

Sistemas de lagoas de estabilização como uma alternativa de oferta de água para produção agrícola em regiões semiáridas

Stabilization pond systems as a water supply alternative for agricultural production in semiarid regions

Wilza da Silva Lopes¹, Mateus Cunha Mayer², Rodrigo de Andrade Barbosa³, Elder Cunha de Lira⁴, Mônica Tejo Cavalcanti⁵, Jucilene Silva Araújo⁶

Resumo: A grande quantidade de sistemas de lagoas de estabilização existentes em pequenos municípios do Semiárido brasileiro é uma fonte potencial de água de reúso para irrigação agrícola periurbana. O objetivo deste trabalho foi avaliar dois sistemas de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização em pequenos municípios do Semiárido brasileiro, quanto a eficiência de remoção de matéria orgânica, segurança sanitária e risco de obstrução ao sistema de irrigação, visando a geração de água de reúso para produção agrícola. Para isso, foram realizadas coletas nos pontos de entrada (esgoto bruto) e saída (esgoto tratado) das ETE's, para avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento e a qualidade da água de reúso. Como resultado foram encontradas remoções de matéria orgânica acima de 70% e preservação de nutrientes. Para a água de reúso, foram encontrados no efluente final risco moderado de obstrução do sistema de irrigação e qualidade sanitária obedecendo às diretrizes de reúso agrícola vigentes.

Palavras-chave: Reúso agrícola; Irrigação; Tratamento de esgoto; Nutrientes.

Abstract: The large number of stabilization pond systems existing in small municipalities in the Brazilian semiarid region is a potential source of reused water for peri-urban agricultural irrigation. The objective of this work was to evaluate two sewage treatment systems by stabilization ponds in small municipalities in the Brazilian semiarid region, regarding the efficiency of organic matter removal, sanitary safety and risk of obstruction to the irrigation system, aiming at the generation of reuse water for agricultural production. For this, collections were carried out at the entry points (raw sewage) and exit (treated sewage) of the ETE's, to evaluate the efficiency of the treatment systems and the quality of the reused water. As a result, organic matter removals above 70% and nutrient preservation were found. For reuse water, moderate risk of obstruction of the irrigation system and sanitary quality were found in the final effluent, complying with current agricultural reuse guidelines.

Keywords: Agricultural reuse; Irrigation; Sewage treatment; Nutrients.

1 INTRODUÇÃO

As lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples do tratamento de esgoto, sendo uma das tecnologias populares nos países tropicais, devido as temperaturas elevadas, favoráveis à sua ação de tratamento. Além disso, se adequa a países em desenvolvimento, pois demandam por grandes áreas, tem simplicidade e baixo custo. Esses sistemas podem ser definidos como grandes unidades de tratamento construídas por meio de escavações rasas, cercada por taludes de terra e impermeabilização, que por processos naturais realizam a estabilização da matéria orgânica presente no esgoto bruto que é aplicado em uma das pontas, realizando assim, o tratamento (BRASIL, 2020).

Von Sperling (2002) define alguns sistemas de lagoas de estabilização, dentre eles tem-se (i) sistema de lagoa facultativa – remoção da matéria orgânica solúvel rapidamente biodegradável por via aeróbia e a matéria orgânica suspensa tende a sedimentar e é estabilizada por bactérias anaeróbias; sistema de lagoa anaeróbia + lagoa

facultativa - também denominado de sistema australiano, tem entre 50 a 70% da matéria orgânica removida na lagoa anaeróbia (na ausência de oxigênio), sendo menor e mais profunda, para garantir que não ocorra a fotossíntese e nem a penetração da luz solar e a matéria orgânica remanescente é removida na lagoa facultativa; (iii) Sistema de lagoas de maturação - também denominada de lagoa de polimento, são lagoas rasas que tem por principal objetivo a remoção de microrganismos patogênicos. A remoção de bactérias patogênicas se dá por condições de radiação ultravioleta, elevação do pH e do OD, enquanto que os ovos de helmintos e protozoários são removidos pelo processo de sedimentação.

