

SISTEMAS ALTERNATIVOS COLETIVOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

Whelton Brito dos Santos¹
Fernanda Gomes Bernardino²
Lívia Lúcia Sabino Silva³
Weruska Brasileiro Ferreira⁴

RESUMO

O desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades humanas vêm produzindo inúmeras alterações no ciclo hidrológico e na qualidade da água. No nordeste brasileiro, a falta de água de boa qualidade para consumo humano se agrava devido aos períodos de longa estiagem, sendo que em muitos casos as fontes de água disponíveis não são potáveis e para disponibilizar água de qualidade para essa população há linhas de pesquisa no Brasil voltadas para o desenvolvimento de tecnologias alternativas que disponham de água potável para a população, com baixo custo e de fácil operação e manutenção. Para tanto, o trabalho tem como objetivo discutir os sistemas alternativos coletivos de água no Brasil, a fim de avaliar sua aplicabilidade na região semiárida nordestina. O estudo consiste em uma revisão de literatura, utilizando o método revisão integrativa, o qual se baseia na análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema. Os sistemas avaliados foram a filtração lenta, a filtração em múltiplas etapas, sistemas simplificados que simulam as etapas do tratamento convencional, dessalinização, o SALTA-z, tecnologia que associa a *Moringa oleifera* e desinfecção solar, além de alguns sistemas de desinfecção, como o SOPAS, o Clorador Embrapa e desinfecção com radiação ultravioleta. Os resultados obtidos demonstram que a escolha da solução alternativa é determinante para que funcione plenamente, uma vez que esta deverá estar de acordo com a realidade e configuração diferenciada do meio rural, levando em consideração os aspectos econômicos e técnicos.

Palavras-chave: Tratamento de água, Sistema alternativo, Zona rural.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades vêm produzindo inúmeras alterações no ciclo hidrológico e na qualidade da água e o uso indisciplinado da água afeta diretamente a universalização o acesso a água potável para a população e consequentemente do saneamento básico (TUNDSI, 2006).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (2017), seis a cada dez pessoas do mundo, em um total de 4,5 bilhões de pessoas, não dispõem de saneamento básico seguro.

¹ Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, wheltonbrt@gmail.com;

² Graduanda do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, fernandabernardino@live.com;

³ Graduanda pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, liviasabino93@gmail.com

⁴ Professora Doutora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, weruska_brasileiro@yahoo.com.br;

Sendo que um a cada três indivíduos, não possuem acesso à água potável em suas residências, totalizando 2,2 bilhões de pessoas sem acesso à água tratada, o que acarreta em um alto índice de doenças de veiculação hídrica, sobretudo nas zonas rurais, que sendo mais afastadas dos grandes centros urbanos não possuem a atenção necessária dos órgãos públicos e geralmente não são contempladas pelo sistema tradicional de abastecimento de água.

Esse problema se faz tão preocupante, que o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número seis tem como meta que até 2030 haja o acesso de modo universal e equitativo de água potável, menor contaminação e poluição da água através das indústrias e que os países em desenvolvimento tenha maior apoio internacional ao desenvolvimento de atividades relacionadas a água e ao saneamento básico, incluindo a dessalinização. Para que todas as pessoas tenham acesso à água de qualidade e conseqüentemente haja a diminuição na quantidade de doentes e mortes por doenças de veiculação hídrica (ONU, 2020).

No Brasil, cerca de 90% da população tem acesso à água potável e, geralmente, esses indivíduos que ainda não contam com o serviço de abastecimento habitam regiões mais afastadas dos centros urbanos como as zonas rurais, bem como os povoados indígenas (ANA, 2020).

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílio, as áreas rurais brasileiras que possuem cerca de 30 milhões de pessoas são as mais desfavorecidas tanto na infraestrutura quanto no saneamento básico. Sendo que, 67,2% da população rural capta água de chafarizes e poços, sendo eles protegidos ou não, em cursos de água que não dispõem de tratamento, e em outras fontes geralmente insalubres (FUNASA, 2019). Desse modo, é perceptível o quanto que os sistemas de saneamento básico possuem um grande deficit em suas áreas de cobertura, de modo especial no norte e nordeste brasileiro.

De acordo com Batista (2008), no interior do nordeste, a falta de água de boa qualidade para consumo humano se agrava devido aos períodos de longa estiagem. No meio rural, as principais fontes de abastecimento de água são os poços rasos e nascentes, superfície de coleta (água de chuva); caixa de tomada (nascente de encosta); galeria filtrante (fundo de vales); poço escavado (lençol freático); poço tubular profundo (lençol subterrâneo) tomada direta de rios, lagos e açudes (FUNASA, 2006). Porém, essas fontes de água são bastante suscetíveis a contaminação e segundo a Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, toda água destinada a consumo, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração.

