PROBIOGAS,Brasilia(2016)

http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/giz_barreiras_digital_simples.pdf Acesso: 11 de Dez 2018

CAPROS, Pantelis et al. Analysis of the EU policy package on climate change and renewables. Energy policy, v. 39, n. 3, p. 1476-1485, 2011.

CAPROS, Pantelis et al. Model-based analysis of the 2008 EU policy package on climate change and renewables. Report to DG ENV, 2008.

CENBIO, Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em:

<<http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>>. Acesso em: 29 mar. de 2018

CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS (CTGAS). Dados de Unidades de Conversão.

Disponível em www.ctgas.com.br. Acesso em 28 de maio de 2018.

CERVI, Ricardo G.; ESPERANCINI, Maura ST; BUENO, Osmar de C. Viabilidad económica de la utilización de biogás para la conversión en energía eléctrica. Información tecnológica, v. 22, n. 4, p. 3-14, 2011.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Gasi, T. M. T. Caracterização, reaproveitamento e tratamento de resíduos de frigoríficos, abatedouros e graxarias. São Paulo: CETESB, fev. 1993.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: DESA-UFMG. P. 245, 1997.

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores Anaeróbios. 2a.ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

COLATTO, Luciulla; LANGER, Marcelo. Biodigestor–resíduo sólido pecuário para produção de energia. Unoesc & Ciência-ACET, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2012.

CREUTZIG, F.; VON S TECHOW, C.; KLEIN, D.; HUNSB ERGER, C.; BA UER, N.; POPP , A . y EDENHOFER, O. (2012): «Can B ioenergy A ssessments Deliver», Economics of Energy & Environmental Policy, vol. 1, issue 2, pp. 65-82.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources.

Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6e.htm>>. Acesso em: 6 dez. 2017.

EBA, European Biogas Association. CONFERENCE OF THE EUROPEAN BIOGAS ASSOCIATION.2017.Disponível em: european-biogas.eu/.Acesso em:13 jun 2017

EDSTRÖM, M.; NORDBERG, A.; THYSELIUS, L. Anaerobic treatment of animal By products from slaughterhouses at laboratory and pilot scale. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 109, p. 127-138, 2003.

FLYHAMMAR, P. P. One decade of dramatic changes of the Sweedish management of household waste. In. XIII International Waste Management and Landfill Symposium. Sardinia Symposium. Proceedings. S. Margherita di Pula: IWMLS. 3-4. 2011.

FNR. Guia Prático do Biogás – Geração e Utilização. Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Leipzig, 2010.

FREIRE, W. J., CORTEZ, L.A.B, (2000), Vinhaça de cana-de-açúcar, Editora, Agropecuária, Campinas, 203p.

FRICKE, Klaus; PEREIRA, Christiane. Global Trends in Waste Management. Alemanha: Technische Universität Braunschweig/ Center for Research, Education and Demonstration in Waste Management, 2013.

GODOY, Manuel R. Berríos. Potencial energético contenido en los residuos sólidos urbanos: realidad brasileña. Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, n. 3, p. 479-491, 2015.

HOLM-NIELSEN, Jens Bo; AL SEADI, Teodorita; OLESKOWICZ-POPIEL, Piotr. O futuro da digestão anaeróbica e utilização de biogás. Tecnologia Bioresource , v. 100, n. 22, p. 5478-5484, 2009.

IDAE, Biomasa; BIOMASO, S. A. Digestores anaerobios. Madrid: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2007

IDEME, Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba, Disponível em: <ideme.pb.gov.br/servicos/mapas-tematicos>. Acesso em: 21 fev. 2018

IEA BIOENERGY, 2009, Bioenergy-A sustainable and reliable energy source. IEA Bioenergy. Disponível em: <www.ieabioenergy.com> Acesso em : 11 Abr. 2017

ANÁLISE TÉCNICA DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS POLIMÉRICOS NO SETOR DE PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA

Fábio Remy de Assunção Rios¹
Dalva Damiana Estevam da Silva²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica do aproveitamento dos resíduos poliméricos no setor da pavimentação rodoviária. A metodologia envolveu visitas *in loco* e ensaios em laboratório, onde foram utilizados o ligante asfáltico CAP50/70 e os resíduos poliméricos RCA que são resíduos oriundos do processo de produção da indústria calçadista. O resíduo RCA tem como procedência a São Paulo Alpargatas situada em Campina Grande/PB, e o ligante asfáltico CAP50/70 é procedente da refinaria LUBNOR/CE. Após a coleta, os resíduos poliméricos RCA foram triturados. Em laboratório o ligante asfáltico do tipo CAP50/70, foi modificado a partir da incorporação e reciclagem de resíduos pós-processamento de elastômeros copolímero Estireno Butadieno (SBR) e do elastômero termoplástico copolímero Estireno Acetato de Vinila (EVA). Foram confeccionados 16 tipos diferentes de ligantes asfálticos, sendo um convencional e 15 ligantes modificados pelo RCA. Os resultados obtidos mostram que o CAP50/70 modificado com RCA a 5% obteve melhores resultados, sendo possível produzir ligantes asfálticos modificados, para aplicação em pavimentos flexíveis a partir dos resíduos poliméricos industriais, utilizando-se os mesmos procedimentos adotados na indústria da construção civil para aplicação em engenharia rodoviária.

Palavras-chave: Ligante, SBR, EVA, Reciclagem, Polímeros industriais.

INTRODUÇÃO

A indústria gera resíduos de borracha sintética elastomérica Estireno Butadieno (SBR) e elastomérica termoplástica Etileno Acetato de Vinila (EVA), no processo de fabricação de pneus, solados, calçados tipo *flip-flop*, etc. Entretanto, no processo de fabricação dos calçados nas empresas, os resíduos poliméricos são decorrentes de retalhos das placas expandidas oriundos do processo de corte e refugos em forma de pó originado do lixamento do calçado na fase de acabamento (GARLET, 1996 apud RIOS et al., 2014).

Esses resíduos podem servir como cargas de volta ao processo de fabricação das placas (GARLET, 1996). Porém, são de grande volume e o mecanismo de reaproveitamento exige cuidados especiais. Para tanto, o volume de resíduo reaproveitado é pequeno, em torno de 40% da geração, e tem tornado-se um grande problema ambiental (GARLET, 1996).

¹ Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande - PB, fabioremy@gmail.com;

² Mestra em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, Graduada em Gestão Ambiental - IFPB, Graduada em Licenciatura Plena em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba - PB, dalvaestevamifpb@gmail.com;

A deposição em aterros sanitários desses resíduos sintéticos representa sérias implicações, causadas pela baixa velocidade de degradação e a possibilidade de provocar impactos ambientais. A incineração não é recomendada devido à geração de gases nocivos ao meio ambiente. Algumas empresas estocam os resíduos em galpões, porém pode ocorrer do volume de resíduo ultrapassar a capacidade de armazenamento e passar a ser colocado nos pátios, com área limitada.

Em contrapartida, o setor rodoviário brasileiro conta atualmente com 1,5 milhão de km de estradas, mas apenas 212 mil km, ou seja, 13% são pavimentados, de acordo com o DNIT, dentre esta parcela grande parte possuem diversas patologias construtivas devido à falta de manutenção e baixa qualidade, em alguns casos, dos ligantes asfáltico utilizado, o que motiva o desenvolvimento de pesquisas como esta, com objetivo de desenvolver e estimular a inovação na indústria brasileira e a sustentabilidade (RIOS et al., 2014).

O desenvolvimento de novos materiais como compósitos fabricados com cimento asfáltico, incorporando resíduos sólidos da indústria para aplicação em pavimentação, são desafios constantes. As razões que motivam estas pesquisas são: inovação, esgotamento dos recursos naturais não renováveis, mitigação dos passivos ambientais. As exigências do manejo adequado pelas empresas, dos resíduos industriais, impostos pela Lei 12.305 – Resíduos Sólidos, também, motivam estudos nesta temática.

Segundo Leite (2013, s/p), "a sustentabilidade é conseguida pelo emprego de resíduos da construção civil, agregado de aciaria, cinzas volantes, resíduos de mármore e granito e ainda resíduos de borracha, que pode ser introduzido na mistura asfáltica". Todavia, o mapeamento dos resíduos industriais pelas empresas calçadistas, para uso como materiais não convencionais tende a se ampliar, isto, devido à necessidade de novos materiais, soluções e alternativas para os resíduos dos processos industriais. O uso de misturas compostas de ligante asfáltico modificado por polímero, *fileres* ou por borracha de pneu, vem aumentando, como alternativa para melhoria das propriedades do pavimento rodoviário e mitigação dos passivos ambientais.

Os passivos ambientais tipo borrachas elastoméricas SBR e EVA, estocados podem ser reaproveitados na modificação do ligante asfáltico, através da incorporação destes resíduos sólidos decorrentes dos processos calçadistas para melhoria das propriedades mecânicas dos pavimentos rodoviários. A modificação com polímeros é uma solução para mitigar as deficiências do ligante e melhoria das propriedades como a susceptibilidade térmica, resistência à deformação permanente e a trincas térmicas (AIREY, 2003).

A adição de polímeros nobre ao ligante vem sendo estudado desde 1969 (XIAOHU E ISACSSON, 2001), verificando-se melhora nas propriedades, como resistência à fratura a baixas temperaturas e ao escoamento sob condições de aquecimento elevado (VARMA *et al.*, 2002). França, Espanha, Alemanha e EUA são países onde as pesquisas estão avançadas, em 1970, no Texas, testes foram realizados com a incorporação de borracha de pneu ao ligante asfáltico (LUCENA, 2005, p. 16).

Existe uma grande variedade de polímeros que estão sendo usados na indústria de pavimentação (LEWANDOWSKI, 1994; XIAOHU e ISACSON, 2001). Yildirim *et al.*, (2000) apresenta de forma resumida, características de alguns modificadores do ligante asfáltico: A borracha natural melhora a resistência à deformação e a ductilidade, mas é sensível à decomposição e apresentam problemas de compatibilidade, a borracha de pneu é uma solução correta, mas que requer temperaturas elevadas de mistura e tempos longos de digestão, a fim de prevenir a separação de fases (Polímeros – Ligante Asfáltico).

Neste sentido, o objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade técnica do aproveitamento dos resíduos poliméricos no setor da pavimentação rodoviária. A incorporação de resíduos produzidos na indústria que são descartados no meio ambiente pode ter outra destinação o reaproveitamento, diminuindo assim os passivos ambientais e a degradação do meio ambiente.

PAVIMENTO ASFÁLTICO SUSTENTÁVEL

Asfalto pode ser definido como uma mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo, obtido por meio de destilação ou de forma natural, cujo principal componente é o betume, podendo apresentar também, em sua composição, oxigênio, nitrogênio e enxofre em pequenas proporções. O betume é uma mistura de hidrocarbonetos pesados que apresenta propriedades ligantes, inflamáveis e de elevada viscosidade. Portanto, o asfalto consiste em um material betuminoso. No Brasil, os termos betume e asfalto são frequentemente utilizados como sinônimos (CNT, 2019).

O asfalto é bastante utilizado na construção civil, devido as suas características impermeabilizantes e adesivas. Quando o asfalto derivado do refino do petróleo apresenta propriedades físicas que se enquadram em classificações estabelecidas por normativos específicos (Resolução da ANP nº 19, de 2005), esse passa a ser denominado como cimento asfáltico de petróleo (CAP). Os CAPs apresentam qualidades que os tornam apropriados para aplicação na camada de revestimento das rodovias, que é a camada do pavimento perceptível

ao usuário e que possui interferência direta no conforto e na segurança com que o veículo trafega (CNT, 2019).

A função primária do asfalto no pavimento é promover aderência entre os agregados da mistura e entre ela e a superfície onde será aplicada, constituindo a parte denominada de "ligante". Além disso, é o responsável por proporcionar flexibilidade adequada à superfície da via para que ela resista ao tráfego e as condições climáticas sem apresentar deformações ou trincas precoces, o que compromete a durabilidade da infraestrutura (CNT, 2019).

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2013, p. 340) "46,9% das rodovias pavimentadas brasileiras apresentaram problemas". Entre os problemas pode-se destacar como um dos principais as deformações permanentes ou afundamento de trilha de roda. A deformação permanente nos revestimentos asfálticos pode ser definida como depressões longitudinais nas trilhas de roda, as quais aumentam com as cargas repetidas impostas pelo tráfego de veículos (MAHMOUD e BAHIA, 2004 apud SIMIONATO, SILVA-JÚNIOR e FONTENELE, 2018).

No Brasil o asfalto é utilizado em mais de 99% dos trechos pavimentados (CNT, 2019, p. 5). Esse insumo apresenta preço elevado o que encarece os custos de construção e manutenção das vias. Além disso, pavimentos com deformações e danificados contribuem para o desgaste dos veículos aumentando o consumo de combustível e o tempo da viagem, gerando prejuízos aos que utilizam as rodovias e a economia do país.

Neste sentido, novas as pesquisas vêm sendo desenvolvidas na busca de soluções que tornem o asfalto mais duradouro e sustentável. Sendo a sustentabilidade um ideal a ser concretizado no ramo da construção civil. A busca pela sustentabilidade faz com que o ser humano procure novas técnicas construtivas utilizando de forma racional os recursos naturais. Essa preocupação faz com que novas pesquisas sejam desenvolvidas agregando materiais que antes seriam destinados e dispostos em lixões. A figura 1 abaixo mostra pavimento asfáltico padrão adotado no Brasil e modificado com pneus.



Figura 1 - (A) Pavimento Asfáltico Padrão e (B) Pavimento Asfáltico Borracha. Fonte: Internet.

Atualmente estão sendo incorporados aos CAPs materiais como pneus e borrachas provenientes do processo industrial calçadista. Com o intuito de melhorar as "propriedades mecânicas das misturas asfálticas, bem como, reduzir o passivo ambiental causado pela crescente deposição inadequada [...] na natureza, muitos países vêm desenvolvendo tecnologia para a incorporação de borracha moída [...] em revestimentos asfálticos" (GÓMEZ-PABLO, 2017).

A Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2019, p. 59-62) apresenta algumas alternativas de materiais que podem "melhorar o desempenho do asfalto na pavimentação são elas: Asfalto modificado por TLA (*Trinidad Lack Asphalt*), Asfalto modificado por polímeros, Asfalto modificado por ácido polifosfórico (*polyphosphoric acid* - PPA) e o Asfalto-borracha".