Os sistemas de lagoas de estabilização apresentam aspectos vantajosos, tais como facilidades de construção, operação e manutenção, remoções satisfatórias de matéria orgânica, custo per capita reduzido no tratamento de esgoto doméstico. No entanto, esses sistemas dependem de condições climáticas favoráveis, necessitam de grande demanda de área, grandes movimentações de terra, escavações profundas no caso de lagoas anaeróbias, além

do que, quando não manuseadas corretamente, podem exalar maus odores, sendo recomendada a sua instalação em áreas distantes dos centros populacionais.

A grande maioria dos pequenos municípios do Semiárido brasileiro, quando dispõe de estações de tratamento de esgoto, possuem em suas configurações lagoas de estabilização, que são tecnologias bastante adaptadas à esta região, em virtude dos altos índices de radiação solar e de temperaturas favoráveis à operação das mesmas. Conforme apresentado no estudo de Medeiros et al. (2014), os sistemas de lagoas de estabilização predominantes na região semiárida são do tipo facultativa, maturação, anaeróbia, aeróbia, mista e aerada, podendo ser usado apenas um tipo de sistema de lagoas ou dois ou mais tipos desses sistemas.

Geralmente os sistemas de lagoas de estabilização que operam nesses municípios foram projetados para lançamento do efluente em corpos hídricos, atendendo os padrões da Resolução CONAMA nº 430/2011, tais como remoção mínima de matéria orgânica (DBO₅) de 60%, pH entre 5,0 e 9,0; porém, a Resolução não estabelece padrões para remoção de nutrientes; como encontrado em algumas configurações de lagoas de estabilização, que não apresentam remoção satisfatória para nutrientes, podendo ser uma alternativa viável para produção de água de reúso na agricultura.

Outro fator preocupante é que na região semiárida do país, em período de estiagem prolongada, a vulnerabilidade hídrica se agrava, impactando negativamente o abastecimento de água e a produção agrícola na região. Além desses fatores, a população residente na região está exposta a baixos índices de cobertura de coleta e tratamento de esgoto, que em 2010 teve uma produção de 423 milhões de m³/ano. O volume de esgoto coletado contabilizou, no entanto, apenas 117 milhões de m³/ano, aproximadamente 28%, dos quais limitou-se a 89 milhões de m³/ano de esgoto tratado, que equivale a 21% do esgoto produzido no Semiárido brasileiro (MEDEIROS et al, 2014).

A convencional abordagem de se utilizar a água apenas uma vez para em seguida descartá-la não faz mais sentido em um mundo marcado pela escassez hídrica. Desta forma, o efluente passa a ser visto como um recurso renovável, recuperável e uma fonte alternativa de água.

Vários países tem estudado formas viáveis de tratar e reaproveitar os diversos tipos de efluentes. As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem das características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (SMIRDELE et al, 2021).

Nesse contexto, o desenvolvimento de pesquisas voltadas para o tratamento de esgoto, visando o reúso agrícola, vem a ser uma alternativa sustentável para a promoção da saúde pública e proteção do meio ambiente, especialmente dos recursos hídricos; apresentando vantagens como a diminuição da pressão no uso de fontes de água superficiais para irrigação, perda do esgoto tratado em rios e riachos intermitentes por meio de evaporação e/ou infiltração, redução da poluição dos corpos hídricos por esgoto *in natura* ou tratados inadequadamente, como por exemplo o processo de eutrofização.

Desse modo, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar dois sistemas de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização em pequenos municípios do Semiárido brasileiro, quanto a eficiência de remoção de matéria orgânica, segurança sanitária e risco de obstrução ao sistema de irrigação, visando a geração de água de reúso para produção agrícola.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O INSA através de parceria com o BNB e a Fundep, implantou o projeto “Segurança forrageira e produção madeireira em bases agroecológicas no Semiárido brasileiro” nos municípios de Frei Martinho/PB e São Fernando/RN, onde foram instaladas duas unidades de reúso, uma em cada município, utilizando o esgoto tratado das ETE’s para irrigação de espécies forrageiras e madeireiras.

O município de Frei Martinho, Paraíba, segundo o IBGE, possui uma população de 2.989 (IBGE, 2021) sendo 64% atendida pelo sistema de esgotamento sanitário da zona urbana. A estação de tratamento de esgoto do município é compreendida por um sistema de lagoa de estabilização do tipo australiano, sendo uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa (Figura 1).

Figura 1. Estação de tratamento de esgoto de Frei Martinho/PB, composta por lagoas de estabilização.



