

Potencial de reúso agrícola na UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba

Agricultural reuse potential at UPGRH Affluentes Goianos do Baixo Paranaíba


• **Data de entrada:**
18/08/2021

• **Data de aprovação:**
23/12/2022


Maria Gabriela de Souza Damaceno^{1*} | Karla Alcione da Silva Cruvinel¹ | Ana Silvia Pereira Santos²

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.061>

ORCID ID

Damaceno MGS  <https://orcid.org/0000-0003-2451-085X>

Cruvinel KAS  <https://orcid.org/0000-0002-5110-565X>

Santos ASP  <https://orcid.org/0000-0001-7823-9837>

Resumo

O reúso de água é uma possibilidade para redução de pressões hídricas em locais com usos do solo e da água voltados para agropecuária, como na Unidade de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba (Goiás/Brasil). Assim, realizou-se uma avaliação do potencial de reúso agrícola a partir do levantamento da oferta de água para reúso proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e da demanda hídrica necessária para áreas irrigáveis na UPGRH em estudo. Em seguida, avaliou-se a qualidade dos esgotos sanitários tratados segundo Interáguas, além de uma análise econômica. A aplicação do reúso se mostrou possível atendendo à demanda de irrigação no entorno das ETEs. Caso as diretrizes do Interáguas fossem reguladoras, as ETEs precisariam melhorar o seu sistema de tratamento. O transporte da água de reúso possui um custo superior ao da cobrança pelo uso da água na agricultura, o que dificulta a institucionalização da prática do reúso.

Palavras-chave: Avaliação de Potencial. Irrigação. Esgoto. ETE. Qualidade.

Abstract

The reuse of water presents itself as a possibility to reduce water pressures in places with land and water uses aimed at agriculture, as in the Unit for Planning and Management of Water Resources of the Affluents of Goiás do Baixo Paranaíba (Goiás/Brazil). Thus, an assessment of the potential for agricultural reuse was carried out, based on a survey of the supply of water for reuse, from Waste Water Treatment Plants (WWTPs), and the water demand necessary for irrigable areas in the Unit under study. Then, the quality of sanitary sewage treated according to Interáguas was evaluated, as well as an economic analysis of reuse in the region. The application of reuse proved possible to meet the irrigation demand in the surroundings of the WWTPs. If the Interáguas guidelines were regulatory, the WWTPs would need to improve their treatment system. Transporting reused water has a higher cost than charging for the use of water in agriculture, which makes it difficult to institutionalize the practice of water reuse.

Keywords: Potential Assessment. Irrigation. Effluent. WWTP. Quality.

¹ Universidade Federal de Goiás (UFG) - Goiânia - Goiás - Brasil.

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) - Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil.

* **Autora correspondente:** gabrielagabieng@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

O Centro-Oeste foi a região de maior expansão agrícola brasileira nos últimos 20 anos, sendo Goiás responsável por grande parte desse crescimento, devido à irrigação com o uso de pivôs centrais para produção de grãos e canhões aspersores para cana-de-açúcar (ANA, 2021a, 30 p.). Isso foi possível, entre outros fatores, devido à considerável relevância do estado no panorama hidrológico nacional, uma vez que em seu território nascem diversas bacias hidrográficas.

Em razão do elevado consumo de água para agricultura e outros fins, cabe ao planejamento estadual adotar medidas para a manutenção e gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Goiás (PERH-GO), com o objetivo de orientar a gestão das águas, dividiu o território em onze Unidades de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos (UPGRH). Trata-se de divisões compreendidas por uma bacia ou grupo de bacias hidrográficas com características naturais, sociais e econômicas em comum (SEMAD, 2016).

Nesse contexto, a UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba se apresenta como uma unidade de planejamento que conta com um grupo de bacias hidrográficas caracterizada pelos usos da água e do solo, majoritariamente, voltados para agropecuária: agricultura e pastagem em 48,2% da área, lavoura em 23,6% e silvicultura em 0,5% (SEMAD, 2020).

Ao se analisarem as pressões do balanço hídrico na UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, que considera as demandas de água e a disponibilidade hídrica superficial direta, bem como as pressões relacionadas à qualidade da água, constatou-se que a bacia como um todo apresenta-se em uma escala baixa de pressão. Contudo, no entorno de alguns municípios, a pressão passa a ser alta (como em São Simão e Serranópolis) e muito alta (como em Chapadão

do Céu, Jataí, Mineiros e Quirinópolis) (SEMAD, 2020). Essa análise considera uma escala de quatro níveis, que vai de baixa pressão (baixa escassez hídrica) até muito alta pressão (muito alta escassez hídrica). Esses fatores indicam que as regiões próximas aos núcleos urbanos na UPGRH apresentam maior probabilidade de situações de escassez hídrica.

A adoção de práticas que proporcionem uma melhor eficiência na gestão dos recursos hídricos é uma medida de enfrentamento à escassez hídrica. Como a utilização do reúso de água, que apresenta, dentre outros benefícios, a consequente diminuição de despejos líquidos em corpos receptores, aproveitamento de nutrientes e a liberação da água para utilização em fins mais nobres.

A irrigação agrícola é, historicamente, a principal aplicação de reúso de água proveniente de esgotos domésticos tratados, seguida por usos industriais e urbanos (ANGELAKIS et al., 2018). Isso porque a agricultura é o setor que mais consome água no mundo e cujos requisitos de qualidade são, em grande parte, os mais fáceis de atingir (METCALF; EDDY, 2003).

Contudo, para a prática segura do reúso agrícola, devem-se considerar questões sanitárias, padrões de qualidade da água para reúso e o próprio potencial da região de estudo, aspectos esses observados em diferentes pesquisas desenvolvidas no mundo, segundo a revisão apresentada por Shoushtarian e Negahban-Azar (2020).

No Brasil, a primeira normativa a abordar o tema, apesar de não mandatária, foi a NBR 13.969 (ABNT, 1997), que apontou a necessidade de reutilizar o esgoto doméstico para fins que exijam qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura. Nos anos seguintes, conforme apontado por Santos et al. (2020), o Brasil pouco avançou na regulamentação sobre reúso, e apenas 5 estados (SP, MG, RS, CE, BA) apresentam documentos legais com a definição de padrões.

Recentemente, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas, como as de Araújo et al. (2020) e Melo et al. (2020), que avaliaram o potencial de reúso de água a partir de esgotos tratados em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) para a irrigação de áreas em bacias hidrográficas no nordeste e sudoeste do país, respectivamente, e Haandel et al. (2021), que estudaram a aplicação de diferentes sistemas de tratamento de esgoto visando ao reúso.

Esses estudos fomentam o aprimoramento da técnica e incitam a sistematização do reúso de água. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o potencial de reúso agrícola de água proveniente de ETEs em regiões da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba.