É importante ressaltar que não existe uma solução única, nem um modificador ideal para o asfalto. A melhor seleção deve ser feita de acordo com as necessidades e características de cada obra. Destaca-se, também, que o emprego de modificadores que melhoram o desempenho do pavimento não elimina a necessidade de solução dos problemas apresentados relacionados ao CAP convencional (CNT, 2019).

A utilização do asfalto modificado seria uma solução para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, entretanto, a fabricação em larga escala ainda é pouco realizada pela indústria. A utilização do asfalto com modificação é uma alternativa que se apresenta viável para diminuir a problemática das rodovias, melhorando a malha viária.

Por fim, cabe destacar que alguns especialistas consideraram que a utilização de CAP convencional, mesmo que nas qualidades e especificações adequadas, não atenderia, de forma apropriada, à atual composição do tráfego nas rodovias do Brasil. Por isso, a utilização de CAP modificado seria um futuro inevitável para o setor (CNT, 2019).

METODOLOGIA

Para a coleta de dados realizou-se visitas *in loco* em empresas que trabalham com a fabricação de sandálias para conhecer o processo de fabricação, bem como, o destino dos resíduos oriundos da fabricação das sandálias.

Os resíduos poliméricos dos calçados, denominados *RCA*, foi fornecido na forma de aparas e depois moído, é um composto de SBR, denominado *SBRr* e contém na composição traços do polímero EVA, denominado *EVAr*. O resíduo *RCA* tem como procedência a São

Paulo Alpargatas situada em Campina Grande/PB, e o ligante asfáltico CAP50/70 é procedente da refinaria LUBNOR/CE (Figura 2).



Figura 2 - (A) Resíduos poliméricos RCA, (B) Resíduo moído e (C) Ligante asfáltico. Fonte: (A) o autor (2012) e (B) e (C) CAMBUIM (2004).

O resíduo foi coletado e triturado em moinho de facas, com granulometria aproximadamente 96,94%, entre as malhas 0,075mm (#200ASTM) e 0,6mm (#30ASTM), dentro da faixa mais adequada, foram feitas as composições para a mistura com o ligante asfáltico.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados 16 tipos diferentes de ligantes asfálticos, sendo um convencional produzido em escala industrial e 15 ligantes modificados pelo RCA, conforme descrito a seguir:

- Ligante CAP 50/70 – Convencional.
- **CAPMI** (CAP50/70, RCA, PBO (Peróxido de benzoíla)), com as seguintes composições:
 1. CAP 50/70 + CAP + 5% RCA+ 0,2%PBO, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 2. CAP 50/70 + CAP + 10% RCA+ 0,2%PBO, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 3. CAP 50/70 + CAP + 15% RCA+ 0,2%PBO, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 4. CAP 50/70 + CAP + 20% RCA+ 0,2%PBO, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 5. CAP 50/70 + CAP + 25% RCA+ 0,2%PBO, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento.

- **CAPM2** (CAP50/70, RCA, MDG, Enxofre), com as seguintes composições:
 1. CAP 50/70 + CAP + 5% RCA + 0,2% Enxofre + 2% MDG, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 2. CAP 50/70 + CAP + 10% RCA + 0,2% Enxofre + 2% MDG, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 3. CAP 50/70 + CAP + 15% RCA + 0,2% Enxofre + 2% MDG, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 4. CAP 50/70 + CAP + 20% RCA + 0,2% Enxofre + 2% MDG, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento;
 5. CAP 50/70 + CAP + 25% RCA + 0,2% Enxofre + 2% MDG, produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento.

- **CAPM3** (CAP50/70, RCA, MDG e Resíduo de Rochas Silicatas (RRS)), com as seguintes composições:
 1. CAP 50/70 + CAP + 5% RCA + 2% MDG + 2% Resíduo de Rochas Silicatas (RRS), produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento,
 2. CAP 50/70 + CAP + 10% RCA + 2% MDG + 2% Resíduo de Rochas Silicatas (RRS), produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento,
 3. CAP 50/70 + CAP + 15% RCA + 2% MDG + 2% Resíduo de Rochas Silicatas (RRS), produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento,
 4. CAP 50/70 + CAP + 20% RCA + 2% MDG + 2% Resíduo de Rochas Silicatas (RRS), produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento,
 5. CAP 50/70 + CAP + 25% RCA + 2% MDG + 2% Resíduo de Rochas Silicatas (RRS), produzido em laboratório com agitação simples e aquecimento.

Após as realizações das misturas, foram efetivadas as caracterizações através das análises térmica e física. Os procedimentos metodológicos para análise do CAP modificado por polímero residuário do processo calçadista consistiram de ensaios de caracterização termogravimétrica (TG) e análise da reologia em laboratório.

O estudo utilizou materiais tais como: resíduo polimérico RCA (SBRr, EVAr), resíduo da mineração da extração do granito (RRS), fornecido pela GRANFUGI, ligante CAP 50/70, reagentes, Peróxido de Benzoíla (C₁₂H₁₀O₄) e Metacrilato de Gricidila (C₇H₁₀O) e equipamentos que deram suporte na confecção das amostras e análises laboratoriais (Quadro 1).

Quadro 1 - Procedimentos de execução da análise.

EQUIPAMENTOS	MODELO
Equipamento DCS	Especificação: Dynamic Shear RHEMOTER
Equipamento TGA 50	Shimadzu
Reator	Especificação tipo KETLE
Balança de Precisão Estufa	Especificação METLER 9200
Agitador Mecânico	Especificação FISATOM

Fonte: O autor (2012).

O procedimento de execução da análise consistiu das seguintes etapas, conforme a figura 3 abaixo.



Figura 3 - Macrofluxo - Procedimentos de execução da análise. Fonte: O autor (2012).

A macrofluxo acima mostra de forma simplificada as etapas realizadas para obtenção do CAP modificação com barracha sintética.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a perda de massa do *CAPMI*, na análise termogravimétrica sobre condições de temperatura e carregamentos controlados, registradas na temperatura entre 25 °C -500°C, atmosfera inerte de N₂ e velocidade de 10°C/min., com teor de resíduos RCA de 5% a 25% do peso próprio, incorporado no asfalto CAP 50/70.

Tabela 1 - Eventos ocorridos na degradação do *CAPMI*. T = teor; t=temperatura; PM=perda de massa; PMt=perda de massa total.

T(%)	t(°C)	PM (%)	t(°C)	PM (%)	PMt
5	225,8 a 390,99	31,22	390,99 a 500	38,91	70,15
10	221,32 a 496,32	71,90	-	-	71,9
15	210,93 a 493,63	72,16	-	-	72,16
20	217,31 a 368,02	31,85	368,02 a 481,43	43,35	75,2
25	219,10 a 382,24	34,80	382,24 a 489,22	43,18	77,9

Fonte: Produção do autor (2013).

O desempenho do *CAPMI* nas composições de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% nas análises termogravimétricas demonstraram que houve melhoramento das propriedades do asfalto com a adição dos resíduos poliméricos com 5% RCA (Figura 4).

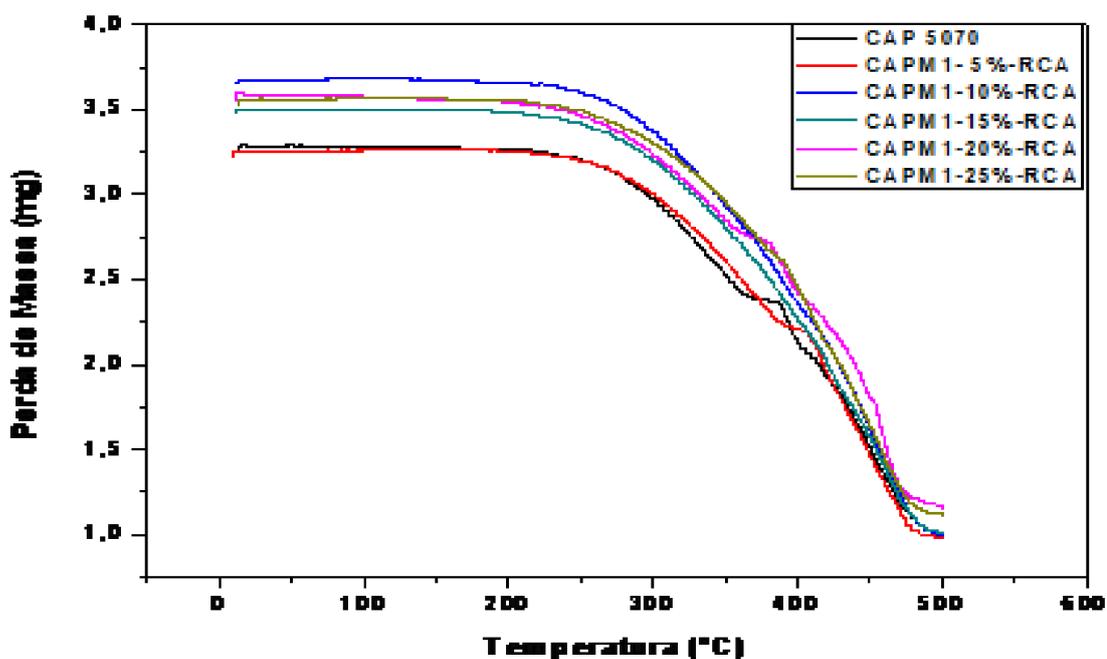


Figura 4 - TG CAPM1 - CAP modificado. Fonte: O autor (2012).

Foram observados efeito das reações irreversíveis como a oxidação do asfalto, e fenômenos reversíveis, como a eliminação de frações voláteis. O *CAPMI* a 5% apresentou a menor perda de massa (70,5%) e melhor estabilidade térmica (225,83°C), portanto, o melhor desempenho, tornando-o hábil para aplicação na pavimentação.

O início da decomposição refere-se à fusão e volatilização de substâncias do ligante CAP 50/70, a partir dos 225,83°C refere-se à degradação do resíduo polimérico RCA, atribuídos à volatilização das moléculas de água e outros compostos. A partir de 390,99°C a 500°C corresponde à perda do excesso, devido à decomposição do *CAPMI*, influenciando nas propriedades mecânicas.

Percebe-se a inviabilidade da aplicação em pavimentação de misturas acima de 10% de RCA, devido à quantidade do material não apresentar a morfologia, fluidez e estado físico adequado. A Tabela 2 mostra o desempenho para o *CAPM2* na termogravimetria registradas na temperatura entre 25°C e 500°C, atmosfera inerte de N₂ e velocidade de 10°C/min., com teor de RCA de 5% a 25% do peso próprio, incorporado no CAP 50/70.

Tabela 2- Eventos ocorridos na degradação do *CAPM2*. T=teor; t=temperatura; PM=perda de massa; PMt=perda de massa total.

T(%)	t(°C)	PM (%)	t(°C)	PM (%)	t°C	PM	PMt (%)
5	220,2 a 386,8	31,10	386,08 a 493,79	35,6	-	-	66,7
10	198.4 a 425.6	59.70	425,69 a 493.15	17,3	-	-	77,3%
15	205.0 a 366.4	27.43	366,48 a 409,65	22.1	409.6 a 92.76	29.3	78,8
20	198.5 a 496.8	77.14	-	-	-	-	79,3
25	197.2 a 492.3	81.90	-	-	-	-	81,9%

Fonte: Produção do autor (2013).

O desempenho do *CAPM2*, nas composições de 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, nas análises das curvas termogravimétricas, demonstraram que a mistura a 5% rendeu melhores resultados, conforme a degradação em temperatura variando de 25°C a 500°C (Figura 5).

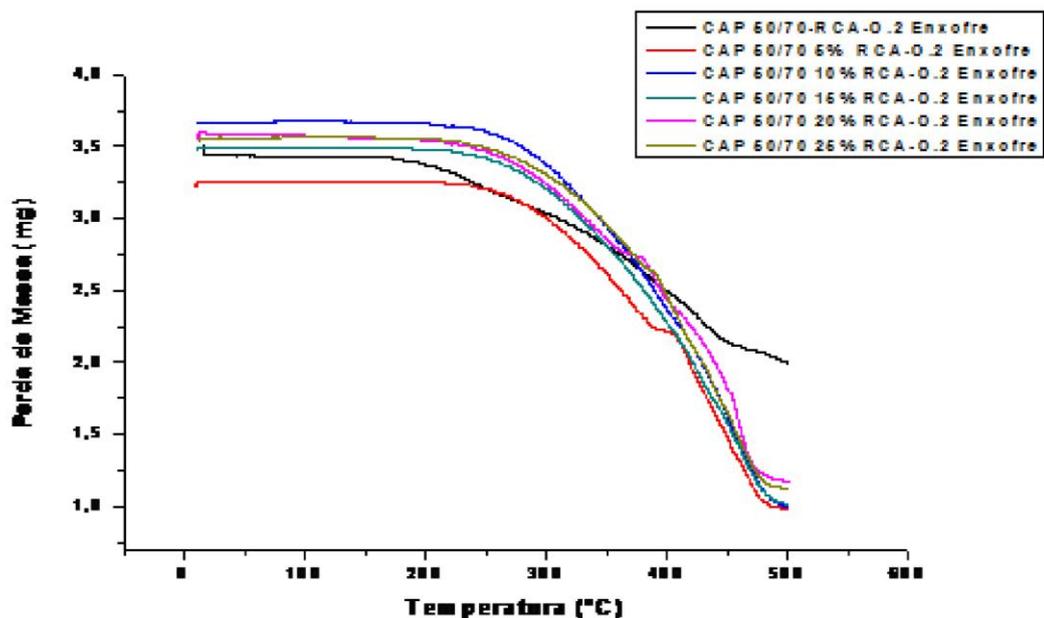


Figura 5 - TG CAPM2 – CAP modificado com RCA. Fonte: O autor (2012).

O material CAPM2 a 5% de RCA apresentou estabilidade térmica até 220,21°C e menor perda de massa total (66,70%), tornando-o possível para aplicação na pavimentação. A partir de 220,21°C inicia-se a decomposição, devido à fusão e volatilização de substâncias do ligante e degradação do resíduo RCA, pela volatilização das moléculas de água e de outros compostos. A segunda iniciando em 386,08°C até 493,73°C corresponde à perda do excesso.

A degradação do CAPM2 influencia nas propriedades mecânicas do CAP modificado, são decorrentes da transformação físico-química em função da temperatura até 500°C. Percebe-se a inviabilidade da aplicação de misturas acima de 10% de RCA, devido à quantidade de resíduos e não apresentar a morfologia, fluidez e estado físico adequado, tornando-se muito viscoso e inadequado para uso como ligante a ser aplicado em pavimentação asfáltica.