Fonte: Felipe Lavorato (2019).

O município de São Fernando, no Rio Grande do Norte, possui uma população estimada em 3.606 (IBGE, 2021), na qual 36% da população é atendida pelo sistema

de esgotamento sanitário. A estação de tratamento de esgoto do município é composta de uma lagoa facultativa, seguida de duas lagoas de maturação (Figura 2).

Figura 2. Estação de tratamento de esgoto de São Fernando/RN, composta por lagoas de estabilização.



Fonte: Elder Lira (2019).

Após a saída do sistema de lagoas de estabilização, em ambos os municípios, o efluente passa por um filtro de piscina (filtro de areia), sendo armazenado em reservatório de 20 mil litros, para em seguida passar por um filtro de disco, antes de chegar ao sistema de irrigação.

O monitoramento do sistema de tratamento de ambos os municípios foi realizado entre 2019 e 2021. Para avaliar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto foram realizadas coleta nos pontos de entrada (esgoto bruto) e saída (esgoto tratado) das ETE's. Além disso, foi coletada a água de reuso utilizada na irrigação das culturas, na saída do gotejador, visando avaliar a sua qualidade quanto a legislação de reuso agrícola.

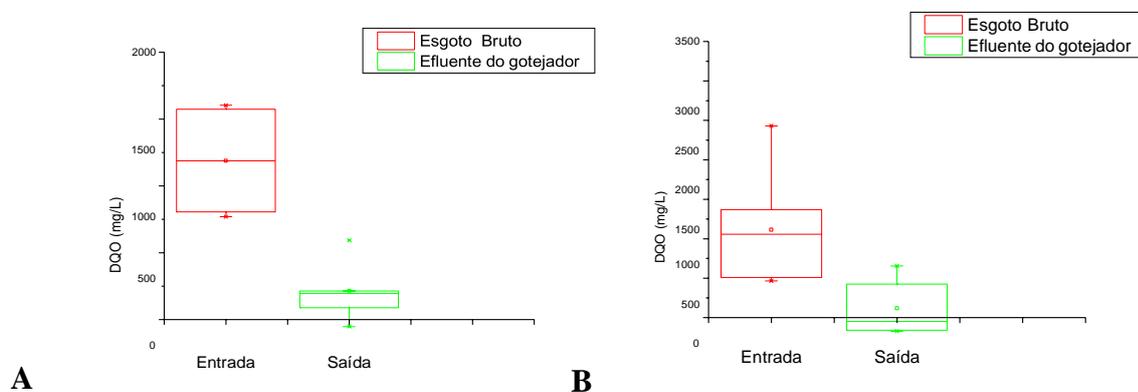
Para avaliação do sistema de tratamento e da água de reuso foram realizadas análises físico-química e microbiológica, sendo elas pH, cor, turbidez, salinidade,

sólidos dissolvidos totais (SDT), condutividade, amônia, fósforo, sódio, potássio, demanda química de oxigênio (DQO), E. coli e ovos de helmintos, todas seguindo os métodos estabelecidos por APHA (2017), exceto ovos de helmintos que segue a metodologia de BAILENGER (1979), modificado por Ayres & Mara (1996).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta as concentrações médias de DQO na entrada e saída do sistema de tratamento de esgoto dos municípios de Frei Martinho e São Fernando. Com base nos resultados, pode-se observar que os sistemas de tratamento apresentaram remoções significativas para matéria orgânica, sendo de 71% e 70% para os municípios de Frei Martinho e São Fernando, respectivamente.

Figura 3. Concentrações médias de DQO do esgoto bruto e do efluente final.



(A) concentrações médias de DQO do sistema de Frei Martinho – PB e (B) concentrações médias de DQO do sistema de São Fernando – RN.

Silva et al. (2015), tratando esgoto doméstico em sistema composto por reator UASB e lagoas de polimento, para reúso no cultivo de mudas de eucalipto, obteve eficiência de remoção de DQO de 70%, com concentração média do efluente tratado de 155 mg.L⁻¹.

