

ANÁLISE DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO VISANDO O CUMPRIMENTO DOS PADRÕES DE REÚSO AGRÍCOLA

ANALYSIS OF TREATED DOMESTIC SEWAGE AIMED AT COMPLIANCE WITH AGRICULTURAL REUSE STANDARDS

Ianca Carneiro de Carvalho^a, Laila Simões de Lima do Rosário^a, Patrícia dos Santos Nascimento^a

^a Departamento de Tecnologia (DTEC) - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

eng.iancacarneiro@gmail.com, lailasimoes8@gmail.com, psnascimento@uefs.br

Submissão: 16 de maio de 2023

Aceitação: 13 de fevereiro de 2025

Resumo

O aumento da demanda por recursos hídricos tem trazido consequências, principalmente relacionadas à deterioração de sua qualidade. Nesse cenário, o reúso agrícola de efluentes domésticos é visto como uma opção para mitigar a escassez hídrica. Entretanto, o efluente precisa atender aos padrões de qualidade de água de reúso recomendados. O objetivo desse trabalho foi avaliar as características de um efluente doméstico tratado por fossa séptica biodigestora com viés ao atendimento dos padrões de reúso agrícola. O efluente analisado foi proveniente de um sistema de fossa séptica biodigestora (FSB) e as análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), obtendo-se suas características físico-químicas e microbiológicas. Para avaliação do efluente foram utilizados como balizadores a Organização Mundial de Saúde (OMS), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1992), e o modelo de Ayers e Westcot (1987) de diretrizes para qualidade de água para irrigação. O efluente analisado pode ser empregado no reúso agrícola, e suas concentrações de macronutrientes podem favorecer o aumento da produtividade e o desenvolvimento das plantas. No entanto, é fundamental monitorar sua aplicação, conforme a cultura e as características do solo, a fim de garantir a sustentabilidade da prática.

Palavras-Chave: normatização; efluente e fertirrigação.

Abstract

The increased demand for water resources has brought consequences, mainly related to the deterioration of its quality. In this scenario, the agricultural reuse of domestic effluents is seen as an option to mitigate water scarcity. However, the effluent must meet the recommended reuse water quality standards. The objective of this study was to evaluate the characteristics of a domestic effluent treated by a biodigester septic tank with a bias towards meeting the standards for agricultural reuse. The effluent analyzed came from a biodigester septic tank (BST) system and the analyses were performed at the Sanitation Laboratory of the State University of Feira de Santana (UEFS), obtaining its physicochemical and microbiological characteristics. To evaluate the effluent, the World Health Organization (WHO), the United States Environmental Protection Agency (USEPA), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 1992), and the Ayers and Westcot (1987) model of guidelines for irrigation water quality were used as guidelines. The analyzed effluent can be used for agricultural reuse, and its macronutrient concentrations can favor increased productivity and plant development. However, it is essential to monitor its application, according to the crop and soil characteristics, in order to guarantee the sustainability of the practice.

Key-words: standardization; effluent and fertirrigation.

INTRODUÇÃO

A água é um fator essencial à vida e ao desenvolvimento, e sempre foi tida como um recurso inesgotável. No Brasil, o setor que mais demanda água é a irrigação, o qual é responsável por 68,4% do consumo total do país, sendo que do seu uso total, 27,1% são demandados pela região Nordeste (Brasil, 2019). No entanto, é notória a insuficiência dos recursos hídricos, principalmente em relação à qualidade da água disponível para consumo.

As mudanças climáticas, aliadas ao crescimento populacional, estão agravando a crise global de água doce, intensificando a escassez de recursos hídricos para a agricultura e ameaçando tanto a segurança alimentar quanto a saúde pública (Sapkota, 2019). Nesse contexto, torna-se cada vez mais urgente adotar iniciativas que otimizem o uso da água na irrigação, investindo em tecnologias avançadas e na modernização do setor agrícola, objetivando minimizar o desperdício e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos (Santos et al., 2022).

Nesse cenário de insegurança hídrica, o reúso de esgoto doméstico tratado, denominado efluente, água residuária ou água de reúso, é indubitavelmente uma ferramenta estratégica para a engenharia do ciclo da água nas cidades e no campo (Caselles-Osorio et al., 2018; Santos et al., 2020). De acordo com Tonetti et al. (2018), esgoto doméstico é aquele gerado nas atividades domésticas, composto pela mistura de água do vaso sanitário e águas cinzas.

No Brasil estima-se que sejam gerados, diariamente, 21.267.971 m³ de esgoto doméstico. Desse total, apenas 51,6% é tratado em estações apropriadas, enquanto o restante é descartado sem tratamento adequado ou tratado em sistemas individuais que nem sempre apresentam eficiência satisfatória (IBGE, 2020). Entre os sistemas de tratamento primário de esgoto doméstico utilizados no país, destacam-se o tanque séptico, as fossas verdes ou bacias de evapotranspiração, a fossa séptica biodigestora (FSB) e os reatores anaeróbios compartimentados (RAC). Já no tratamento secundário, são empregados métodos como filtros anaeróbios, sistemas alagados construídos (SAC), vermifiltros e filtros de areia (Tonetti et al., 2018).

O tratamento e a destinação adequada dos esgotos são fundamentais para prevenir a

disseminação de doenças de veiculação hídrica, preservar o meio ambiente e promover um crescimento sustentável. Isso ocorre porque os esgotos contêm microrganismos que representam riscos à saúde humana, animal e ao equilíbrio ambiental (Costa et al., 2022).

Contudo, na zona rural, mais de 60% da população brasileira não possui acesso a soluções adequadas ao esgotamento sanitário, o que equivale a 25 milhões de habitantes (Brasil, 2019). A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2019) aponta que na Caatinga, bioma predominante do Semiárido brasileiro, a fossa rudimentar é o sistema primordial de esgotamento adotado pelos agricultores (53,7%), sancionando a precariedade do sistema no ambiente rural. Na área rural do Semiárido brasileiro existe cerca de 1,83 milhão de empreendimentos agrícolas, onde 79% são constituídos por agricultores familiares, com uma área média de 15 hectares por propriedade. Nesses ambientes, os serviços de saneamento são ainda mais ineficientes ou inexistentes quando comparados à zona urbana (Medeiros, 2018; Mayer et al., 2021).

Diante disso, tecnologias que possuem o intuito de tratar e refinar o esgoto doméstico estão sendo consideradas para promover o uso de água de reúso para fins não potáveis, a exemplo, a fossa séptica biodigestora (FSB) (Moura et al., 2020). No Brasil já foram instaladas 11.502 unidades da FSB, abrangendo mais de 250 municípios, nas 5 regiões do país, beneficiando 57.500 pessoas (Portal Brasil, 2016).