Nas amostras do CAPM3 o comportamento, ocorre conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Eventos ocorridos na degradação do CAPM3. T=teor; t=temperatura; PM=perda de massa; PMt=perda de massa total.

T (%)	t (°C)	PM (%)	t (°C)	PM (%)	PMt (%)
5	196.47 a 495.18	65.05	-	-	65.05
10	189.08 a 497.94	69.72	-	-	69.72
15	166.13 a 498.77	70.43	-	-	70.43
20	168 a 491	75.89	-	-	75.89
25	167.14 a 495	76.26	-	-	76.26

Fonte: Produção do autor (2012).

As perdas de massa verificadas nas amostras estudadas são decorrentes das transformações químicas sob condições de temperatura e carregamentos controlados nos intervalos de 24°C a 500° C, atmosfera inerte de N₂ e velocidade de 10°C/min., com teor de resíduos de 5 a 25% do peso próprio, incorporado ao ligante CAP 50/70.

A figura 6 abaixo mostra o desempenho do compósito denominado *CAPM3*, nas composições de 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, nas análises termogravimétricas que mede a variação de massa da amostra em relação à temperatura e/ou tempo em uma programação controlada, e possibilitando conhecer a faixa de temperatura em que a amostra se decompõe, o andamento das reações de oxidação e decomposição.

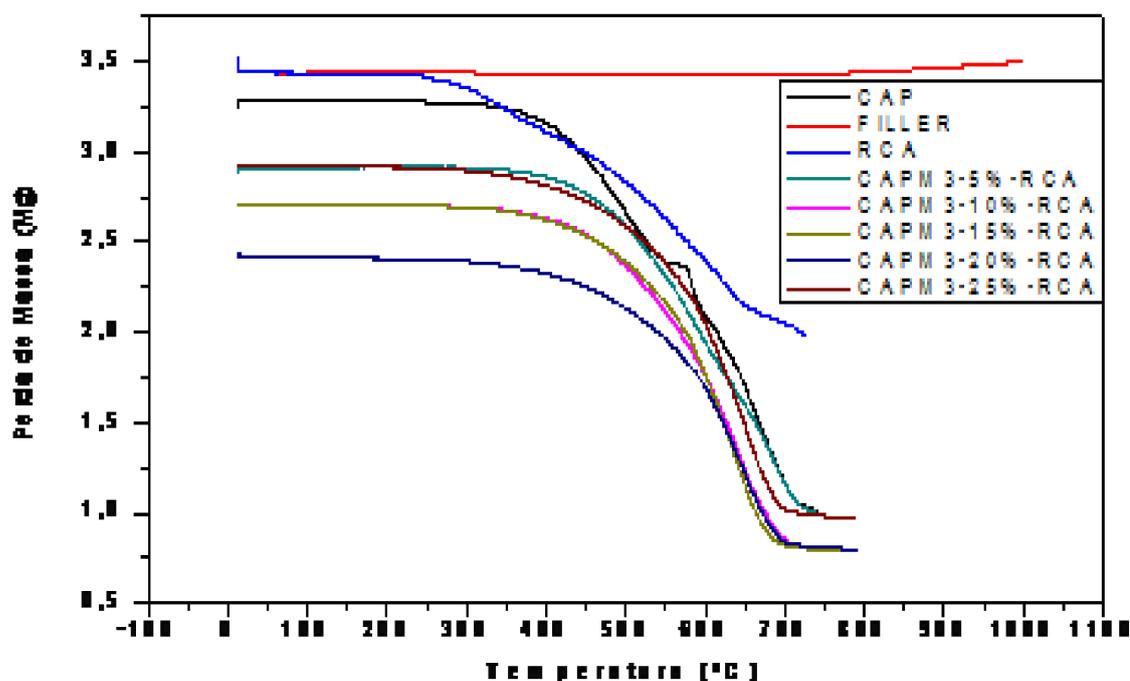


Figura 6 - TG do *CAPM3* - CAP modificado com *RCA* e *filler* de rocha silicatada. Fonte: O autor (2012).

O *CAPM3* a 5% de *RCA* até a temperatura de 196°C resiste termicamente o que o torna hábil para sua aplicação na pavimentação, com menor perda de massa total (65,05%), portanto, o melhor desempenho. Apresenta um evento de decomposição entre 196°C e 495°C.

O *CAPM3* apresentou estabilidade térmica menor que as demais, isso se deve a reações químicas do *RCA* e o *RRS* com o ligante CAP 50/70 e seu ativador, o MDG. Percebe-se a inviabilidade da aplicação em pavimentação das misturas acima de 10% de *RCA*, pela grande quantidade de resíduos, baixa fluidez do material e devido não apresentar a morfologia e estado físico adequado para aplicação em pavimentação asfáltica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, podemos inferir que a presença de polímeros residuários RCA, fornece maior resistência a variações de temperatura, sem que haja uma grande degradação. Entretanto, a adição de resíduos não modifica quimicamente o ligante, mas eleva a consistência do CAP 50/70, acarretando melhorias nas propriedades físicas.

Entre os CAPs modificados, a melhor composição foi a 5% que apresentou menor perda de massa total e estabilidade. Dessa forma, o pavimento flexível apresenta características que podem melhorar o asfalto convencional, reduzindo os problemas comuns apresentados nas rodovias, viabilizando a malha viária. Além disso, a retirada dos resíduos do meio ambiente, dando uma destinação ambientalmente correta colabora para a gestão ambiental, onde todos saem ganhando, seja a natureza ou a população.

Novas pesquisas vêm sendo desenvolvidas a cada dia, tendo a indústria mais opções de produção de materiais que visem à sustentabilidade reduzindo os passivos ambientais. Os CAPs modificados apresentam bons resultados, em termo de resistência, flexibilidade dentre outras propriedades mecânicas que proporcionam melhor qualidade ao asfalto.

REFERÊNCIAS

AIREY, G. D. Rheological Properties of Styrene Butadiene Styrene Polymer Modified Road Bitumens. Fuel, 2003, v. 82, p. 1709-1719.

ANP - Agência Nacional de Petróleo. Resolução ANP N°19, de 11 de julho de 2005.

BRASIL. LEI DOS RESÍDUOS SÓLIDOS N° 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 08 agost. 2013.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Transporte Rodoviário:** Impactos da qualidade do asfalto sobre o transporte rodoviário. Brasília, 2019, 75p. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/home>> Acesso em: 02 out. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial. CNT: SEST: SENT. Brasília, 2013, 389p. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/Edicoes>> Acesso em: 02 out. 2019.

GARLET, G. Aproveitamento de resíduos de E. V. A. (*Ethylene Vinyl Acetate*) como agregado para concreto leve na construção civil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998. 146p.

GÓMEZ-PABLO, F. G. Práticas sustentáveis nos pavimentos e sua possível aplicação no mercado brasileiro: Presente e futuro. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017, 67p.

LEITE, L. F. M. **Sustentabilidade de Pavimentos Asfálticos**. In: Boletim Técnico. 2013. Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/materias/2013/bt07a.htm>> Acesso em: 04 out. 2019.

LEWANDOWSKI, L. H. Polymer Modification of Paving Asphalt Binders, *Rubber Chemistry and Technology*, v. 67, p. 448 – 480, 1994.

LUCENA, M. C. C. Caracterização química e reológica de asfaltos modificados por polímeros. Tese (Doutorado em Química Inorgânica) Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2005, 164p.

MAHMOUD, S. F. F; BAHIA, H. Using the Gyrotory Compactor to Measure Mechanical Stability of Asphalt Mixtures. Wisconsin Highway Research Program 0092-01-02, Madison, Wisconsin, EUA, (2004).

RIOS, F. R. A; BARBOSA-SOBRINHO, A. A. MORAIS, C. R. S; SILVA, D. D. E. Reuso dos resíduos da borracha sintética SBR/EVA, no asfalto ecológico para mitigação dos impactos ambientais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 07-13, jan-mar, 2014. ISSN 2317-3122.

SIMIONATO, L. R; SILVA-JÚNIOR, C. A. P; FONTENELE, H. B. O efeito da alteração do ligante asfáltico no desempenho de pavimentos flexíveis. **Revista de Engenharia Civil**, n. 54, p. 26-35, 2018.

VARMA, R; TAKEICHI, H; HALL, J. E; OZAWA, Y. F; KYU, T. Miscibility Studies on Blends of. Kraton Block Copolymer and Asphalt, *Polymer*, v 43, p. 4667 (2002).

XIAOHU, L; ISACSSON, U. *Polymer Testing*, v. 20, p. 77 (2001).

YILDIRIM, Y; SOLAIMANIAM, M; KENNEDY, T. W. *Mixing and Compaction Temperatures for Hot Mix Asphalt Concrete*. Report n. 1250-5, Austin, University of Texas, 2000.

ESTUDO DA MODIFICAÇÃO QUÍMICA DE BENTONITAS PARA USO EM NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Edilane Laranjeira Pimentel ¹
Verônica Evangelista de Lima ²
Maria Roberta de Oliveira Pinto ³

RESUMO

A busca de novos materiais que sejam provenientes de fontes renováveis tem motivado o desenvolvimento de pesquisas, em todo o mundo. Nos últimos anos, os nanocompósitos polímero/argila têm sido objeto de vários estudos, principalmente devido às inúmeras vantagens apresentadas por esses materiais quando comparados aos compósitos convencionais. Dentre as diversas argilas empregadas para a preparação de nanocompósitos, as argilas bentoníticas vêm sendo bastante utilizadas. Diante desse contexto, esse trabalho buscou avaliar o potencial da bentonita na produção de argilas organofílicas visando sua utilização em síntese de nanocompósitos poliméricos. As argilas organofílicas foram obtidas a partir do processo de troca catiônica utilizando sais quaternários de amônio. O sal utilizado no tratamento das bentonitas foi o brometo de cetil trimetil amônio (cetremide). As argilas modificadas e não modificadas foram caracterizadas por análise química, determinação da capacidade de troca de cátions (CTC), espectroscopia no infravermelho (FTIR), difração de raios X (DRX) e análise termogravimétrica (TG). A bentonita AN apresentou uma elevada CTC (92 meq/100g). O tempo de repouso após a modificação orgânica da argila, não mostrou uma influência considerável nos resultados do DRX. O teor de surfactante utilizado na modificação orgânica da argila influenciou no valor da distância interplanar basal (d_{001}) e na morfologia dos híbridos obtidos. Os dados resultantes das caracterizações confirmaram a obtenção de bentonitas organofílicas. O uso das bentonitas justifica-se pela abundância no Estado da Paraíba e o baixo custo, agregados ao potencial que elas representam como cargas, principalmente quando organofilizadas, resultando em grande atrativo científico e industrial.

Palavras-chave: Bentonitas organofílicas, Nanocompósitos poliméricos, Caracterização.

INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas os nanocompósitos à base de argila têm atraído o maior interesse dos pesquisadores devido à possibilidade de atingir melhores propriedades, quando comparados ao polímero puro ou aos compósitos convencionais (BERGAYA et al., 2006). Os nanocompósitos poliméricos são uma classe de materiais de matriz polimérica preenchidos por partículas onde pelo menos uma das dimensões está em escala nanométrica (BRAGA, 2010).

¹ Professora Doutora da Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, edilane.uepb@gmail.com;

² Professora Doutora da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, veronica.dq.uepb@gmail.com;

³ Professora Doutora da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, roberta1_oliveira@hotmail.com

Um dos sistemas mais promissores é o híbrido baseado em polímeros orgânicos e argilominerais inorgânicos constituído de silicatos em camadas (TIDJANI & WILKIE, 2001). Os nanocompósitos polímero/silicatos em camadas são similares aos compósitos poliméricos normais, pois eles usam cargas para obter propriedades não disponíveis em polímeros não carregados. Entretanto, os nanocompósitos, comparados aos compósitos convencionais, mostram melhoramento de propriedades (mecânicas, térmicas, de barreira, retardância de chama e estabilidade dimensional) a baixos níveis de carga (1-5% em peso). Isto é possível uma vez que as cargas nos nanocompósitos não estão apenas em dimensões nanométricas, mas dispersas e interagindo com o polímero em escala manométrica (NOVAK, 1993).

Dentre as nanocargas mais utilizadas na obtenção de nanocompósitos, a montmorilonita (MMT) tem se destacado por apresentar estrutura em multicamadas e elevada razão de aspecto (SILVA, et al., 2010; BETTIO & PESSAN, 2012). Outros motivos, é que além de ser ambientalmente correta, naturalmente abundante e de baixo custo, ela pode ser expandida e mesmo intercalada/delaminada por moléculas orgânicas sob condições apropriadas (ANDRADE, 2003).

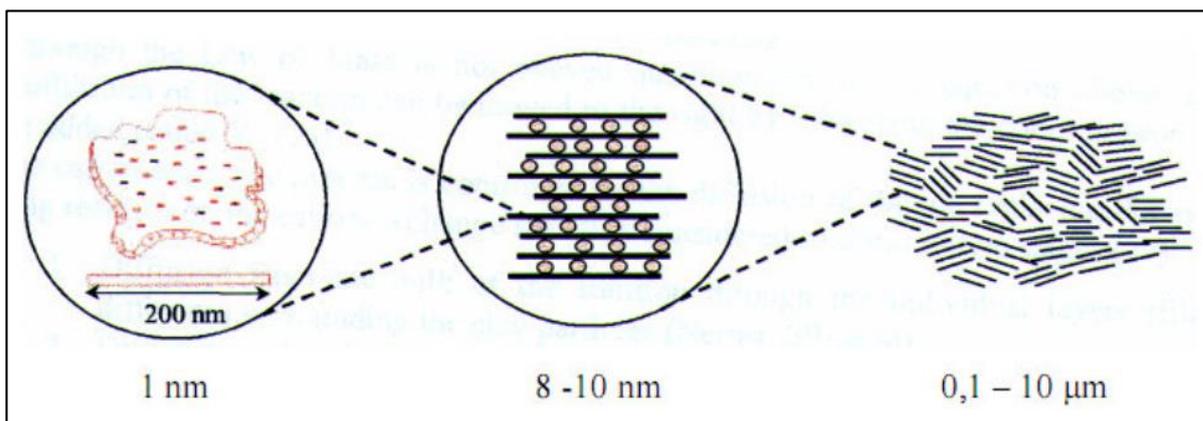
Segundo Murray (2007), as argilas esmectitas, isto é, a montmorilonita presente nas bentonitas, são os argilominerais mais comumente utilizados no campo dos nanocompósitos poliméricos. Suas características químicas e físicas, como alta capacidade de troca iônica, grande razão de aspecto (relação entre a largura e a espessura) e a capacidade de ser esfoliada em uma única lamela da ordem de 1 nanômetro de espessura, tornam a montmorilonita o argilomineral ideal para esta aplicação.

