

# Avaliação do potencial de reúso de um sistema de lagoas de estabilização localizado no semiárido nordestino na irrigação agrícola

*Evaluation of the reuse potential of a stabilization pond system located in the semi-arid northeastern region in agricultural irrigation*

• **Data de entrada:**  
23/04/2024  
• **Data de aprovação:**  
24/02/2026

Fernanda Regina Batista Pedreira<sup>1</sup> | Germário Marcos Araújo<sup>1\*</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2026.129>

Pedreira FRB  <https://orcid.org/0009-0008-2245-5547>

Araújo GM  <https://orcid.org/0000-0002-3388-0265>

## Resumo

O artigo avaliou o potencial de reúso de águas residuárias tratadas da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) Malvas para fins de irrigação agrícola no município de Juazeiro do Norte-CE com foco na disponibilidade, qualidade do efluente tratado e na demanda de água para irrigação. A metodologia empregada foi adaptada de Cruvinel *et al.* (2021) e baseou-se no levantamento de dados secundários para verificação de ofertas e demandas e na estimativa de necessidade hídrica para a cultura mais representativa do município em termos de quantidade produzida (ton/ha) e área plantada (ha). Em seguida, foi analisada a qualidade do efluente final da ETE Malvas, e comparada, de forma parcial, com a Resolução Coema nº 2/2017. Os resultados demonstram que água residuária tratada, em termos volumétricos, possui um potencial de reúso para suprir as necessidades de irrigação agrícola da cultura do milho na cidade de Juazeiro do Norte-CE, atendendo a demanda de água em um cenário atual com suprimento de 13,2% e futuro com 44,5%.

**Palavras-chave:** Reúso de água. Demanda hídrica. Fertirrigação. Qualidade da água.

## Abstract

*This article evaluated the potential for reuse of treated wastewater from the Malvas Wastewater Treatment Plant (WWTP) for agricultural irrigation in the municipality of Juazeiro do Norte-CE, focusing on availability, quality of treated effluent, and irrigation water demand. The methodology employed was adapted from Cruvinel et al. (2021) and was based on the collection of secondary data to verify supply and demand and on the estimation of water needs for the most representative crop in the municipality in terms of quantity produced (tons/ha) and planted area (ha). Subsequently, the quality of the final effluent from the Malvas WWTP was analyzed and partially compared with Coema Resolution No. 02/2017. The results demonstrate that treated wastewater, in volumetric terms, has the potential for reuse to meet the agricultural irrigation needs of corn crops in the city of Juazeiro do Norte-CE, meeting the water demand in a current scenario with a supply of 13.2% and in the future with 44.5%.*

**Keywords:** Water reuse. Water demand. Fertigation. Water quality.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária – Juazeiro do Norte – Ceará – Brasil.

\* **Autor correspondente:** [germario@ifce.edu.br](mailto:germario@ifce.edu.br)

## 1 INTRODUÇÃO

A escassez de água tornou-se um problema crescente no mundo e em diversas regiões do Brasil, onde a distribuição do recurso é irregular. Essa menor disponibilidade de água e aumento da demanda têm gerado conflitos entre os usos múltiplos (Volmar *et al.*, 2023).

Segundo Castro (2022), as dificuldades de atendimento à demanda hídrica estão associadas principalmente ao desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, assim como às variações do clima.

Para atender à crescente demanda para abastecimento público e desenvolvimento das atividades econômicas, é necessária a adoção de medidas efetivas que visem a conservação da água e a segurança hídrica. Nesse cenário, o reúso de águas residuárias surge como uma alternativa promissora para uma gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente na agricultura irrigada, a qual consome aproximadamente 46% de água no Brasil (ANA, 2017).

O reúso pode ser definido como o reaproveitamento ou reciclagem de água de origem doméstica ou industrial que passa por algum tipo de tratamento, para atendimento a outras demandas de uso. A reutilização de águas residuárias para fins de reúso irá depender da qualidade final do efluente tratado e da sua finalidade, podendo ser feita de forma direta ou indireta, bem como decorrer de ações planejadas ou não (Moura *et al.*, 2020).

A prática do reúso para diversos fins já é difundida em países como Israel, Jordânia, Arábia Saudita e no estado da Califórnia nos Estados Unidos (Pereira *et al.*, 2020), e ela tem ganhado mais notoriedade nos últimos anos no Brasil em regiões onde a disponibilidade hídrica é menor.

No contexto da agricultura irrigada, a água de reúso fornece importantes nutrientes às plantas como fósforo e nitrogênio, auxiliando também na redução ou eliminação do uso de fertilizantes

comerciais (Hespanhol, 2002) e na adição de matéria orgânica ao solo, aumentando sua capacidade de retenção hídrica (WHO, 2006).

Desse modo, o reúso de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto para irrigação agrícola apresenta-se como um caminho eficaz para otimizar o uso da água e minimizar os impactos sofridos pelas secas severas, liberando águas de qualidade superior para fins mais nobres, também reduzindo o aporte de poluentes nos mananciais (Santos *et al.*, 2018; Santana, *et al.*, 2024).

No Brasil, a região Nordeste, especialmente o estado do Ceará, enfrenta desafios significativos em relação à gestão de recursos hídricos devido às características do solo e do clima. O solo da região é predominantemente raso, com uma espessura média que pode variar entre 20 a 50 cm. Isso limita a capacidade de retenção de água, contribuindo para a escassez hídrica. A textura do solo é geralmente arenosa ou franco-arenosa, o que favorece a drenagem rápida e dificulta a retenção de umidade (Ceará, 2009; Filho, 2018).