2 METODOLOGIA

A UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, localizada no estado de Goiás, Brasil, possui uma área correspondente a, aproximadamente, 12% do território de Goiás, com mais de 271 mil habitantes e 20 municípios inseridos total ou parcialmente na Unidade.

Estudaram-se as áreas do entorno das ETE dos municípios destacados na Fig. 1 (EPSG:4674, Datum SIRGAS 2000), com intuito de facilitar o transporte da água para reúso entre o ponto de captação e o ponto de utilização e por essas regiões apresentarem os piores cenários de pressão hídrica na bacia hidrográfica, segundo plano de bacia da UPGRH (SEMAD, 2020).

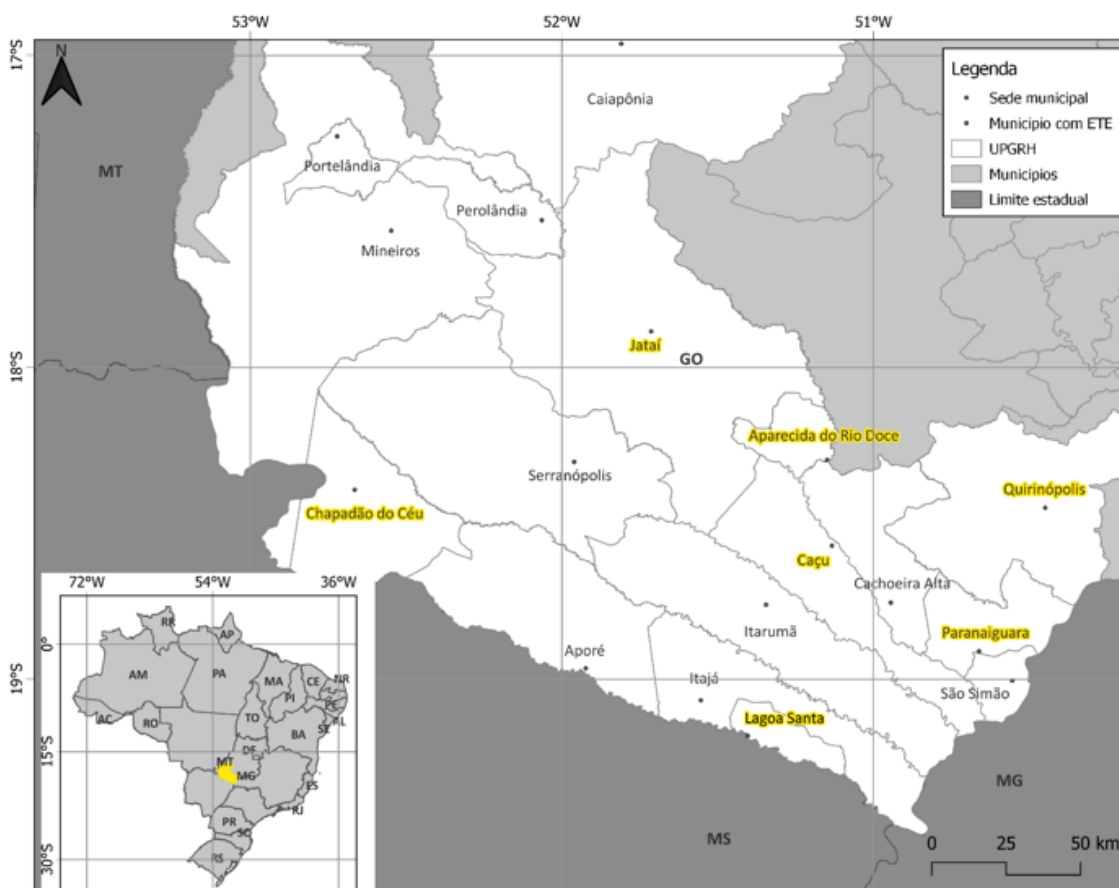


Figura 1 - Municípios da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba

2.1 Levantamento de oferta e demanda de água

O levantamento da oferta de água para reúso proveniente das ETEs nos municípios da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba foi obtido junto à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a partir da plataforma do “Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas”, cujo ano de referência dos dados é 2013.

A demanda de água para irrigação nas áreas do entorno das ETE foi estimada conforme “Manual Técnico de Outorga” (SEMAD, 2012), metodologia utilizada em Goiás que, apesar de apresentar um maior detalhamento, é a mesma proposta no “Manual de Usos Consultivos da Água no Brasil”, da ANA. Ambas baseiam-se no balanço hídrico das áreas, considerando área irrigada; precipitação e evapotranspiração; práticas agrícolas e perdas nos sistemas de irrigação.

Para identificar as áreas irrigadas, bem como a tipologia de cultura, foram elaborados mapas de uso do solo do entorno das ETEs, para diferentes raios, a partir do geoprocessamento dos dados disponibilizados pela plataforma Mapbiomas da Coleção 5.0, para ano de referência 2019, bioma Cerrado e Mata Atlântica.

A definição do tamanho do raio nas áreas do entorno das ETE baseou-se em adotar um raio e, posteriormente, realizar uma análise entre a demanda de água para irrigação necessária nesse raio e a oferta de água para reúso.

Para a estimativa da Precipitação Mensal Provável (PMP) utilizaram-se as Eq. 1 ou 2 (SEMAD, 2012).

$$PMP = (0,6 \times TM) - 10 \quad (\text{para } TM < 70\text{mm}) \quad (1)$$

$$PMP = (0,8 \times TM) - 24 \quad (\text{para } TM > 70\text{mm}) \quad (2)$$

Onde,

PMP - Precipitação Mensal Provável (mm/mês);

TM - Total Mensal de Precipitação (mm/mês).

Para estimar a Precipitação Efetiva Provável ($P_{p\%}$), que indica a precipitação mensal com uma certa garantia de ocorrência e a porção que fica disponível para as culturas, utilizaram-se as Eq. 3 ou 4 (SEMAD, 2012).

$$P_{p\%} = PMP \times \frac{125 - (0,2 \times PMP)}{125} \quad (\text{para } PMP < 250\text{mm}) \quad (3)$$

$$P_{p\%} = 125 + (0,1 \times PMP) \quad (\text{para } PMP > 250\text{mm}) \quad (4)$$

Onde,

$P_{p\%}$ - Precipitação Efetiva Provável (mm/mês).

Para estimativa da Evapotranspiração da cultura (ET_c) utilizou-se a Eq. 5 (SEMAD, 2012).

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (5)$$

Onde,

ET_c - Evapotranspiração da cultura (mm/mês);

ET_o - Evapotranspiração de referência (mm/mês);

K_c - Coeficiente de cultura (adimensional);

Os dados de TM e ET_o (método *Penman/Montheith*) foram obtidos junto à base de dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), no programa *New_LocClim* (FAO, 2021), inserindo a localização das ETEs.

As práticas agrícolas para a determinação da demanda para irrigação são consideradas a partir do coeficiente K_c , que possui valores pré-determinados segundo cultura (SEMAD, 2012).