As argilas são materiais naturais, terrosos, de granulação fina (partículas com diâmetro geralmente inferior a 2 μm) e formadas quimicamente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. São constituídas por partículas cristalinas extremamente pequenas de um número restrito de minerais conhecidos como argilominerais. Uma argila qualquer pode ser composta por um único argilomineral ou por uma mistura deles. Além dos argilominerais, as argilas podem conter ainda matéria orgânica, sais solúveis, partículas de quartzo, pirita, calcita, outros minerais residuais e minerais amorfos (SOUZA SANTOS, 1989).

Geologicamente, as argilas se originam das rochas, ou de sedimentos rochosos, como resultado do intemperismo, da ação hidrotermal ou de materiais que se depositaram como sedimentos fluviais, marinhos, lacustres ou eólicos (SILVA, 2011).

Com relação a microestrutura, cada partícula lamelar da bentonita pode ser vista como uma estrutura de 100 a 200 nm de comprimento por 1nm de largura, sendo considerada por isso um material nanoparticulado. Na natureza esta estrutura está agregada em uma partícula primária formada por 5 a 10 lamelas que se mantêm juntas por íons interlamelares, que possuem 8 a 10 nm de largura. Estas partículas primárias formam grandes agregados estratificados visíveis de 0,1 a 10 µm, como pode ser observado na Fig.1 (BARBOSA, 2009).

Figura 1 – Microestrutura da Montmorilonita.

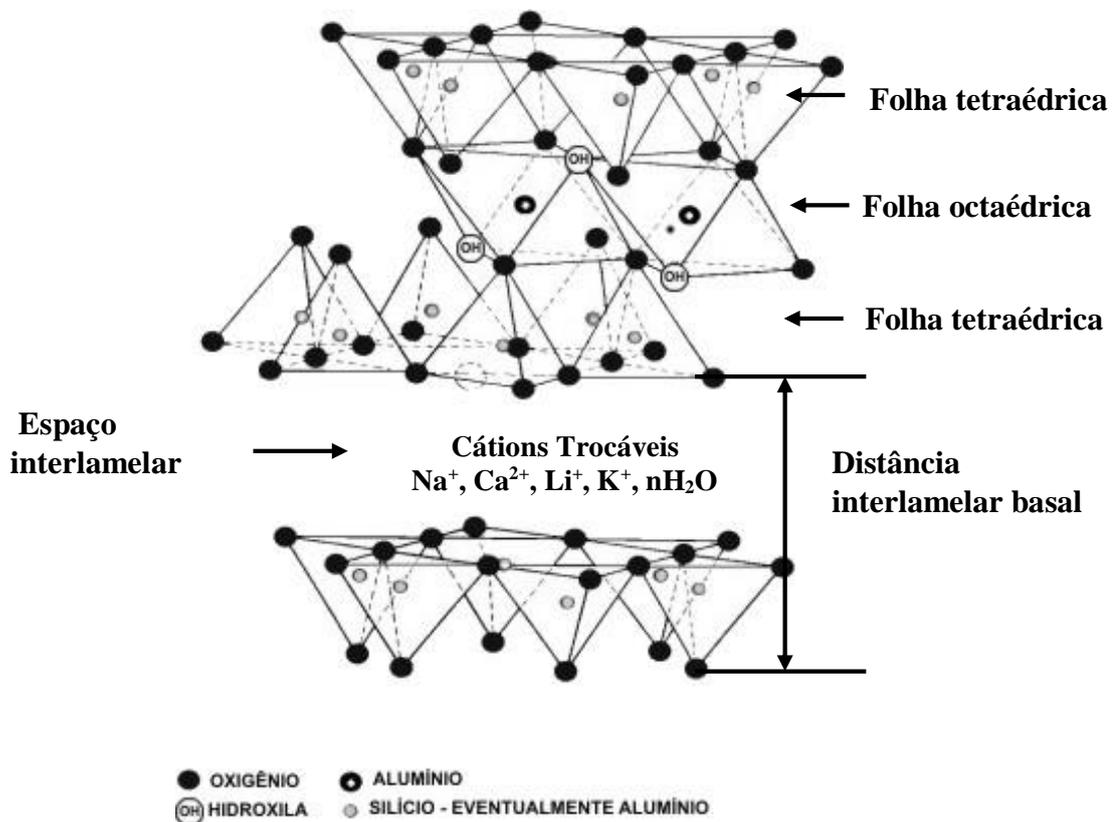


Fonte: BARBOSA, 2009.

Bentonitas são argilas compostas predominantemente por argilas esmectíticas, geralmente montmorilonitas, e caracterizadas por apresentarem cristais elementares com uma folha de octaedros, com alumínio no centro e oxigênios ou hidroxilas nos vértices, entre duas folhas de tetraedros, com silício no centro e oxigênios nos vértices, formando camadas denominadas de 2:1 (trifórmicas). Substituições isomórficas do Al^{3+} por Si^{4+} na folha de tetraedros e Mg^{2+} ou Fe^{2+} por Al^{3+} na folha de octaedros acontecem na formação geológica das argilas, resultando em carga negativa na superfície das mesmas. Essa carga negativa é compensada pela presença de cátions no espaço interlamelar (PEREIRA et. al., 2007). A Fig. 2 apresenta a estrutura da montmorilonita.

Uma das principais propriedades das bentonitas é a capacidade de troca de cátions (CTC). Esta propriedade é altamente dependente da natureza das substituições isomórficas nas camadas tetraédricas e octaédricas e, portanto, da natureza do solo onde a argila foi formada. Isto explica porque montmorilonitas de diferentes origens apresentam diferentes CTC's (KORNMAN et al., 2001).

Figura 2 – Representação esquemática da estrutura do argilomineral montmorilonita



Fonte: SOUZA SANTOS (1992).

Para que ocorra melhor adesão entre os componentes para a formação de um nanocompósito, a argila deve ter sua polaridade alterada tornando-se organofílica, para que possa ter uma afinidade com o polímero, (BERTOLINO, 2008). A presença de cátions orgânicos entre as lamelas da argila esmectítica diminui a tensão superficial dessas argilas e melhora sua compatibilidade com matrizes poliméricas (BARBOSA, 2007).

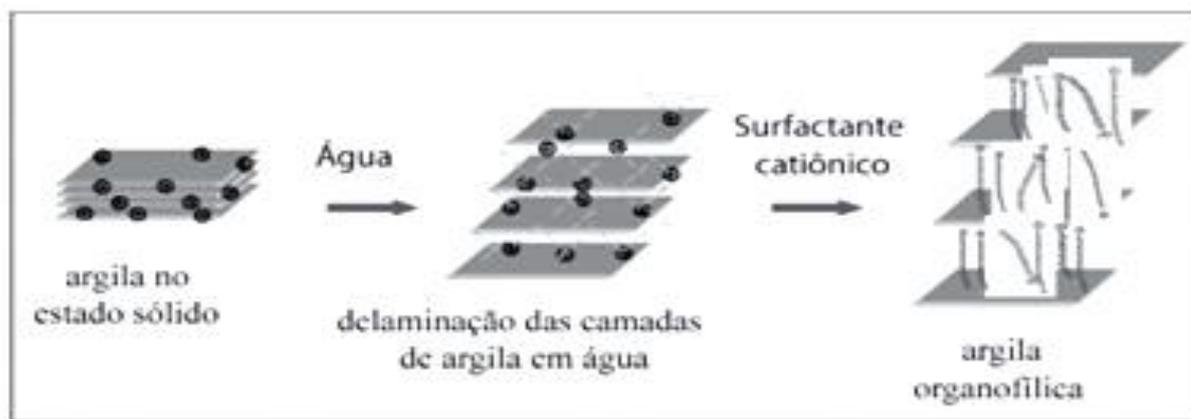
As bentonitas organofílicas podem ser sintetizadas a partir de sais quaternários de amônio, primários, secundários, terciários ou quaternários, com 12 ou mais átomos de carbono de fórmula geral: $[(\text{CH}_3)_3\text{NR}]^+$ ou $[(\text{CH}_3)_2\text{NRR}']^+$, onde R é a cadeia longa de hidrocarboneto alquila (BOYDE, 1988; JOSÉ, 2001). O sal é adicionado a uma dispersão aquosa de bentonita altamente delaminada, ou seja, cujas camadas encontram-se totalmente separadas facilitando a introdução de compostos orgânicos. Por essa razão, a argila deve possuir uma elevada capacidade de expandir em presença de solventes e facilidade de troca de cátions, sendo as sódicas as bentonitas mais indicadas para as reações de troca com os sais de amônio (VALENZUELA DÍAZ, 1999). Nestas dispersões aquosas de bentonitas sódicas, a parte catiônica das moléculas do sal quaternário de amônio ocupa os sítios onde anteriormente

estavam os cátions de sódio e as longas cadeias orgânicas situam-se entre as camadas do argilomineral (LABA, 1993; JORDAN, 1949). A inserção de moléculas orgânicas faz com que ocorra expansão entre os planos d(001) da argila, e muda sua natureza hidrofílica para hidrofóbica ou organofílica e com isso proporciona diversas possibilidades de aplicações para as argilas.

Após a troca catiônica, as argilas apresentam a propriedade de inchar em solventes orgânicos e um caráter organofílico bastante elevado. Um esquema da síntese de argilas organofílicas pela técnica de troca de cátions está ilustrado na Fig. 3. O tipo de bentonita sódica, o tipo de sal quaternário de amônio e o processo de obtenção da argila organofílica irão definir os solventes orgânicos nos quais as argilas irão inchar.

Dentre os vários sais utilizados do tipo quaternários de amônio para obtenção de argilas organofílicas está o brometo de cetil trimetil amônio (CTAB). Esse surfactante possui 16 carbonos na cadeia alquílica que é justamente o dobro do número de carbonos considerados para alto grau de hidrofobização da argila (PAIVA et. Al., 2008).

Figura 3 - Esquema de troca de cátions em argila.



Fonte: PAVLIDOU e PAPASPYRIDES, 2008.

De acordo com Baldissera et al., (2013) e Phua et al., (2011), a argila organofílica possui menor energia superficial e, conseqüentemente, aumenta sua compatibilidade com os polímeros. Além disso, possui um espaçamento interlamelar maior que facilita a intercalação das cadeias poliméricas, favorecendo, assim, seu uso para obtenção de nanocompósitos poliméricos.

O Estado da Paraíba é um importante produtor de bentonitas, tanto bruto quanto beneficiado e tem atuando nove empresas e cerca de quatorze minas. Sendo o destaque para a cidade de Boa Vista pela expressiva produção das argilas. Os municípios de Boa Vista e Campina Grande, foram responsáveis por quase 87% da comercialização de bentonita bruta no

país, sendo ainda, o primeiro, onde ficou concentrada mais da metade da comercialização. A abundância e o baixo custo dessas argilas, agregados ao potencial que elas representam (modificadas ou não), fazem das mesmas uma atração científica e industrial (PEREIRA, 2008; DNPM, 2007; SILVA E FERREIRA, 2008a).

Dentro desse contexto, tivemos como objetivo deste trabalho, a sintetização de argilas organofílicas empregando um silicato em camadas de importância regional, argila bentonítica, visando ser empregada como carga na preparação de nanocompósitos poliméricos.

METODOLOGIA

Materiais

Foram utilizadas amostras de argila esmectítica (Bentonita)-AN-35, fornecidas pela Bentonit União Nordeste (BUN) - Campina Grande/PB sob a forma de pó de granulometria inferior a 0,074 mm.

O sal quaternário de amônio utilizado na obtenção das argilas organofílicas foi o brometo de cetil trimetil amônio, Cetremide, fornecido pela Vetec.

Métodos

Síntese das Argilas Organofílicas

A técnica de troca de íons consiste basicamente em dispersar a argila em água quente, adicionar o sal quaternário de amônio previamente dissolvido e manter em agitação sob determinado período, lavar para retirar o excesso de sal que não reagiu, filtrar, secar e desagregar o material obtido. Não existem condições de processamento definidas para preparação das argilas organofílicas. Vários procedimentos de preparação de argilas organofílicas em escala de laboratório são descritos em VALENZUELA-DÍAZ (1994).

A modificação química da bentonita, por reação de troca iônica, com o sal quaternário de amônio (Cetremide) foi conduzida empregando uma dispersão de Bentonita AN/água destilada de 1% (correspondendo a 600 mL de água destilada e 6 g de Bentonita). Todas as dispersões foram aquecidas a aproximadamente 80°C e agitado mecanicamente a uma velocidade de 3000 rpm. Depois de 5 minutos de dispersão, o cetremide foi adicionado em uma quantidade correspondente a 150% da capacidade de troca de cátions da argila e a mistura mantida a 80°C/3000 rpm por mais 30 min. Terminando este tempo as dispersões foram mantidas a temperatura ambiente por períodos de (15 min, 30 min, 1 h, 4 h, 8 h, 12 h, 16 h, 20

h e 24 h) antes de serem centrifugadas e filtradas. A importância de manter as dispersões em diferentes tempos de repouso antes da centrifugação é que a variação do tempo de contato argila-surfactante pode afetar a troca catiônica e conseqüentemente à morfologia e propriedades da bentonita organofílica. O mesmo procedimento foi realizado com outros teores de surfactante nas argilas (75%, 100%, 120%, 175% e 200%).

A centrifugação das dispersões foi conduzida em uma centrífuga NT 820 (Novas Técnicas Equipamentos) operando a 3000 rpm durante 15 minutos. Depois de centrifugar as dispersões foram colocados em um funil de separação onde o filtrado, separado da parte filtrante, foi misturado com 1 L de água destilada visando a remoção do excesso de íons brometos. Este procedimento foi repetido 2 vezes antes da filtração (filtração à vácuo). Depois de filtradas as amostras foram secas em estufa de secagem a 60°C por 24 horas. Em seguida, foram desagregados com almofariz e passada em peneira de ABNT 200 ($d = 74 \mu\text{m}$). O mesmo procedimento foi realizado com variação no tempo de centrifugação (1h, 12h e 24h).