A constituição do solo é bastante variada, mas frequentemente pobre em matéria orgânica e nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, o que impacta a fertilidade e a capacidade de suportar culturas agrícolas sem o uso intensivo de fertilizantes. O pH do solo costuma ser ácido, variando entre 5 e 6, o que pode exigir correções de acidez para determinadas práticas agrícolas (Ceará, 2009; Filho, 2018).

O município de Juazeiro do Norte, um dos mais populosos do estado do Ceará, tem como principal fonte de abastecimento poços subterrâneos do tipo tubular (Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – Cagece, 2022). Segundo Araújo e Silva (2022), os principais problemas da região estão relacionados à exploração desordenada de águas subterrâneas, à falta de saneamento e ao lançamento inadequado de efluentes no Parque Natural Municipal das Timbaúbas, que concentra

a maioria dos poços profundos de abastecimento hídrico do município.

Em 2017, a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) apresentou o Relatório final do Estudo das Águas Subterrâneas da Bacia do Araripe, no Estado do Ceará, destacando déficit anual no suprimento de água de 4.003.803 m<sup>3</sup> a partir do ano de 2025 para atendimento às demandas de abastecimento humano, industrial, de irrigação, dessedentação animal e lazer para o município de Juazeiro do Norte (COGERH, 2017).

Perante o exposto, observa-se a necessidade de ampliar fontes alternativas, como o reúso, em cujo contexto o presente artigo contribui no objetivo de avaliar o potencial de reúso da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) Malvas para irrigação agrícola em Juazeiro do Norte-CE, visando a busca por soluções sustentáveis para aumento da oferta hídrica na região.

## 2 METODOLOGIA

Foi utilizado o método analítico-descritivo, a fim de avaliar o potencial do reúso de água residuária tratada para irrigação agrícola no município de Juazeiro do Norte-CE. Para o desenvolvimento do estudo adotou-se a metodologia adaptada de Cruvinel *et al.* (2021), que engloba as seguintes etapas: (1) levantamento de dados secundários para verificação de ofertas e demandas; (2) caracterização da área de estudo; (3) avaliação da disponibilidade do efluente tratado em um cenário atual e universalizado; e (4) avaliação da qualidade do efluente para irrigação agrícola no município.

Para verificação da disponibilidade do efluente tratado para o reúso foram consultados o Relatório de Esgotamento Sanitário Municipal de Juazeiro do Norte, integrado ao Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas (ANA, 2017), que apresenta o panorama da situação dos sistemas de esgotamento sanitário a partir do ano de 2013 e o Projeto

Conceitual do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Juazeiro do Norte, o qual contém a estimativa da infraestrutura a ser implantada no município visando à universalização do serviço (Cagece, 2022).

Na etapa de verificação das demandas de uso de água para fins agrícolas foram consultados a base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Produção Agrícola Municipal – 2021 e o Relatório de Situação da Produção de Sequeiro produzido pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Ceará (Ematerce) – 2023, a fim de verificar as principais culturas desenvolvidas no município.

Para a avaliação da disponibilidade do efluente tratado em um cenário atual (36%) e o universalizado (100%), realizou-se a comparação entre a oferta de efluente tratado pela ETE Malvas e a demanda de uso de água para irrigação da cultura mais significativa do município durante o mês de maior criticidade hídrica.

Por fim, avaliou-se a qualidade do efluente tratado pela Cagece, conforme as orientações estabelecidas pela Resolução do Estado do Ceará Coema nº 02/2017, que dispõe sobre os padrões de lançamento de efluentes e de orientações para reúso do efluente tratado. Isso com o intuito de verificar o atendimento às exigências de qualidade para utilização de água residuária tratada para fins agrícolas no município de Juazeiro do Norte, bem como suas recomendações para atendimento à qualidade exigida, visto que o Brasil ainda não possui regulamento federal mandatário para atendimento ao reúso. Vale salientar que os parâmetros monitorados não contemplam todos os parâmetros estabelecidos pela legislação supracitada.

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Juazeiro do Norte está localizado na região sul do Estado do Ceará,

compreendendo uma área territorial de 258.788 km<sup>2</sup> e população de 286.120 habitantes, com distância aproximada de 560 km da capital, Fortaleza-CE (IBGE, 2022).