A Necessidade de Irrigação Líquida (NIL) é estimada conforme Eq. 6 e a Necessidade de Irrigação Bruta (NIB), conforme Eq. 7 (SEMAD, 2012).

$$NIL = ET_c - P_{(p\%)} \quad (6)$$

Onde,

NIL - Necessidade de Irrigação Líquida (mm/mês).

$$NIB = 100 \times \frac{NIL}{E_i} \quad (7)$$

Onde,

NIB - Necessidade de Irrigação Bruta (mm/mês);

E_i - Eficiência de irrigação (%).

A Eficiência de irrigação (E_i) apresenta valores esperados conforme sistema de irrigação e engloba as perdas do sistema de irrigação, como captação, condução e aplicação (SEMAD, 2012).

A vazão de demanda mensal para cada tipo de cultura foi obtida ao se multiplicar a área de irrigação com o NIB. Contudo, para o cálculo do potencial de reúso agrícola, considerou-se apenas a demanda de água para irrigação no mês mais crítico.

2.2 Potencial quantitativo do reúso de água

A partir dos resultados da etapa anterior realizou-se uma comparação entre a oferta de água para reúso gerada nas ETEs estudadas e as demandas de água para agricultura no entorno das ETEs, identificando, assim, o potencial quantitativo de reúso agrícola para a região estudada.

2.3 Potencial qualitativo do reúso de água

Para a avaliação qualitativa da água para reúso foram utilizados dados referentes ao sistema de tratamento e eficiência na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) das ETEs em estudo, obtidos no “Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas” (ANA, 2017).

Os dados de qualidade do esgoto sanitário tratado foram disponibilizados pela companhia de abastecimento do estado, Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO), para os municípios por ela abastecidos, com ano de referência 2019. A companhia realiza coleta pontual e monitoramento da

qualidade do esgoto sanitário uma vez por mês, para os parâmetros DBO, pH e Sólidos Suspensos (SS) e, a cada dois meses, para *E. coli*. Os dados de eficiência na remoção de *E. coli*, DBO e SS apresentam valores médios anuais.

Com base nos dados, e a partir de uma revisão bibliográfica, verificou-se a necessidade de melhorias no sistema de tratamento das ETE para que a qualidade do esgoto sanitário tratado (oferta) fosse compatível com a qualidade requerida para o reúso agrícola (demanda).

O Brasil ainda não apresenta uma legislação federal com a definição de padrões de qualidade de água para a prática de reúso (SANTOS et al., 2020), tampouco o estado de Goiás, onde se insere a UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba. Dessa forma, para avaliação qualitativa do potencial de reúso agrícola, no âmbito desse estudo, foram utilizados os padrões definidos pelo documento norteador federal, porém não mandatório, INTERÁGUAS (2017).

2.4 Potencial econômico do reúso de água

Para análise do potencial econômico, realizou-se a comparação dos custos com a cobrança pelo uso da água para agricultura e os custos relativos à prática do reúso de água. A UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, de domínio estadual, ainda não instituiu a cobrança pelo uso da água. Entretanto, essa cobrança ocorre na parcela da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, de domínio da União, desde 2017, com atualização monetária em 2021. Assim, para ter uma base de comparação, utilizou-se o valor de cobrança praticada no domínio da União.

Consideraram-se os custos relativos à prática do reúso de água, como o custo para o transporte por caminhão pipa (6m³) entre a ETE e o local de aplicação da água para reúso, conforme metodologia de Araújo, Santos e Souza (2017). O cus-

to foi extraído do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2021) para o estado de Goiás, segundo código 5747 da tabela de composições analíticas, não desonerado. Como o custo é fornecido em relação ao tempo de transporte, é necessária a adoção de uma velocidade média; assim, adotou-se 60 km/h, conforme Araújo, Santos e Souza (2017).

Sabe-se que, frente ao grande volume de água demandada pelo agronegócio, o transporte da água normalmente ocorre por sistemas de tubulações, adutoras, drenos, estações de bombeamentos, e não por caminhão pipa (ANA, 2021a). Somando-se a isso, o uso de um meio de transporte que utiliza combustíveis fósseis vai na contramão da sustentabilidade, não sendo a alternativa mais interessante frente à proposta de um estudo de reúso de água, que visa à melhoria ambiental de uma região. Contudo, como o presente estudo trata de uma análise do potencial de várias áreas, e não de um projeto ou estudo de caso específico, torna-se impraticável estimar um sistema de transporte por tubulações, optando-se pelo transporte da água para reúso por caminhão pipa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Levantamento de oferta e demanda de água

Dos 16 municípios inseridos na UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, apenas 7 apresentam ETE. Isso representa o baixo índice de coleta e tratamento de esgoto a que os municípios da UPGRH estão sujeitos.

Segundo o Censo IBGE de 2010, os municípios da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba

ba apresentaram em média 57,5% da população em domicílios com esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Para os dados do Atlas Esgotos, em média 42% da população possui esgotamento sanitário adequado (sistema individual ou coleta e tratamento) nos municípios da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba (ANA, 2017).

A Tabela 1 apresenta a vazão do esgoto tratado em cada ETE, que equivale à oferta de água para reúso disponível, considerando-se 100% de reutilização para reúso agrícola.

Tabela 1 – Oferta de água para reúso (ANA, 2017).

Município	ETE	Oferta (L/s)
Aparecida do Rio Doce	ETE Aparecida do Rio Doce	3,4
Caçu	ETE Caçu	19,1
Chapadão do Céu	ETE Chapadão do Céu	7,2
Jataí	ETE Rio Claro	102,0
Lagoa Santa	ETE Lagoa Santa	1,2
Paranaiguara	ETE Paranaiguara	19,2
Quirinópolis	ETE Quirinópolis	67,4

O reduzido índice de tratamento dos esgotos sanitários, aliado à baixa eficiência das ETEs, prejudica a prática do reúso de água, tanto em relação à quantidade (oferta) de água para reúso disponível como em relação à qualidade da água para reúso (LIMA et al., 2021).

Para facilitar a logística e reduzir os custos, é importante analisar as distâncias entre os pontos de demanda e oferta de água para reúso. Dessa forma, foram adotados os raios para elaboração dos mapas de uso do solo, variando entre 1, 3 e 5km, no entorno das ETE presentes na UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, conforme Fig. 2.