Caracterização das Argilas

As argilas foram caracterizadas por análise química, determinação da capacidade de troca de cátions (CTC), espectroscopia no infravermelho (FTIR), difração de raios X (DRX) e análise termogravimétrica (TG).

Determinação da Capacidade de Troca de Cátions

A determinação da capacidade de troca iônica (CTC) das bentonitas foi realizada pelo método de adsorção de azul de metileno empregando uma suspensão aquosa com 5,000 g de bentonita e 300 mL de água destilada. Em seguida, adicionou-se gota a gota das soluções de NaOH⁻ e/ou HCl⁺ até atingir pH neutro. Titulou-se a suspensão com a solução padrão de 37 g/L de azul de metileno contido numa bureta que foi adicionada inicialmente de 2,0 em 2,0 mL, sendo que após cada adição de azul de metileno, a suspensão de argila foi agitada continuamente durante 5 minutos e por meio de um bastão de vidro pingou-se uma gota da suspensão em papel de filtro, número 50. Este procedimento foi realizado até o surgimento de uma leve coloração ao redor do círculo formado pelas partículas de argila (CHEN et al., 1974). Este método determina de modo simples, rápido e preciso a CTC de argilominerais. Uma vez que a CTC das argilas é de importância na preparação de nanocompósitos porque determina a quantidade de íons alquil amônio que podem ser intercalados entre as camadas da argila, expandindo-a. A separação entre as camadas da argila controla o espaço disponível para a difusão das moléculas

do polímero quando misturada com a argila organofílica (KORNMANN, 2001). A CTC da amostra foi calculada usando a equação (1).

$$CTC = V \times C \times 100 / m \quad (1)$$

Onde: V é o volume total em mililitros do azul de metileno;

C é a sua concentração em normalidade;

M é a massa da amostra seca em gramas.

Análise Química

A análise química das bentonitas foi realizada segundo métodos clássicos os quais permitem obter bons resultados. As determinações realizadas por estes métodos foram determinações gravimétricas e volumétricas (SOUZA SANTOS, 1989).

Espectroscopia no Infravermelho

As análises de espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) das bentonitas serão realizadas em um espectrômetro marca AVATAR TM 360 ESP Nicolet e com varredura de 4000 a 400 cm^{-1} . As amostras de bentonita serão caracterizadas na forma de pastilhas feitas a partir de 0,007g de argila e 0,1g de KBr prensadas a 5 toneladas durante 30 segundos. Pelo menos duas determinações serão feitas para cada composição.

Difração de Raios X

As análises de difração de raios X serão conduzidas em aparelho XRD-6000 Shimadzu com radiação $K\alpha$ do cobre, tensão 40 kV, corrente 30 mA, varredura 2θ de 2 a 30° e velocidade de varredura 2°/min.

As caracterizações feitas por Espectroscopia na Região do Infravermelho e Difração de Raios X foram realizadas no Laboratório de Materiais da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais/UFCG.

Análise Termogravimétrica

As análises de TG foram conduzidas em aparelho TGA S1H da Shimadzu empregando-se taxa de aquecimento de 10°C/min e temperatura de 25 a 900°C sob atmosfera de nitrogênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Química

Os resultados da análise química das bentonitas natural e modificadas com o sal quaternário de amônio cetremide estão apresentados na Tabela 1.

A presença do cetremide na estrutura da argila é evidenciada pela diminuição do cátion Na^+ para as amostras tratadas, o que é tido como indicativo da substituição dos cátions Na^+ pelos NH_3^+ pertinentes ao sal e pelo maior valor de perda ao fogo (28,62%).

Tabela 1 – Análise química da bentonita não tratada (AN) e tratada com Cetremide (ANOC).

Componentes	Bentonita Não Tratada (AN) (%)	Bentonita Tratada com Cetremide (ANOC) (%)
SiO_2	59,16	42,55
Fe_2O_3	8,14	3,42
Al_2O_3	21,09	21,75
CaO	Traços	Traços
K_2O	0,34	0,24
Na_2O	1,96	0,06
MgO	Traços	Traços
Resíduo insolúvel	1,03	2,38
Perda ao fogo	7,24	28,62
Total	98,96	96,64

Fonte: Própria, 2018.

Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

A bentonita AN apresentou uma elevada CTC (92 meq/100g), sugerindo que a bentonita AN quando modificada organicamente apresentará provavelmente um caráter organofílico, uma vez que o processo de troca iônica favorece o aumento do espaço interlamelar basal da argila (OLPHEN, 1991). A CTC é uma medida da quantidade de carga total das camadas da argila e é frequentemente usada para estimar a quantidade de montmorilonita presente nas bentonitas (KAUFHOLD, 2010). Uma vez que as montmorilonitas apresentam capacidade de troca de cátions que varia na faixa de 90 a 120 meq/100 g de argila, pode-se sugerir que a bentonita AN contém montmorilonita como argilomineral predominante.

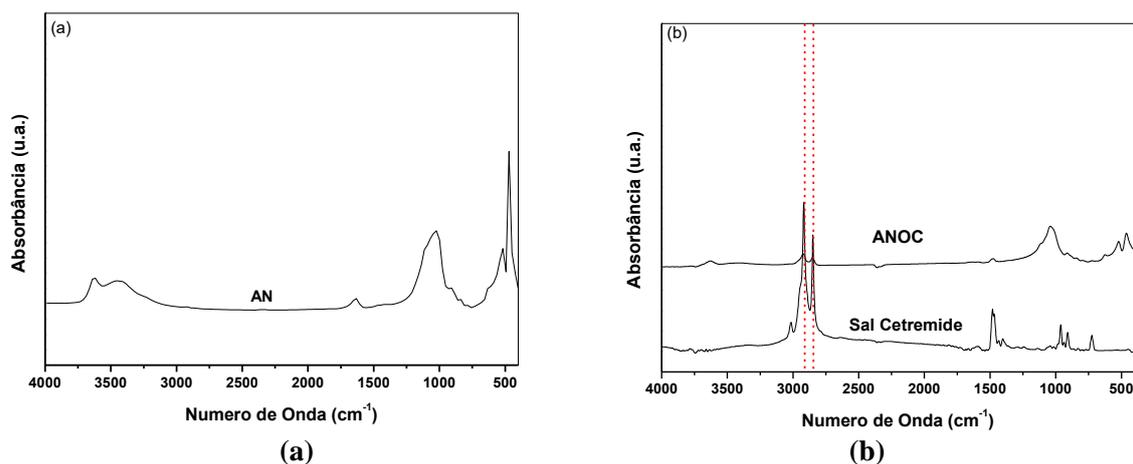
Segundo a literatura, quanto maior a CTC, maior é a troca de sódio presente nas camadas de bentonita por íons alquil amônio. Este tipo de troca de íons é muito importante, pois os íons trocáveis, que podem ser orgânicos ou inorgânicos, influenciam fortemente as propriedades físicas e químicas e as aplicações tecnológicas das argilas (CHO & PAUL, 2001; ODON, 1984).

Espectroscopia no Infravermelho

Os espectros de FTIR das bentonitas AN (não tratadas), ANOC (bentonita tratada com cetremide) estão mostrados nas Figs. 4a e 4b, respectivamente.

Nos espectros de FTIR (Figura 4a e 4b) observa-se o surgimento de duas bandas na faixa de $3033 - 2834 \text{ cm}^{-1}$ correspondentes aos modos de deformação assimétrica e simétrica do grupo CH_2 e a presença de uma banda na região de $1559 - 1401 \text{ cm}^{-1}$ correspondente à deformação assimétrica dos grupos CH_3 e CH_2 . Isto indica a presença do surfactante nas argilas devido ao surgimento de bandas de estiramento na mesma faixa das apresentadas pelo sal orgânico Cetremide, sugerindo a obtenção de argilas organofílicas.

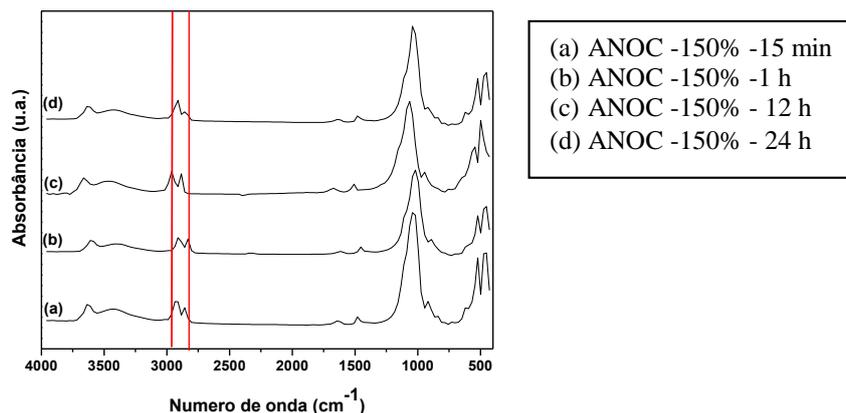
Figura 4 - Espectros de FTIR: (a) argila natural e (b) argila modificada organicamente com o sal cetremide.



Fonte: Própria, 2018.

Através do espectro apresentado na Fig.5 para a ANOC com variação do tempo, observa-se que para as amostras (b) e (d) a formação de picos são menos intensos em relação aos modos de deformação assimétrico do grupo CH_2 .

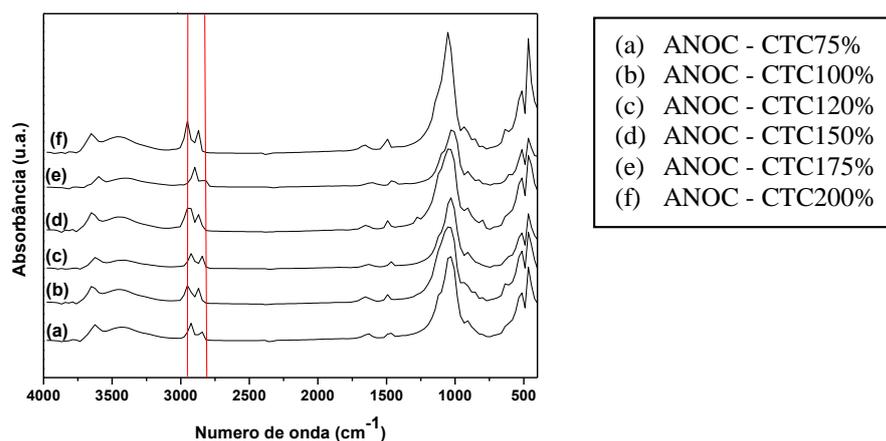
Figura 5 - Espectro da ANOC com variação no tempo de centrifugação.



Fonte: Própria, 2018.

Já para a ANOC com variação do teor de surfactante, conforme observado na Fig. 6, todas amostras apresentaram o mesmo comportamento em relação ao modo de deformação assimétrico e simétrico do grupo CH_2 . A que apresentou a formação de um pico mais intenso foi a amostra (f).

Figura 6 - Espectro da ANOC com variação no teor de surfactante.



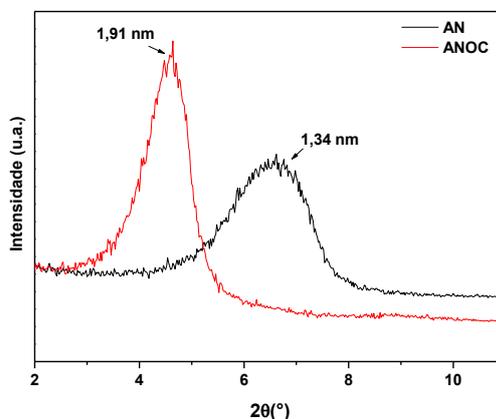
Fonte: Própria, 2018.

Difração de Raios X

A Fig. 7 apresenta as curvas de difração de raios X das bentonitas natural (AN) e tratada com o sal A bentonita tratada com o sal Cetremide apresenta deslocamento dos picos para ângulo 2θ mais baixos, resultando em distâncias interlamelares d_{001} superiores às da bentonita natural, 1,34 nm para a argila natural e 1,91 nm para a bentonita tratada, confirmando efetiva

intercalação dos cátions quaternários de amônio dentro das camadas dos silicatos. Obtiveram-se, portanto, argilas organofílicas, o que corrobora os resultados de FTIR.

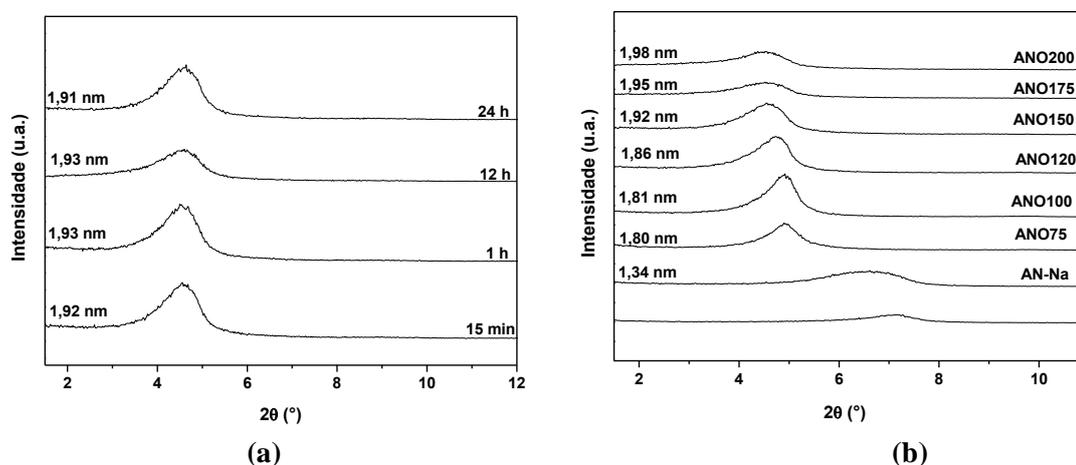
Figura 7 - Difratomogramas das bentonitas natural (AN) e tratada com cetremide (ANOC).



Fonte: Própria, 2018.

Os difratogramas das bentonitas modificadas organicamente (ANOC) com variação do tempo de centrifugação e das argilas com variação no teor de surfactante estão mostrados nas Figuras 8a e 8b, respectivamente.

Figura 8 - Difratomogramas: (a) bentonita ANOC com variação no tempo de centrifugação e (b) bentonita ANOC com variação no teor de surfactante.



Fonte: Própria, 2018.