A fossa séptica biodigestora (FSB) foi desenvolvida em 2001 pela Embrapa Instrumentação (São Carlos, SP) para o tratamento da água de vaso sanitário, que é comumente lançada *in natura* causando impactos ambientais, sociais e a disseminação de doenças de veiculação hídrica. É composta por três caixas d'água conectadas, onde ocorrem a degradação da matéria orgânica do esgoto e a transformação deste em um biofertilizante que pode ser aplicado em algumas culturas. O sistema é capaz de atender a uma casa de até 5 pessoas, mas adaptações podem ser feitas caso o número de habitantes seja maior (Tonetti et al., 2018, Marcelino et al., 2020).

Segundo a Resolução n.º 54, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH; Brasil, 2005), a reutilização de água de reúso constituiu-se em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21. Tal prática está

diretamente vinculada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente ao objetivo 6 (água potável e saneamento), que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, contribuindo, assim, para atingir as metas da agenda 2030 no Brasil (ONU Brasil, 2022).

A prática do reúso oferece uma fonte alternativa de água, contribuindo para o gerenciamento dos recursos hídricos e ajudando a mitigar a escassez hídrica. Além disso, o reúso reduz o despejo de águas residuárias nos corpos d'água, diminuindo seu impacto ambiental (Caselles-Osorio *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2020). O tratamento dessas águas e sua reutilização, especialmente na irrigação, são exemplos de iniciativas que promovem o aproveitamento total dos recursos gerados pela atividade humana, reforçando o conceito de reciclagem e a valorização dos resíduos como recursos valiosos (Campos; Araújo, 2020).

O uso de águas residuais domésticas para irrigação remonta a civilizações antigas, como as da China, Egito, Vale do Indo, Mesopotâmia e Creta, desde a Idade do Bronze (cerca de 3200 a.C. a 1100 a.C.). Durante o período histórico (aproximadamente 1000 a.C. a 330 d.C.), as civilizações grega e romana utilizavam águas residuais tanto para irrigação quanto para fertilização, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, como Atenas e Roma. Mais recentemente, essa prática foi adotada inicialmente em cidades europeias e, posteriormente, nos Estados Unidos. Atualmente, projetos de recuperação e reutilização de água estão sendo desenvolvidos e implementados globalmente (Angelakis *et al.*, 2018).

No Brasil, a água de reúso vem sendo amplamente utilizada em diversas atividades não potáveis, como irrigação de paisagens, limpeza urbana, lavagem de veículos e em sanitários de *shoppings* (Moura *et al.*, 2020). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), 35,5% da área equipada para irrigação no país (equivalente a 2,9 milhões de hectares) já utiliza água de reúso. Além disso, Lima *et al.* (2020) destacam que 9% da demanda nacional de irrigação pode ser atendida pelo potencial de produção de água de reúso parcialmente instalado, com a região hidrográfica do Paraná se destacando por ter capacidade para atender até 40% da demanda de irrigação com água reutilizada.

Na Bahia, a bacia do Atlântico Leste possui uma demanda hídrica de aproximadamente 84,46 m³ s⁻¹ para irrigação. No entanto, a baixa disponibilidade hídrica e a intermitência dos rios representam obstáculos para a expansão das atividades agrícolas nessa região. Na bacia São Francisco, que depende fortemente da agricultura irrigada, fatores como escassez de água, mudanças climáticas e crescimento populacional comprometem o desenvolvimento socioeconômico. Além disso, a baixa cobertura dos serviços de saneamento agrava a gestão inadequada dos recursos hídricos. Nesse contexto, a utilização de fontes alternativas, como a água residuária, pode alavancar o desenvolvimento socioeconômico dessas regiões (Lima *et al.*, 2020).

Nesse cenário, conhecer a composição dos efluentes é fundamental para o manejo adequado desses subprodutos e para embasar regulamentações e recomendações sobre seu uso na agricultura. Esses efluentes têm sido reconhecidos como potenciais biofertilizantes, devido aos seus benefícios na recuperação de nutrientes e na reciclagem de diferentes tipos de resíduos orgânicos. Além disso, o reúso agrícola de efluentes contribui para a redução da demanda sobre os mananciais e ajuda a minimizar conflitos pelo uso da água (Coelho *et al.*, 2018; Santos; Lima, 2022).

Na caracterização de efluentes derivados de diversos sistemas e modelos de biodigestores, com a utilização de vários tipos de matéria-prima e sob diferentes condições operacionais e climáticas, os principais fatores físicos analisados foram pH, sólidos, condutividade elétrica (CE) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Machado, 2022; Melo *et al.*, 2022).

No que tange aos elementos químicos existentes nas águas residuárias, comumente, os mais analisados são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K⁺), em razão, especialmente, do enorme interesse agrícola nesses nutrientes (Machado, 2022). A análise dos efluentes permite conhecer seu potencial nutricional para o sistema água-solo-planta, oferecendo uma alternativa aos fertilizantes químicos, especialmente em solos pobres. Além disso, o uso de águas residuárias na agricultura configura um sistema de fertirrigação, combinando irrigação e fornecimento de nutrientes em uma única prática (Cruvinel *et al.*, 2021).

A caracterização microbiológica é de suma importância, pois os efluentes apresentam vários

microrganismos. A ciência quanto à presença e à quantidade desses microrganismos, e a existência de substâncias tóxicas, podem limitar ou até mesmo impedir a utilização das águas de reúso, sendo necessário que seu emprego seja programado e controlado, para evitar danos no solo, na planta e no sistema de irrigação (Brasil, 2019; Machado, 2022).

Faz-se necessário um tratamento adequado para que sejam atendidos os padrões de qualidade recomendados (Voulvoulis, 2018). Esses padrões são encontrados nas normas que definem os parâmetros a serem considerados para a irrigação com reúso, sendo a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) as instituições que normatizam o uso dessa prática (Andrade, 2022). Além disto, tem-se as notáveis diretrizes para determinação da qualidade de água para irrigação, elaboradas por Ayers e Westcot (1987), as quais englobam os parâmetros de salinidade, infiltração, toxicidade de íons e vários outros aspectos que afetam os cultivos.

O Brasil não possui legislação que regule o uso de água de reúso e estabeleça padrões de qualidade; em vista disso, a taxa de reúso de água em relação ao esgoto total tratado é de 1,5%. Entretanto, a crescente escassez hídrica, para atendimento dos diversos usos, indica a necessidade emergente da institucionalização e aplicação de instrumentos legais que contemplem a generalização do reúso de água no país (Santos; Vieira, 2020).