O Plano Nacional de Saneamento Básico afirma que o atendimento adequado de abastecimento é caracterizado pelo fornecimento de água potável por rede de distribuição ou

por poço, nascente ou cisterna, com canalização interna, em qualquer caso sem intermitências (paralisações ou interrupções). Já o fornecimento inadequado é determinado pelo conjunto com fornecimento de água por rede e poço ou nascente, a parcela de domicílios que não possui canalização interna, recebe água fora dos padrões de potabilidade e tem intermitência prolongada ou racionamentos, uso de cisterna para água de chuva, que forneça água sem segurança sanitária e/ou em quantidade insuficiente para a proteção à saúde e uso de reservatório abastecido por carro pipa (PLANSAB, 2014).

O tratamento convencional, também conhecido como tratamento de ciclo completo, consiste no tratamento de água bruta através de um processo de aplicação de coagulante na etapa de mistura rápida, seguido de uma etapa de mistura lenta com o objetivo de formar flocos mais densos para posterior sedimentação ou flotação. Após esta etapa de clarificação, a água segue para uma unidade filtração descendente com material filtrante de granulometria apropriada (DI BERNARDO; PAZ, 2008).

O sistema de tratamento de água convencional atende plenamente às necessidades de um eficiente processo de tratamento, compondo a maioria das estruturas de tratamento de água. Sua principal vantagem corresponde à eficiência do tratamento tanto em relação à remoção de cor e turbidez como em relação à eliminação de possíveis patógenos presentes na água para consumo humano. Todavia, seu custo para implantação é elevado e dessa forma se torna inviável sua implantação em pequenas comunidades, levando em consideração que é necessário um tratamento químico para que se obtenha essa eficiência, o que aumenta seu custo.

Devido a essa problemática, em regiões remotas, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias alternativas que disponham de água potável para a população, com baixo custo e de fácil operação e manutenção.

Os Sistemas Alternativos Coletivos de Água podem ser providos de rede com abastecimento próprio vertical ou horizontal ou ser desprovidas de rede, sendo associadas a fontes, veículos transportadores, poços comunitários e chafarizes. Geralmente, esses sistemas sem rede, são empregados nas regiões rurais mais afastadas (BRASIL, 2007).

Outra problemática observada nas áreas rurais é a dispersão populacional e baixa capacidade de pagamento, fazendo com que determinadas tecnologias se tornem inviáveis e os prestadores de serviços não tenham interesse em atuar no local (SILVEIRA, 2013).

Diante dessa situação em alguns estados criaram o SISAR (Sistemas Integrados de Saneamento Rural), como alternativa para assegurar o funcionamento e a manutenção de sistemas de abastecimento de água implantados na zona rural, cuja prestação dos serviços não

era atrativa à companhia estadual de saneamento básico. Esse modelo tinha como pressupostos o comprometimento com a manutenção e operação do sistema e a participação da comunidade na sua gestão, o que garantiria a continuidade dos serviços à população (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Para tanto, o trabalho tem como objetivo discutir os sistemas alternativos coletivos de água no Brasil, a fim de avaliar sua aplicabilidade no nordeste brasileiro.

METODOLOGIA

O estudo consiste em uma revisão de literatura, utilizando o método revisão integrativa, o qual se baseia na análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008), no presente estudo analisou-se os sistemas de abastecimento de água coletivos e alternativos empregados no Brasil.

A busca dos artigos ocorreu nas bases de dados *Web of Science*, acessada através da plataforma Periódicos CAPES, e SciELO. Utilizou-se os seguintes descritores e suas combinações nas línguas portuguesa e inglesa: “Sistema de abastecimento de água,” “Sistema alternativo de água” e “Sistema Coletivo de água”.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados em português, inglês e espanhol, artigos publicados em revistas científicas e em revistas indexadas nos referidos bancos de dados nos últimos quinze anos (2006 a 2020).

A etapa seguinte consiste na categorização dos estudos selecionados. Nessa etapa ocorre a extração das informações dos artigos, com o objetivo de analisar separadamente cada artigo (URSI, 2005). Para categorizar e analisar as informações utilizou-se o método escolha ou exclusão de estudos.

Por fim, fez-se a análise e interpretação dos resultados, que se refere à discussão sobre os textos analisados na revisão integrativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo foram avaliados 10 trabalho acadêmicos e técnicos, na Tabela 1 estão descritos estes e os seus respectivos objetivos.