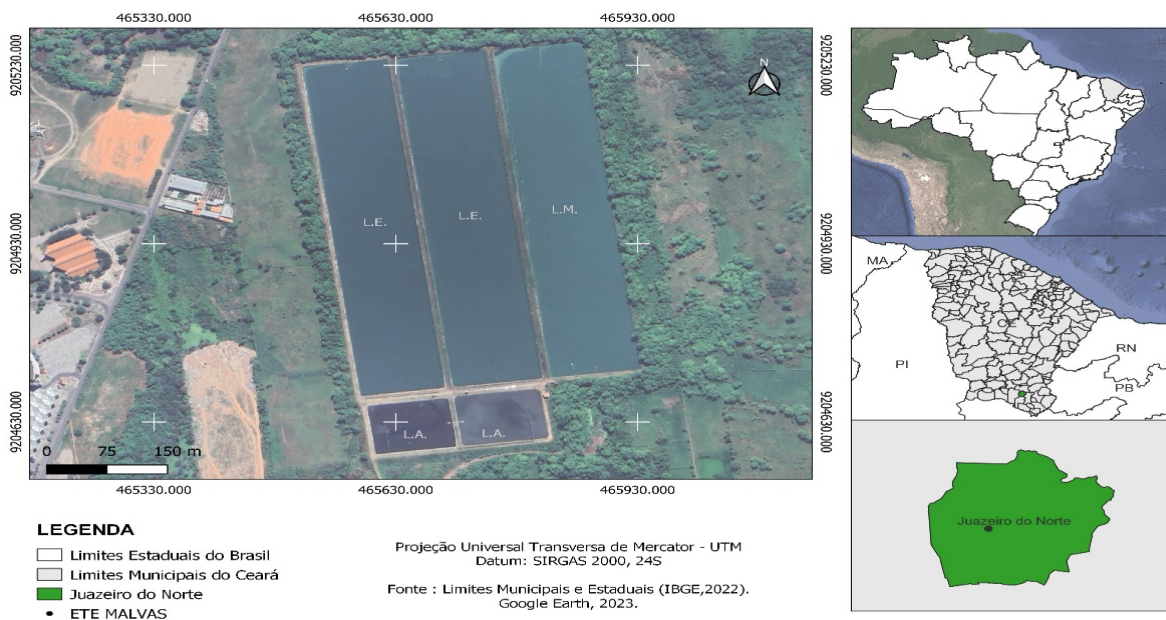
O clima predominante na região é do tipo BSw'h' ou seja, semiárido, de acordo com a classificação de Köppen, com curta estação chuvosa no verão e demais meses com baixa pluviosidade.

Atualmente, o sistema de esgotamento sanitário do município é operado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará por meio de Parceria Público-Privada com a Ambiental Ceará, empresa da AEGEA Saneamento (Ascom Cagece, 2023).

De acordo com o Projeto Conceitual do Sistema de Esgotamento Sanitário de Juazeiro do Norte, o município possui índice de coleta de esgoto com cobertura de aproximadamente 36% dos domicílios da zona urbana, por meio de 169 km de redes de esgoto (Cagece, 2022).

O município conta com cinco Estações de Tratamento de Efluentes, sendo a ETE Malvas o maior sistema (Figura 1), constituído por duas lagoas anaeróbias, seguida por duas lagoas facultativas primárias e uma lagoa de maturação.

Na Figura 1, é apresentado o mapa de localização da ETE Malvas no município de Juazeiro do Norte-CE.



**Figura 1** – Mapa de localização da ETE Malvas no Município de Juazeiro do Norte-CE.

A escolha da ETE para o desenvolvimento deste trabalho é justificada em decorrência do critério de vazão, localização e qualidade do efluente visto que lagoas de estabilização possuem elevada eficiência na remoção de matéria orgânica e organismos patogênicos, além da disponibilidade de dados disponíveis para execução do estudo. Diante disso, foi avaliado o potencial da ETE Malvas com vazão média projetada para 204,7 L/s e vazão de operação de 87,4 L/s, segundo o Atlas Esgotos (ANA, 2017).

## 2.2 Cálculo da oferta e demanda de água para irrigação

A partir dos Relatórios de Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2021) e de Situação da Produção de Sequeiro (Ematerce, 2023), pode-se observar que as lavouras temporárias de milho e feijão são as culturas que têm maior representatividade no município. Logo, para estimativa de demanda hídrica, foi considerado o cultivo mais significativo,

no caso o milho em grão (*Zea mays* L.) com área plantada de 592 hectares e produção de 1081,9 toneladas no ano de 2023 em regime de sequeiro.

O cálculo da demanda de água para irrigação à cultura do milho foi realizado seguindo as instruções do Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013).

As médias mensais de precipitação ( $T_m$ ) e de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), estimadas pelo método de Penman/Montheith, que é o recomendado pelo Boletim FAO-56 (Allen *et al.*, 1998), referentes ao ano de 2022, foram obtidas por meio de uma ferramenta de informação climática fornecida pela Food and Agriculture Organization (FAO), denominada Sistema de Informação Global sobre Água e Agricultura (AquaStat)<sup>1</sup>.

O AquaStat hospeda um extenso banco de dados de informações sobre água e agricultura com mais de 180 variáveis e indicadores por país desde 1960, sendo fundamental no monitoramento do indicador 6.4 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, sobre a eficiência do uso da água e o estresse hídrico.

$$PMP = (0,6 * T_m) - 10$$

$$PMP = (0,8 * T_m) - 24$$

$$Pp\% = PMP * \frac{((125 - (0,2 * PMP)))}{125}$$

$$Pp\% = 125 + (0,1 * PMP)$$

$$ET_c = ET_0 * K_c$$

$$NIL = ET_c - Pp\%$$

$$NIB = 100 * \left(\frac{NIL}{E_i}\right)$$

$$V_{mn} = 10 * (NIB * A_i)$$

Em que:

PMP= Precipitação mensal provável (mm/mês),

Para o cálculo de demanda hídrica da cultura, utilizaram-se os seguintes parâmetros: eficiência de irrigação ( $E_i$ ), sendo adotado o valor de 80% (ANA, 2013) para irrigação por aspersão convencional, considerada a prática mais comum de irrigação no município (IBGE, 2017), e o valor médio de 1,2 para o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do milho em grão, que representa a fase de maior demanda hídrica para a cultura de acordo com o Boletim FAO (Allen *et al.*, 1998), para determinar a quantidade de água perdida por meio da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) a ser irrigada. Isso objetivando a inclusão de mais uma safra no ano, além do milho cultivado em regime de sequeiro.