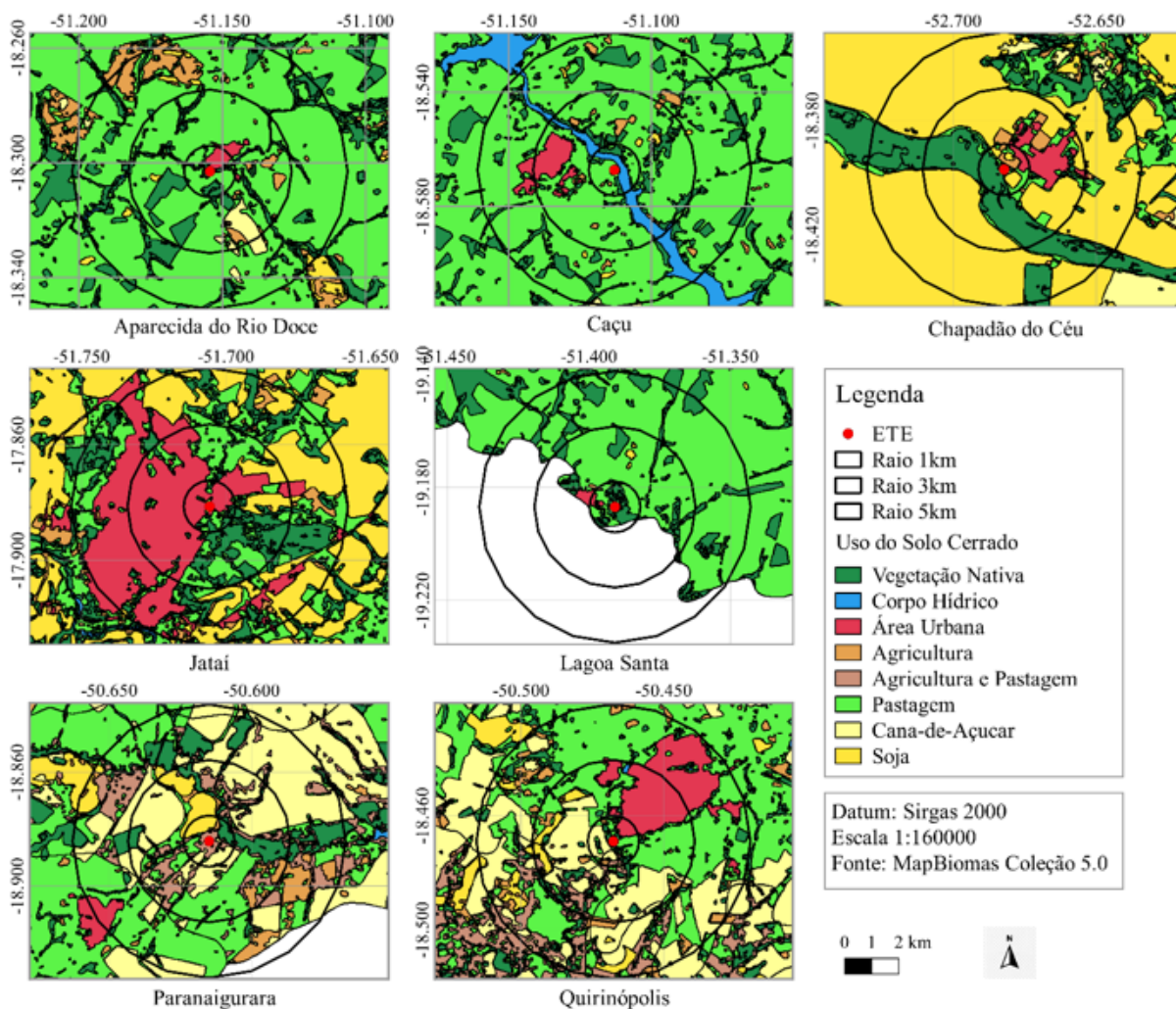


Figura 2 - Mapas de uso do solo no entorno das ETES

Os municípios de Jataí e Chapadão do Céu se destacam na produção de grãos como soja, além de apresentar áreas urbanas e de pastagens. Contudo, as pastagens são mais expressivas nos entornos das ETES de Aparecida do Rio Doce, Caçu e Lagoa Santa. Em Paranaiguara e Quirinópolis existe um mosaico entre pastagens e a produção agrícola, com destaque para cana-de-açúcar e soja, além da presença de área urbana. Segundo SEMAD (2020), Quirinópolis é o maior produtor de cana-de-açúcar do estado e um dos dez maiores produtores de bovinos.

A irrigação de cana-de-açúcar, pastagens e soja, em Goiás, pode ocorrer por aspersão convencional,

pivô central e sistema localizado de gotejamento (ANA, 2021a). Mas, segundo Richter (2012), a aspersão em malha é o método mais utilizado para a irrigação de áreas pequenas (até 40 hectares). Portanto, a eficiência adotada para a pesquisa foi a de 80%, referente à aspersão em malha.

Verificou-se que os raios de 3 e 5km (Fig. 2) resultaram em áreas para irrigação muito extensas, o que demandaria muito mais água para reúso do que a disponível. Portanto, para os cálculos e compatibilização entre demanda e oferta, considerou-se apenas o raio de 1km.

Reunindo todas as considerações realizadas, estimou-se a demanda hídrica mensal para

cada área no entorno das ETEs. A Tabela 2 apresenta os valores referentes à precipitação, evapotranspiração e necessidade de irrigação para cada ETE, referente ao mês crítico (maior

demanda). Para os cálculos utilizou-se o valor médio de K_c de 0,8 para cana-de-açúcar, 0,6 para pastagem e 0,72 para soja, conforme SEMAD (2012).

Tabela 2 - Precipitação, evapotranspiração e necessidade de irrigação por cultura e município

Município	Cultura	TM (mm)	PMP (mm)	PP% (mm/mês)	ET _o (mm/mês)	ET _c (mm/mês)	NIL (mm/mês)	NIB (mm/mês)
Aparecida do Rio Doce	Pastagem	26,7	6,0	6,0	99,5	59,7	53,7	67,2
Caçu	Cana-de-açúcar	26,7	6,0	6,0	99,5	79,6	73,6	86,6
	Pastagem	26,7	6,0	6,0	99,5	59,7	53,7	67,2
Chapadão do Céu	Pastagem	26,7	6,0	6,0	105,2	63,1	57,2	71,4
	Soja	26,7	6,0	6,0	105,2	75,4	69,4	86,8
Jataí	Pastagem	26,7	6,0	6,0	109,6	65,8	59,8	74,7
Lagoa Santa	Pastagem	26,7	6,0	6,0	109,6	65,8	59,8	74,7
Paranaiguara	Cana-de-açúcar	21,1	2,7	2,6	99,5	79,6	77,0	96,2
	Pastagem	21,1	2,7	2,6	99,5	59,7	57,1	71,3
	Soja	21,1	2,7	2,6	99,5	71,3	68,7	85,8
Quirinópolis	Cana-de-açúcar	26,7	6,0	6,0	99,5	79,6	73,6	92,0
	Pastagem	26,7	6,0	6,0	99,5	59,7	53,7	67,2

TM – Total Mensal de Precipitação; PMP – Precipitação Mensal Provável; Pp% – Precipitação Efetiva Provável; ET_o – Evapotranspiração de referência; ET_c – Evapotranspiração da cultura; NIL – Necessidade de Irrigação Líquida; NIB – Necessidade de Irrigação Bruta.

