

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 (AESAs, 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).

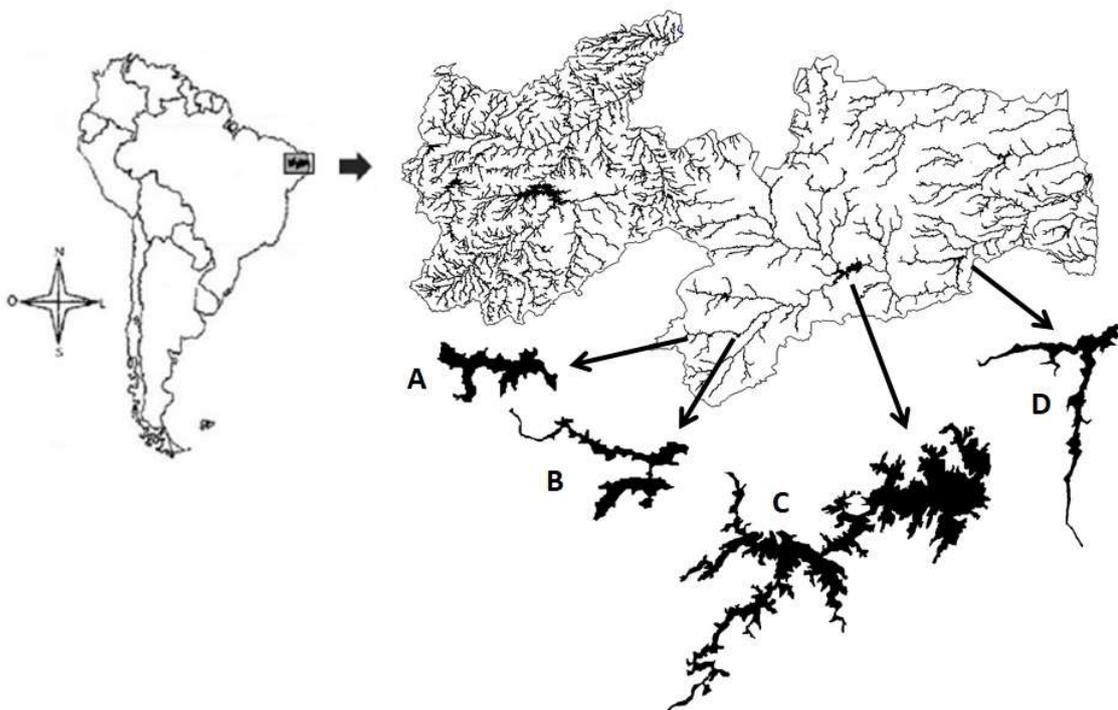


Figura 1. Localização dos reservatórios Poções (A), Camalaú (B), Boqueirão (C), e Acauã (D), Paraíba-Brasil.

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 (AESA).

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 20 μ m, 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).

