



**Universidade Federal de Itajubá**

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas



Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos  
**PROFÁGUA**

André Leal Rodrigues

**Avaliação de alternativas para o reúso de água no município de Guanhães -  
MG**



Itabira - Minas Gerais

2023

André Leal Rodrigues

**Avaliação de alternativas para o reúso de água no município de Guanhães-MG**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá. Área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo de Aguiar do Couto  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

---

Prof. Dr. Roberto César de Almeida Monte-Mor  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

---

Prof. Dr. Iván Andrés Sánchez Ortiz  
Universidad de Nariño – UDENAR

---

Itabira – Minas Gerais

2023

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, irmãs e minha noiva, que acreditaram e me apoiaram durante toda a trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha família, e minha noiva pelo apoio e companheirismo; À educação pública, gratuita e de qualidade; Aos docentes e toda equipe do PROFÁGUA pela dedicação e alto nível dos ensinamentos. Agradeço à UNIFEI e à cidade de Itabira pela infraestrutura e acolhida aos alunos; Aos colegas da turma 2021, que se tornaram amigos; Ao professor Eduardo de Aguiar do Couto pela orientação e ensinamentos; Ao SAAE Guanhães e meus colegas de trabalho pelo apoio. A todos que me ajudaram: Muito Obrigado!

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

A água de boa qualidade é como a saúde  
ou a liberdade: só tem valor quando acaba.

*Guimarães Rosa.*

## RESUMO

RODRIGUES, André Leal. **Avaliação de alternativas para o reúso de água no município de Guanhões-MG**. 2023. 74 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2023.

O reúso de água para fins urbanos, agrícola e industrial, já é uma realidade em muitos países e tem grande potencial de se consolidar no Brasil, sobretudo nos centros urbanos, onde o estresse hídrico é cada vez mais constante, como é o caso do município de Guanhões/MG. Diante deste cenário, o objetivo do trabalho é avaliar o potencial para o reúso de água no município, utilizando o esgoto tratado proveniente da estação de tratamento de esgoto existente na cidade, operada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guanhões - SAAE. Para desenvolvimento do trabalho foi realizada pesquisa de aceitabilidade da população, levantamento de demandas e avaliação econômica para implantação de reúso. Além disso, as características do esgoto tratado foram comparadas com os valores apresentados na Deliberação Normativa do CERH nº 65. O SAAE Guanhões disponibilizou resultados de análises de *E. coli*, pH, condutividade elétrica e vazão. As análises complementares para ovos viáveis de helmintos e razão de adsorção de sódio foram realizadas por meio da coleta do efluente tratado na estação e envio a laboratório especializado para obtenção dos resultados. Verificou-se que o nível de contato humano com o efluente tratado, mostrou ser crucial para determinar a aceitabilidade do reúso e que as pessoas do município, em sua maioria, consideram o reúso de água vantajoso. A qualidade do efluente tratado, permitiu identificar positivamente o potencial de reúso tanto na modalidade de reúso urbano quanto agrossilvipastoril. Por meio da análise econômica, pode-se concluir que o transporte via caminhão pipa seria interessante para demandas com distâncias máximas de até 15 km, onde os valores necessários para o transporte são menores que os valores referentes a água potável.

Palavras-chave: Análise econômica; esgoto tratado; estresse hídrico; reúso de água.

## ABSTRACT

RODRIGUES, André Leal Rodrigues. **Evaluation of alternatives for water reuse in the municipality of Guanhaes-MG**. 2012. 74 f. Dissertation (Professional Master's Degree in National Network in Management and Regulation of Water Resources - PROFÁGUA), Institute of Pure and Applied Sciences, Federal University of Itajuba, Campus de Itabira, Itabira, Minas Gerais, 2023.