Ao multiplicar o NIB pela área de irrigação de 1km no entorno das ETEs, obtém-se a demanda de água para cada cultura analisada, referen-

te ao mês crítico (mês com baixa precipitação e elevada evapotranspiração, portanto a maior demanda), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Demanda de água no entorno das ETEs

Município	Área (ha) para raio de 1km			Demanda (L/s)		
	Cana-de-açúcar	Pastagem	Soja	Cana-de-açúcar	Pastagem	Soja
Aparecida do Rio Doce	0,00	170,23	0,00	-	44,1	-
Caçu	0,43	173,89	0,00	0,1	45,1	-
Chapadão do Céu	0,00	63,27	45,95	-	17,4	15,4
Jataí	0,00	57,51	0,0	-	16,6	-
Lagoa Santa	0,00	126,51	0,00	-	36,5	-
Paranaiguara	66,96	33,70	61,12	24,8	9,3	20,2
Quirinópolis	81,05	102,42	0,00	28,8	26,5	-

As áreas no entorno das ETEs de Quirinópolis e Paranaiguara apresentaram maior demanda para cana-de-açúcar, considerando o entorno da ETE com raio de 1km, apesar de a área para pastagem ser maior que a de cana-de-açúcar em Quirinópolis. Isso porque a cana-de-açúcar necessita de mais água do que a pastagem. De fato, culturas com maiores valores de K_c resultam em maior necessidade de irrigação (ANA, 2021a).

3.2 Potencial quantitativo do reúso de água

A Tabela 4 apresenta as vazões de oferta e demanda; a demanda atendida, que considera toda a vazão de oferta para a demanda de cada cultura; a área máxima atendida para cada cultura referente à área de irrigação máxima que a vazão de oferta consegue abastecer para cada cultura analisada.

Tabela 4 - Compatibilização entre oferta e demanda de água

Município	Cultura	Oferta (L/s)	Demanda (L/s)	Demanda atendida (%)	Área máxima atendida (ha)
Aparecida do Rio Doce	Pastagem	3,4	44,1	7,6	13,00
Caçu	Cana-de-açúcar	19,1	0,1	100,0	Toda área
	Pastagem		45,1	42,4	73,70
Chapadão do Céu	Pastagem	7,2	17,4	41,4	26,12
	Soja		15,4	46,8	21,50
Jataí	Pastagem	102,0	16,6	100,0	Toda área
Lagoa Santa	Pastagem	1,2	36,5	3,3	4,16
Paranaiguara	Pastagem	19,2	9,3	100,0	Toda área
	Cana-de-açúcar		24,8	77,4	51,74
	Soja		20,2	95,0	57,99
Quirinópolis	Cana-de-açúcar	67,4	28,8	100,0	Toda área
	Pastagem		26,5	100,0	Toda área

As áreas nos municípios de Aparecida do Rio Doce e Lagoa Santa (GO) apresentam menos de 10% da demanda atendida para a irrigação com água de reúso no entorno de 1km da ETE, segundo valores estimados no estudo. Isso porque as vazões de despejo das ETEs são muito baixas. Mas, segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei N° 9.433 (BRASIL, 1997), em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais, portanto um atendimento da demanda de água na agricultura, mesmo que menor que 10%, mostra-se relevante para o setor.

Araújo et al. (2020), em estudo de potencial de reúso na região Nordeste do Brasil, obtiveram uma baixa porcentagem de atendimento da demanda de água para a irrigação (8%). Assim como na presente pesquisa, isso ocorreu pois o índice de atendimento com coleta e tratamento de esgoto na bacia é baixo, o que reflete em uma reduzida produção de água de reúso. Melo et al. (2020) avaliaram as capacidades de reúso agrícola de água a partir de esgotos sanitários tratados em ETEs, na bacia hidrográfica do Rio Paracatu, no Sudoeste do país e também obtiveram valores de atendimento à demanda de irrigação baixo, neste caso menos de 5%.

As áreas em Caçu e Paranaiguara apresentaram demanda de água para irrigação para cana-de-açúcar e pastagem, respectivamente, menores do que a oferta, portanto, as ETEs atendem toda a área de irrigação para essas culturas. No entanto, as demais culturas presentes nesses municípios apresentam demanda hídrica maior que a oferta, assim como em Chapadão do Céu, resultando em uma área máxima atendida pela oferta.

Os municípios que apresentaram em seu entorno culturas com demanda atendida de 100% conseguem suprir a demanda de irrigação em raios no entorno das ETEs superiores a 1km, sendo que em Quirinópolis e Jataí esse raio chega a 3km.

Vale destacar que as vazões de demanda apresentadas são referentes ao mês mais crítico do ano, e que nos demais meses a demanda é menor, inclusive nula e, conseqüentemente, as áreas dos municípios conseguiriam atender melhor à demanda com a oferta de água para reúso disponível pelas Estações de Tratamento de Esgoto.

Uma possibilidade para o aumento do percentual de atendimento da demanda seria realizar a reservação da água para reúso entre os meses com demanda de água nula, a fim de armazenar a água para os demais meses do ano. Contudo, essa prática envolve custos de implantação e operação não mensurados neste estudo.

Além da elevada oferta, Jataí também possui uso do solo no entorno da ETE caracterizado pela forte presença de área urbana (62% da área no raio de 1km), o que resulta em uma baixa área de irrigação, com a presença de apenas de pastagem, favorecendo o atendimento da demanda em áreas superiores ao entorno de 1km da ETE.

A aplicação de reúso agrícola nas áreas do entorno das ETEs, atendendo, mesmo que parcialmente, às demandas de irrigação, consegue aliviar as pressões hídricas a que essas regiões estão sujeitas. Uma possibilidade para o aumento do percentual de atendimento da demanda seria realizar a reservação da água para reúso entre os meses de água nula; contudo essa prática envolve custos de implantação e operação não mensurados nesta pesquisa.

3.3 Potencial qualitativo do reúso de água

Para a irrigação de soja, pastagem e cana-de-açúcar, a tipologia de reúso agrícola pretendida se aplica na categoria restrita, segundo INTERÁGUAS (2017). Essa categoria associa-se à irrigação de culturas não destinadas ao consumo humano, irrigação de culturas de alimentos com

processamento antes de serem consumidas e com acesso restrito do público.

Segundo INTERÁGUAS (2017), o tratamento mínimo recomendado para reúso agrícola restrito é o nível secundário seguido de desinfecção (por cloração, ozonização, radiação ultravioleta ou utilização de lagoas de maturação), com eficiência de remoção esperada de 80 a 95% para DBO e de 65 a 95% para SST.

Reatores Anaeróbios possuem eficiência esperada de remoção de DBO na ordem de 60 a 80%, o que garantiria que fosse necessário um pós-tratamento com apenas a lagoa de maturação para remoção de patógenos (VON SPERLING, 2006). Segundo o mesmo autor, lagoas facultativas sozinhas ou associadas às lagoas anaeróbicas possuem eficiência esperada de 75 a 85% na remoção de DBO e de 70 a 80% na remoção de SS; para lagoa de maturação, são esperadas eficiências na remoção de patógenos na ordem de 99,9 a 99,99%.