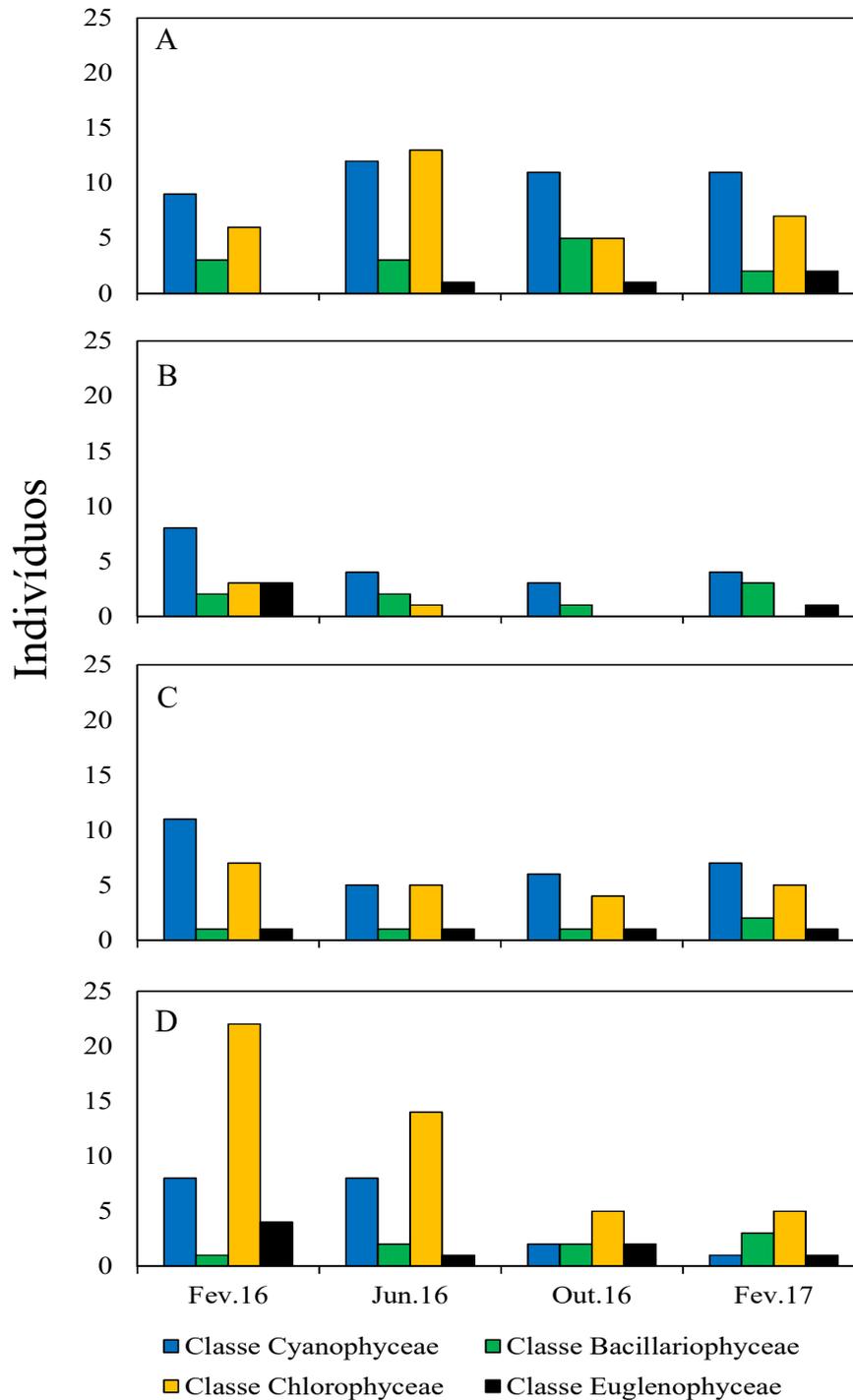


Figura 2. Riqueza das classes da comunidade fitoplanctonica nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B), Boqueirão (C), e Acauã (D).

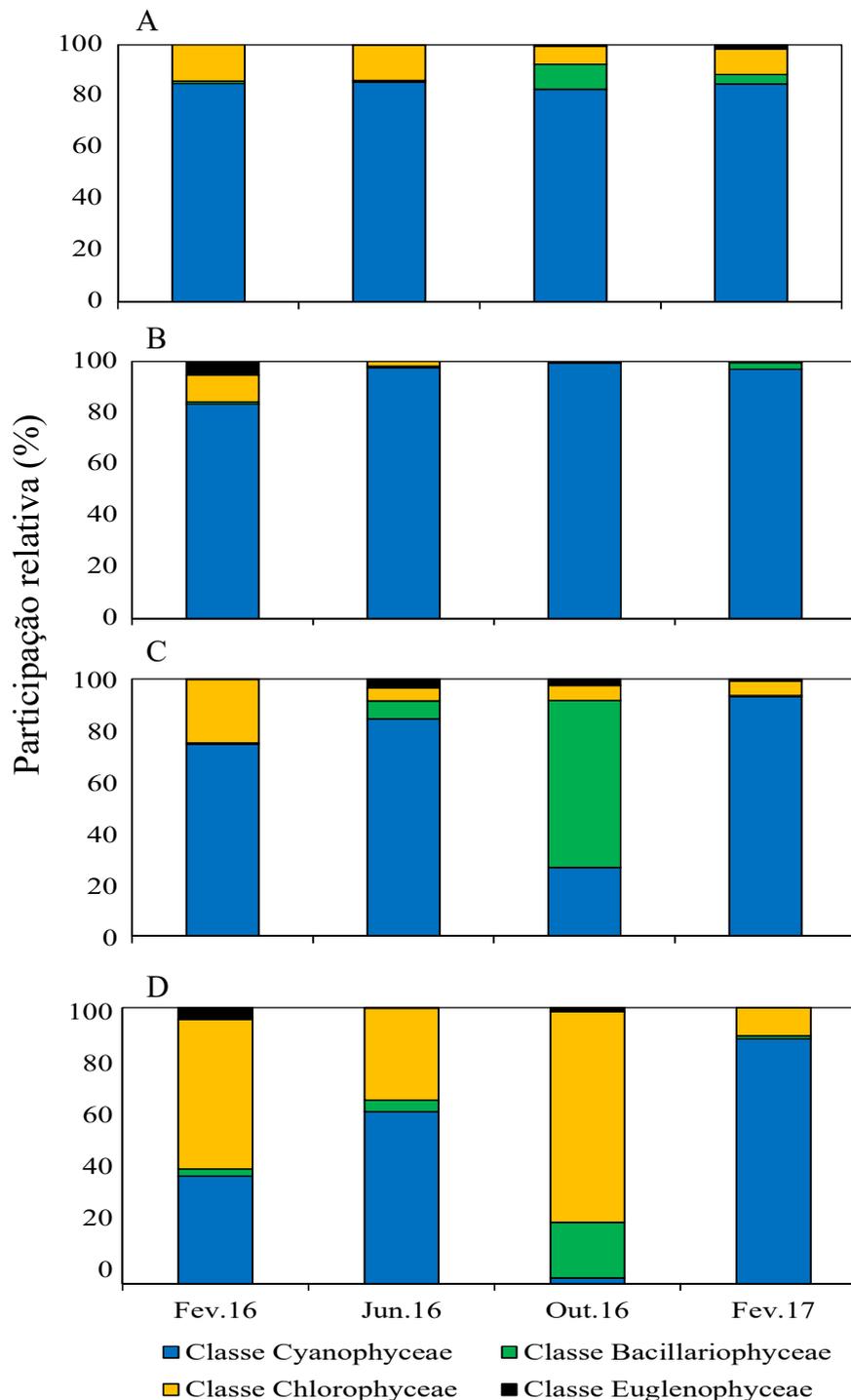


Figura 3. Participação relativa (%) das classes da comunidade fitoplanctonica nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B), Boqueirão (C), e Acauã (D).