As legislações internacionais possuem uma vasta relação de parâmetros que podem ser utilizados na construção da legislação brasileira (Moura *et al.*, 2020). Ressalta-se que, para as cinco regiões do Brasil, há sete estados com leis e normas sobre o tema. As águas de reúso são classificadas quanto à forma de aproveitamento, pela ABNT NBR 13.969 (ABNT, 1997), como reúso local, reúso direto planejado e reúso indireto (planejado e não planejado). Já a Resolução nº 16.033/2016 do Estado do Ceará, classifica a água de reúso como reúso interno e externo.

Na Bahia, a Resolução n.º 75, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH; Bahia, 2010), estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola ou florestal. Essa Resolução utiliza as características microbiológicas recomendadas pela Organização Mundial da

Saúde para água em todos os tipos de reúso.

A constituição do efluente doméstico afeta diretamente as práticas de manejo relacionadas ao seu uso (Coelho *et al.*, 2018). Logo, a sua caracterização é fundamental para estabelecer as taxas de aplicação, o risco de fitotoxicidade e a necessidade de um período de segurança, antes da semeadura, ou de um tratamento de estabilização, antes da aplicação no solo, evitando, assim, danos no solo, na planta e no sistema de irrigação (Albuquerque *et al.*, 2012; Machado, 2022). Assim, esta pesquisa objetivou avaliar as características de um efluente doméstico tratado por fossa séptica biodigestora, com viés ao atendimento dos padrões de reúso agrícola.

METODOLOGIA

O efluente doméstico analisado foi proveniente de um sistema de fossa séptica biodigestora (FSB), presente na sede da Equipe de Estudos e Educação Ambiental (EEA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) (Figura 1), no município de Feira de Santana – BA, o qual está situado na latitude 12º 15' 24" S e longitude 37º 57' 53" W, a 234 m de altitude (IBGE, 2019).

A cidade de Feira de Santana situa-se em uma zona intermediária entre o clima úmido do litoral e o semiárido do interior, com temperatura média anual de 25,2 °C, índice pluviométrico médio anual de 850 mm e evapotranspiração de referência média mensal de 108,2 mm, sendo o clima tropical subúmido seco, classificado pela metodologia de Thornthwaite (1955) (Santos *et al.*, 2017).

O sistema da fossa séptica biodigestora (FSB) foi constituído por 3 caixas d'água de polietileno (100 L), sendo alimentado por 1 reservatório de esgoto doméstico (1000 L), distante a 6 metros da FSB. O reservatório era abastecido e conectado a uma fossa séptica, por uma tubulação de 20 metros, existente na sede da EEA, a qual era alimentada por esgoto doméstico bruto proveniente de vasos sanitários.

As caixas d'água eram conectadas entre si por tubulações de PVC, possuindo um desnível de uma caixa para outra de 8 cm, e no interior de cada caixa havia 1 curva longa de 90º que permitia a passagem do esgoto da parte inferior de uma caixa para a parte superior da caixa subsequente. Para monitorar possíveis entupimentos nas tubulações, foram adicionados

“Ts” de inspeção.

As duas primeiras caixas eram os módulos de fermentação, onde ocorre a biodigestão anaeróbica realizada pelas bactérias presentes no esgoto, e a última caixa era destinada à coleta do efluente tratado. Nas caixas de fermentação foram colocadas chaminés de alívio para descarga do gás acumulado (metano – CH₄)

(Figura 2) (Galindo, 2019).

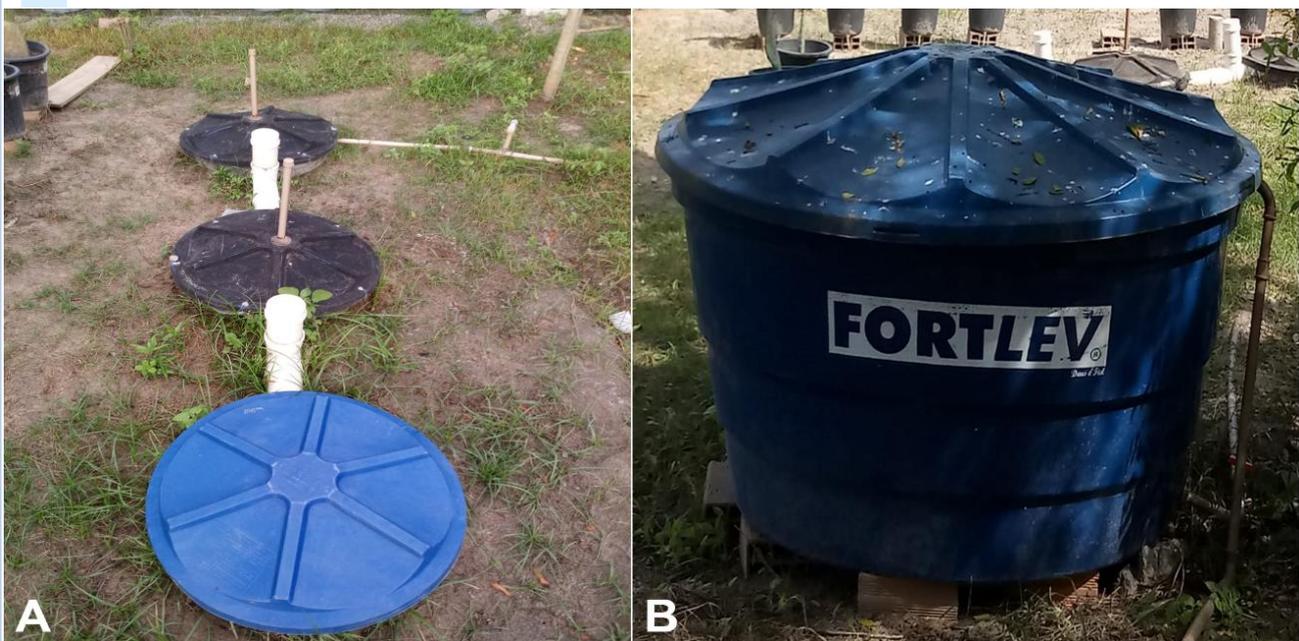
Antes do início da operação da FSB, foi introduzido 1 litro de esterco bovino fresco, dissolvido em 1 litro de água de torneira, o qual atuou como inoculante biológico (Figura 3). O esterco foi obtido em uma propriedade no bairro Campo Limpo, localizado na cidade de Feira de Santana – BA.

Figura 1 - Sede da Equipe de Estudos e Educação Ambiental (EEA) na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)



Fonte: autoria própria (2023).

Figura 2 - Fossa séptica biodigestora (FSB) (A) e reservatório de esgoto doméstico (B)



Fonte: autoria própria (2023).

Figura 3 - Adição de esterco bovino fresco na fossa séptica biodigestora (FSB)



Fonte: autoria própria (2023).