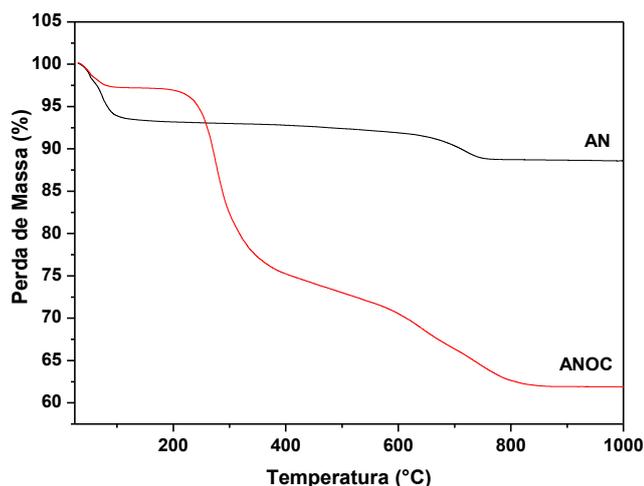
Para a argila modificada organicamente (ANOC) com variação do tempo de centrifugação (Figura 8a), pode-se relatar que a análise de DRX apresentou como resultados uma pequena variação na distância interplanar basal (d_{001}). O que implica dizer que o tempo de contato em repouso do sistema argila/surfactante não interfere na d_{001} .

Com respeito à variação do teor de sal empregado, os resultados de DRX (Figura 8b) demonstraram que à medida que se aumenta a concentração do sal utilizado, verifica-se um aumento na distância interplanar basal das amostras.

Termogravimetria (TG)

A análise termogravimétrica avalia a quantidade e a decomposição do composto orgânico intercalado bem como as etapas de desidratação e decomposição da argila. As curvas de análise termogravimétrica das argilas AN e ANOC estão mostradas na Figura 9 e os resultados numéricos reportados na Tabela 2.

Figura 9 - TG das bentonitas AN e ANOC.



Fonte: Própria, 2018.

Tabela 2 - Perdas de massa do sal orgânico e das argilas AN, ANOC.

Amostras	Perda de água residual		Perda de sal orgânico		Perdas de água de hidroxilas e resíduos carbonáceos	
	T _{Dmax} (°C)	%	T _{Dmax} (°C)	%	T _{Dmax} (°C)	%
Sal Cetremide®	-----	-----	283,11	93,65	519,28	5,80
AN	74,02	6,67	-----	-----	720,25	3,63
ANOC	54,04	2,66	272,80	20,86	650,94	13,58

Fonte: Própria, 2018.

Os valores percentuais das perdas de massa correspondentes à perda de água residual foram de aproximadamente 6,67 % (74°C) e 2,66 % (54°C) para as argilas AN e ANOC, respectivamente. A perda de massa correspondente a desidroxilação do aluminossilicato foi de aproximadamente 3 % (em torno de 700 °C) para AN e de 13 % para ANOC. A argila organofilizada apresentou um percentual de perda de sal de aproximadamente 20 % a aproximadamente 272°C.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos através da análise química, difração de raios-x, espectroscopia região do infravermelho e termogravimetria confirmaram a obtenção da bentonita organofílica sugerindo, assim, sua utilização para obtenção de compósitos poliméricos.

As curvas de TG para a argila organofílica mostraram uma perda de massa superior, em relação a perda de massa para a argila sem tratamento. Fato este esperado, uma vez que, além da água adsorvida e intercalada, a argila organofílica apresenta o sal orgânico em sua estrutura.

O teor de surfactante utilizado durante a modificação orgânica da argila influenciou no valor da distância interplanar basal (d_{001}) e na morfologia dos híbridos obtidos.

O tempo de repouso após a modificação orgânica da argila, não mostrou uma influência considerável nos resultados da d_{001} .

Os dados de análise química e termogravimétrica mostraram que o caráter hidrofílico da bentonita AN foi sensivelmente reduzido após modificação orgânica

AGRADECIMENTOS

A Bentonit União Nordeste S.A., pela doação dos insumos. A UEPB pelo apoio e a Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais/UFCG, pela cooperação na realização das caracterizações.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. L. A. S. **Desenvolvimento de Nanocompósitos Polipropileno/Bentonita Através da Técnica de Intercalação Por Fusão**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2003.

BALDISSERA, A. F. et al. **Synthesis of polyaniline/clay conducting nanocomposites.** *Synthetic Metals*, v. 183, p. 69-72, 2013.

BARBOSA, R.; ARAUJO, E. M.; MELO, T. J. A.; ITO, E. N. Comparison of flammability behavior of polyethylene/Brazilian clay nanocomposites and polyethylene/flame retardants. *Materials Letters*, v. 61, p. 2575-2578, 2007

BERGAYA, F.; THENG, B.K.G.; LAGALY, G. **Handbook of Clay Science.** Developments in Clay Science, Vol. 1. Ed. Elsevier, 2006.

BERTOLINO, m. K., **Monitoramento in-line da formação de nanocompósitos PP/MMT via intercalação no estado fundido.** Dissertação de mestrado, UFSCar, 2008.

BETTIO, P. P. S. & PESSAN, L. A. - **Polímeros**, 22, p.332 (2012).
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012005000044>

BOYDE, S. A.; MORTLAND, M. M.; CHIOU, C. T. Sorption Characteristics of Organic Compounds on Hexadecyltrimethylammonium-Smectite. Soil Science Society. *American Journal*, v. 54, p. 652-657, 1988.

BRAGA, F.C.F. **Nanocompósitos de elastômeros termoplásticos à base de PP/EPDM/Argila organofílica** – Dissertação de mestrado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2010.

CHEN, T. J.; SANTOS, P. S.; FERREIRA, H. C.; ZANDONADI, A. R.; CALIL, S. F.; CAMPOS, L. V. Determinação da Capacidade de Troca de Cátions e da Área Específica de Algumas Argilas e Caulins Cerâmicos Brasileiros Pelo Azul de Metileno e Sua Correlação com Algumas Propriedades Tecnológicas, *Cerâmica*, v. 20, n. 79, 305-327, 1974.

CHO, J. W.; PAUL, D. R., Nylon 6 nanocomposites by melt compounding, *Polymer*, vol. 42, p. 1083-1094, 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM), **Bentonita**, Sumário Mineral Brasileiro 2007.

JORDAN, J. W. **Organophilic Bentonites: I. Swelling in Organic Liquids.** J. Phys. Coll Chem. v. 53(2), p. 294-306, 1949.

JOSÉ, C. L. V. Characterization and Adsorption of Phenol by Organophilic Clays. *International Latin-American Conference on Powder Technology*, v. 3, 2001.

KAUFHOLD, S. Comparison of Methods for the Determination of the Layer Charge Density (LCD) of Montmorillonites. *Applied Clay Science* v. 34, p. 14-21, 2016.

KORNMAN, X. Synthesis of epoxy-clay nanocomposites: influence of the nature of the clay on structure, *Polymer*, v. 42, p. 1303-1310, 2001.

LABA, D. **Rheological Properties of Cosmetics and Toiletries.** New York: Editora Marcel Dekker, 1993.

MURRAY, H.H. **Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite, Sepiolite, and Common Clays.** Ed. Elsevier, 2007.

NOVAK, B. **Hybrid nanocomposites materials** – Between inorganic glasses and organic polymers. *Adv.Mater*, 5, p. 422-432, 1993.

ODOM, I. E., Smectite clay minerals: properties and uses, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, vol. 311, p. 391-409, 1984

PAIVA, L. B.; MORALES, A. R.; DIAZ, F. R. V. Organoclays: properties, preparation and application. *Applied Clay Science*, v. 42, n. 1-2, p. 8-24. 2008.

PEREIRA, K. R. de O. **Estudo, em escala de laboratório, do uso de argilas do tipo bofe na obtenção de argilas organofílicas e ativadas.** Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/./tde/Tese_KlebersonPereira.pdf> Acesso em 15 mai 2015.

PEREIRA, K. R. O.; RODRIGUES, M. G. F.; VALENZUELA DÍAZ, F. R., Síntese e caracterização de argilas organofílicas: comparação no uso de dois métodos, **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, vol. 2.2, p. 01-08, 2007.

PESSAN, MICHELLE, A. S.; RODOLFO JR. A. Nanocompósitos de poli(cloreto de vinila) (PVC)/Argila organofílica – **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 16, n°4, p. 257-262, 2006.

PHUA, Y. J. et al. The hydrolytic effect of moisture and hygrothermal aging on poly(butylene succinate)/organo-montmorillonite. **Polymer Degradation and Stability**, v. 96, n. 7, p. 1194-1203, 2011.

SILVA, A. R. V. e Ferreira, H. C. , Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais, **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.3.2 (2008a) 26-35.

SILVA, MIRNA LUCIANO DE GOIS. **Obtenção e caracterização de argila piauiense paligorsquita (atapulgita) organofilizada para uso em formulações cosméticas.** 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Piauí, Piauí. 2011.

SILVA, R. P.; MAULER, R. S.; OLIVEIRA, R. V. B. & SALLES, C. A. - **POLÍMEROS**, 20, P.46 (2010). [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1590/S0104-14282010005000012](http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282010005000012)

SOUZA SANTOS, P., **Ciência e Tecnologia de Argilas**, vol. 1, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1989.

SOUZA SANTOS, P., **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2 Ed. Revisada e Ampliada. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1992. v. 2.

TIDJANI, A.; WILKIE C. A. Photo-oxidation of Polymeric – Inorganic., Nanocomposite: Chemical, Thermal Stability and Fire Retardancy Investigation. **Polym. Degrad. and Stab.**, v. 74, p. 33-37, 2001.

VALENZUELA DÍAZ, F. R. Obtenção De Argilas Organofílicas Partindo-se de Argila Esmectítica e do Sal Quaternário De Amônio ARQUAD 2HT-75, **Anais do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica (CD-Rom)**, Florianópolis-SC, p. 43201-43213, 1999.

VALENZUELA-DÍAZ, F. R. **Preparação a nível de laboratório de algumas argilas esmectíticas organofílicas.** Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 256p., 1994.

VAN OLPHEN, H. 1991. **An Introduction to Clay Colloid Chemistry.** 2nd Ed. Malaba, Florida: Krieger.

ANÁLISE DO PLANO EMERGENCIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM SÃO JOSÉ DE PIRANHAS-PB POR DIFERENTES METODOLOGIAS

Monique da Silva Albuquerque¹
Thamara Martins de Ismael Sousa²

RESUMO

A ineficiência na gestão dos recursos ambientais é um fator que contribui significativamente para a degradação do meio ambiente e o esgotamento dos recursos comuns. Não são raras as situações de conflitos relacionadas, especialmente, ao processo de tomada de decisão. Em muitos casos, a gestão dos recursos hídricos se encontra pautada na adoção de medidas por parte do poder público. Esse modelo pouco participativo gera um ambiente propício à existência de conflitos, sendo significativamente evidenciado em situações de escassez de recursos hídricos. Desta forma, o presente artigo teve por objetivo avaliar o cenário de escassez de recursos hídricos, com consequente colapso no abastecimento público de água, no município de São José de Piranhas, localizado na Paraíba, por meio da análise dos Princípios de Ostrom e da construção de um sistema sócio ecológico. Em relação à análise dos Princípios de Ostrom, os princípios não atendidos e que contribuem para a ineficiência do plano emergencial de abastecimento são, a ausência de regras para distribuição equitativa da água entre os beneficiários da cidade e a falta de monitoramento e aplicação de sanções cabíveis aos que infringirem as regras impostas. O estudo do sistema sócio ecológico teve implicações fundamentais para o controle ambiental, pois permitiu avaliar a multiplicidade de perspectivas na análise dos sistemas complexos. Por fim, os métodos aplicados neste artigo se mostraram uma alternativa viável para avaliar e buscar solucionar situações de conflitos, buscando melhorias no atendimento da população e custo nas escolhas das alternativas para abastecimento de água.

Palavras-chave: Plano emergencial. São José de Piranhas. Princípios de Ostrom; Sistema sócio ecológico.

INTRODUÇÃO

A pressão exercida pelo homem sobre os recursos naturais é cada vez mais crescente. Pesquisas científicas têm evidenciado problemas ambientais, tais como: o aquecimento global, as alterações climáticas, a redução da água potável disponível, a perda de biodiversidade, entre muitos outros (SIMÕES, J. et al., 2011).

A ineficiência da gestão dos recursos ambientais é um fator que contribui significativamente para a degradação do meio ambiente e o esgotamento dos recursos

¹ Mestranda do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, monique.albuquerque1996@gmail.com;

² Doutoranda do Curso de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, thamaraismael@hotmail.com.

naturais, especialmente, os recursos comuns, que podem ser entendidos, de modo geral, como aqueles que são possuídos e compartilhados por uma comunidade de indivíduos.

Os recursos comuns caracterizam-se por sua subtratibilidade (a retirada por um usuário reduz a quantidade de recursos deixados para outros) e pela utilização conjunta de um grupo de usuários (a utilização desses recursos, a rigor, não poderá ser impedida). Diante disso, historicamente, as sociedades humanas enfrentam desafios e veem-se obrigadas a desenvolver e implementar novas formas de gestão de recursos comuns que estão no limiar do esgotamento (VICENTE et al., 2014).

As comunidades, para gerenciar os recursos comuns de modo sustentável, devem organizar as suas ações, de modo a solucionar um conjunto de conflitos, entre esses, os relacionados à construção de instituições para a ação coletiva. Nesse sentido, existem evidências empíricas de que os grupos que são capazes de organizar e governar o seu comportamento com sucesso adotam alguns princípios básicos de boa governança, dessa forma conseguindo assegurar o uso sustentável dos recursos comuns.

Os princípios de boa governança dos bens comuns foram estabelecidos a partir de diversos estudos de caso realizados por uma vasta equipe de pesquisadores ao redor do mundo. Elinor Ostrom e parceiros identificaram os princípios presentes nos casos com maior sucesso e ausentes nos sistemas de governança com falhas na gestão de recursos comuns. Os princípios caracterizariam sistemas de governança robustos que permitem a exploração do bem de forma sustentável, sem violar os princípios de justiça e de posse comunitária (OSTROM, 1999; 1990).