Após a adoção dos parâmetros, pode-se quantificar a precipitação mensal provável – PMP (1), a precipitação provável e efetiva – Pp% (2), a evapotranspiração da cultura –  $ET_c$  (3), a necessidade de irrigação líquida – NIL (4), a necessidade de irrigação bruta – NIB (5) e o volume mensal de captação necessário para o desenvolvimento da cultura –  $V_{mn}$  (6).

As fórmulas aplicadas foram obtidas do Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013).

para  $T_m \leq 70$  mm) Equação (1)

para  $T_m > 70$  mm)

para  $PMP < 250$  mm) Equação (2)

para  $PMP > 250$  mm)

Equação (3) Equação (3)

Equação (4) Equação (4)

Equação (5) Equação (5)

Equação (6) Equação (6)

$T_m$  = Precipitação mensal (mm/mês);

Pp%= Precipitação provável e efetiva (mm/mês);

$ET_c$ = Evapotranspiração da cultura (mm/mês);

$ET_0$  = Evapotranspiração de referência (mm/mês);

<sup>1</sup> Disponível em: <https://aquastat.fao.org/climate-information-tool/complete-climate-data?lat=7.229109699999999&lon=39.3124589&year=2022&datasource=agera5>. Acesso em: 20 de jul. 2023.

$K_c$  = Coeficiente da cultura (adimensional);

$NIL$  = Necessidade de irrigação líquida (mm/mês);

$NIB$  = Necessidade de irrigação bruta (mm/mês);

$A_i$  = área irrigada (ha);

$V_{mn}$  = Volume mensal necessário para irrigação (m<sup>3</sup>/mês).

Considerou-se, para fins de cálculo, que a área plantada de 592 ha de milho no ano de 2023 fosse equivalente à mesma área irrigada ( $A_i$ ) para uma segunda safra, entre os meses de outubro a novembro, e que, a partir daí, pode-se calcular a demanda de água para irrigação mensal.

Após a estimativa da demanda de água necessária para irrigação da cultura, foi possível verificar o atendimento quanto à oferta de água residuária tratada do município para irrigação agrícola, considerando a disponibilidade atual do efluente tratado, o coeficiente de retorno uniforme ao longo do ano e futura quando ocorrer a ampliação do esgotamento sanitário no município.

### 2.3 Análise da qualidade do efluente tratado

Os dados de qualidade do efluente tratado foram disponibilizados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará, responsável pela operação e monitoramento da ETE Malvas. A companhia disponibilizou relatórios dos ensaios de esgoto realizados mensalmente referente ao período dos anos de 2018 a 2022.

Os dados obtidos foram tabulados no Excel (xls.) e avaliados por meio de estatística descritiva, de acordo com alguns parâmetros de interesse estabelecidos na Resolução Coema nº 02/2017 do Estado do Ceará.

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de referência avaliados para o efluente tratado compreenderam: pH, demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ) e coliformes termotolerantes.

Com o objetivo de quantificar a oferta de efluente tratado para reúso agrícola frente à demanda de irrigação em um panorama atual e futuro (universalizado), adotou-se o mês de outubro como o cenário de análise. Essa abordagem permite modelar o volume disponível e a área máxima passível de irrigação pela ETE Malvas durante o pico da escassez hídrica.

Por fim, pôde-se verificar o atendimento aos parâmetros utilizados nesse estudo com os valores estabelecidos pela Resolução do Estado do Ceará Coema nº 02/2027 para aplicação do reúso agrícola no município de Juazeiro do Norte-CE.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Avaliação da disponibilidade de efluentes para reúso x demanda atual e futura

Por meio dos cálculos para verificação da demanda hídrica da cultura do milho (*Zea mays* L.), foi possível constatar os meses de maior necessidade hídrica para irrigação da cultura, sendo possível averiguar, a partir dessa demanda, o potencial quantitativo da ETE Malvas para oferta de água de reúso para fins de irrigação.

Por meio do balanço hídrico mensal, pode-se observar que os meses de janeiro a abril concentram os maiores índices de pluviometria com variação de 90 a 274 mm, no entanto, devido à irregularidade das chuvas ou à ocorrência de veranicos (Ematerce, 2023), pode ter a necessidade de irrigação suplementar da cultura.

O intervalo sazonal de julho a outubro representa o período de maior estresse hídrico para o cultivo de milho na região de estudo. Tal condição é definida por um balanço hídrico desfavorável, impulsionado pela combinação de precipitação reduzida e altas taxas de evapotranspiração. Dentre esses meses, outubro se destaca por apresentar o déficit hídrico mais severo no solo (precipitação de 9 mm; evapotranspiração de 201 mm).

Na Tabela 1 é apresentada a relação entre a oferta de água para reúso e a demanda de água para irrigação da cultura do milho para o mês de

outubro, considerado o período com maior déficit hídrico de água para cultivo em um cenário atual e universalizado.

**Tabela 1** – Capacidade de atendimento para irrigação do cultivo de milho no Município de Juazeiro do Norte-CE.

Cenário	ETE	Vazão média (L/s)	Área cultivada de milho (ha) - 2023	Demanda de atendimento para o mês de outubro (L/s)	Área máxima atendida (ha)	% de Atendimento
Atual	Malvas	87,4	592	663,29	78,01	13,18
Universalizado	Malvas	295			263,29	44,48
Universalizado	Nova	410			365,94	61,81

A partir dos resultados obtidos, pode-se constatar que o volume de efluente tratado na ETE Malvas atenderia aproximadamente 13,2% da demanda de água para irrigação do cultivo de milho, compreendendo uma área máxima de 78 ha em um cenário atual.