The reuse of water for urban, agricultural and industrial purposes is already a reality in many countries and has great potential to be consolidated in Brazil, especially in urban centers, where water stress is increasingly constant, as is the case of the municipality from Guanhaes/MG. Given this scenario, the objective of this work is to evaluate the potential for water reuse in the municipality, using treated sewage from the existing sewage treatment plant in the city, operated by the Autonomous Water and Sewage Service of Guanhaes - SAAE. For the development of the work, a research was carried out on the acceptability of the population, a survey of demands and an economic evaluation for the implementation of reuse. In addition, the characteristics of the treated sewage were compared with the values presented in the Normative Deliberation of CERH nº 65. SAAE Guanhaes provided analysis results for *E. coli*, pH, electrical conductivity and flow. Complementary analyzes for viable helminth eggs and sodium adsorption ratio were carried out by collecting the effluent treated at the station and sending it to a specialized laboratory to obtain the results. It was verified that the level of human contact with the treated effluent proved to be crucial to determine the acceptability of the reuse and that the people of the municipality, for the most part, consider the reuse of water advantageous. The quality of the treated effluent made it possible to positively identify the reuse potential both in urban and agrosilvopastoral reuse. Through economic analysis, it can be concluded that transport via water truck would be interesting for demands with maximum distances of up to 15 km, where the values required for transport are lower than the values referring to drinking water.

Keywords: Economic analysis; treated sewage; hydric stress; water reuse.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Esquema genérico de tratamento de águas residuárias .....	16
Figura 2: Lagoas Facultativas ETE Guanhães.....	18
Figura 3: Esquema genérico dos tipos de reúso .....	20
Figura 4: Etapas que compõem a metodologia do trabalho.....	28
Figura 5: Mapa de localização do município de Guanhães/MG .....	32
Figura 6: Mapa de localização do município de Guanhães/MG .....	46
Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do ribeirão Graipú.....	47
Figura 8: Valores médios de <i>E. coli</i> (fevereiro/2020 a abril/2022).....	55
Figura 9: Esquema de reúso de água .....	57
Figura 10: Mapa de abrangência das distâncias viáveis do município de Guanhães .....	60
Figura 11: Valores cobrados para uma distância de 10 km.....	61
Figura 12: Valores cobrados para uma distância de 15 km.....	61

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Comparação entre os padrões de reúso adotados pelas legislações estaduais brasileiras com outras fontes disponíveis para reúso urbano. ....	26
Tabela 2: Comparação entre os padrões de reúso adotados pelas legislações estaduais brasileiras com outras fontes disponíveis para reúso agrícola e florestal.....	26
Tabela 3: Tamanho da amostra para aplicação de questionários.....	34
Tabela 4: Levantamento demográfico e socioeconômico dos entrevistados.....	35
Tabela 5: Conhecimento e percepção da reutilização de águas residuárias. ....	37
Tabela 6: Regressão logística binária. ....	39
Tabela 7: Parâmetros para reúso urbano.....	49
Tabela 8: Parâmetros para reúso agrossilvipastoril. ....	49
Tabela 9: Tarifas de água e esgoto SAAE Guanhães. ....	51
Tabela 10: Demanda urbana e agrossilvipastoril para reúso. ....	52
Tabela 11: Volume de efluente tratado na ETE Guanhães.....	53
Tabela 12: Resultados de análises de efluente tratado ETE Guanhães. ....	54
Tabela 13: Resultado de análise mensal para ovos viáveis de helmintos.....	56
Tabela 14: Relação de custo do transporte com caminhão pipa fornecido pelo SINAPI/Minas Gerais.....	58
Tabela 15: Tempo de transporte do caminhão pipa em função de diferentes distâncias e estimativa do custo do transporte para cada m <sup>3</sup> .....	58
Tabela 16: Comparação entre os custos da água potável e os de transporte da água de reúso.	59
Tabela 17: Variação dos valores de transporte de água de reúso na categoria pública. ....	61

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Parâmetros máximos para reúso de água para diferentes usos, segundo NBR 13969/1997.....	23
Quadro 2: Leis, decretos e ementas em estados e municípios da federação. ....	25

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CE – Ceará

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DN – Deliberação Normativa

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

EUA – Estados Unidos da América

h – Hora

ha – Hectare

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

kg – Quilograma

km – Quilômetro

km/h – Quilômetro por hora

MG – Minas Gerais

m<sup>3</sup> – Metro cúbico

m<sup>3</sup>/h – Metro cúbico por hora

NBR – Norma Técnica Brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

OR – Razão de chances

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

RAS – Razão de Adsorção de Sódio

R\$/hora – Reais por hora

R\$/m<sup>3</sup>.min – Reais por metro cúbico minuto

R\$/10 m<sup>3</sup>.h – Reais por dez metros cúbicos hora

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SDH – Sólidos Dissolvidos Totais