A Tabela 5 apresenta os dados sobre o sistema de tratamento das ETES presentes na UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, bem como dados sobre a eficiência de remoção de DBO, Sólidos Suspenso Totais (SST) e *E. coli*.

Tabela 5 - Sistema de tratamento e eficiência nas ETEs (adaptado de ANA, 2017)

Municípios	Prestador de Serviço	Sistema de tratamento (2013)	Eficiência remoção DBO (%)	Eficiência remoção SST ¹ (%)	Eficiência remoção <i>E. coli</i> ¹ (%)
Aparecida do Rio Doce	SANEAGO	Lagoa Anaeróbia, Facultativa e de Maturação	85 ¹	50	99,8
Caçu	SANEAGO	Lagoa Facultativa	93 ¹	0	85,0
Chapadão do Céu	SANEACEU	Reator Anaeróbio, Lagoa Anaeróbia, Facultativa e de Maturação	70	-	-
Jataí	BRK ambiental	Lagoa Anaeróbia	60	-	-
Lagoa Santa	SANEAGO	Lagoa Facultativa	90 ¹	45	98,3
Paranaiguara	Prefeitura Municipal de Paranaiguara	Lagoa Anaeróbia, Facultativa e de Decantação	82	-	-
Quirinópolis	SANEAGO	Reator Anaeróbio, Lagoa Anaeróbia, Facultativa e de Maturação	76 ¹	66	60,6

¹ Dados disponibilizados por SANEAGO

Sistemas de lagoas de estabilização, como os da área de estudo (Tabela 5), e reator anaeróbio associado à lagoa de polimento (sem remoção de nutrientes) conseguem produzir esgotos sanitários tratados compatíveis com reúso agrícola (HAANDEL; SANTOS; PAIVA, 2021).

Contudo, a ETE de Jataí e de Quirinópolis apresentaram eficiência na remoção de DBO e E. coli, respectivamente, bem abaixo do esperado para os sistemas de tratamento adotados (Tabela 5). O mesmo ocorre para os municípios que apresentaram dados de SST. Inclusive o município de Caçu apresentou uma eficiência na remoção de SST nula (Tabela 5), uma vez que a concentração de sólidos após o tratamento aumentou em relação à concentração anterior ao tratamento. Esses resultados indicam que as ETEs necessitam de melhorias operacionais ou até mesmo de uma readequação do sistema de tratamento.

Von Sperling (2006) apresenta uma série de aspectos operacionais comuns em lagoas de estabilização e as possíveis soluções. Quanto à readequação do sistema, o “Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas” ANA (2017), em um cenário que avaliou as ETE para o ano de 2035, sugeriu continuar com a lagoa anaeróbia em Jataí

e lagoa facultativa em Caçu, mas recomendou a adoção de um reator anaeróbio, seguido de um filtro biológico percolador, em Quirinópolis.

A operação insatisfatória e a falta de manutenção do sistema de tratamento podem dificultar a prática segura do reúso. Por isso, o INTERÁGUAS (2017) incluiu nas suas recomendações os seguintes parâmetros: DBO <30 mg/L, pH entre 6 e 9, coliformes termotolerantes <10³UFC/100mL, menos de 1 ovo/L de Helminto e cloro residual livre >1 mg/L, representados na Fig. 3 pelas linhas tracejadas. O parâmetro cloro é utilizado para demonstrar a eficiência da desinfecção em sistemas que realizam a desinfecção por cloração (INTERÁGUAS, 2017).

Os dados de qualidade do esgoto sanitário tratado para os municípios de Aparecida do Rio Doce, Caçu, Lagoa Santa e Quirinópolis, estão apresentados na Fig. 3. O monitoramento da ETE desses municípios não contempla a análise de ovos de helmintos e cloro residual livre, portanto esses parâmetros não puderam ser avaliados. Não foi possível a obtenção de dados de qualidade para os demais municípios que apresentam ETE na UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba (Chapadão do Céu, Jataí e Paranaiguara).

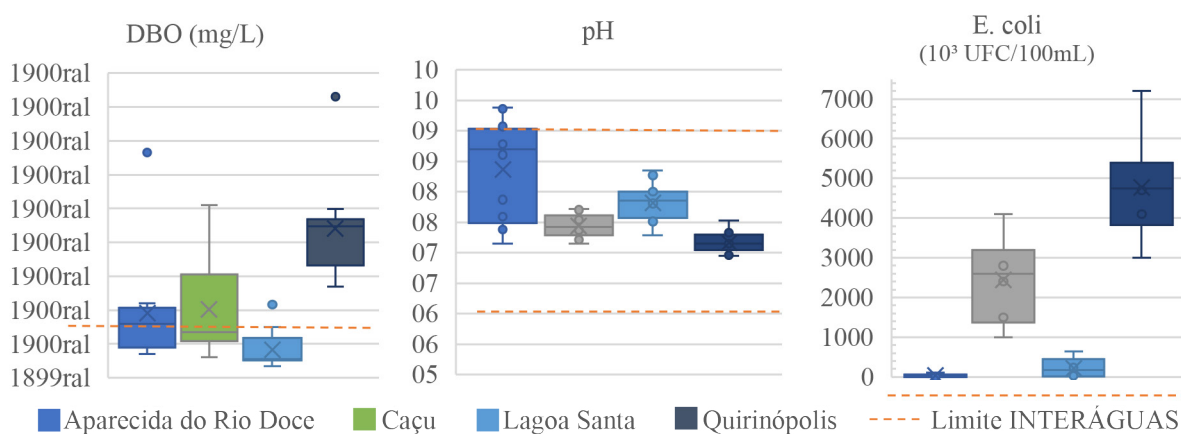


Figura 3 - Qualidade do esgoto sanitário tratado das ETEs

Conforme observado na Fig. 3 e na Tabela 5, o desempenho das ETEs é satisfatório para lançamento em corpo d'água, de acordo com o que preconiza a Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011), com pH entre 6 e 9 e eficiência mínima na remoção de DBO de 60%. Entretanto, quando avaliado o potencial qualitativo de reúso, observa-se que somente o parâmetro pH foi atendido nas ETEs analisadas.

As ETEs dos municípios da Fig. 3 apresentaram amostras com concentração de DBO acima dos limites especificados para reúso agrícola restrito. Contudo, segundo PROSAB (2006), as concentrações de SS no esgoto tratado são uma consequência das técnicas de tratamento empregadas e, no caso das lagoas de estabilização, os sólidos em suspensão, que também influenciam a DBO, podem ser constituídos da biomassa presente no corpo líquido, portanto esses parâmetros apresentam concentrações mais elevadas (eficiências de remoção baixas).