Diariamente eram dispostos 10 L de esgoto doméstico à FSB, por meio da abertura do registro, existente na tubulação do reservatório, durante 34 segundos, sempre no mesmo horário (10 h); com isso, o tempo de retenção hidráulica (TRH) da FSB foi em torno de 20 dias.

As amostras do afluente (esgoto bruto) e do efluente (esgoto tratado) foram coletadas em garrafas PET de 2 litros, as quais eram ambientadas inicialmente com o líquido a ser

armazenado. Os afluentes foram coletados em uma saída que antecedia o primeiro módulo de fermentação (Figura 4A) e os efluentes foram coletados na última caixa, entre 15 cm e 30 cm abaixo da superfície da água, de acordo com a ABNT NBR 9898 (ABNT, 1987) (Figura 4B). As coletadas se deram sempre entre 8 h e 9 h e, em seguida, eram levadas para o Laboratório de Saneamento da UEFS para realização das análises.

Figura 4 - Ponto de coleta do afluente (A) e do efluente (B)



Fonte: autoria própria (2023).

As análises foram realizadas em triplicata, com exceção das análises microbiológicas, durante três meses (outubro, novembro e dezembro). Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados e seus respectivos métodos e equipamentos utilizados se encontram na Tabela 1.

A análise de potássio (K^+) foi realizada somente no último mês de análise, visto que o procedimento do ensaio é trabalhoso para ser realizado apenas com uma amostra, sendo que as amostras coletadas nos dois primeiros meses foram reservadas em geladeira até a coleta da

última amostra, adicionando-se 2,5 ml de ácido nítrico a 50% em cada amostra para conservá-las.

Para avaliação do efluente tratado foram utilizados como balizadores, para a normatização da prática de reúso, a Resolução nº 75 do CONERH (Bahia, 2010), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2012), a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1992), o modelo de Ayers e Westcot (1987) de diretrizes para qualidade de água para irrigação.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados, métodos e equipamentos utilizados

Parâmetro	Método/Equipamento	Referência
pH	Eletrométrico	CETESB L5.145/78
Condutividade elétrica – CE ($dS\ m^{-1}$)	Condutivímetro	CETESB L5.115/93
DBO ¹ _{5,20} ($mg\ L^{-1}$)	Respirométrico	Eaton <i>et al.</i> (2005)
Sólidos Suspensos – SS ($mg\ L^{-1}$)	Gravimetria	CETESB L5.149/91
Nitrogênio total – NTK ($mg\ L^{-1}$)	Kjeldahl em Urina	Eaton <i>et al.</i> (2005)
Fósforo – P ($mg\ L^{-1}$)	Ácido ascórbico	
Potássio – K^+ ($mg\ L^{-1}$)	Espectrometria de absorção atômica	
Coliformes Termotolerantes (CTer) (NMP ² /100mL)	Substrato Cromogênico Enzimático Colilert	Covert <i>et al.</i> (1989)

1 Demanda bioquímica de oxigênio; 2 Número mais provável.

Fonte: autoria própria (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos ensaios físico-químicos e microbiológicos do afluente e do efluente doméstico analisado encontram-se na Tabela 2.

Observou-se uma redução nos valores médios de pH entre o afluente e o efluente, especialmente nos meses de novembro e dezembro (Tabela 2). Essa queda pode estar associada ao aumento da produção de ácidos orgânicos voláteis (AOVs), provavelmente devido às limitações cinéticas causadas pela variação na carga orgânica, ocorrida durante o período de férias estudantis, que corresponde ao maior contingente de usuários dos sanitários da EEA.

O pH médio geral do efluente foi de 6,9 (Tabela 2), enquadrando-se no intervalo recomendado de 6 a 8,5, de acordo com Ayers e

Westcot (1987), para o uso de água de reúso na irrigação. De forma semelhante, Sena, Ferreira e Silva (2020) encontraram um pH de 6,4 em águas residuárias compostas por esgoto sanitário e resíduos de laboratórios universitários. Ao utilizarem essa água no cultivo de abobrinha italiana, os autores observaram um aumento de 12% no pH do solo (Latossolo Vermelho), resultado atribuído à composição da água, considerando-se o valor de pH, os teores de cátions, ânions e resíduos orgânicos.

Outros estudos reforçam a importância de monitorar o pH quando se utiliza água residuária tratada na agricultura. Por exemplo, Salgado *et al.* (2018), ao avaliarem a viabilidade agrônômica do uso de esgoto doméstico tratado em reator anaeróbio no cultivo de melancia (*Crimson Sweet*), observaram uma redução no pH do solo

(Neossolo Quartzarênico). No entanto, essa redução não prejudicou o desenvolvimento da cultura. Por outro lado, Cova *et al.* (2021), ao utilizarem efluente de esgoto doméstico tratado em uma estação de tratamento de esgoto (ETE), no cultivo de girassol ornamental, registraram um aumento no pH do solo (Latossolo Amarelo).

Ainda assim, os valores permaneceram dentro dos limites adequados para diversas culturas. Esses resultados demonstram que o comportamento do pH, em solos irrigados com águas residuárias tratadas, pode variar de acordo com as características da água de reúso, do solo e da cultura.

Tabela 2 - Concentrações dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do afluente e do efluente da fossa séptica biodigestora (FSB) (média \pm desvio padrão)

Parâmetro	Outubro		Novembro		Dezembro		Média geral
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Efluente
pH	7,9 \pm 0,00	7,6 \pm 0,00	7,9 \pm 0,06	6,5 \pm 0,29	7,1 \pm 0,06	6,6 \pm 0,15	6,9 \pm 0,61
CE ¹ (dS m ⁻¹)	2,2 \pm 0,05	2,1 \pm 0,01	2,2 \pm 0,06	2,0 \pm 0,06	2,2 \pm 0,03	1,7 \pm 0,01	1,9 \pm 0,21
DBO ² _{5,20} (mg L ⁻¹)	172,5 \pm 10,61	82,0 \pm 0,00	130,0 \pm 0,00	45,0 \pm 1,73	125,0 \pm 0,00	33,3 \pm 2,31	53,4 \pm 25,42
SS (mg L ⁻¹)	15,0 \pm 0,00	5,0 \pm 0,00	10,0 \pm 0,00	5,0 \pm 0,00	5,0 \pm 0,00	2,5 \pm 3,50	4,2 \pm 1,44
NTK (mg L ⁻¹)	149,3 \pm 16,17	98,0 \pm 19,80	126,0 \pm 19,80	65,3 \pm 16,17	84,0 \pm 0,00	56,0 \pm 0,00	73,1 \pm 22,06
P (mg L ⁻¹)	8,9 \pm 0,10	8,4 \pm 0,12	8,6 \pm 0,23	8,4 \pm 0,07	8,2 \pm 0,29	7,9 \pm 0,31	8,2 \pm 0,29
K ⁺ (mg L ⁻¹)	16,3 \pm 1,92	16,8 \pm 0,74	15,7 \pm 1,87	15,9 \pm 0,79	13,7 \pm 0,32	15,6 \pm 0,80	16,1 \pm 0,62
CTer ³ (NMP ⁴ /100mL)	2,2x10 ³	4,5x10	1,4x10 ³	<1,8	2,0x10	<1,8	1,6x10

1 Condutividade elétrica; 2 Demanda bioquímica de oxigênio; 3 Coliformes termotolerantes; 4 Número mais provável.
Fonte: autoria Própria (2023).