D'Alessandro et al. (2015) estudaram a influência da sazonalidade nos sistemas de lagoas de estabilização, e observaram que os meses com maior eficiência de remoção são resultantes do período de seca, quando o efluente é mais concentrado, mantendo a vazão do projeto e o tempo de detenção hidráulico adequado. Nesse período foram verificadas eficiências de remoção de matéria orgânica de 90%, enquanto no período chuvoso a remoção foi de 78%.

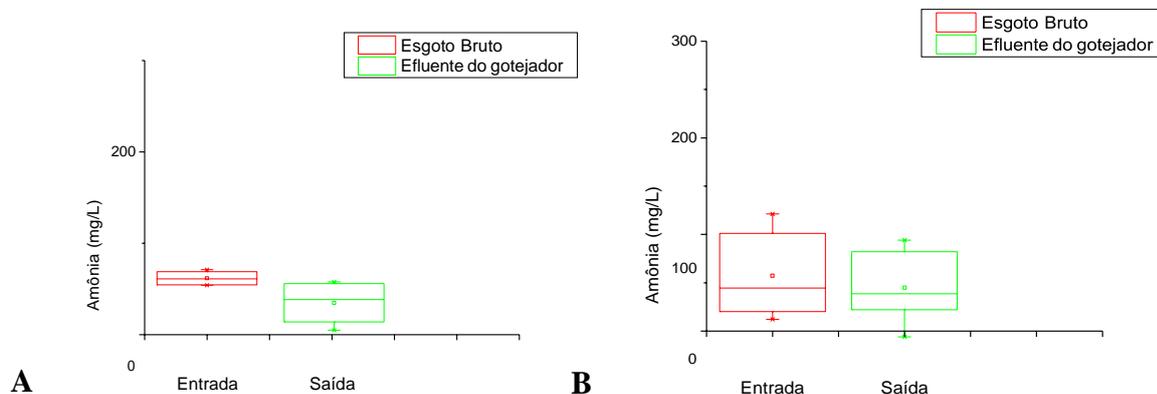
Licciardello et al. (2018) estudaram um sistema de tratamento terciário de esgoto para uso na agricultura, composto por wetland horizontal subsuperficial, lagoa de estabilização, reservatório e filtros de areia e de discos, configuração similar ao encontrado nos sistemas de Frei Martinho e São Fernando, que utilizaram reservatório e filtros de areia e de discos após as lagoas. Os autores

citados encontraram remoção de DQO em torno de 70% na configuração de tratamento apresentada, com concentração média de efluente, na saída do filtro de discos, de 24,1 mg.L⁻¹.

Oliveira et al. (2021) realizaram um levantamento bibliográfico sobre processos biológicos para o tratamento de efluentes, dentre eles as lagoas de estabilização. Nessa pesquisa foi observado pelos autores que as lagoas facultativas possuem alta eficiência na remoção de matéria orgânica biodegradável, sendo de 70% a 90%, e para DQO de 56% a 81%.

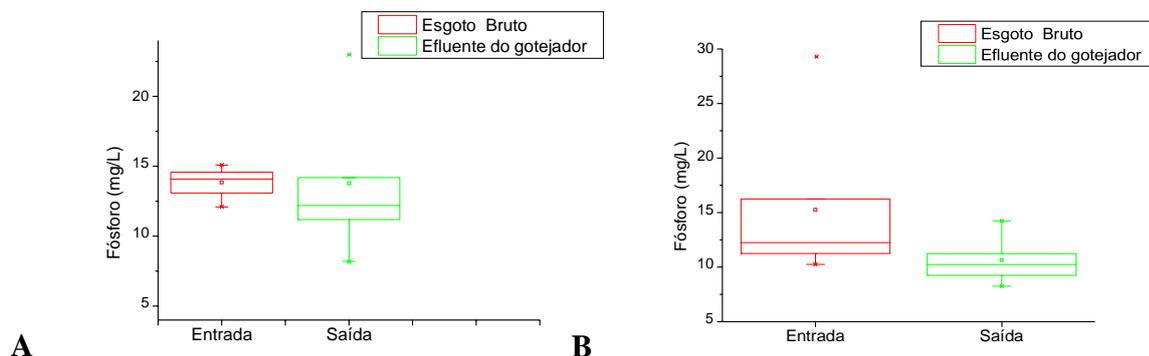
Com relação aos nutrientes, observa-se que não houve remoções significativas no efluente tratado, quanto aos parâmetros de amônia (Figura 4) e fósforo (Figura 5), em virtude da configuração dos sistemas de tratamento, sendo um ponto positivo para a presente pesquisa, uma vez que necessita de água com nutrientes para fertirrigação de culturas agrícolas.