Tabela 1: Trabalhos avaliados e seus objetivos

Autor	Objetivo
CAMPOS (2007)	Avaliação do custo-benefício de sistemas de dessalinização de água em comunidades rurais cearenses
CANGELA (2014)	Avaliação do uso <i>Moringa oleifera</i> na coagulação-floculação e do sistema solar na desinfecção no tratamento de água
CARNEIRO et al. (2016)	Desenvolvimento de um sistema composto por proteção de nascente, acrescida de pós-tratamento com pré-filtração, decantação e filtração lenta com retrolavagem
EMBRAPA, 2020	Desenvolvimento de um clorador para ser aplicado na desinfecção de água
FOLLMANN et al., 2018	Avaliação de métodos de desinfecção
FRANCO (2010)	Análise da aplicação de coagulante extraído de sementes de <i>Moringa oleifera</i> como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas
FUNASA (2017)	Propõe uma Solução Alternativa de Tratamento de Água que utiliza zeólita como meio filtrante
JAMIL et al. (2009)	Avaliação do potencial da utilização da energia solar para desinfecção da água na área rural do Paquistão
NEVES et al. (2016)	Propõe um sistema de tratamento de água que utiliza a radiação solar
SILVA et al., 2018	Avaliação da eficiência de um sistema de filtração lenta no tratamento de água de uma nascente da zona rural de Minas Gerais

Fonte: Autor (2020)

Dados do último censo demográfico de 2010 apontam que as regiões rurais brasileiras apresentam baixa cobertura de abastecimento de água potável. Da totalidade, apenas 64,6% recebem esse serviço de forma adequada, os tipos de abastecimento de água levantados foram: rede geral de distribuição, poço ou nascente na propriedade, poço ou nascente fora da propriedade, carro-pipa, água de chuva armazenada em cisterna, água de chuva armazenada de outra forma, rio, açude, lago ou igarapé, poço ou nascente na aldeia, poço ou nascente fora da aldeia, entre outros (IBGE, 2020).

A Tabela 2 apresenta algumas características dos tipos de abastecimento comumente observados em comunidades rurais.

Tabela 2: Características de soluções alternativas de abastecimento de água

Solução alternativa	Características
Nascente	Apresentam, geralmente, propriedades compatíveis com os padrões de potabilidade.
Poço	Necessita de dispositivo para captar a água, como por exemplo, bombas. As vazões individuais dos poços são relativamente pequenas, sendo limitadas pelas características geológicas do manancial subterrâneo.
Manancial superficial	Coleta e transporte da água realizada pelos próprios moradores, não havendo garantias em relação à qualidade da água, mesmo que realize posterior tratamento domiciliar. Esse tipo de manancial apresenta maior suscetibilidade de

	contaminação.
Água de chuva	Possibilidade de utilização em localidades com baixo índice pluviométrico. Risco de contaminação da água por falta de barreiras de proteção sanitária adequadas. Ausência de legislação relacionadas à vigilância da qualidade da água de chuva.
Cisternas	É instalada na área externa do domicílio evitando deslocamento dos moradores para obtenção de água; possui baixo custo de implantação e demanda mão-obra local.
Chafariz	É instalada na área externa do domicílio evitando deslocamento dos moradores para obtenção de água; possui baixo custo de implantação e demanda mão-obra local.
Veículos Transportadores	Apresentam riscos de degradação da qualidade da água se não forem bem operados.

Fonte: Adaptada de Raid (2017)

Para atenuar os problemas relacionados à falta de abastecimento de água potável e/ou sanar problemas provenientes das fontes de água disponíveis, alguns sistemas alternativos foram desenvolvidos, tendo sua aplicabilidade, principalmente em regiões remotas.

Um dos primeiros sistemas a serem utilizados no tratamento de água é a filtração lenta, esse sistema apresenta algumas características que adequam para pequenas comunidades ou regiões com escassos recursos técnicos e financeiros, como simplicidade de construção, operação e manutenção, não requer o uso de coagulantes ou de outro produto químico, não requer mão de obra qualificada para sua operação, produz menos quantidade de lodo e esse lodo pode ser utilizado na agricultura e na piscicultura. (PATERNIANI, 2017).

Os filtros lentos apresentam resultados favoráveis na remoção de bactérias, turbidez, ferro, odor e sabor, no entanto a remoção de cor é baixa, cerca de 30%. Dentre as desvantagens tem-se a inviabilidade para turbidez superior a 40ppm ou para turbidez e cor acima de 50ppm e a ocupação de grandes áreas devido a baixa velocidade de filtração (RODRIGUES, 2018).

Experiências na zona rural de Passabém, no estado de Minas Gerais, demonstram a eficiência dos filtros lentos para o tratamento de água de nascentes, os resultados alcançados demonstram que o sistema foi eficiente na remoção de *E. Coli*, turbidez, cor aparente, cor verdadeira e sólidos totais (SILVA et al., 2018).

Outro sistema voltado para comunidade rurais é a filtração em múltiplas etapas (FIME), é uma tecnologia de simples construção, com instalações de baixo custo, nas quais a instrumentação pode ser praticamente eliminada, proporciona água filtrada com baixa turbidez, sem a presença de impurezas e organismos patogênicos devido ao seu

funcionamento, dividido em etapas com remoção gradativa das impurezas e atenuação de picos de concentração de sólidos suspensos. (FRANCO, 2010).