Conforme o Projeto Conceitual do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município, é prevista a reforma e ampliação da ETE Malvas com nova capacidade instalada de 295 L/s em um cenário universalizado até o ano de 2035. Logo, numa perspectiva de cenário futuro, a ETE atenderia 44,5% da demanda de água para irrigação da cultura do milho no mês mais crítico e uma área máxima de 263,29 ha.

No Projeto Conceitual do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Juazeiro do Norte é planejado a implantação de uma Nova Estação de tratamento de efluentes, denominada ETE Nova com vazão média projetada para 410 L/s e a desativação dos sistemas menores (ETE Mutirão, ETE Vila Três Marias, ETE Minha Casa Minha Vida Tenente Coelho e ETE PROURB) que seriam interligados à ETE Nova e à ETE Malvas por meio de elevatórias.

Considerando a implantação de uma Nova Estação de tratamento no município em conjunto com a ETE Malvas, os sistemas atenderiam 106,3% da demanda de água para irrigação da cultura, o que compreende uma área máxima de 629,23 ha no mês mais crítico.

De acordo com a Ematerce (2023) as perdas nas safras agrícolas no Ceará estão relacionadas a períodos de irregularidade das chuvas, com ocorrência de longos veranicos e ainda excessos de chuvas que promovem estresse hídrico aos cultivos produzidos em condições de sequeiro.

Para Rocha *et al.* (2020), a agricultura de sequeiro é fundamental para a segurança alimentar da população, no entanto, como depende da quantidade de água disponível durante a estação chuvosa, torna-se um tipo de agricultura de elevado risco em relação ao rendimento e produção das culturas.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2010), o milho de variedade de ciclo médio, cultivado para a produção de grãos secos, consome de 380 a 550 mm de água em seu ciclo completo, em sequeiro, dependendo das condições climáticas; essa quantidade pode diminuir também em função da eficiência do sistema de irrigação.

Como o milho (*Zea mays* L.) possui alta sensibilidade a períodos de estiagem, a ocorrência de períodos com redução de aporte hídrico para o desenvolvimento da cultura pode afetar o seu rendimento final (Carvalho *et al.*, 2013; Bergamaschi *et al.*, 2004), logo a irrigação da cultura por meio do reúso de águas residuárias vem a ser uma alternativa complementar para seu desenvolvimento e maior produtividade.

Azevedo *et al.* (2022) observaram que a irrigação do milho forrageiro utilizando exclusivamente água residuária resultou em um acréscimo de produtividade de 144% em relação ao tratamento controle (água de abastecimento). De forma análoga, Torres *et al.* (2019), ao avaliarem o uso de efluente de ETE para fins agrícolas, registraram um incremento de 153% na biomassa seca da cultura do milho quando comparada à irrigação com água potável.

### 3.2 Avaliação quanto à qualidade do efluente tratado e ao padrão de exigência para reúso

Segundo Santos *et al.* (2020), as condições de restrição ou não estabelecidas na maioria dos documentos relacionados ao reúso de águas podem ser observadas, principalmente no manuseio ou na irrigação, associadas à maior ou menor possibilidade de contaminação microbiológica.

Com relação a Resolução Coema nº 02/2017, não se observa nenhuma classificação quanto ao tipo de exposição do público à água de reúso (restrito ou irrestrito), sendo todos os usos direcionados para o mesmo potencial de contaminação.

Para a cultura estudada, no caso o milho, os resultados de qualidade do efluente tratado da ETE Malvas foram avaliados conforme padrões estabelecidos para o reúso agrícola segundo a Resolução Coema nº 02/2017.

Analísaram-se 48 amostras para os parâmetros: pH, *Escherichia coli* e demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>). Na Tabela 2, são apresentados os resultados quanto ao atendimento às normas estabelecidas pela Resolução Coema nº 02/2017 para fins de reúso agrícola do efluente tratado da ETE Malvas, no município de Juazeiro do Norte-CE.

**Tabela 2** – Comparativo da qualidade do efluente tratado da ETE Malvas com as diretrizes da Resolução Coema nº 02/2017.

Parâmetro	Resolução Coema nº 02/2017	Qualidade do efluente tratado		
	Culturas não ingeridas cruas	Mín.	Máx.	Média <sup>a</sup>
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	1,00 E+03	1,50 E+01	1,60 E+06	2,55 E+03
pH	6 a 8,5	7,00	9,80	8,24
DBO <sub>5,20</sub> filtrada (mg.L <sup>-1</sup> )	NA	3,01	27,80	13,55

**Legenda:** DBO – demanda bioquímica de oxigênio; Mín – mínima; Máx – máxima NA – não aplicável; pH – potencial hidrogeniônico.

<sup>a</sup>Aplicada a Média Geométrica para o parâmetro Coliformes Termotolerantes ou *E. coli*. (NMP/100 mL).

Há uma grande variedade de conteúdo entre as normas sobre o reúso de águas residuárias no âmbito nacional e internacional, principalmente quanto aos critérios indicadores de patógenos. O Interáguas (2018) e a Coema nº 02/2017 utilizam Coliformes Termotolerantes como critério indicador de patógenos para o reúso agrícola restrito devido a este ser um parâmetro comum no Brasil, já a Organização Mundial de Saúde (OMS) utiliza o parâmetro *Escherichia coli* para verificação da qualidade do efluente tratado.

Os dados disponibilizados pela Cagece apresentam amostragem somente para o parâmetro *Escherichia coli*, a qual será abordada no estudo na mesma categoria de Coliformes Termotolerantes, visto que a Resolução Conama 357/2005 permite a substituição dos parâmetros supracitados, de acordo com os limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente (Brasil, 2005).