Figura 4. Concentrações médias de amônia do esgoto bruto e do efluente final.



(A) concentrações médias de amônia do sistema de Frei Martinho – PB e (B) concentrações médias de amônia do sistema de São Fernando – RN.

Figura 5. Concentrações médias de fósforo do esgoto bruto e do efluente final.



(A) concentrações médias de fósforo total do sistema de Frei Martinho – PB e (B) concentrações médias de fósforo total do sistema de São Fernando – RN.

Vale ressaltar que a combinação de lagoas de estabilização a outros sistemas de tratamento apresenta-se como uma alternativa promissora para o tratamento de esgoto, visando o reúso. O reator UASB associado a lagoas de polimento pode vir a promover remoção de nutrientes, isso porque em lagoas de polimento ocorre geração de oxigênio pela fotossíntese, na qual predomina o consumo por oxidação de matéria orgânica, aumentando o pH na lagoa; desse modo, o nitrogênio é removido por dessorção de amônia gasosa e o fósforo por precipitação de hidroxiapatita de cálcio (VAN HAANDEL et al., 2021a).

Segundo van Haandel et al. (2021a), sistemas UASB com lagoas de polimento (que visa a remoção de nutrientes) podem ter remoções de cerca de 99% de nitrogênio e 90% de fósforo, enquanto que em sistemas de lagoas de estabilização esse percentual é de cerca de 20% para ambos os nutrientes.

Em outro estudo, van Haandel et al. (2021b) mostraram que, na prática, é necessário um pH de 8,5-9,0 para efetuar a dessorção de amônia, e pH de 9,5 a 9,7 para a precipitação de fosfato. Segundo os autores, mesmo que a remoção de fósforo em lagoas de polimento seja um processo factível, é preferível usar processos físico-químicos como clarificação ou flotação para esse fim, através do uso de coagulantes (como policloreto de alumínio e sulfato de alumínio), sendo isso vantajoso, uma vez que a área necessária das lagoas de polimento para remover o fosfato é em torno do dobro da área para a remoção de nitrogênio.

Oberholster et al. (2019) estudaram a eficiência da remoção de nutrientes em sistemas tradicionais de lagoas de estabilização (anaeróbia, facultativa e maturação), tendo encontrado remoção de fósforo total de 74,7 e 76,4% para as lagoas de maturação em série, e remoção total de nitrogênio de 43,1 e 35,1% nestas mesmas lagoas, respectivamente. Esses resultados foram alcançados, porque as lagoas foram otimizadas com a manipulação de um consórcio natural de algas existentes, através da inoculação em massa de estirpes específicas de algas de *Chlorella spp.* Nas lagoas dos sistemas de Frei Martinho e São Fernando, a proliferação de algas ocorre naturalmente, sem nenhum procedimento de inoculação, o que explica os menores índices de remoção de fósforo e nitrogênio encontrados.

Licciardello et al. (2018) estudaram um sistema de tratamento terciário de esgoto para uso na agricultura, composto por *wetland* horizontal subsuperficial, lagoa de estabilização, reservatório e filtros de areia e de discos, configuração muito similar ao encontrado nos sistemas de Frei Martinho e São Fernando, que utilizaram reservatório e filtros de areia e de discos após as lagoas. Os autores encontraram concentrações médias de amônia de 2,2 mg.L⁻¹ e de fósforo total de 4,6 mg.L⁻¹ no efluente final (filtro de discos).

A Tabela 1 apresenta os resultados médios referentes aos parâmetros de qualidade da água de reúso dos municípios de Frei Martinho e São Fernando.

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros de qualidade da água de reúso dos municípios de Frei Martinho e São Fernando.