Para reúso agrícola restrito se utiliza o parâmetro de *E. coli* para avaliar a qualidade microbiológica, que, nesse caso, apresentou valores na ordem de 10^6 UFC/100mL para a ETE dos municípios de Caçu e Quirinópolis, 1000 vezes acima do limite estabelecido pelo INTERÁGUAS (2017). Entretanto, segundo o próprio documento, caso existam ações de controle de risco de contato com a água de reúso, esse parâmetro poderá ser dispensado.

Bevilacqua et al. (2003) verificaram que pastagens irrigadas com esgoto sanitário tratado com *E. coli* na ordem de 10^6 UFC/100mL e presença de Salmonela não resultaram em risco à saúde dos animais que se alimentaram da forrageira (pastagem), tampouco resultou no comprometimento do leite de caprinos ou da carne de abate de bovinos.

Como os sistemas de tratamento de algumas ETEs da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo

Paranaíba possuem lagoa de maturação, recomenda-se utilizar essa unidade para a desinfecção. Além disso, como a água utilizada para reúso agrícola, mesmo de culturas não alimentícias, pode entrar em contato com seres humanos, optou-se por não indicar a cloração, uma vez que a presença de cloro em água com matéria orgânica leva à formação de subprodutos com efeitos comprovadamente prejudiciais à saúde humana (DUARTE; RODRIGUES, 2020).

Para atender aos limites microbiológicos para reúso agrícola restrito, segundo INTERÁGUAS (2017), é necessário que o sistema possua uma melhor eficiência, que pode ser alcançada com a adoção de algumas medidas. Segundo Von Sperling (2006), altos valores de pH favorecem a atividade fotossintética e a elevada concentração de OD favorece a comunidade aeróbia, mais eficiente na remoção de microrganismos, além de aumentar a taxa de remoção por outros mecanismos, como a foto-oxidação.

Outro aspecto que promove a maximização da eficiência de remoção de patógenos nas lagoas de maturação, segundo Von Sperling (2006), é a utilização de lagoas em série ou a adoção de chicanas em uma única lagoa e a recirculação de uma porção do efluente final para o início do processo. Sabe-se, ainda, que o desempenho da lagoa de maturação está essencialmente relacionado ao afluente clarificado, portanto recomenda-se a adoção de sistemas que promovam a retirada dos sólidos, como processos físico-químicos ou de filtração.

A melhoria nos sistemas de tratamento de cada ETE vai depender da qualidade final do esgoto sanitário tratado, necessária para atender à qualidade especificada no instrumento regulador. Nesta pesquisa, utilizaram-se as diretrizes propostas no INTERÁGUAS (2017), contudo, existem diferentes instrumentos no Brasil, com parâmetros mais ou menos restritivos.

A adoção de critérios muito restritivos dificulta a aplicação de reúso de água, uma vez que as ETEs deverão passar por adequações dispendiosas. Por outro lado, padrões baseados em avaliação de risco microbiológico, a partir de uma metodologia que avalia as particularidades de cada projeto, possibilitarão que as ETEs realizem o reúso com alterações na infraestrutura, uma vez que o sistema de tratamento existente pode produzir esgoto sanitário que atenda aos limites aceitáveis de risco à saúde pública, aumentando a confiabilidade do público em utilizar a água para reúso.

3.4 Potencial econômico do reúso de água

Segundo a Deliberação nº 115 (CBH PARANAÍBA, 2020), o preço público de cobrança para captação de água para irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba é de 0,0045 R\$/m³.

Segundo Tabela SINAPI (2021), o custo do caminhão pipa é de R\$19,4700m⁻³h⁻¹, que multiplicado pelo tempo, em horas (h), retorna o custo, em R\$/m³, do transporte da água de reúso entre a ETE e o local de aplicação do reúso, para os raios de 1, 3 e 5km no entorno das ETEs, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Custo de transporte entre local de oferta e aplicação do reúso de água

D (km)	V (km/h)	T (h)	Custo (R\$/m ³)
1	60	0,0166	0,3245
3	60	0,0500	0,9735
5	60	0,0833	1,6225

O custo de transporte é proporcional ao deslocamento. Assim, quanto maior a distância entre o ponto de utilização da água de reúso e o ponto de produção (ETE), maiores são os custos envolvidos na aplicação do reúso.

No caso da presente pesquisa, o custo de transporte (Tabela 6) foi bem superior ao custo com

a cobrança pelo uso da água para agricultura (0,0045R\$/m³), o que torna o projeto de reúso de água na UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba pouco atrativo, economicamente.

Essa realidade se apresenta em um local com disponibilidade hídrica e com um valor de cobrança pelo uso da água irrisório, mas vale a pena questionar qual seria o custo de não ter água para a agricultura, uma vez que, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é para o consumo humano e a dessedentação de animais, segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Apesar de um dos objetivos da cobrança pelo uso da água ser estimular o investimento em projetos e ações de despoluição e de reúso de água, os baixos valores adotados ocasionam o contrário. Essa problemática também foi observada por Araújo et al. (2020), em estudo realizado na bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, e reflete como o instrumento de gestão dos recursos hídricos de cobrança pelo uso da água aplicado no Brasil ainda necessita de grandes ajustes.

A cobrança pelo uso da água é um instrumento de gestão hídrica, especificado na Política Nacional de Recursos Hídricos, (BRASIL, 1997), que deve ter aceitação popular por meio do Comitê de Bacia. Assim, historicamente, têm se adotado, no Brasil, valores mais baixos para a cobrança. Contudo, o montante arrecadado não é compatível com os desafios socioambientais aos quais esses locais estão sujeitos, o que coloca em risco o funcionamento do sistema de gerenciamento de recursos hídricos (ANA, 2021b).

Mas, mesmo que os recursos oriundos da cobrança não possam ser responsáveis sozinhos pelo enfrentamento dos desafios, a sua esperada consolidação e aplicação com valores condizentes e atualizados deve efetivá-la como um instrumento de gestão que, de fato, promova a conscientização e promoção da racionalização

dos usos da água, com incentivos para projetos e ações que diminuam a degradação ambiental e favoreçam o uso seguro da água.

4 CONCLUSÕES

Devido à extensão das áreas irrigáveis no entorno das ETEs dos municípios da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba (Goiás/Brasil), a aplicação do reúso agrícola pode ser uma alternativa para aliviar as pressões hídricas a que essas regiões estão sujeitas. Com o reúso, a retirada de água dos mananciais é menor, além de disponibilizar água para fins mais nobres.

Apesar de menos da metade dos municípios da UPGRH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba possuir ETE e contar com um baixo índice de coleta e tratamento de esgoto (o que gera baixas ofertas), a aplicação do reúso agrícola é possível, atendendo a grande parte da demanda necessária no raio de 1km. Para os municípios que desejem aumentar o percentual de atendimento, sugere-se a reservação da água de reúso no período do ano sem demanda.