Conforme os dados analisados, pode-se observar que o parâmetro indicador de contaminação fecal

(Coliformes Termotolerantes ou *Escherichia coli*) apresentou resultados superiores aos estabelecidos pela Resolução Coema nº 02/2017 para a categoria de reúso agrícola restrito e demais culturas. Somente 9,3% das amostras atenderam ao limite estabelecido com valores obtidos iguais ou inferiores a  $10^3$  NMP/100 mL.

Para a categoria de reúso agrícola restrito em relação ao parâmetro  $DBO_5$ , foi verificado nos resultados valores iguais ou inferiores a 30,0 mg/L. Destaca-se que o parâmetro de Demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ) não é mencionado pela Coema nº 02/2017 como critério para reúso agrícola.

Segundo Bastos *et al.* (2008), o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Prosab) propõe que não haja restrições às concentrações de DBO, DQO e SST, sendo as concentrações efluentes uma consequência das técnicas de tratamento compatíveis com a qualidade microbiológica almejada, seja para fins agrícolas, urbanos ou de piscicultura.

O parâmetro pH atendeu parcialmente às exigências de qualidade com valor médio de 8,24; apresentando 77,1% de atendimento à Coema nº 02/2017 com variação de 6 a 8,5.

Os resultados indicam a impossibilidade de aplicar o efluente tratado para o reúso agrícola, pelas categorias determinadas pela Coema nº 02/2017 na atual condição da ETE Malvas. Além disso, existe carência no monitoramento e atendimento a outros parâmetros, como: condutividade elétrica (CE), ovos de helmintos, turbidez e razão de adsorção de sódio (RAS).

Já quanto à qualidade do efluente, verifica-se que as concentrações obtidas para o parâmetro Coliformes Termotolerantes são insuficientes para atendimento à categoria de reúso agrícola para fins de irrigação restrita e irrestrita, o que sugere a necessidade de diluição do efluente na utilização na agricultura ou pós-tratamento para

melhoria na qualidade do efluente final da ETE Malvas, isso resultaria em um efluente de melhor qualidade para o reúso pretendido.

Todavia, o Interáguas (2018) informa que, havendo ações para controle do risco de contato do trabalhador com a água de reúso, poderá ser dispensado o atendimento aos parâmetros Coliformes Termotolerantes e ovos de helmintos para o reúso agrícola restrito; o que eleva as possibilidades de a ETE Malvas tornar-se uma estação produtora de água para reúso em sua configuração atual.

A Resolução Coema nº 02/2017 não faz especificação quanto aos tipos de aplicação do efluente na irrigação, no entanto, o reúso de águas residuais deve ser considerado também para a fertirrigação, de modo a suprir a necessidade nutricional das plantas.

De acordo com Santos *et al.* (2006), a preocupação principal em relação à utilização de águas residuais na agricultura está associada aos riscos de contaminação biológica do produto agrícola; entretanto, se as técnicas de tratamento e manejo dessas águas forem adequadas, os riscos de contaminação dos vegetais passam a ser mínimos.

No que se refere às práticas de irrigação, Braga e Lima (2014) informam que sistemas de irrigação por gotejamento são eficientes na redução de riscos de contaminação da cultura agrícola; em relação aos riscos de contaminação pelo contato da água de reúso com o solo, os autores sugerem a adoção de irrigação por gotejamento subsuperficial (enterrado) ou o uso de mantas plásticas sob o solo para eliminação do risco.

No Brasil, ainda não há uma legislação específica que regulamente os padrões de reúso de acordo com cada utilização em nível federal, sendo a prática norteadada pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, o qual que se baseia nos critérios estabelecidos pela OMS e pela Norma

Brasileira Regulamentadora da ABNT 13.969/1997 (Melo *et al.*, 2021; Fernandes, 2018).

Além do Ceará, outros estados como Bahia, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul apresentam seus parâmetros e padrões para o reúso da água; no entanto, a ausência de um regulamento federal norteador faz com que a prática de reúso ainda seja incipiente.

Segundo Morais e Santos (2019), a adoção de padrões muito rigorosos pode dificultar a prática de reúso de água devido, principalmente, aos elevados custos de tratamento a serem empregados.

Para auxílio na tomada de decisão quanto a reúso de águas residuárias, o Prosab propõe o estabelecimento de padrões de qualidade para o reúso de efluentes fundamentados na metodologia de avaliação quantitativa de risco microbiológico (AQRM), considerando que as normas não devem especificar tecnologias de tratamento de águas residuárias, sendo a qualidade do efluente tratado a informação mais importante e condizente com a realidade do país (Bastos *et al.*, 2008).

Em consonância, Cruvinel *et al.* (2021) reforçam que uma abordagem de benefícios de risco permitirá a adaptação do nível de referência de risco a técnicas de tratamento já existentes, o que pode reduzir os custos quanto a alterações de infraestrutura de sistemas de esgotamento sanitário e ampliar a possibilidade de produção de água de reúso.

#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a ETE Malvas, com melhorias no sistema de tratamento, possui algum potencial para o reúso do efluente final na agricultura no município de Juazeiro do Norte-CE, para a área e cultivo de milho elencados; porém, vale salientar a necessidade de barreiras para evitar o risco de contaminação.

O baixo índice de esgotamento sanitário do município faz com que o potencial de reúso atual atenda 13,2% da demanda hídrica necessária para irrigação agrícola para a cultura do milho no mês mais crítico. Em um cenário futuro, com vistas à universalização do saneamento, o atendimento quanto à oferta de água tratada para reúso torna-se mais atrativo atendendo 44,5% da demanda hídrica para irrigação agrícola.