Parâmetro	Frei Martinho	São Fernando
	Água de reúso	Água de Reúso
pH	7,7 ± 0,8	7,4 ± 0,5
Cor (uC)	882 ± 140	2762 ± 1401
Turbidez (NTU)	124 ± 74	209 ± 90
Salinidade (g/L)	1,25 ± 0,13	0,74 ± 0,12
SDT (mg/L)	1615 ± 213	1033 ± 218
Condutividade elétrica (mS/cm)	2,57 ± 0,24	1,53 ± 0,42
Amônia (mg/L)	74,3 ± 25,6	79,0 ± 36,0
Fósforo (mg/L)	13,5 ± 5,7	10,1 ± 2,4
Sódio (mg/L)	201 ± 117	162,6 ± 109,0
Potássio (mg/L)	63 ± 36	50,1 ± 15,2
Ovos de helmintos (ovos/L)	0	0

Com base nos resultados observados na Tabela 1, ambos os municípios apresentaram valores de pH dentro da faixa preconizada pela resolução CONAMA 430/2011.

Além disso, de acordo com Nakayama & Bucks (1986), valores de pH entre 7 e 8, para águas de reúso de diferentes qualidades, apresentam grau moderado quanto ao risco de



obstrução do sistema de irrigação; dessa forma, os valores aqui encontrados possuem risco moderado. Licciardello et al. (2018) encontraram valores de pH variando de 7,5 a 8,0, em sistema de tratamento composto por *wetland*, lagoa de estabilização, reservatório e filtros de areia e de discos, configuração similar aos sistemas de Frei Martinho e São Fernando.

Já para o parâmetro de cor, percebe-se que no sistema de Frei Martinho houve uma redução no processo de tratamento, enquanto que no sistema de São Fernando teve um aumento da cor na saída do sistema. Esse fator pode se dá pelo fato da configuração dos sistemas delagoas, uma vez que as lagoas de maturação, por apresentarem condições favoráveis para proliferação de algas, conferem ao efluente final uma coloração esverdeada resultante de suas atividades.

Com relação ao parâmetro de turbidez, foi observada redução nos dois sistemas de tratamento, sendo a maior eficiência encontrado no sistema de Frei Martinho. Tal fator se dá pelo mesmo fator já mencionado acima sobre o processo de atividade das algas. Oliveira et al. (2021) avaliaram o desempenho da lagoa facultativa para material suspenso total, sendo de 57% a 78%. Licciardello et al. (2018) encontraram valores médios de material suspenso total de $8,3 \text{ mg.L}^{-1}$ no efluente final, com eficiência de remoção de 90%. Nos sistemas de lagoas de estabilização aqui estudados (São Fernando e Frei Martinho), foi analisada a remoção do material suspenso total por meio da turbidez, sendo encontrado remoções médias na turbidez de 76% em Frei Martinho e 41% em São Fernando. Observa-se que apesar de ambos os sistemas apresentarem em sua configuração lagoas facultativas, no caso de São Fernando, as lagoas de maturação em série após a facultativa, pela sua configuração e pelo

desempenho das atividades das algas, podem ter influenciado nesse efluente com maiores concentrações de material em suspensão.

Segundo a USEPA (2012) a condutividade elétrica e os SDT determinam o grau de restrição à irrigação, sendo: nenhum ($< 0,7 \text{ dS/m}$ e $< 450 \text{ mg/L}$) moderado ($0,7 - 3,0 \text{ dS/m}$ e $450 - 2000 \text{ mg/L}$) e forte ($> 3,0 \text{ dS/m}$ e $> 2000 \text{ mg/L}$). Para ambos os sistemas municipais foram encontrados graus de restrição moderados quanto ao risco de obstrução ao sistema.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), águas de reuso que apresentam concentrações de *E. coli* $\leq 105 \text{ NMP/100 mL}$ e ≤ 1 ovo de helminto/L podem ser utilizadas de forma irrestrita na agricultura, desde que as plantas se desenvolvam distantes do nível do solo e se utilize sistema de irrigação localizada. Desta forma, a água de reuso produzida nos sistemas de tratamento dos municípios de Frei Martinho e São Fernando atendem aos critérios de qualidade sanitária estabelecidos pela OMS, apresentando um efluente final com ausência de ovos de helmintos e com concentrações médias de *E. coli* de $4,96 \times 10^5 \text{ NMP/100 mL}$ e $3,56 \times 10^4 \text{ NMP/100 mL}$, respectivamente.

Silva et al. (2015), tratando esgoto doméstico em sistema composto por reator UASB e lagoas de polimento, para reuso no cultivo de mudas de eucalipto, não obteve nenhum ovo de helmintos no efluente tratado.