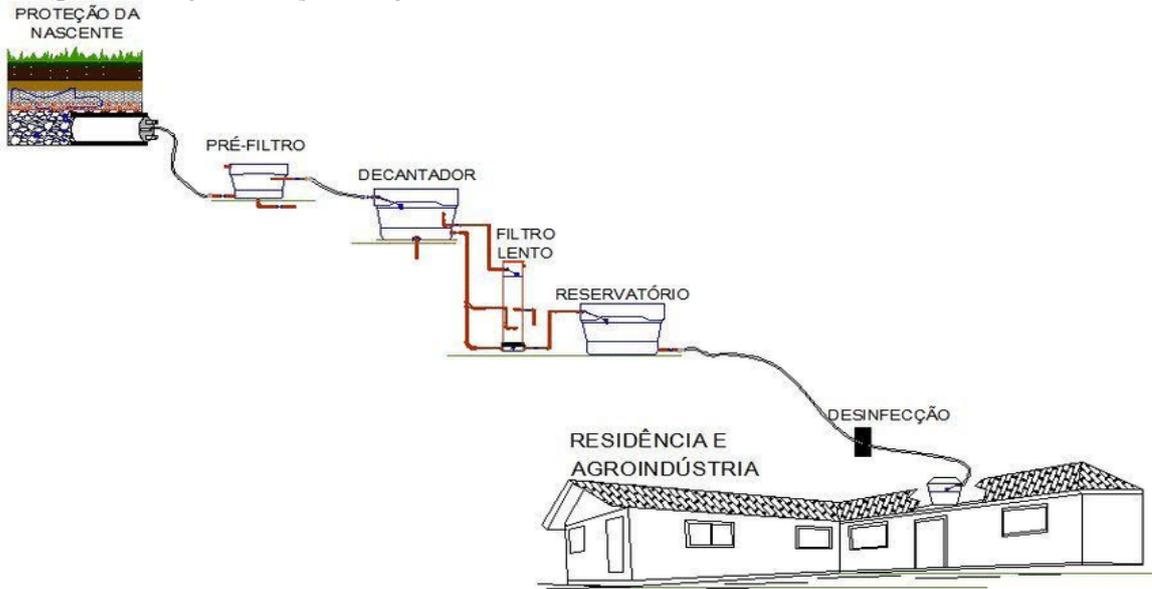
A FIME envolve a utilização de pré-filtro dinâmico de pedregulho seguido de pré-filtro de pedregulho de escoamento horizontal ou vertical (ascendente ou descendente) e a filtração lenta como barreira microbiológica. O conceito da filtração em múltiplas etapas se origina, portanto, da busca de opções de condicionamento ou pré-tratamento para fontes superficiais de água cuja qualidade não é compatível com o uso da filtração lenta, e que apresentem, ao mesmo tempo, eficiência de remoção, níveis de complexidade técnica e custos de manutenção compatíveis com a própria filtração lenta (VISSCHER et al., 1996).

Recomenda-se a aplicação da FIME em projetos com vazão de até 40 L/s, em função dos custos envolvidos, uma vez que essa tecnologia requer grande área em planta e terá elevado investimento inicial pelas baixas taxas de filtração adotadas nos pré-filtros e filtros lentos (SABOGAL PAZ, 2007; DI BERNARDO E SABOGAL PAZ, 2008).

Carneiro et al. (2016) avaliaram a aplicabilidade de uma sistema simplificado, baseado no sistema de tratamento convencional utilizado na estação de tratamento de água (ETA) para potabilizar água oriunda de nascente em propriedades rurais. A tecnologia contém um pré-tratamento composto de sistema de proteção de nascente, pré-filtro ascendente e decantador com fluxo horizontal e reservatório para retrolavagem, seguido de filtro lento com retrolavagem e reservação final (Fig. 1).

Os resultados obtidos demonstram que o mesmo é eficiente em relação os parâmetros físico-químicos analisados, turbidez e cor aparente, no entanto o sistema foi ineficiente na remoção de microrganismos, necessitando assim de ajustes no sistema, como a implantação da etapa de desinfecção, Carneiro et al. (2016) os autores destacam que o sistema é de fácil operação e de baixo custo.

Figura 1: Representação simplificado baseado no sistema convencional de tratamento



Fonte: Carneiro et al, (2016)

Dentre os métodos alternativos de desinfecção da água tem-se o SOPAS (Pasteurização Solar da Água), este consiste na destruição de microrganismos a um determinado tempo e temperatura (LEWIS; HEPPELL, 2000). Jamil et al. (2009) avaliaram o potencial da utilização da energia solar para desinfecção da água na área rural do Paquistão, utilizando uma caixa solar tipo pasteurizador com capacidade para três litros, mantendo a temperatura da água ao entorno de 60 a 70°C por mais de uma hora, conseguiu desativar as bactérias do grupo Coliformes presente na água.