Os valores médios de condutividade elétrica (CE) do afluente permaneceram constantes ao longo dos meses analisados. Em contrapartida, os valores do efluente apresentaram redução, com uma média geral de 1,9 dS m⁻¹ (Tabela 2), evidenciando, assim, uma redução de sais. Dessa forma, o efluente atende ao padrão de 3,0 dS m⁻¹ estabelecido para reúso agrícola pela Resolução n.º 75 do CONERH (Bahia, 2010).

Dantas *et al.* (2018) cultivaram girassol com efluentes domésticos tratados com diferentes concentrações de condutividade elétrica: 2,1 dS m⁻¹; 1,9 dS m⁻¹ e 1,8 dS m⁻¹. Os autores supracitados, verificaram que o uso desses efluentes promoveu uma elevação média de 170% na CE, em decorrência do aporte de nutrientes provenientes dessas fontes hídricas. Entretanto, mesmo com essa elevação da CE, os solos não atingiram o caráter salino, pois a CE foi <4 dS m⁻¹.

De acordo com Freitas *et al.* (2020), os íons contidos no efluente ocasionam o aumento da energia requerida para que ocorra a evapotranspiração (ET₀); com isso, quanto maior a quantidade de sais dissolvidos, menor a intensidade de água evapotranspirada, afetando a produtividade da cultura. Corroborando com isso,

Dias *et al.* (2022) observaram que o emprego de uma fonte hídrica com concentração de CE superior a 4,5 dS m⁻¹ provocou a redução da emissão de folhas e gerou danos na altura das plantas.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresentou redução entre o afluente e o efluente ao longo dos meses analisados. No entanto, a concentração média geral no efluente, de 53,4 mg L⁻¹, não atende ao padrão estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2012), que exige valores de DBO \leq 30 mg L⁻¹ (Tabela 3).

Salgado *et al.* (2018), ao avaliarem a DBO de um efluente doméstico tratado por reator anaeróbio, constataram uma concentração média de 65 mg L⁻¹ e concluíram que, para possibilitar o reúso irrestrito desse efluente, seria necessária uma maior remoção de DBO. Uma solução para isso, seria a aplicação de um tratamento secundário. Nesse sentido, Silva (2019) demonstrou que, ao utilizar um leito biológico filtrante, obteve uma DBO de 25,6 mg L⁻¹, evidenciando que o tratamento secundário eleva a remoção de matéria orgânica (MO) e substâncias inorgânicas, melhorando, assim, a qualidade do efluente.

Entretanto, a baixa remoção de matéria orgânica não é um problema, pois a disposição do efluente tratado no solo permite sua incorporação nos seus horizontes superficiais, beneficiando a produção vegetal (Faustino, 2007). Corroborando com isso, Sena, Ferreira e Silva (2020) observaram que o uso de uma água residuária com DBO de $74,6 \text{ mg L}^{-1}$ resultou no aumento dos teores de MO no solo, contribuindo com a melhoria da sua qualidade.

Quanto aos sólidos suspensos (SS), observou-se uma redução tanto no afluente quanto no efluente ao longo do período de análise (Tabela 2). A concentração média geral dos SS no efluente foi de $4,2 \text{ mg L}^{-1}$, cumprindo-se o limite máximo de 30 mg L^{-1} estabelecido pela USEPA (2012). Silva (2019), ao analisar água residuária doméstica tratada por leitos biológicos filtrantes, encontrou uma concentração mínima de $4,3 \text{ mg L}^{-1}$ e uma média de $10,7 \text{ mg L}^{-1}$ de sólidos suspensos totais, destacando o potencial do uso desse recurso no reúso agrícola.

Um dos principais riscos associados a elevada concentração de sólidos suspensos em água de reúso é o entupimento do sistema de irrigação, especialmente do tipo localizada, como os de gotejamento. A exemplo, Salgado et al. (2018) verificaram que o efluente estudado apresentava uma concentração média de SS de 114 mg L^{-1} , configurando risco severo de entupimento de gotejadores, o que ressaltou na necessidade de realizar frequentemente limpeza do sistema de gotejamento.

Além dos problemas técnicos, a retenção de sólidos, pelo sistema de tratamento de esgoto, é importante não apenas para garantir uma menor carga orgânica no efluente, mas também para reduzir riscos sanitários, visto que as partículas sólidas podem abrigar patógenos, como ovos de helmintos, que representam um risco à saúde pública quando se faz o reúso de água (Lima et al., 2012).

Em relação aos nutrientes, as concentrações de nitrogênio (NTK) e fósforo (P) no efluente apresentaram redução ao longo dos meses estudados, com médias gerais de $73,1 \text{ mg L}^{-1}$ e $8,2 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2). No entanto, ao comparar esses valores com os padrões usualmente recomendados para água de reúso agrícola, $\text{NTK} < 10,0 \text{ mg L}^{-1}$ e $\text{P} < 2,0 \text{ mg L}^{-1}$, segundo Ayers e Westcot (1987), note-se que as concentrações ainda são elevadas.

Todavia, a baixa remoção de nutrientes pode ser benéfica quando o intuito é gerar água

de reúso para fins agrícolas. Mayer et al. (2021) também observaram baixa remoção de nutrientes em efluentes tratados, o que favorece a fertilidade do solo. De acordo com a World Health Organization (WHO, 1989), o uso de efluentes domésticos com concentrações de N-NTK entre 20 mg L^{-1} e 85 mg L^{-1} no solo, não causa problemas de acidificação e pode aumentar a produtividade das culturas.

Já as concentrações de potássio (K^+) aumentaram ao longo do estudo (Tabela 2), indicando um acúmulo desse nutriente no sistema de tratamento. No entanto, a concentração média geral de $16,1 \text{ mg L}^{-1}$ no efluente atende ao padrão de $1,0$ a $25,0 \text{ mg L}^{-1}$ para reúso agrícola, estabelecido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1992).