SINAPI – Sistema Nacional de pesquisa de custos de Índices da Construção Civil

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

SP – São Paulo

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TDH – Tempo de Detenção Hidráulica

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	OBJETIVOS.....	15
2.1.	Geral.....	15
2.2.	Específicos.....	15
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Tratamento de águas residuárias.....	16
3.2	Lagoas de estabilização em estações de tratamento de esgoto sanitário.....	17
3.3	Reúso de água.....	19
3.4	Aspectos legais relacionados ao reúso de água.....	22
4.	ETAPAS DA PESQUISA.....	27
5.	AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DE MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE PARA O REÚSO DE ÁGUA.....	29
5.1	INTRODUÇÃO.....	30
5.2	METODOLOGIA.....	31
5.2.1	Área de estudo.....	31
5.2.2	Avaliação da percepção da população para reúso de água.....	32
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.4	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41
6.	ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA DEMANDA POR ÁGUA DE REÚSO E ANÁLISE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DA PRÁTICA EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE.....	43
6.1	INTRODUÇÃO.....	44
6.2	METODOLOGIA.....	45
6.2.1	Área de estudo.....	45
6.2.2	Levantamento da demanda de água para reúso.....	48

6.2.3	Avaliação de requisitos de qualidade .....	48
6.2.4	Avaliação econômica.....	50
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
7.1	Demanda e qualidade do efluente para reúso .....	52
7.2	Avaliação econômica para o reúso de água .....	57
8.	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS .....	64
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	67
	REFERÊNCIAS .....	68
	APÊNDICE A - Questionário: Reúso de água .....	71

## 1. INTRODUÇÃO

O estresse hídrico é um dos fatores agravantes do quadro sanitário, ambiental, econômico e social. A má distribuição de água, tanto espacial quanto temporal, já atinge os maiores centros urbanos. Portanto, é necessário priorizar as águas de boa qualidade para o consumo humano, devido à sua importância na sobrevivência e qualidade de vida da população.

Várias regiões vêm passando por períodos de estresse hídrico, como exemplo, várias regiões do Nordeste do Brasil passaram por seguidos períodos de escassez de chuvas e consequente redução do nível dos reservatórios (SANTOS, 2020). O crescimento populacional das cidades faz com que aumente a demanda por água, para os seus diversos usos, sejam eles doméstico, paisagístico ou industriais. Nesse sentido, o reúso de água pode fornecer alternativas de abastecimento e reduzir os impactos ambientais do lançamento de águas residuárias não tratadas em corpos d'água superficiais (MASSOUD *et al.*, 2018).

Há diversas experiências consolidadas em grandes empresas, como a Cetrel, a Petrobras, a Fiat Chrysler e a Santista, utilizando águas de reúso em substituição às suas fontes convencionais de abastecimento (LIMA, 2018). Em Minas Gerais tem-se o exemplo da estação de tratamento de esgoto – ETE Ibitaré, onde o reúso é utilizado em processos industriais (SOUZA *et al.*, 2019).

Atualmente, a prática do reúso dos efluentes tratados em estações de tratamento de esgoto não é tão ampla. Um dos fatores que pode contribuir para isso é a falta de disseminação das informações e do conhecimento a respeito das condições de segurança da prática, em concordância com a característica do efluente disponibilizado. A falta de disseminação de informações prejudica as tomadas de decisões dos gestores municipais e pode comprometer a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Em uma realidade onde boa parte da população sequer possui coleta de esgoto, avalia-se que os investimentos em saneamento básico sejam direcionados para expansão e universalização desses serviços, sendo que o reúso também pode ser priorizado por se constituir em alternativa estratégica de fonte de água, aumentando a segurança hídrica. A implementação do reúso de águas residuárias em município que sofre com a falta d'água em períodos de seca, como é o caso do município de Guanhães, pode melhorar a gestão dos recursos hídricos, disponibilizando uma alternativa de fonte de água para usos menos nobres, especialmente em épocas de maior escassez hídrica e/ou dificuldades de abastecimento pelo sistema

convencional. Conseqüentemente, a prática do reúso poderá reduzir as crescentes pressões sobre o uso dos mananciais e sistemas existentes, postergando alguns investimentos necessários para ampliação dos sistemas convencionais de abastecimento de água.