As Figuras 6 e 7 apresentam as concentrações de *E. coli* no esgoto bruto e no efluente do gotejador para os sistemas de Frei Martinho e São Fernando, mostrando que os mesmos apresentaram remoções elevadas, e uma água de reuso com concentrações dentro dos padrões estabelecidos para reuso agrícola para todas as amostras coletadas.

Figura 6. Valores de *E. coli* no esgoto e no efluente do gotejador durante o período de monitoramento para o município de Frei Martinho.

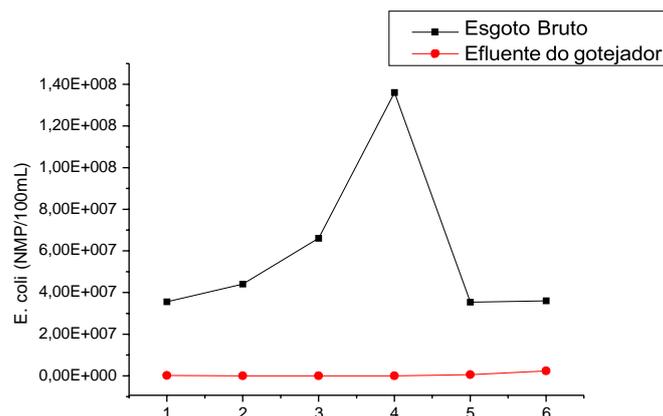
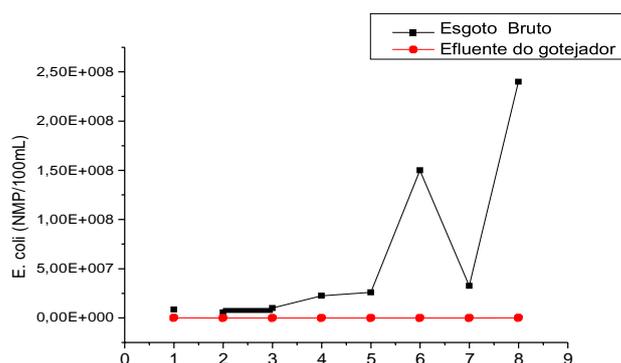


Figura 7. Valores de *E. coli* no esgoto e no efluente do gotejador durante o período de monitoramento para o município de São Fernando.



Oliveira et al. (2021) mostraram que as lagoas facultativas apresentam remoções de coliformes fecais de 86% a 99%, sendo essa variação em função das configurações dos sistemas biológicos, ou seja, a remoção de *E. coli* situa-se entre 1,2 e 2,5 (valores em escala logarítmica). Além disso, os autores mostraram que umas das configurações que obteve boa eficiência de remoção, foi reator UASB + lagoa facultativa, com 1,9 (em log) para *E. coli*. Portanto, observando os sistemas municipais aqui estudados, foi possível perceber que ambos apresentaram remoções acima de 99%, tendo o sistema de São Fernando apresentado melhor eficiência, de 99,9% para *E. coli*, o que já era esperado por apresentar em sua configuração duas lagoas de maturação em série.

Licciardello et al. (2018) estudaram um sistema de tratamento terciário de esgoto para uso na agricultura, composto por *wetland* horizontal subsuperficial, lagoa de estabilização, reservatório e filtros de areia e de discos, configuração similar ao encontrado nos sistemas de Frei Martinho e São Fernando, que utilizaram reservatório e filtros de areia e de discos após as lagoas. Os autores citados encontraram valores médios de *E. coli* de 5,0E+05 UFC/100 mL no afluente e de 3,4E+01 UFC/100 mL no efluente final (filtro de discos), obtendo remoção superior a 4 log (99,99%).

4 CONCLUSÃO

Os sistemas de tratamento dos municípios estudados apresentaram remoções satisfatórias de matéria orgânica, mesmo apresentando configurações distintas de lagoas de estabilização, tendo atendido a diretriz estabelecida pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

Com relação a qualidade da água de reuso, produzida pelos sistemas de tratamento municipais, foram encontrados resultados com moderado risco de obstrução ao sistema de irrigação, com a preservação de nutrientes para fertirrigação e segurança sanitária, quanto ao manejo da produção agrícola de culturas variadas, exceto folhosas e tubérculos.