No que diz respeito à qualidade do efluente, verifica-se que as concentrações obtidas para o parâmetro *Escherichia coli* ou Coliformes Termotolerantes são insuficientes para atendimento à categoria de reúso agrícola para fins de irrigação pela Resolução Coema nº 02/2017, o que sugere a necessidade de intervenção na ETE Malvas para estabelecimento de um efluente de melhor qualidade para o reúso pretendido.

É pertinente a verificação das recomendações de qualidade estabelecidas pela Resolução do Estado do Ceará Coema nº 02/2017, visto que o documento regulatório a ser seguido pode causar o encarecimento do tratamento na busca de um efluente de melhor qualidade para o reúso pretendido.

Estudos sobre o potencial de reúso não potável de Estações de Tratamento de Efluentes a nível municipal ainda são incipientes no país. Além disso, a falta de uma regulamentação norteadora federal dificulta a aplicação do reúso de águas residuárias tratadas para diversos fins.

Dessa forma, deve-se estabelecer uma política de incentivo ao reúso também em âmbito municipal, com o intuito de ampliar as possibilidades para aplicação da prática do reúso e a minimização de riscos associados à atividade.

Por fim, recomenda-se a continuação dos estudos visando à avaliação do potencial para o reúso não potável para as demais culturas, alimentares ou não; além da verificação de atendimento a outras finalidades de reúso no município de Juazeiro do Norte-CE.

## 5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

**Conceituação:** Araújo GM, Pedreira FRB;

**Metodologia:** Pedreira FRB, Araújo GM;

**Redação - primeira versão:** Pedreira FRB, Araújo GM; **Redação – Revisão & edição** Araújo GM,

Pedreira FRB; **Supervisão:** Araújo GM, Pedreira FRB.

## 6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO – ANA. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília, DF: ANA, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/manual-de-outorga.pdf>. Acesso em: 10 de jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO – ANA. **Atlas Esgotos: despoluição das Bacias Hidrográficas**. Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiZjA1ZjZwZWUyMmRkYS00YjM0LWFhMjltMTMyOTQ0NDIjNGQyYiwiZCl6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5S04YjRkLTkyN2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acesso em: 10 de jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO – ANA. **Atlas Irrigação: uso de água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: ANA, 2017.

ALLEN, R. G. *et al.* **Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ARAÚJO, G. M.; SILVA, T. A. **Estudo aplicado para fins de Revisão do Plano Diretor Municipal de Juazeiro do Norte (PDM/JN) – ETAPA 2 – Diagnóstico: Leituras Técnicas e Comunitárias da cidade. Produto 2.3 – Diagnóstico Técnico Consolidado**. Juazeiro do Norte: Prefeitura de Juazeiro do Norte, 2022. Disponível em: <https://juazeirodonorte.ce.gov.br/pdm/1/11/diagnostico:leiturastecnicasecomunitariasdac.pdf>. Acesso em: 10 de jul. 2023.

ASCOM CAGECE. Seis municípios do Cariri passam a ter sistema de esgoto operado pela Ambiental Ceará, por meio de PPP com a CAGECE. **Ceara.gov**, Fortaleza, 2 jun. 2023. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2023/06/02/seis-municipios-do-cariri-passam-a-ter-sistema-de-esgoto-operado-pela-ambiental-ceara-por-meio-de-ppp-com-a-cagece/>. Acesso: 10 de jul. 2023.

AZEVEDO, M. R. Q. A. *et al.* Efeito da irrigação com água residual tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Brasília, DF, v. 2, n. 1, p. 63-68, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/276486>. Acesso em: 10 de jul. 2023.

BASTOS, R. K. X. *et al.* Subsídios à regulamentação do reúso de águas no Brasil – Utilização de esgotos sanitários tratados

para fins agrícolas, urbanos e piscicultura. **Revista DAE**, São Paulo, v. 177, n. 122, 2008. Disponível em: [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_177\\_n\\_122.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_177_n_122.pdf). Acesso em: 28 de ago. 2023.

BERGAMASCHI, H. *et al.* Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000900001>.

BRAGA, M. B.; LIMA, C. E. P. Reúso de água como fator na produção de alimentos. *In*: BRAGA, M. B.; LIMA, C. E. P. **Reúso de água na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 200.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 de mar. 2005. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450). Acesso em: 03 de out. 2023.

CARVALHO, R. I. *et al.* Demanda Hídrica das Culturas de Interesse Agrônomo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/DEMANDA%20HIDRICA.pdf>. Acesso em: 03 de out. 2023.

CASTRO, C. N. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica** – Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2022.

CEARÁ. **Plano estratégico dos recursos hídricos do Ceará**. Fortaleza: INESP, 2009. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2018/09/Plano-Estrat%C3%A9gico-dos-Recursos-H%C3%ADricos-do-Cear%C3%A1.pdf>. Acesso em: 02 de jul. 2023.

CEARÁ. Resolução Coema nº 2/2017, de 2 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. **Diário Oficial do Estado do Ceará**, Fortaleza, 21 de fev. 2017. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>. Acesso em: 06 de mar. 2026.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ – CAGECE. **Relatório Anual de Qualidade da água**. Juazeiro do Norte: CAGECE, 2022. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/wpcontent/uploads/PDF/RelatorioQualidadeAgua/RelatoriosAnuais/2022/Juazeiro.pdf>. Acesso em: 13 de jun. 2023.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – COGERH. **Estudos das Águas Subterrâneas da Bacia do Araripe, no Estado do Ceará** – Relatório Final do Balanço Hídrico Considerando a Demanda por Município. Fortaleza: COGERH, 2017. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/estudos-qualiquantitativos-das-aguas-subterraneas-da-bacia-do-araripe-2016-2017/>. Acesso em: 13 de jun. 2023.