Entretanto, alguns aspectos contribuem para o atual estágio de utilização e resistência ao reúso, e que devem ser trabalhados para a sua implementação. Entre os aspectos mais importantes, pode ser citado a possibilidade de falta de conhecimento da população e cultura de reúso, sendo importante que o reúso seja realizado com a participação da comunidade, e para isso, ela precisa estar ciente da prática.

Visando o fortalecimento e o aperfeiçoamento da gestão dos recursos hídricos da região, a meta geral do presente estudo é contribuir com a sustentabilidade, proporcionando subsídios para a implementação do reúso como alternativa de abastecimento de água não potável em município de pequeno porte. Este trabalho auxiliará os órgãos ambientais e os gestores municipais, em termos de diretrizes para incentivo, investimentos e implantação do reúso de águas residuárias para atendimento às demandas menos restritivas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial para reúso de água no município de Guanhães, MG.

### **2.2. Específicos**

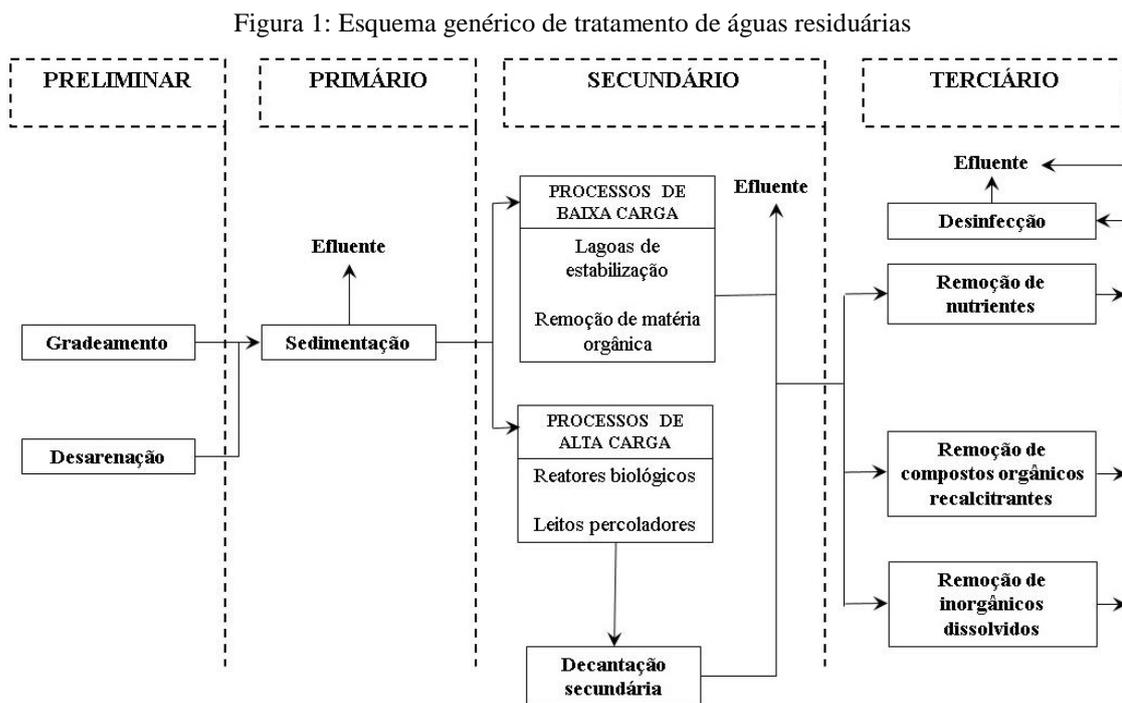
- Verificar a percepção da população com relação ao reúso de água.
- Realizar análise quantitativa e qualitativa da demanda por água de reúso no município de Guanhães.
- Realizar análise econômica para implantação de reúso em município de pequeno porte.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Tratamento de águas residuárias

As águas residuárias municipais podem incluir contribuições de fontes domésticas e industriais, infiltrações e, em alguns casos, contribuição de água pluvial. A quantidade e qualidade de água residuária varia entre municípios dependendo do número de estabelecimentos domésticos, comerciais e industriais, e das condições das redes coletoras existentes.