Segundo Vicente et al. (2014), os trabalhos de Ostrom e seus colaboradores representam um marco importante no estudo das políticas públicas e inovam em relação aos conhecimentos difundidos e que apontavam para a presença da Tragédia dos Comuns (HARDIN, 1968). A solução mais frequente preconizada pela teoria econômica, a partir do reconhecimento da Tragédia dos Comuns, seria recomendar o estabelecimento de um sistema de direitos de propriedade que tivesse como objetivo principal a privatização. Ostrom dedicou-se a estudar as regras que contribuem para que um bem comum seja preservado, sem a necessidade da definição de proprietários. Essas regras seriam baseadas em princípios relacionados, sobretudo, à definição de limites e de responsabilidades, ou seja, à criação de instituições. Ostrom (1990), Cox; Arnold e Tomás, (2010) e colaboradores destacam oito princípios para a boa governança de bens comuns. Os princípios são os seguintes:

1. fronteiras bem definidas;
2. coerência entre as regras de apropriação e provisão com as condições locais;
3. arranjos de decisão coletiva;
4. monitoramento;
5. sanções graduais;
6. mecanismos de resolução de conflitos;
7. reconhecimento mínimo de direitos de organização; e
8. alinhamento e articulação intersetorial na gestão (nested enterprises).

O trabalho de Ostrom (1990) apresenta-nos um processo eficiente de gestão de recursos comuns, assim como os mecanismos que deverão ser implementados para sustentar a cooperação nas sociedades humanas. Não são raras as situações de conflitos, quando se trata da gestão de recursos comuns. Essas situações estão, muitas vezes, relacionadas ao processo de tomada de decisão. Nesse processo, se não forem levados em consideração os vários critérios e atores envolvidos e a interação entre eles, a decisão ou escolha realizada pode não ser a mais adequada, deve-se considerar a formação de sistemas complexos. A teoria de sistemas complexos vem sendo amplamente aplicada aos problemas ecológicos e sociais da atualidade, em particular sob a ótica de representação de sistemas sócio ecológicos (SSE) (ANDRACHUK; ARMITAGE, 2015).

Os sistemas sócio ecológicos possuem diversos elementos, sejam eles, bióticos, abióticos, econômicos e sociais, que interagem entre si em diferentes escalas de tempo e espaço e dos quais emergem suas propriedades (WESTLEY et al., 2002). Por conseguinte, o ser humano interage com o ambiente através de serviços prestados pelos ecossistemas, os quais podem ser definidos como todos os benefícios diretos e indiretos que o ecossistema proporciona ao ser humano (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005) e inclui o utilização direta de componentes ecológicos que levam ao bem estar humano (BOYD; BANZHAF, 2007). A presente abordagem considera as dimensões cultural e econômica, a perspectiva local e, sobretudo, as incertezas e *feedbacks* que caracterizam a dinâmica não linear dos sistemas que integram o ser humano e a natureza (LASZLO; NAVEH, 2012).

Uma forma para se chegar à resolução de um conflito na gestão dos recursos comuns é através da análise de seu sistema complexo e da organização e cooperação entre indivíduos e/ou instituições que precisam utilizar os mesmos recursos e que estão empenhados em fazê-lo de uma forma sustentável, respeitando o tempo de reposição (SIMÕES, J. et al., 2011).

Tradicionalmente, a gestão dos recursos hídricos se encontra pautada na adoção de medidas por parte do poder público. Esse modelo pouco participativo gera um ambiente propício à existência de conflitos, devido os diferentes interesses de cada ator envolvido. Esse cenário é significativamente evidenciado em situações de escassez de recursos hídricos, como se pôde observar em diferentes áreas do semiárido nordestino, que vêm sendo afetadas por uma das piores estiagens já registradas, provocando a redução da disponibilidade hídrica e afetando a manutenção dos usos da água, em especial, o abastecimento público, a exemplo do município de São José de Piranhas, localizado na Paraíba.

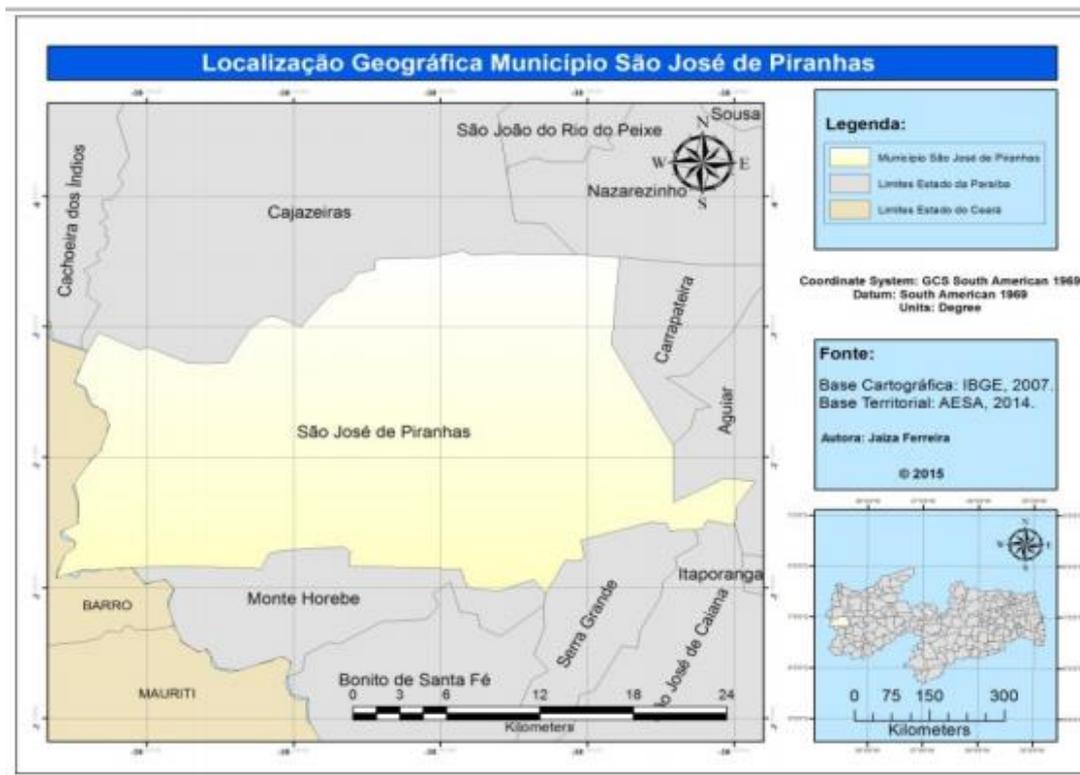
Desta forma, ressalta-se a importância de avaliar o cenário de escassez de recursos hídricos, com conseqüente colapso no abastecimento público de água, no município em questão, por meio de abordagens distintas, de forma a esclarecer os possíveis erros no sistema implementado e facilitar seu aprimoramento em casos futuros de escassez hídrica na cidade em comento.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O município de São José de Piranhas está localizado no extremo oeste do estado da Paraíba, estando inserido na Mesorregião do Sertão Paraibano e na Microrregião de Cajazeiras. Segundo dados do IBGE (2019), ocupa uma área de 677,305 km². Em 2010, a população era de 19.096 habitantes, com estimativa de 20.053 habitantes para 2018. A Figura 01 apresenta a localização do município.

Figura 01 - Localização do município de São José de Piranhas – PB



Fonte: Evangelista (2015)

Estando incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, o município se utiliza da água proveniente do açude São José I, conhecido como açude da CAGEPA (companhia de água que atua no estado da Paraíba), o qual é abastecido pelas águas do rio São Francisco.

Em 2018, houve um colapso no abastecimento de água da cidade, devido ao fim de toda a reserva hídrica do reservatório que a abastece, gerando um caos entre a população. Nessa situação, a Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) não se manifestou mais e o governo municipal teve que intervir através de um plano emergencial de abastecimento de água da cidade.

O plano emergencial definido e implementado na cidade era composto por vinte e sete caixas d'água distribuídas nos mais variados bairros, as quais serviriam de reservatórios para a água advinda de cinco caminhões pipa, que as abasteciam diariamente.

Essa situação gerou um grande conflito quanto à forma de distribuição do recurso para os habitantes da comunidade, os quais necessitavam se deslocar para o reservatório mais próximo de suas residências, no início do dia, e enfrentar enormes filas para coletar uma

quantidade mínima de água. Os conflitos eram inevitáveis, ocorrendo disputa pelo recurso a todo o tempo. A Figura 02 evidencia a situação relatada.

Figura 02- Filas geradas devido à solução alternativa de abastecimento de água da cidade de São José de Piranhas – PB



Fonte: Site Radar (2018)

Outra questão observada na situação é que, sem um controle na distribuição do recurso, um indivíduo poderia coletar o volume de água que conseguisse, evidenciando o caráter individualista da população. Além disso, as moradias que residiam apenas pessoas idosas ou que possuíam deficiências físicas, acabariam sem nenhum recebimento de água, devido à sua limitação ao se deslocar para o local de coleta.

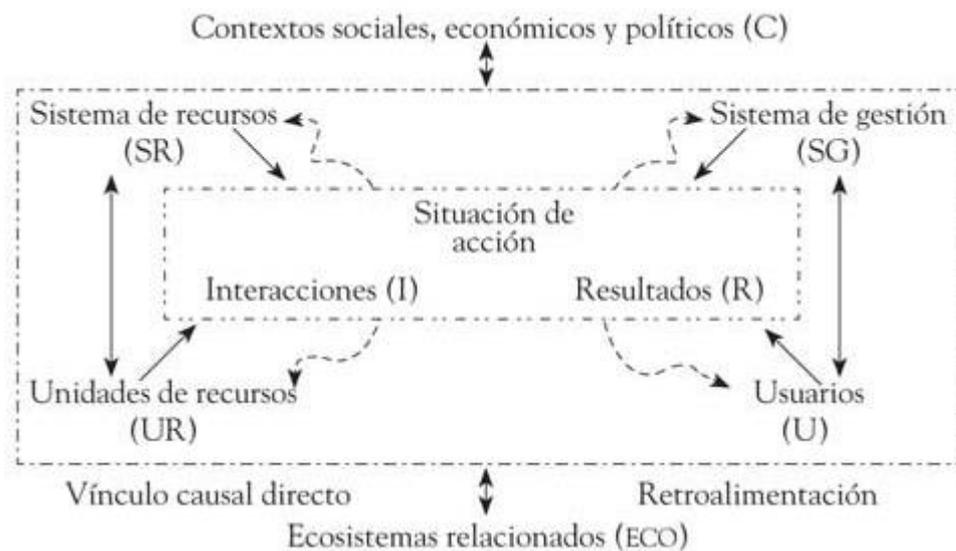
APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE OSTROM AO CASO E GERAÇÃO DO SISTEMA SÓCIO ECOLÓGICO

Utilizou-se o cenário exposto anteriormente para avaliar se havia o cumprimento de cada um dos oito princípios de Ostrom quanto ao Plano Emergencial adotado na situação de escassez de água em São José de Piranhas – PB, uma vez que tais regras seriam baseadas em princípios relacionados, sobretudo, à definição de limites e de responsabilidades, ou seja, à criação de instituições, de forma a contribuir na preservação de um bem comum, sem a necessidade da definição de proprietários.

Segundo Vicente et al. (2014), os trabalhos de Ostrom e seus colaboradores representam um marco importante no estudo das políticas públicas e inovam em relação aos conhecimentos difundidos e que apontavam para a presença da Tragédia dos Comuns (HARDIN, 1968). Ostrom (1990), Cox; Arnold e Tomás, (2010) e colaboradores destacam oito princípios para a boa governança de bens comuns. Os princípios são os seguintes: 1. fronteiras bem definidas; 2. coerência entre as regras de apropriação e provisão com as condições locais; 3. arranjos de decisão coletiva; 4. monitoramento; 5. sanções graduais; 6. mecanismos de resolução de conflitos; 7. reconhecimento mínimo de direitos de organização; e 8. alinhamento e articulação intersetorial na gestão (nested enterprises).

Aplicou-se também a situação em análise na geração de um sistema sócio ecológico, com o objetivo de visualizar melhor os envolvidos, as interações entre eles e os resultados advindos das mesmas. Para tanto, foram elencados os sistemas de recursos, sistemas de governanças, a unidade de recurso principal e os atores relacionados a tais interações. O sistema sócio ecológico seguiu o modelo de Ostrom (2007), exemplificado na Figura 03.

Figura 03 – Modelo de Sistema sócio ecológico



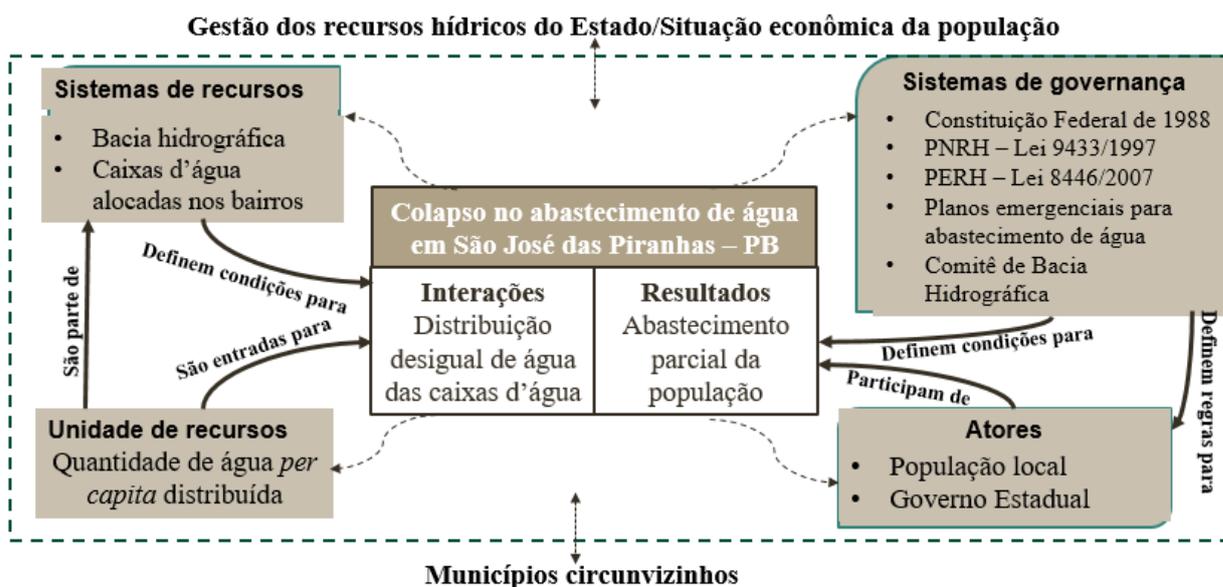
Fonte: Adaptado de E. Ostrom, 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SISTEMA SÓCIO ECOLÓGICO

Diante do exposto sobre o plano emergencial de abastecimento de água na cidade de São José de Piranhas, faz-se necessário realizar o Sistema Sócio Ecológico para melhor entender o funcionamento do sistema analisado, quanto aos atores e sistemas de governança envolvidos, bem como determinar os sistemas e unidades de recursos abrangidos. A Figura 03 apresenta o Sistema Sócio Ecológico do caso em análise.