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, v. 9, n. 2, p. 126-140, 2021. <https://doi.org/10.9771/gesta.v9i2.43856>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo do Milho**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81707/1/Manejo-irrigacao.pdf>. Acesso em: 02 de out. 2023.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DO CEARÁ – EMATERCE. **Relatório de Situação da Produção de Sequeiro**. Ceará: EMATERCE, 2023. Disponível em: <https://www.ematerce.ce.gov.br/projeto/relatorios/>. Acesso em: 02 de jul. 2023.

FERNANDES, A. C. A. **Avaliação do potencial de reúso de água residuária da ETE Dom Nivaldo Monte para fins não potáveis**. 2018. Artigo técnico científico (Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

FILHO, F. A. S. **Ceará 2050 – Estudo Setorial Especial sobre Recursos Hídricos**. Fortaleza: Ceará 2050, 2018. Disponível em: <https://www.ceara2050.ce.gov.br/api/wp-content/uploads/2018/10/ceara-2050-estudo-setorial-especial-recursos-hidricos.pdf>. Acesso em: 23 de jul. 2023.

HESPANHOL, I. Potencial de Reúso de Água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v7n4.p75-95>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário**. Brasília, DF: IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 23 de jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **PAM - Produção Agrícola Municipal**. Brasília, DF: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 10 de jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Brasília, DF: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>. Acesso em: 10 de jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha Municipal**. Brasília, DF: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/>

[organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html). Acesso em: 06 de set. 2023.

MELO, M. C.; FONSECA, M.; CASTRO, L. A. Avaliação Quantitativa do Potencial de Reúso no Estado de Minas Gerais. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 141-157, 2021.

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**, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/43168>. Acesso em: 06 de mar. 2026.

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, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>.

PEREIRA, V. R. *et al.* Adaptation opportunities for water security in Brazil. **Sustainability in Debate**, Brasília, DF, v. 11, n. 3, p. 91-121, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858>.

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO SETOR ÁGUAS – INTERÁGUAS. **Elaboração de proposta de plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil**. Produto III – Critérios de qualidade de água. Brasília, DF: ANA, 2018. Disponível em: [https://arquivos.ana.gov.br/interaguas/MCID\\_Reúso\\_Produto3-CriteriosdeQualidadeAguadeReúso.pdf](https://arquivos.ana.gov.br/interaguas/MCID_Reúso_Produto3-CriteriosdeQualidadeAguadeReúso.pdf). Acesso em: 10 de jul. 2023.

ROCHA, T. B. C. *et al.* Veranicos no Ceará e Aplicações para Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 3, p. 435-447, jul. 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-7786353005>

SANTANA, T. M. *et al.* Estudo da viabilidade técnica do reúso complementar de águas cinzas e aproveitamento de água de chuva na agricultura de sequeiro de milho no Semiárido nordestino. **Revista DAE**, São Paulo, v. 72, n. 244, p. 1-14, 2024. Disponível em: [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_244\\_n\\_2207.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_244_n_2207.pdf). Acesso em: 6 de mar. 2026.

SANTOS, S. S. *et al.* Contaminação microbiológica do solo e dos frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 16-22. 2006. Disponível em: [https://www.academia.edu/5303004/CONTAMINA%C3%87%C3%83O\\_MICROBIOL%C3%93GICA\\_DO\\_SOLO\\_E\\_DOS\\_FRUTOS\\_DE\\_CAFEEIROS\\_FERTIRRIGADOS\\_COM\\_ESGOTO\\_SANIT%C3%81RIO](https://www.academia.edu/5303004/CONTAMINA%C3%87%C3%83O_MICROBIOL%C3%93GICA_DO_SOLO_E_DOS_FRUTOS_DE_CAFEEIROS_FERTIRRIGADOS_COM_ESGOTO_SANIT%C3%81RIO). Acesso em: 6 de mar. 2026.

SANTOS, A. S. P. *et al.* Capacidade de reúso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. **Revista SEMIOSES: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, Rio de Janeiro, v. 12,

n. 13, p. 16-33, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15202/1981996x.2018v12n3p16>.

SANTOS, A. S. P. *et al.* Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reúso no Brasil. **Sustinere: Revista de Saúde e Educação**, v. 8, n. 2, p. 437-482, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12957/sustinere.2020.48976>.

SILVA JUNIOR, L. C. S. *et al.* Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 03 – Metodologia de potencialidades (demandas e ofertas) e análise espacial. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 36-54, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43711/25044>. Acesso em: 6 de mar. 2026.

TORRES, D. M. *et al.* Tratamento de efluentes e produção de água de reúso para fins agrícolas. **Holos**, Natal, v. 8, p. 1-15, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481582805009.pdf>. Acesso em: 6 de mar. 2026.

VOLMAR, L. *et al.* Segurança Hídrica: Análise Bibliométrica da Produção Científica Global e Brasileira. **Revista DAE**, São Paulo, v. 71, n. 242, p. 105-127, 2023. Disponível em: <https://www.revistadae.com.br/site/artigo/2161-Seguranca-hidrica--analise-bibliometrica-da-producao-cientifica-global-e-brasileira->. Acesso em: 6 de mar. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Geneva: World Health and Organization, 2006.