Os níveis de tratamento de águas residuárias são geralmente classificados como: preliminar, primário, secundário e terciário. Um esquema generalizado de tratamento de águas residuárias é apresentado na Figura 1.



Fonte: Adaptado de Alves (2008)

O tratamento preliminar das águas residuárias consiste na remoção de constituintes do efluente que podem causar problemas de manutenção e operação nos tratamentos subsequentes, como exemplo os conjuntos moto-bombas das elevatórias. Os exemplos mais comuns são: gradeamento para a remoção de sólidos grosseiros e as caixas de areia (desarenação) para a remoção de sólidos em suspensão de elevada sedimentabilidade.

O tratamento primário permite a remoção de sólidos orgânicos e inorgânicos sedimentáveis por meio de mecanismos físicos, como a sedimentação. Há a remoção de uma fração dos sólidos e da matéria orgânica em suspensão (BENINI *et al.*, 2018). O tratamento primário é pouco eficaz na remoção da maior parte dos organismos presentes no esgoto e, particularmente, no que diz respeito aos vírus. Geralmente, o tratamento primário é considerado um precursor do tratamento secundário, não sendo, por si só, considerado adequado para reutilização.

O tratamento secundário utiliza um tratamento biológico aeróbio ou anaeróbio, para a remoção de matéria orgânica. Dentre os diferentes sistemas, as lagoas de estabilização têm sido consideradas uma opção para o tratamento adequado de esgoto de regiões em desenvolvimento em todo o mundo. Além de ser uma tecnologia de tratamento simples e de baixo custo, os efluentes e os lodos produzidos nas lagoas também podem ser valorizados para reúso na agricultura e na aquicultura, de acordo com as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2006). Essa valorização pode ser um componente primordial para a sustentabilidade operacional a longo prazo de ETE's em municípios que utilizam esse tipo de tratamento (CUTOLO, 2009).

Já o tratamento terciário, é definido como o tratamento adicional necessário para a remoção de substâncias suspensas e dissolvidas, remanescentes após o tratamento secundário convencional. Estas substâncias podem ser matéria orgânica recalcitrante, organismos patogênicos, sólidos em suspensão, nutrientes ou podem variar desde compostos inorgânicos simples, tais como cálcio, potássio, sulfato, nitrato e fosfato, até um elevado número de compostos orgânicos sintéticos (METCALF e EDDY, 2003).

A necessidade de tratamento terciário, é justificada pelo incremento do conhecimento científico relativo aos constituintes existentes no efluente sanitário, que não são normalmente removidos por processos de tratamento secundário convencionais, tendo efeitos negativos no meio ambiente e na saúde pública.

### **3.2 Lagoas de estabilização em estações de tratamento de esgoto sanitário**

As lagoas de estabilização constituem-se como o sistema mais simples e amplamente utilizado para o tratamento de esgoto. Existem diversos tipos de lagoas com diferentes níveis de simplicidade operacional e necessidade de requisitos de área. Em linhas gerais são bastante indicadas para regiões de clima quente, com altas temperaturas e insolação elevada, e para

países em desenvolvimento, pois tem necessidade de poucos ou quase nenhum equipamento e disponibilidade de grandes áreas disponíveis (VON SPERLING, 2019).

Dentre os tipos de lagoas de estabilização, a lagoa facultativa (Figura 2) é a de processo mais simples, dependendo exclusivamente de fenômenos naturais. O afluente entra de forma contínua em uma das margens da lagoa e sai continuamente na margem oposta e durante esse percurso, de vários dias, ocorre um conjunto de processos que promove o tratamento do esgoto. Na estabilização da matéria orgânica, as bactérias consomem oxigênio em sua respiração e produzem gás carbônico. Já as microalgas realizam fotossíntese e produzem oxigênio e consomem gás carbônico, tendo assim um equilíbrio simbiótico. Entretanto, se tudo ocorrer bem, as microalgas tendem a crescer, ocorrendo uma maior produção de oxigênio.