Outro sistema de desinfecção é o Clorador Embrapa, é um aparelho muito simples, barato e de fácil instalação para clorar a água do reservatório (caixas d'água) das residências rurais. O aparelho pode ser montado pelo próprio usuário, é indicado usar o cloro granulado, do tipo hipoclorito de cálcio 65%, tendo eficiência comprovada na eliminação de microrganismos e não dá sabor forte à água e deve ser instalado entre a entrada de captação de água e o reservatório da residência (EMBRAPA, 2020).

A desinfecção com radiação ultravioleta (UV) surgiu por volta do século 20, no entanto o baixo custo da cloração inviabilizou o seu uso. A sua aplicabilidade em comunidades rurais se dá porque é um processo que não necessita de manipulação, transporte e armazenamento de produtos químicos tóxicos, perigosos ou corrosivos, é eficaz na inativação de microrganismos, não há efeito residual danoso ao homem, é de fácil operação e requer menores tempos de contato, quando comparada a outros desinfectantes. O custo do sistema de desinfecção por UV é em função do modelo de reator adotado, lâmpadas a serem

utilizadas, capacidade de tratamento, consumo de energia, produtos químicos utilizado na limpeza das lâmpadas, reparos em equipamentos, substituição de lâmpadas e reatores (FOLLMANN et al., 2018).

Cangela (2014) avaliou uma tecnologia simplificada de tratamento de água utilizando *Moringa oleifera* e desinfecção solar, através da técnica SODIS, que segundo Wegelin (2002) se demonstra eficiente na remoção de *Cryptosporidium* e *Giardia*.

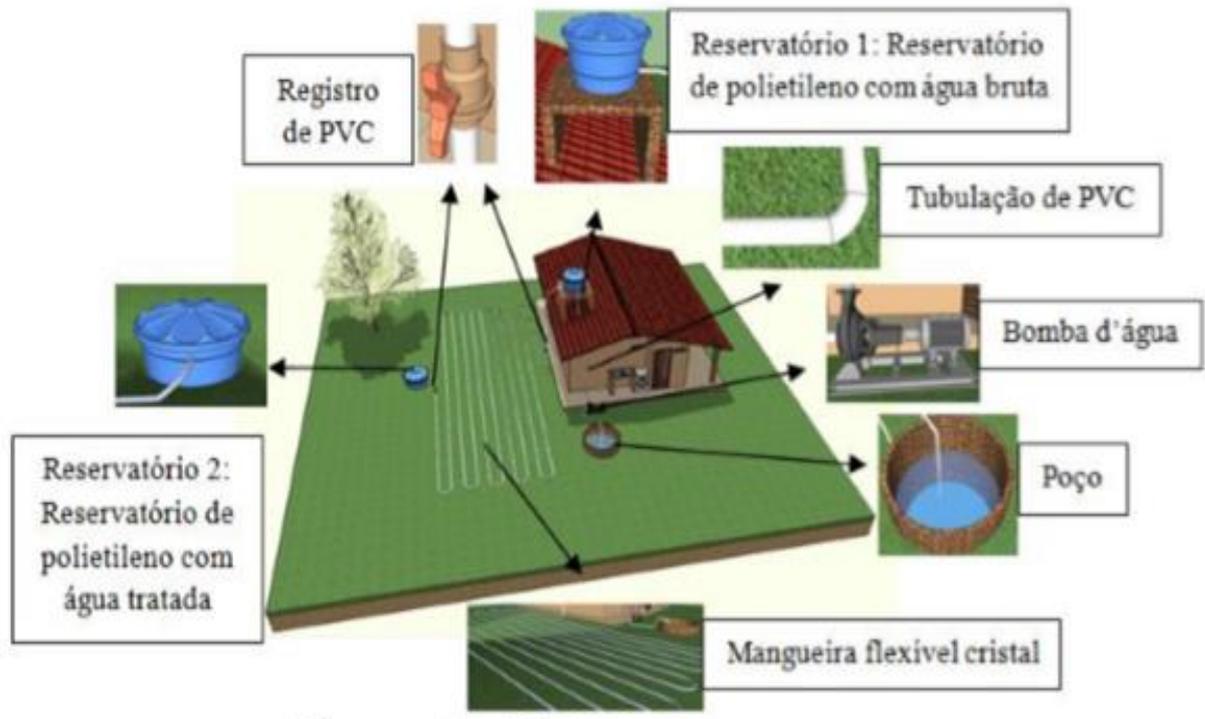
O sistema consiste na inserção da *Moringa oleifera* dentro de recipiente com a água a ser tratada, após duas horas de permanência o sobrenadante é retirado e encaminhado para o sistema SODIS, que é baseado pela exposição ao sol durante um intervalo de tempo, geralmente seis horas.