Caso o documento Interáguas fosse regulador e mandatário, as ETEs precisariam otimizar o sistema de tratamento para que a qualidade final dos esgotos fosse compatível com o uso pretendido de reúso agrícola restrito. Para que o esgoto se enquadre, recomenda-se que sejam realizadas nas ETEs manutenções no sistema, controle de pH e oxigênio dissolvido nas lagoas de maturação, além da inclusão de um sistema de clarificação anterior à lagoa de maturação.

Sugere-se que a adoção dos critérios de qualidade seja analisada caso a caso, sendo respaldada por metodologia de avaliação de risco microbiológica sobre a saúde humana. Essa ação permite que a aplicação do reúso seja realizada de forma segura, facilitando a aceitação do público.

Verificou-se que, apesar de o reúso de água, bem como outras medidas para proteção dos recursos hídricos, ser objetivo propostos para a cobrança pelo uso da água no Brasil, na realidade os projetos de reúso se tornam pouco atrativos, economicamente, quando comparados com os baixos valores cobrados pelo uso da água. No Brasil, esse instrumento ainda necessita de grandes ajustes para que, de fato, promova a conscientização e racionalização dos usos da água, com incentivos para projetos e ações que diminuam a degradação ambiental.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

6 REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.969**. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2017. 88 p. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 de fev. 2021.
- _____. **Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília: ANA, 2021a. 86 p. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c>> Acesso em: 15 de mar. 2021
- _____. **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2021b. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/cobranca/historico-da-cobranca>>. Acesso em: 22 maio 2021.
- ANGELAKIS, A.; ASANO, T.; BAHRI, A.; JIMÉNEZ, B.; TCHOBANOGLIOUS, G. Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future. **Frontiers in Environmental Science**, v. 6, n. 26, 2018. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00026>
- ARAÚJO, B. M.; SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. M.; SOARES, S. R. A.; PERDIGÃO, C. A.; MELO, M. C. Avaliação do potencial de reúso de efluentes de ETE em áreas irrigadas da bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu com vistas a universalização. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 49, p. 179-191, 2020. <https://doi.org/10.15202/1981896.2019v24n49p179>

ARAÚJO, B. M.; SANTOS, A. S. P.; SOUZA, F. P. Comparativo econômico entre o custo estimado do reúso do efluente de ETE para fins industriais não potáveis e o valor da água potável para a região sudeste do Brasil. **Exatas & Engenharia**, v. 7, n. 17, p. 51-61, 2017. <https://doi.org/10.25242/885X71720171091>. Disponível em: <https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/view/1091>. Acesso em 21 de out de 2023.

BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X.; CORAUCI FILHO, B. MELO, H. N.; ANDRADE NETO, C. Alimentação animal com produtos irrigados com esgotos sanitários. In: BASTOS, R. K. X. (coord) **Utilização de esgotos tratados em irrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003, p. 224-246. (Projeto PROSAB).

BRASIL. **Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, 1997.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430/2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 2011.

CBH PARANAÍBA. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (Brasil). **Deliberação nº 115, de 19 de agosto de 2020**. Dispõe sobre a atualização dos mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União na bacia hidrográfica do rio Paranaíba e dá outras providências.

DUARTE, A. S.; RODRIGUES, F. M. Avaliação do risco para a saúde devido à presença de trihalometanos na água de abastecimento. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 35-49, 2020. <https://doi.org/10.9771/gesta.v8i1.35287>

FAO. Food and Agriculture Organization. **FAOCLIM**. Disponível em: <<http://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1028000/>> Acesso em: 18 de mar. 2021.

HAANDEL, V. A.; SANTOS, S. L.; PAIVA, F. V. Aplicação do sistema UASB-lagoas de polimento para o tratamento de esgoto visando ao reúso agrícola ou industrial ou à proteção de recursos hídricos. **Revista DAE**, São Paulo, v. 69, n. 229, p. 173-19, 2021. <https://doi.org/10.36659/dae.2021.027>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabelas: Resultados do Universo - **Características da População e dos Domicílios**. IBGE, 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censodemografico/demografico-2010/universo-caracteristicas-da-populacao-e-dosdomicilios>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

INTERÁGUAS (2017). Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. **Produto III - Critérios de Qualidade da Água de Reúso**. Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil. 2017.

LIMA, M. A. M.; SANTOS, A. S. P.; AVELAR, P. S.; SILVA JUNIOR, L. C. S., ARAÚJO, B. M.; GONÇALVES, R. F.; VIEIRA, J. M. P. Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 04 – desafios tendências. **Gesta**, v. 9, n. 2, p. 55-70, 2021. <https://doi.org/10.9771/gesta.v9i2.43712>

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil**. Coleção Anual 5.0 – Cerrado e Mata Atlântica. Brasil, 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 16 de mar. 2021.

MELO, M. C.; SANTOS, A. S. P.; SANTOS, N. A. P.; ARAÚJO, B. M.; OLIVEIRA, J. R. S.; CAMPOS, A. R. Evaluation of potential use of domestic treated effluents for irrigation in areas subject to conflicts over water use in Paracatu river basin. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 75, p. 52-63, 2020. <https://doi.org/10.14393/RCG217550442>

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4 ed. Nova York, USA: McGraw-Hill Higher Education, 2003.

RICHTER, L. A. Irrigação de pastagens. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. (Ed.). **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. Cap. 17.

PROSAB. **Reúso de água de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim**, 2006. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Esgoto-Prosab_-_final.pdf>. Acesso em: 20 de jul de 2021.

SANEAGO. (2019). **Saneamento de Goiás**. Dados de qualidade do efluente tratado.

SANTOS, A. S. P.; GONÇALVES, R. F.; MELO, M. C.; ARAÚJO, B. G. 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, jun. a dez., 2020. <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2020.48976>.

SEMAD. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Goiás). Planos De Recursos Hídricos das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Goiás Afluentes ao Rio Paranaíba. **Diagnóstico da UPRGH dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba – Produto 2**. 2020. Disponível em: <http://pbapgo.meioambiente.go.gov.br/?page_id=1445>. Acesso em: 22 de fev. 2021.

_____. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Goiás (PERH-GO)**. 2016. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2016-01/p05_plano_estadual_de_recursos_hidricos_revfinal2016.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2021.

_____. **Manual Técnico de Outorga**. 1º Versão. Goiás, 2012. Disponível em: <<https://www.meioambiente.go.gov.br/images/>>

imagens_migradas/upload/arquivos/2015-07/manual_tecnico_de_outorga_versao_01.pdf> Acesso em: 18 de mar. 2021.

SHOUSHARIAN, F.; NEGAHBAN-AZAR, M. Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review. **Water**, v. 12, n. 4, p. 971, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12040971>.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646> Acesso em: 20 de mar. 2021.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lagoas de estabilização**, v. 3. 2. ed. ampliada. Belo Horizonte (MG): DESA/UFMG, 2006. 196 p.