Conforme Lima et al. (2012), o nitrogênio, o fósforo e o potássio, não devem ser removidos caso não prejudiquem as culturas previstas, pois se configuram como nutrientes para a maioria das culturas vegetais. Duarte et al. (2008) também destacaram que solos irrigados com efluente tratado apresentam rápida mineralização da MO, devido à presença de nitrogênio (N) e carbono (C) nessas águas, o que aumenta a fertilidade do solo e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Esse efeito foi corroborado por Saraiva e König (2013), que observaram um aumento nos teores de N, P e K, de 114%, 266% e 14%, respectivamente, após a irrigação com efluente doméstico. Da mesma forma, Faustino (2007) constatou maiores concentrações de macro e micronutrientes em solos irrigados com efluentes tratados por fossa séptica biodigestora.

Os nutrientes dissolvidos no efluente facilitam a sua absorção pelas plantas, minimizando a demanda por fertilizantes químicos na agricultura (Cruvinel et al., 2021). Isso reduz a importação de fertilizantes, favorecendo maior rentabilidade econômica, especialmente no contexto brasileiro, onde a demanda por fertilizantes importados aumentou 60% entre janeiro e junho de 2021, em comparação com o mesmo período antes da pandemia (Pinheiro; Konda; Bonini, 2021).

Além disso, Figueiredo (2020) verificou que o emprego da água de reúso para compor solução nutritiva possibilitou economia de 33% em fertilizantes químicos. Freitas et al. (2020) também apontaram que o uso de efluente de esgoto doméstico tratado permitiu uma produtividade satisfatória e ambientalmente

viável, podendo substituir parcialmente a adubação química. Cova *et al.* (2021) concluíram que a utilização de águas residuárias, como fonte hídrica para as plantas, é uma alternativa viável para reduzir o custo com fertilizantes, aumentando a sustentabilidade das culturas.

Para os coliformes termotolerantes (CTer) houve uma redução na sua concentração, entre o afluente e o efluente, com uma média geral de $1,6 \times 10^4$ NMP/100mL no efluente (Tabela 2). Essa concentração está em conformidade com a recomendação da Resolução n.º 75 (CONERH; Bahia, 2010) para reúso agrícola, que estabelece um limite de CTer $\leq 1 \times 10^4$ NMP/100mL.

De acordo com a ABNT NBR 13.969 (ABNT, 1997), o efluente do presente estudo é classificado como classe 4. Assim, pode ser utilizado na fertirrigação de diversas culturas, como pomares, cereais, forragens e pastagens para gados, e em cultivos com escoamento superficial ou por irrigação pontual, tendo em vista que a quantidade de coliformes termotolerantes presentes no efluente é menor que $5,0 \times 10^3$ NMP/100mL, entretanto as aplicações devem ser interrompidas 10 dias antes das colheitas (ABNT, 1997).

A depender do tipo de sistema de irrigação utilizado, a cultura pode apresentar aumento ou redução da concentração de microrganismos, a exemplo do sistema de irrigação por gotejamento, que evita o contato direto do efluente com a planta, reduzindo a quantidade de microrganismos. Além disso, essa minimização pode ocorrer devido à morte das bactérias no solo, assim como pela barreira por meio das raízes das plantas (Gatta *et al.*, 2016).

De acordo com Silva (2019) é fundamental um tratamento adequado do efluente, especialmente de desinfecção, pois sem esse tratamento, o risco de contaminação microbiológica do solo e de culturas irrigadas é elevado. O tempo de sobrevivência da *Escherichia coli* (*E. coli*) no solo é influenciado pela temperatura ambiente, sendo maior em climas tropicais e menor em climas temperados (Faria *et al.*, 2020).

Acompanhando o tempo de decaimento da *E. coli* em vasos irrigados com efluente, Handam (2021) constatou um tempo médio de 113 dias, em um ambiente controlado, caracterizado como clima tropical. Torres, Nascimento e Souza (2019) constataram um decaimento bacteriano de 99,9% na parte aérea das plantas, após três dias da realização de irrigação com efluente tratado.

No Brasil, os padrões para indicadores de contaminação fecal, e para os diferentes tipos de uso em rega/irrigação na agricultura, são restritivos e variam entre 10 organismos/100mL e 1.000 organismos/100mL. A justificativa, para essa preocupação limitativa, relaciona-se com a própria cultura irrigada, com o solo, com os trabalhadores e com os usuários (Santos; Vieira, 2020). Contudo, a elevação da microbiota do solo favorece a decomposição e o fornecimento de minerais para as plantas, beneficiando o seu crescimento (Handam, 2021).

Ressalta-se que, embora a qualidade microbiológica das águas de reúso deva assegurar a saúde da população, a adoção de critérios muito rigorosos pode dificultar a prática de reúso de água, principalmente pelos altos custos de tratamento (Morais; Santos, 2019). Esses padrões devem ser condizentes com a realidade socioeconômica do país, indicando, principalmente, o padrão microbiológico do efluente e os parâmetros que o representam (Santos *et al.*, 2020).

Portanto, a água de reúso dentro dos padrões de qualidade sanitária representa uma fonte segura e sustentável para irrigação de cultivos agrícolas, sendo fundamental a criação de lei federal de reúso agrícola, abordando formas de tratamento, parâmetros de qualidade bacteriológicos e físico-químico, para evitar danos à saúde humana e ambiental (Handam *et al.*, 2021; Handam *et al.*, 2022).

CONCLUSÃO

O efluente analisado pode ser empregado no reúso agrícola, atendendo a demanda hídrica de diversas culturas, inclusive de árvores frutíferas, desde que seja evitado o contato direto entre o efluente e os frutos. As concentrações de macronutrientes presentes no efluente podem favorecer o aumento da produtividade e o desenvolvimento das plantas. Contudo, é fundamental monitorar sua aplicação, conforme a cultura e as características do solo, a fim de garantir a sustentabilidade da prática.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9898**. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.969**. Reúso de Água. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. **Biomass and Bioenergy**, v. 40, p. 181-189, May 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257421120_Assessment_of_the_fertiliser_potential_of_digestates_from_farm_and_agroindustrial_residues. Acesso em: ago. 2022.

ANDRADE, R. L. **Reúso de esgoto doméstico em comunidades rurais para fins agrícolas: o caso da zona rural de lajes Pintadas/RN**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2022.

ANGELAKIS, A. N. *et al.* Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the future. *Frontiers in Environmental Science*, v. 6; n. 26, May 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2018.00026/full>. Acesso em: ago. 2022.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1987, (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BAHIA. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 75, de 29 de julho de 2010**. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/RESOLU%C3%87%C3%83O%20n%C2%BA%2075.pdf>. Acesso em: nov. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Coordenação de Estudos Setoriais. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília, DF.: ANA, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde; Funasa, 2019, p.152-245.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: nov. 2022.