Os resultados alcançados demonstram que o sistema é eficiente para a remoção de coliformes totais e turbidez, vale salientar que o estudo foi baseado em escala de bancada e diante dos resultados satisfatórios é necessário a sua aplicação em escala real para se avaliar o desempenho do sistema.

Meierhofer e Landolt (2009) destacam que a tecnologia SODIS já é utilizada para a desinfecção de água para consumo humano por mais de dois milhões de pessoas em 33 países e os resultados apontam para redução drástica na ocorrência de casos de diarreia, os autores estimam que o custo-benefício da adoção do sistema pode chegar até 1:49, ou seja, para cada dólar investido na SODIS é possível economizar 49 dólares no setor da saúde.

Neves et al. (2016) propuseram um sistema de tratamento por meio de radiação solar utilizando água subterrânea e em uma escala maior, comparado ao apresentado anteriormente, nesse o sistema é formado por dois reservatórios de polietileno, situados em cotas diferentes e conectados por uma mangueira flexível cristal e o objetivo é expor a água da mangueira à radiação solar. A água a ser tratada será retirada do poço e elevada até o reservatório 1 através da energia fornecida pela bomba, os registros serão abertos permitindo que a água percorra toda a mangueira por gravidade e finalmente a água será exposta a radiação solar para o tratamento e logo após, armazenada no reservatório 2 (Fig. 2). Os autores destacam que os resultados foram satisfatórios na eliminação de patógenos, no entanto pH e turbidez não estão de acordo com a portaria de potabilidade.

Figura 2: Representação sistema de tratamento por meio de radiação solar utilizando água subterrânea



Fonte: Neves et al. (2016)

A dessalinização é uma técnica bastante consolidada nas comunidades rurais do Brasil para abastecimento humano, a partir desta se obtém água potável, mas também produz um subproduto, uma água residual chamada de rejeito, de concentração salina muito maior do que a água salobra original e de poder poluente para o solo, fauna e flora (VALE; AZEVEDO, 2013). Algumas alternativas para uso do rejeito estão sendo implantadas, como cultivo de tilápia rosa (*Oreochromis*) e irrigação da erva sal (*Atriplex nummularia*) (AMORIM et al., 2001; SOUSA; FERREIRA, 2015). Sousa Neto et al. (2011) obtiveram resultados satisfatórios ao utilizar efluente de dessalinizador para irrigação de mudas de espécies nativas do bioma Caatinga-Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) e Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poir) em reflorestamento.

Outra característica da dessalinização é o elevado consumo de energia para o seu funcionamento (DAWOUND; AL MULLA, 2012), diante disso alguns estudos estão sendo desenvolvidos para substituir o uso de energia proveniente de combustíveis fósseis por energias limpas, como por exemplo, a dessalinização térmica, destilação de múltiplos estágios, destilação de múltiplos efeitos, destilação compressão de vapor e a destilação solar.

Campos (2007) avaliou o custo-benefício de sistema de dessalinização de água em comunidades rurais do Ceará, foi avaliado cinco sistemas de dessalinização e o autor

determinou os valores das infraestruturas de cada sistema, acrescida do dessalinizador, como também o demonstrativo das receitas, a preços econômicos, de cada sistema de dessalinização por osmose reversa segundo o consumo efetivo e a produção potencial do Ceará em 2002, os resultados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Descrição dos valores das infraestruturas e do dessalinizador e o demonstrativo das suas receitas, a preços econômicos, de cada sistema de dessalinização avaliado segundo o consumo efetivo e a produção potencial do Ceará em 2002

Tipo de Dessalinizador	Valores da infraestrutura e do dessalinizador (R\$)	Consumo Efetivo (m ³ /ano)	Produção Potencial (m ³ /Ano)	Tarifa (R\$/m ³)	Receita Efetiva (R\$/Ano)	Receita Potencial (R\$/Ano)
Tipo I (400 litros/hora)	16.935,06	463,08	1.168	4,70	2.176,48	5.489,60
				9,40	4.352,95	10.979,20
Tipo II (600 litros/hora)	18.215,06	467,4	1.752	4,70	2.196,78	8.234,40
				9,40	4.393,56	16.468,80
Tipo III (800 litros/hora)	20.092,69	906,24	2.336	4,70	4.259,33	10.979,20
				9,40	8.518,66	21.958,40
Tipo IV (1.200 litros/hora)	22.905,83	1.882,68	3.504	4,70	8.848,60	16.468,80
				9,40	17.697,19	32.937,60
Tipo V (vazão de 1800 litros/hora)	26.745,83	2.304,00	5.256	4,70	10.828,80	24.703,20
				9,40	21.657,60	49.406,40

Fonte: Adaptada de Campos (2007)

Os dessalinizadores do tipo I, tipo IV e tipo V mostram-se viáveis nas duas tarifas, sendo o tipo V o que apresenta melhor viabilidade econômica, o sistema do tipo II é viável apenas no caso de o aparelho funcionar em sua capacidade de produção potencial e o sistema do tipo III mostra-se inviável apenas quando se considera o consumo efetivo e a tarifa de R\$ 4,70/m³ (CAMPOS, 2007).