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.

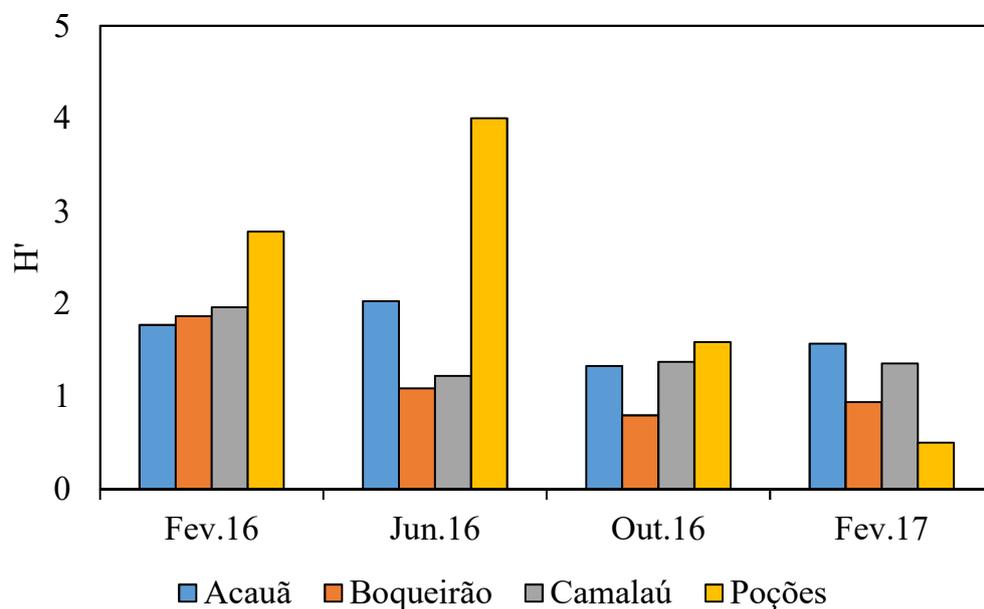


Figura 4: Índice de especificidade de Shannon calculado para a comunidade fitoplanctônica.

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).

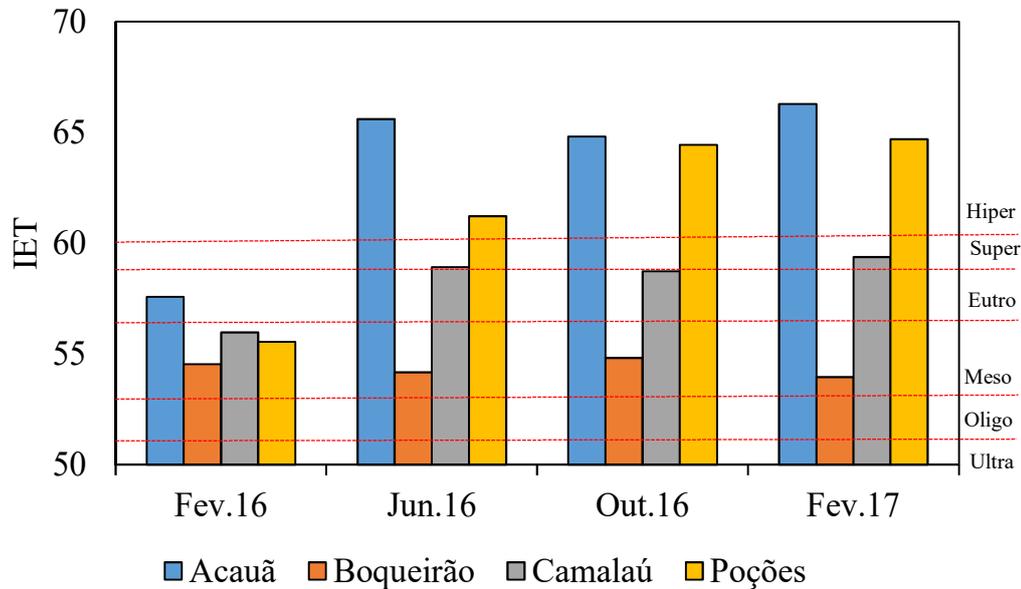


Figura 4. Valores do Índice de Estado Trófico (IET) dos reservatórios Poções, Camalaú, Boqueirão, e Acauã durante o período de amostragem.

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.