Figura 2: Lagoas Facultativas ETE Guanhães



Fonte: SAAE (2023)

As lagoas facultativas podem ser do tipo convencional ou aeradas. Ambas possuem o mesmo processo de tratamento, diferindo apenas no tipo de aeração. Nas lagoas convencionais o oxigênio dissolvido no meio é produzido por meio da fotossíntese realizada pelas algas, enquanto que nas aeradas o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, e ambas possuem as zonas aeróbias e anaeróbias (SALLES, 2019). As lagoas facultativas possuem eficiência na remoção da  $DBO_5$ , entre 70% e 90% (OLIVEIRA *et al.*, 2021), e podem ser separadas em lagoas

facultativas primárias, quando recebem efluente bruto, ou lagoas secundárias, quando recebem esgoto de sistemas anaeróbios. Esse tipo de sistema costuma ser utilizado em conjunto com outras lagoas de tratamento, formando sistema de estabilização, que conferem uma maior eficiência na remoção da matéria orgânica. Para determinar a real eficiência das lagoas, deve-se utilizar a DBO filtrada, uma vez que na utilização da DBO bruta, a presença de algas pode aumentar os valores da concentração final, mascarando a real eficiência do tratamento (ORTIZ e MATSUMOTO, 2012). Devido à eficiência do tratamento, o efluente antes de retornar ao meio ambiente pode ser reutilizado.

As lagoas de maturação (ou de polimento) são lagoas aeróbias com oxigênio dissolvido em todo o meio líquido (VON SPERLING, 2019). São sistemas de pós-tratamento utilizados no tratamento de efluentes previamente tratados, tendo como objetivo a remoção de organismos patogênicos, nitrogênio e fósforo. Possui uma eficiência em torno de três unidades logarítmicas na remoção de *E. Coli* do efluente (OLIVEIRA *et al.*, 2021). A combinação mais utilizada desse tipo de lagoa é um conjunto com lagoas anaeróbias e facultativas.

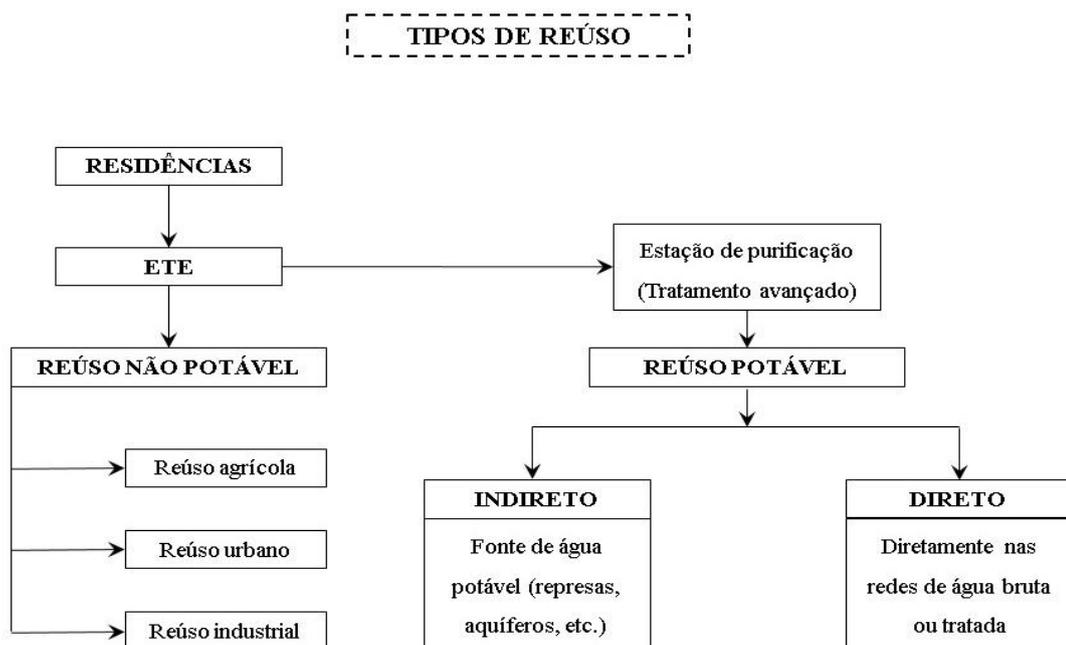
Há várias possíveis formas de se melhorar a qualidade visual do efluente de lagoas, visando principalmente uma remoção dos sólidos em suspensão (algas), citando-se entre outros: filtros de areia intermitentes, filtros de pedra, micropeneiras, lagoas com macrófitas flutuantes, aplicação em solos com gramíneas, alagados construídos, processos de coagulação e clarificação, flotação e biofiltros aerados. Entretanto, a inclusão de qualquer um desses processos deve naturalmente encontrar uma justificativa do ponto de vista das necessidades do corpo receptor e do reúso do efluente para os casos de necessidades mais restritivas, e não apenas para resguardar padrões de lançamento, por implicar na elevação dos custos e da complexidade do tratamento.