Com o objetivo de fornecer um tratamento de água simplificado a FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) desenvolveu um SALTA-z (Solução Alternativa de Tratamento de Água, o z refere-se a zeólita, o mineral-chave da proposta). O sistema de tratamento foi inicialmente desenvolvido para fornecer água tratada para uso doméstico às populações ribeirinhas do Pará e atualmente esta se estudando a aplicabilidade deste para outras regiões, a exemplo da região semiárida do nordeste (FUNASA, 2017).

O SALTA-z tem como objetivo disponibilizar água potável a pequenas comunidades, de zonas rurais, ribeirinhas e povoados indígenas e quilombolas, com cerca de 25 indivíduos. Dentre as características do Salta-z tem-se: fácil aplicação, instalação e apropriação dos sistemas pelas comunidades, baixo custo, facilidade operacional. (CNM, 2019).

O SALTA-z reúne todas as etapas do tratamento convencional de água de forma compacta, o diferencial desse sistema é a utilização da zeólita como meio filtrante. A zeólita é um mineral natural oriundo de cinzas vulcânicas, são minerais microporosos, com poros menores que dois nanômetros de diâmetro, fazendo com que as zeólitas se tonem altamente adsorventes. Materiais que são atraídos para eles se aderem a sua superfície. Estudos indicam que a utilização de zeólita como meio filtrante permite a remoção de ferro, manganês e outros metais pesados, amônia, cloroaminas, matéria orgânica, proteína e lipídios (CNM, 2019).

Figura 3: Representação esquemática do SALTA-z



Fonte: FUNASA (2017)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência ou insuficiência do acesso aos serviços de abastecimento de água potável nas comunidades rurais afetam diretamente a saúde pública e o meio ambiente e para solucionar esse problema faz-se necessário que o poder público juntamente com a população residente assumam o compromisso de universalizar o abastecimento de água, juntamente com os outros serviços que compõe o saneamento básico.

E diante dessa problemática, a definição da solução alternativa a ser aplicada é o que afeta todo o funcionamento do sistema a longo prazo, uma vez que essas, necessariamente, deverão ser adaptadas de acordo com a realidade e configuração diferenciada do meio rural, levando em consideração os aspectos econômicos e técnicos.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/90-dos-brasileiros-taam-acesso-a-a-gua-pota-vel.2019-03-14.0448875933>. Acesso em 25 mar. 2020.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E; R.; SILVA JÚNIOR, L. G. A. **Evaporação solar como alternativa de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa**. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. Anais...João Pessoa, UFPB, 2001. CD-ROM.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. **Educação para a água**, Estud. av. Vol.22 no.63 São Paulo, 2008.

BATISTA, C. H. **Estudo do processo de desinfecção de água via energia solar utilizando um reator experimental**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Processos – Universidade Tiradentes, 2008.

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, 2017.

BRASIL. **Manual de orientação para cadastramento das diversas formas de abastecimento de água**. Ministério da Saúde, 2007.

CAMPOS, R. T. Avaliação benefício-custo de sistemas de dessalinização de água em comunidades rurais cearenses. **RER**, Rio de Janeiro, vol. 45, nº 04, 2007.

CANGELA, G. L. C. **Tratamento de água para consumo humano em comunidades rurais com utilização de *Moringa oleífera* e desinfecção solar**. (Dissertação) Mestrado Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2014.

CARNEIRO, C. G., BUCK, A. L. B., SOUZA, F. H. SENS, M. L. Desenvolvimento de um sistema alternativo para o tratamento de água oriunda de nascente em propriedades rurais. 27º. Encontro Técnico AESABESP. 2016.

CNM. Confederação Nacional de Municípios – CNM Coletânea Guias de Reaplicação (5 volumes) - Programa SALTA-Z - Abaetetuba/PA (v.1) Brasília: CNM, 2019.

DAWOUD, M.A., AL MULLA, M.M “Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study”, **International Journal of Environment and Sustainability**, vo. 11, 2012, n. 3, pp. 22-37.

DI BERNARDO, L; PAZ L. P. S. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. São Carlos: Editora LDiBe, 2008. v. 2. 1560 p.