A combinação de sistemas de tratamento de esgoto e unidades de reuso agrícola adaptadas para receber o efluente tratado em regiões com escassez hídrica, a exemplo do Semiárido brasileiro, abre possibilidades para inserção no contexto da economia circular, proporcionando

a preservação dos corpos hídricos, incremento da produção agrícola local e aumento na renda dos agricultores.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) pelo apoio financeiro por meio da concessão das bolsas de pesquisa, ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) pelo financiamento do projeto, e ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) pelo apoio para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association – APHA; American Water Works Association – AWWA; Water Environment Association – WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23. ed. Washington D C. 2017.
- Ayres, R.; Mara, D. Analysis of wastewater for use in agriculture. A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. WHO, Geneva. 1996.
- Bailenger, J. Mechanisms of parasitological concentration in coprology and their practical consequences. Journal of American Medical Technology, v. 41, p. 65-7, 1979.
- Brasil. Fundação Nacional de Saúde. Caderno didático técnico para curso de gestão de sistemas de esgotamento sanitário em áreas rurais do Brasil / Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2020. 53 p.
- CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 430, de 13 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, DF: Publicação Dou, 16 maio 2011. n. 92, p. 89-89.
- D’Alessandro, E. B.; Saavedra, N. K.; Santiago, M. F.; D’Alessandro, N. C. O. Influência da sazonalidade em lagoas de estabilização. Ingeniería del agua, v 19, n 4, p. 193 – 209, 2015. <https://doi:10.4995/ia.2015.3418>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2021. Cidades e Estados. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/cidades->

eestados.html?view=municipio>. Acesso em: 29 de maio de 2022.

Licciardello, F.; Milani, M.; Consoli, S.; Pappalardo, N.; Barbagallo, S.; Cirelli, G. Wastewater tertiary treatment options to match reuse standards in agriculture. *Agricultural Water Management*, v 210, p. 232-242, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.001>

Medeiros, S. S.; Salcedo, I. H.; Santos, D. B.; Batista, R. O.; Santos Júnior, J. A.; Lima, R. C. C.; Marin, A. M. P. Esgotamento Sanitário: Panorama para o Semiárido Brasileiro. Campina Grande: INSA, 2014. 63p.

Nakayama, F. S.; Bucks, D. A. Trickle irrigation for crop production: design, operation and management. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1986. 383 p.

Oberholster, P. J.; Cheng, P. H.; Genthe, B.; Steyn, M. The environmental feasibility of low-cost algae-based sewage treatment as a climate change adaption measure in rural areas of SADC countries. *Journal of Applied Phycology*, v 31, p. 355-363, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1554-7>

Oliveira, D. C. S.; Azevedo, P. G. F.; Cavalcanti, L. A. P. Processos biológicos para o tratamento de efluentes: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v 8, n 18, p. 397-415, 2021. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081826](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081826)

Silva, R. B.; Gavazza, S.; Florencio, L.; Nascimento, C. W. A.; Kato, M. T. Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v 20, n 2, p. 323-330, abr/jun 2015. DOI: 10.1590/S1413 41522015020000084883

Smirdele, J. J.; Capodeferro, M. W. ; Parente, A. T. M. Comparação entre as políticas públicas de incentivo ao reuso da água residuária no Brasil e no cenário internacional. IV-1538, ABES, 2021.

Van Haandel, A.; Santos, S. L.; Paiva, F. V. Aplicação do sistema UASB-lagoas de polimento para o tratamento de esgoto visando ao reuso agrícola ou industrial ou à proteção de recursos hídricos. *Revista DAE*, v 69, n 229, p. 173-191, Ed. Esp., 2021a. <https://doi.org/10.36659/dae.2021.027>

Van Haandel, A.; Santos, S. L.; Paiva, F. V. Transformação de um sistema de lagoas de estabilização, visando à produção de água para a indústria. *Revista DAE*, v 69, n 229, p. 192-212, Ed. Esp., 2021b. <https://doi.org/10.36659/dae.2021.02>

Von Sperling, M. Lagoas de Estabilização: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. 2a Ed. Belo Horizonte: UFMG, 196 p., 2002.

U.S. Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R12/618, p. 643, 2012.

World Health Organization – WHO. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture. Geneva, 2006. 213p.