CAMPOS, F.; ARAÚJO, K. B. Fertirrigação e o reúso de água na agricultura. **Revista de Saúde, Meio ambiente e Sustentabilidade**, v. 15, n. 1, jun. 2020. Disponível em: <https://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2020/06/artigo-3.pdf>. Acesso em: ago. 2022.

CASELLES-OSORIO, A. *et al.* Tomato (*Lycopersicon esculentum*) production in sub surface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment in rural a colombian community. **Ingeniería Investigación y Tecnología**, v. 19, n. 4, p. 1-10, oct./dec. 2018. Disponível em: <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/v19n4-08.php>. Acesso em: set. 2022.

CEARÁ. **Lei nº 16.033**, de 20 de junho de 2016. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará. **Diário Oficial do Estado**, Série 3, Ano VIII, nº 116, Fortaleza, 22 de junho de 2016. Disponível em: <https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2019/11/LEI-Nº-16.033-DE-20-DE-JUNHO-DE-2016-DISPOE-SOBRE-A-POLÍTICA-DE-REUSO-DE-AGUA-NAO-POTAVEL-NO-AMBITO-DO-ESTADO-DO-CEARA.pdf>. Acesso em: set. 2022.

COELHO, J. J. *et al.* Physical-chemical traits, phytotoxicity and pathogen detection in liquid anaerobic digestates. **Waste Management**, v. 78, p. 8-15, Aug. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18303131?via%3Dihub>. Acesso em: ago. 2022.

COSTA, G. R. *et al.* Saneamento básico: sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Revista Paramétrica**, v. 14, n. 1, jan./jul. 2022. Disponível em:

<https://www.periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/273>. Acesso em: set. 2022.

COVA, A.M. W. *et al.* Água residuária como fonte de recurso hídrico e nutrientes no cultivo de girassol ornamental. **Revista Geama**, v. 7, n. 3, p. 61-66, 2021. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4390/482484515>. Acesso em: dez. 2022.

COVERT, T. C. *et al.* Evaluation of the auto-analysis Colilert test for detection and enumeration of total coliforms. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 55, n. 10, p. 215-229, Oct. 1989. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC203102/>. Acesso em: out. 2022.

CRUVINEL, K. A. S. *et al.* Reúso de água a partir de efluentes de estações de tratamento de esgotos para irrigação de pastagens na Bacia Hidrográfica do rio Meia Ponte. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Salvador, BA, v. 9, n. 2, p. 126 – 140, Edição Especial REÚSO DE ÁGUAS 2021, set. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43856/25052>. Acesso em: out. 2022.

DANTAS, D. C. *et al.* Cultivation of sunflower irrigated with domestic sewage treated in Quartzarenic Neosol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n. 2, 2018.

DIAS, M. S. *et al.* Substratos e níveis de condutividade elétrica da água de irrigação no cultivo do Rabanete. **RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 1, p. 87-97, jan./mar. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/9174/6977>. Acesso em: dez. 2022.

DUARTE, A. S. *et al.* Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 12, n. 3, p. 302-310, jun. 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/hfmdQhxFPszdbwd/hr7C7KZg/>. Acesso em: nov. 2022.

EATON, A. D. *et al.* Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. Washington, DC: American Public Health Association (APHA) Press, Centennial Edition, 2005.

FARIA, M. F. *et al.* Survival of thermotolerant coliforms in municipal biosolids after application in tropical soil cultivated with Eucalyptus. **Journal of Environmental Management**, v. 274, Nov. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479720310434?via%3Dihub>. Acesso em: dez. 2022.

FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2007. 121 p. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/items/12ddd968-56f0-4c25-9621-06da4ed84a34>. Acesso em: nov. 2022.

FIGUEIREDO, C. G. **Esgoto doméstico tratado como fonte de nutrientes no cultivo hidropônico do morangueiro**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente), Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome, 1992, 169 p. Disponível em: <https://www.fao.org/4/t0551e/t0551e00.htm>. Acesso em: set. 2022.

FREITAS, C. A. S. *et al.* Potencial produtivo do maracujazeiro amarelo irrigado com esgoto doméstico tratado. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. 1-24, set. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344154440_Potencial_produtivo_do_maracujazeiro_amar_elo_irrigado_com_esgoto_domestico_tratado. Acesso em: nov. 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR**. Brasília: Funasa, 2019. 260 p. Disponível em: <

http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf>. Acesso em: mai. 2022.

GALINDO, N. *et al.* **Perguntas e respostas:** fossa séptica biodigestora. Ed. rev. e amp. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, n.70, p. 1-34, dez. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1118875/1/Fossabiodigestoraperguntaserespostas...doc70.pdf>. Acesso em: jul. 2022.

GATTA, G. *et al.* Reuse of treated municipal wastewater for globe artichoke irrigation: Assessment of effects on morpho-quantitative parameters and microbial safety of yield. **Scientia Horticulturae**, v. 213, p. 55–65, 14 dez. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381630512X>. Acesso em: dez. 2022.

HANDAM, N. B. **Qualidade Sanitária da Água de Reúso como Destino Sustentável para a Agricultura**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2021, 179 p. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/49460>. Acesso em: nov. 2022.

HANDAM, N. B. *et al.* Agricultural reuse: comparison between Brazilian and international quality Standards. **International Journal of Hydrology**, v.5, n.1, p. 28-31, Feb. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351418905_Agricultural_reuse_comparison_between_Brazilian_and_international_quality_standards. Acesso em: nov. 2022.

HANDAM, N. B. *et al.* Efeitos da irrigação com água de reúso sobre o DNA da microbiota no solo de cultivos da hortaliça (*Petroselinum crispum*). **Conjecturas**, v. 22, n. 14, p. 353-365, Oct. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/364218955_Efeitos_da_irrigacao_com_agua_de_reuso_sobre_o_DNA_da_microbiota_no_solo_de_cultivos_da_hortaliça_petroselinum_crispum. Acesso em: nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017:** abastecimento de água e esgotamento sanitário. Coordenação de

População e Indicadores Sociais, Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101734>. Acesso em: set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em síntese**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: [cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/feira-desantana/panorama](https://www.cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/feira-desantana/panorama). Acesso em: mai. 2023.

LIMA, B. G. *et al.* Avaliação da eficiência de três diferentes configurações de reatores anaeróbios para maior retenção de sólidos e fins de reúso. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 33, n. 2, p. 201-212, jan. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324682835_Avaliacao_da_eficiencia_de_tres_diferentes_configuracoes_de reatores anaerobios_para_maior_retencao_de_solidos_e_fins_de_reuso. Acesso em: out. 2022.

LIMA, M. *et al.* Water reuse potential for irrigation in Brazilian hydrographic regions. **Water Supply**, v. 21, n. 6, p. 2799-2810, 2020. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2024/01/Artigo-sobre-Potencial-de-Reuso-de-Agua-no-Brasil.pdf>. Acesso em: ago. 2022.