DI BERNARDO, L; SABOGAL PAZ, L. P. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. Editora LDiBe. v 1 e v.2. p.1560, 2008.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/716/clorador-embrapa>. Acesso em 25 mar. 2020.

FRANCO, M. **Uso de coagulante extraído de sementes de moringa oleífera como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas**. Campinas, SP: [s.n.], 2010.

FOLLMANN, A. P., BITTENCOURT, K. S., SILVA, T. S., OLIVEIRA, J. V. Tratamento de água em sistemas rurais de abastecimento: alternativas, viabilidade técnica e econômica. XXVI Seminário de Iniciação Científica. Unijuí, 2018.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/ Superintendência Estadual do Pará**. – Brasília: Funasa, 2017. 49 p.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico de 2010. Dados da amostra.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Relatório Acesso à água nas regiões Norte e Nordeste do Brasil: desafios e perspectivas, 2018.

LEWIS, M. J; HEPPEL, N. J. **Continuous Thermal Processing of Food: Pasteurization and UHT Sterilization**, Aspen Publishers, Inc., A Wolters Kluwer Company, Gaithersburg, MD, 2000.

MEIERHOFER, R.; LANDOLT, G. Factors supporting the sustained use of solar water disinfection: Experiences from a global promotion and dissemination programme. **Desalination**, v. 248, n. 1, p.144-151, 2009.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764, out./dez. 2008.

MORAIS, J. B. S. **Soluções Alternativas Coletivas de Abastecimento de Água: Um desafio para a vigilância e o controle da qualidade da água no município de Matelândia/Pr. ROCA**. 2014.

NEVES, Y. T., SANTOS, L. L., LEAL, E. S., GOMES, B. M. C. Tratamento de água em comunidades rurais por meio da radiação solar. XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste. 2016.

ONU. Organização Nações Unidas. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-45-bilhoes-de-pessoas-nao-dispoem-de-saneamento-seguro-no-mundo/>. Acesso em 25 mar. 2020

PATERNIANI, J. E. S. **Tecnologias de Tratamento de Água para pequenas comunidades**. Editora Margem da palavra. 2017, 264p.

PLANSAB. Disponível em: <https://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/plansab/texto-do-plansab>. Acesso em 26 mar. 2020.

RAID, M. A. M. **Soluções técnicas de abastecimento de água e modelos de gestão: um estudo em quinze localidades rurais brasileiras.** Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Minas Gerais, 2017.

ROCHA, C. M. B. M. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênicosanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno de Saúde Pública**, v.22, n 09, p 1967-1978, 2006.

RODRIGUES, D. G. **Sistema alternativo para desinfecção da água por pasteurização solar para pequenas comunidades.** Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 2018.

SABOGAL PAZ, L P. **Modelo Conceitual de Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2007.

SILVEIRA, A. B. G. **Estratégias para a universalização do saneamento rural: um estudo baseado em experiências internacionais.** (Dissertação) Mestrado Profissional em Gestão e Regulação dos Serviços Públicos de Saneamento Básico – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Brasília, 2013.

SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, M.; LIRA, R. B.; REBOUÇAS, J. R. L. Utilização do rejeito da dessalinização da água na produção de mudas de espécies da caatinga. **Revista Caatinga**, v.24, n. 4, p. 123-129, out.-dez., 2011.

SILVA, D. E., CORDEIRO, J., CALAZANS, G. M., VIEIRA, E. D., PEREIRA, S. L. C. S. Análise da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água de uma nascente situada na zona rural de Passabém – MG. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 6, p. 01-25, e676184, 2018 ISSN 2525-3409 (CC BY 4.0), 2018.

SOUSA, Y. M. M.; FERREIRA, E. G. Tecnologia para tratamento de água salobra: estudo do caso de Santa Inês-PB. **Revista Ambiental**.V.1, n. 1, p. 82 -92, Jan/Mar, 2015.

TUNDSI, J. G. **Novas Perspectivas para Gestão de Recursos Hídricos, 2006.**

URSI, E. S. **Prevenção de lesões de pele no perioperatório: revisão integrativa da literatura.** 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2005.

VALE, M. B, AZEVEDO, P. V. Avaliação da produtividade e qualidade do capim e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. **Holos**. 2013;3(29) 181-195.

VISSCHER, J. T., GALVIS, G., LATORRE, J. **Filtracion en multiples etapasFiME: bondades e limitaciones.** In: Conferencia Internacional Mejoramiento de la Calidad del Agua, Santiago de Cali, Colombia, 1996.

WEGELIN, M. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. **Journal of Water**. SRT-Acqua, v. 43, n. 3, p. 154-169. 2002.

JAMIL, Y., AHMAD, M. R., ALI, K. HABEEB, A., HASSAN, M. Use of solar energy for disinfection of polluted water, **Soil & Environ**, 2009.