Figura 03 - Sistema Sócio Ecológico referente ao plano emergencial de abastecimento de água em São José de Piranhas – PB



Fonte: Autores (2019)

Conforme pode ser observado na Figura 03, os Sistemas de governança no caso em análise seria constituído pelo arcabouço legal existente na Constituição Federal de 1988 (CF), a qual traz em seu artigo 225, a garantia a todos de um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Para que isso possa ser possível, deve-se haver as condições necessárias para uma vida equilibrada, incluindo a quantidade de água necessária para suprir a demanda de cada cidadão. Além disso, a questão da falta de recurso hídrico, afeta o princípio da dignidade da pessoa humana, a qual é similar ao que se refere ao artigo 225 da CF.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) - Lei 9433/1997 - também incluída neste item, traz como um dos seus fundamentos que, em situações de escassez de recursos hídricos, deve-se priorizar o consumo humano e dessedentação de animais. Nesse sentido, deve-se ter um plano que contemplasse o abastecimento de água na cidade de forma que obedecesse ao recomendado na referida lei. Além disso, um dos objetivos da PNRH é “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do

uso inadequado dos recursos naturais”, logo, o governo municipal ou até mesmo a CAGEPA deveriam ter planos que contemplassem tais situações, com vista ao gerenciamento adequado do recurso.

Nesse contexto, atribui-se a importância também da Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba - Lei 8446/2007 - a qual possui uma maior rigorosidade em relação à Lei 9433/1997 e uma maior adequação às condições de clima do Estado.

Ainda neste cenário, foram contemplados os planos emergenciais de abastecimento de água, os quais deveriam existir como medida mitigadora de situações de escassez de água, e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas (a qual está inserida a cidade de São José de Piranhas). O comitê auxiliaria, justamente no desenvolvimento de medidas emergenciais em tais situações.

Os atores inseridos no contexto do plano emergencial de São José de Piranhas seriam o Governo Municipal, o qual viabilizou a implantação dos reservatórios em pontos estratégicos da cidade e o abastecimento dos mesmos através de caminhões pipa, para que a população pudesse coletar, mesmo que minimamente, o precioso recurso, e a própria população, a qual seria a parte que sofreu com o evento de fim da reserva hídrica do açude São José I.

O Sistema de Recursos envolvido no caso estudado resume-se na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas e nos reservatórios dispostos nos bairros da cidade. A Bacia Hidrográfica está incluída devido ao fato de que, segundo a Lei 9433/1997, “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”, logo os planos emergenciais devem ser realizados com base nesta unidade territorial. Os reservatórios, por sua vez, seriam inclusos nos sistemas de recursos, devido a eles serem os pontos de coleta de água.

Quanto à unidade de recursos seria a quantidade de água *per capita* distribuída para a população, uma vez que é o maior problema observado no caso, gerando conflitos e discussões diariamente. Esta distribuição não era igualitária e, por este motivo, não atendia a totalidade da população, deixando muitos indivíduos com necessidades especiais sem recebimento do recurso hídrico.

Com tantos impasses advindos da problemática distribuição dos recursos, foi-se necessário aplicar as abordagens dos princípios de Ostrom e Teoria dos Jogos ao caso, para

melhor avaliar e melhorar a medida mitigadora, para que possa ser aplicada de uma melhor forma no futuro.

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE OSTROM

O caso do plano emergencial para abastecimento humano de água em São José de Piranhas apresentou inúmeros conflitos quanto à distribuição do recurso para a população. Como exposto anteriormente, pessoas com deficiências físicas ou que possuíam qualquer restrição de locomoção até os locais em que estavam alocadas as caixas d'água, não tinham acesso à água, evidenciando a ineficiência do plano executado. Possivelmente, este seria um dos mais variados problemas existentes na situação.

Diante deste cenário, a aplicação dos princípios de Ostrom na avaliação do referido caso tem-se grande relevância, uma vez que, tal abordagem auxilia na verificação e observação das possíveis falhas existentes no plano aplicado como medida emergencial, facilitando seu aprimoramento em casos futuros de escassez hídrica.

A Tabela 01 apresenta os princípios de Ostrom aplicados ao caso em estudo.

Tabela 01 - Aplicação dos Princípios de Ostrom no caso em estudo.

Princípios de Ostrom	Encontrados no caso em estudo?
1 - Limites claramente definidos	Não
2 - Congruência entre apropriação e provisão de regras e condições locais	Não
3 - Arranjos de escolhas coletivas	Não
4 – Monitoramento	Não
5 - Sanções graduais	Não
6 - Mecanismos de resolução de conflitos	Não
7 - Reconhecimento mínimo dos direitos para se organizar	Sim
8 - Empreendimentos aninhados	Parcialmente

Fonte: Ostrom (1990); Autores (2019).

Como pode ser observado na Tabela 01, seis dos oito princípios de Ostrom não foram atendidos no caso em estudo, um deles sendo atendido totalmente e um, apenas parcialmente.

O princípio 1 - Limites claramente definidos - não foi obedecido devido a não existir uma determinação dos beneficiários de cada reservatório. Mesmo que houvesse caixas d'água distribuídas em diversos bairros da cidade, havia a possibilidade de habitantes se beneficiarem do recurso destinado a um bairro vizinho. Além disso, não havia uma distribuição igualitária *per capita* da água, tendo possibilidade de alguns indivíduos usufruírem de uma maior quantidade de água que outros.

Uma das formas de possibilitar o cumprimento desse princípio, além do monitoramento (princípio que será discutido *a posteriori*) seria a cobrança pelo recurso hídrico. Ao se estabelecer um preço, mesmo que apenas simbólico, pelo metro cúbico de água, poderia existir um maior controle da quantidade de água coletada por cada habitante.

Para permitir o acesso à água pela parte da população vulnerável (idosos, crianças e portadores de necessidades especiais), poderia haver também uma seleção de atendimentos prioritários, de forma a facilitar a entrega do recurso ao consumidor respeitando a sua limitação.

O princípio 2 - Congruência entre apropriação e provisão de regras e condições locais - também não foi atendido, considerando que não houve nenhuma regra gerada que auxiliasse na distribuição igualitária do recurso. As condições locais demonstraram a necessidade de estipular algumas regras, inclusive que facilitasse a definição de limites quanto à população beneficiada por cada reservatório e o volume de água recebido por cada pessoa (princípio 1). Não havendo a provisão de regras, não houve a congruência entre elas e as condições locais.

O princípio 3 - Arranjos de escolhas coletivas - não foi observado na situação em estudo. Isso pode ser visto de forma similar ao princípio comentado anteriormente. Por não haver nenhuma regra na distribuição da água para a população, não houveram escolhas coletivas para a determinação de tais regras.

A realidade era totalmente contrária. Havia um sentimento individualista por parte dos indivíduos que, por não existir regras que limitassem o recurso, nenhum monitoramento e ações corretivas, não mediam esforços para coletar toda o recurso que pudessem, sem pensarem no bem-estar da comunidade como um todo.

O princípio 4 - Monitoramento - como pode ser observado com nitidez na discussão sobre os limites claramente definidos, também não foi atendido. Inicialmente, não existindo regras, seria mais dificultoso de se estabelecer um monitoramento adequado quanto ao sistema de distribuição implementado. Além disso, não existia um representante da população ou do município que pudesse realizar o monitoramento da água coletada por cada habitante.

O problema, neste caso, surge desde o primeiro princípio não atendido. Sem limites definidos, não seria possível estabelecer um monitoramento adequado. Outro fator que influencia diretamente no não cumprimento deste princípio é que as Sanções Graduais (princípio 5) eram inexistentes no caso em comento.

Quanto ao princípio 6 - Mecanismos de resolução de conflitos - não ser atendido, se deve ao fato de que não existia uma organização da própria população com tal objetivo, o que contribuiu para que os entes governamentais responsáveis pelo fornecimento da água para a população não procurassem medidas alternativas de aprimoramento da distribuição do recurso. Sendo assim, a situação perpetuou-se até que o açude São José, o qual abastecia a cidade, retomasse às condições normais para abastecimento da cidade.

O princípio 7 - Reconhecimento mínimo de direitos para se organizar - é o único que foi cumprido de acordo com o recomendado por Ostrom (1990). No caso da implantação do plano emergencial na cidade de São José de Piranhas, o município interviu apenas na alocação dos reservatórios nos diversos bairros e no abastecimento destes reservatórios através de caminhões-pipa. A distribuição para a população foi de total responsabilidade da mesma, sendo possível ter uma mínima organização para que pudesse realizar a distribuição igualitária. Porém, pode-se observar que, mesmo com a autonomia de organização, a comunidade não se manifestou para que isso pudesse ser feito, propiciando o “caos” ocorrido neste período de efetivação do plano emergencial.

O princípio 8 - Empreendimentos aninhados - foi considerado como atendimento parcial devido à não organização por parte da comunidade local, conforme comentado na discussão sobre o princípio 7. Havia a distribuição de recursos pelo governo municipal para a cidade, porém a inexistência de um representante da própria comunidade capaz de estabelecer limites quanto à distribuição do recurso acarretou os problemas já comentados.

Os princípios estabelecidos por Ostrom estão alinhados, de forma que a aplicação de medidas visando o cumprimento de um deles, acaba por auxiliar no atendimento dos demais. Sendo assim, ao se definirem regras a serem cumpridas quanto à distribuição igualitária de

água, e com o monitoramento e sanções adequados à situação, o plano emergencial de abastecimento de água teria uma maior efetividade e qualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do analisado neste trabalho, o plano emergencial aplicado à situação de colapso no abastecimento de água na cidade de São José de Piranhas - PB deve passar por inúmeras melhorias a fim de atender a totalidade da população de uma forma eficaz e economicamente possível.

Avaliando o caso com a abordagem dos princípios de Ostrom, é notório que o maior dos problemas seria a ausência de regras para distribuição equitativa da água entre os beneficiários da cidade. O segundo passo seria realizar um monitoramento rígido na coleta de água por cada indivíduo e aplicar as devidas sanções cabíveis aos que infringirem as regras impostas. Com tais condições, seria possível atender a boa parte dos demais princípios expostos por Ostrom e, conseqüentemente haveria uma melhoria significativa na efetividade da medida mitigadora implantada.

A construção do sistema sócio ecológico possibilitou o melhor entendimento do sistema complexo em estudo, com seus atributos diversos, elementos bióticos, abióticos, econômicos e sociais, que interagem entre si em diferentes escalas de tempo e espaço e dos quais emergem suas propriedades e com isso, expôs a multiplicidade de perspectivas possíveis na análise e resolução do conflito, em torno do colapso no sistema de abastecimento de água em São José de Piranhas – PB.

REFERÊNCIAS

ANDRACHUK, M.; ARMITAGE, D. Understanding social-ecological change and transformation through community perceptions of system identity. *Ecology and Society*, v. 20, n. 4, 2015.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE C. *Navigating Social-Ecological Systems. Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge: Cambridge University Press. 2006.

BERKES, F.; FOLKE. C. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, Cambridge. 1998.

BIERMAN, H.S.; FERNANDEZ, L. Game theory with economic applications. 2.ed. United States: Addison-Wesley, 1998.

BOYD, J.; BANZHAF, S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, v. 63, n. 2–3, p. 616–626, 2007.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasil, 05 ago. 1988. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 15 maio 2019.

BRASIL. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasil, 1997. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 15 maio 2019.

CARVALHO, R. M. Teoria dos jogos: a aplicação da teoria como ferramenta estratégica para tomada de decisões em instituições de ensino. Dissertação (Mestrado profissional em Administração). Pedro Leopoldo-MG. 2008.

COX, M.; ARNOLD, G.; TOMÁS, S. V. A Review of Design Principles for Communitybased Natural Resource Management. *Ecology and Society*, v. 38, n. 4, 2010.

EVANGELISTA, Jaiza Ferreira Leite e. **A EXPANSÃO URBANA DE SÃO JOSÉ DE PIRANHAS - PB**. 2015. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA (Estado). Lei nº 8446, de 28 de dezembro de 2007. Dá nova redação e acrescenta dispositivos à Lei nº. 6.308, de 02 de julho de 1996, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, e determina outras providências.. **Lei Nº. 8.446, de 28 de Dezembro de 2007**. Paraíba, 29 dez. 2007. Disponível em:
<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/lei_E_04.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. *Science*, v. 162, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE Cidades: São José de Piranhas – PB. Rio de Janeiro, 2013.

LASZLO, E.; NAVEH, Z. Systems concepts for a transdisciplinary landscape science. *Laufener Spezialbeiträge*, p. 9–15, 2012.

LEONETI, A. B.; OLIVEIRA, S. V. W. B.; OLIVEIRA, M. M. B. O equilíbrio de Nash como uma solução para o conflito entre eficiência e custo na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário com o auxílio de um modelo de tomada de decisão. *Eng. Sanit. Ambient.* vol.15 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2010.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.

NASH, J. Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, v. 54, p. 286-295, 1951.

OSTROM et al (1999): Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges, Science, Vol. 284. no. 5412, pp. 278 – 282.

OSTROM E. (1990). Governing the Commons: the evolution of institutions for collective action. New York (The Political Economy of Institutions and Decisions): Cambridge University Press.

SHIMIZU, T. Decisão nas organizações. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SIMÕES, J.; MACEDO, M.; BABO, P. **Elinor Ostrom: “Governar Os Comuns”**. Dissertação (Mestrado em Economia e Política Do Ambiente) - Faculdade de Economia da Universidade do Porto. 2011.

VARIAN, H.R. Microeconomia: princípios básicos. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.

VICENTE, V. M. B., PIN CALMON, P. C. du. ARAUJO, S. M. V. G. de. Aplicando os Princípios da Boa Governança de Commons na Análise do Sistema de Gestão de Terras Públicas no Distrito Federal. XXXVIII Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro – RJ. 2014.

WESTLEY, F. et al. Why systems of people and nature are not just social and ecological systems. In: GUNDERSON, L. H.; HOLLING, C. S. (Eds.). . Panarchy: Understanding transformation in human and natural systems. [s.l.] Island Press, 2002. p. 103–119.