MACHADO, L. T. S. **Aproveitamento de efluente gerado na biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos de origem doméstica na agricultura irrigada**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 99 p., 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/56fa06bf-efc0-4c80-8c7a-0eda837b1e95/content>. Acesso em: dez. 2022.

MARCELINO, M. *et al.* Desenvolvimento e construção de protótipo de fossa séptica biodigestora para uso como ferramenta de ensino sobre o tratamento de esgoto doméstico. **Revista Engenharia**, v.12, n. 1, dez. 2020. Disponível em: <https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaEngenho/article/view/1695/1512>. Acesso em: set. 2022.

MAYER, M. C. *et al.* Tratamento de esgoto na zona rural visando ao reúso agrícola no semiárido brasileiro. **Revista DAE**, São Paulo, v. 69, n. 229,

p. 104-114, Edição Especial, mar. 2021. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_229_n_1946.pdf. Acesso em: ago. 2022.

MEDEIROS, S. S. **Estabelecimentos Agropecuários do Semiárido Brasileiro**. 1. ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2018, 149 p.

MELO, N. M. M. *et al.* Avaliação da Toxicidade nas Sementes de Pimentão “Capsicum Annum L.”, Caracterização Físico-Química e Microbiológica em Amostras de Esgoto Doméstico de Recife-PE. **Revista Concilium**, v. 22 n. 2, p. 415-440, fev. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358627783_Avaliacao_da_Toxicidade_nas_Sementes_de_Pimentao_Capsicum_Annum_L_Caracterizacao_Fisico-Quimica_e_Microbiologica_em_Amostras_de_Esgoto_Domestico_de_Recife-PE. Acesso em: out. 2022.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, v. 67, n. 215, jan./mar. 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/43168>. Acesso em: dez. 2022.

MOURA, P. G. *et al.* Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 791-808, nov./dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7888VSVHBqZK7Bnz85X5Z8x/?lang=pt>. Acesso em: ago. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: nov. 2022.

PINHEIRO, Y. A.; KONDA, S. T.; BONINI, L. M. M. Impactos da pandemia Covid-19 na importação de fertilizantes para o agronegócio brasileiro. **Editora Científica**, p.149-156, 2021.

PORTAL BRASIL. **Tecnologia desenvolvida pela Embrapa contribui para o saneamento básico rural**. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt->

[br/assuntos/noticias/fossa-septica-biodigestora-beneficia-57-mil-pessoas-no-campo](https://www.gov.br/agricultura/pt-). Acesso em: mai. 2023.

SALGADO, V. C. *et al.* Cultivo de melancia no semiárido irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 727-738, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/gLJ7GnMjzbc38vw849ffSGH/>. Acesso em: nov. 2022.

SANTOS, R. A. *et al.* Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 4, p. 1617-1626, jul. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318668910_ESTIMATIVA_DA_EVAPOTRANSPIRACAO_DE_REFERENCIA_PARA_O_MUNICIPIO_DE_FEIRA_DE_SANTANA_BA. Acesso em: out. 2022.

SANTOS, A. S. P. *et al.* Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reúso no Brasil. **Revista SUSTINERE**, Rio de Janeiro, v. 8, n.2, p. 437- 462, jul./dez. 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/sustinere/article/view/48976/36345>. Acesso em: ago. 2022.

SANTOS, A. S. P. S.; VIEIRA, J. M. P. Reúso de água para o desenvolvimento sustentável: aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 8, n. 1, p. 50-68, jul. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/36462/21648>. Acesso em: ago. 2022.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. M. Nota Técnica 2 - Aspectos legais relacionados ao reúso de águas como diretriz de institucionalização da prática no Brasil. **Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 15-27, 2022. Disponível em: https://reusodeagua.org/wp-content/uploads/2022/07/esa_nt2_santoselima_2022.pdf. Acesso em: set. 2022.

SANTOS, B. P. *et al.* Agricultura e Irrigação no Brasil no cenário das Mudanças Climáticas. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, v. 1, n. 2; 2022. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/inde>

x.php/rtgs/article/view/3158/3076. Acesso em: set. 2022.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Norma Técnica L5.149**. Determinação de resíduos em águas: métodos gravimétricos. São Paulo, 1991. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/09/L5.149_Determinacao-de-residuos-em-aguas.pdf. Acesso em: jul. 2022.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Norma Técnica L5.115**. Determinação de condutividade em águas: método de condutivímetro: método de ensaio. São Paulo, 1993. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/09/L5.115_Determinacao-da-condutividade-em-aguas.pdf. Acesso em: jul. 2022.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Norma Técnica L5.145**. Determinação de pH em águas: método eletrométrico. São Paulo: CETESB, 1978. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/09/L5.145_Determinacao-de-pH-em-aguas.pdf. Acesso em: jul. 2022.

SAPKOTA, A. R. Water reuse, food production and public health: Adopting transdisciplinary, systems-based approaches to achieve water and food security in a changing climate. **Environmental Research**, v. 171, p. 576- 580, Apr. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935118305735?via%3Dihub>. Acesso em: set. 2022.

SARAIVA, V. M.; KONIG, A. Produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente doméstico tratado no Semiárido Potiguar e suas utilidades. **HOLOS**, v. 1, n. 29, mar. 2013. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1251/638>. Acesso em: out. 2022.

SENA, C. C. R.; FERREIRA, A. A.; SILVA, V. C. R. Mudança dos atributos químicos do solo após a aplicação de água residuária. **Revista de**

Biotecnologia & Ciência, Ipameri, v. 9, n. 2, p. 1-10, 2020.

SILVA, T. L. **Análise da eficiência de um sistema de baixo custo de tratamento de água residuária para fins de reúso agrícola em comunidades rurais e populações tradicionais**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/685dee2f-0993-482b-8620-efcf5b8b446a>. Acesso em: nov. 2022.

TORRES, D. M.; NASCIMENTO, S. S.; SOUZA, J. F.; FREIRE, J. O. Tratamento de efluentes e produção de água de reúso para fins agrícolas. **HOLOS**, [S.L.], v. 8, p. 1-15, 2019. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/9192/pdf>. Acesso em: nov. 2022.

TONETTI, A. L. *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP: Biblioteca/Unicamp, 2018. Disponível em: <https://www.fecfau.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Domésticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>. Acesso em: ago. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Guidelines for water reuse. 2012. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/2012-guidelines-water-reuse.pdf>. Acesso em: set. 2022.

VOULVOULIS, N. Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 2, p. 32-45, Apr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468584417300193>. Acesso em: set. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. 1989. 72 f. Genebra: World Health Organization, n. 778, 1989.