### **3.3 Reúso de água**

As águas residuárias antes de retornarem ao meio ambiente podem ser reutilizadas. Embora as experiências de reúso de água estejam aumentando sistematicamente ao longo das últimas décadas, especialmente nos Estados Unidos, China e África do Sul, a aceitação pública da prática ainda é polêmica (FUKASAWA e MIERZWA, 2020). A reutilização não potável pode ser um passo importante e necessário para subsidiar a implementação de futuros esquemas de reutilização potável direta ou indireta em grande escala, focando o conceito de gestão integrada da água e aumento das tradicionais fontes de água.

A reutilização ou o reúso de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos, devido à grande necessidade de se manter o pouco de água potável disponível. As águas residuárias são provenientes da utilização em várias atividades domésticas e industriais, como por exemplo: proveniente de banhos, lavagem de louças de cozinha, lavagem de pavimentos domésticos, resultantes de processos de fabricação na indústria, etc. O reúso de efluentes pode ocorrer em fins potáveis e não potáveis (Figura 3). O reúso potável incorre em altos custos e riscos à saúde pública e sua prática, geralmente, fica condicionada a situações de extrema escassez. O reúso em fins não potáveis pode ocorrer nas seguintes atividades: agricultura, atividades recreacionais, industrial, aquicultura, paisagismo, recarga de aquíferos e manutenção de vazão dos cursos d'água (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Figura 3: Esquema genérico dos tipos de reúso



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A reutilização de água pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não. O reúso indireto não planejado da água ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Neste caso, após ser descarregada no corpo hídrico, a água segue até o ponto de captação para o novo usuário, estando sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico como diluição e autodepuração. Já o reúso indireto

planejado da água é quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas que pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho.

O reúso direto planejado das águas ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente.

Em muitos países da região do Mediterrâneo, caracterizados por frequentes períodos de seca, a produção agrícola ocorre com déficit de água ou em condições que causam o esgotamento dos recursos hídricos existentes. Nestas áreas, a reutilização de águas residuárias recuperadas para irrigação de culturas é uma alternativa que contribui para mitigar ou diminuir o estresse hídrico, apoiar o setor agrícola e proteger as águas subterrâneas (LIBUTTI *et al.*, 2018).

Em operação desde o início da década de 1990 na Califórnia, a Unidade de Reciclagem de Água “Edward Little” é a maior instalação de reciclagem de água/efluente dos Estados Unidos, produzindo 1,75 m<sup>3</sup>/s para atender a cinco tipologias de demandas, incluindo usos industriais, potáveis e não potáveis e irrigação (PIERONI, 2016).

A companhia de Saneamento de São Paulo (SABESP) adota o reúso de água de forma pioneira desde de 1998, com a transformação da estação de tratamento de esgotos convencionais, ETE Jesus Netto, em uma estação para produção de água de reúso. Atualmente são produzidos, em média, 502 litros de água por segundo para o fornecimento externo ou uso interno para a limpeza de equipamentos ou manutenção de suas áreas, nas estações Jesus Netto, Barueri e Parque Novo Mundo. O excedente na produção, a companhia estendeu a outras empresas e a seis prefeituras da região metropolitana de São Paulo que usam o produto para efetuar a limpeza pública das ruas após as feiras livres. Caminhões devidamente preparados seguem às estações de tratamento de esgotos da SABESP para abastecer da água de reúso (SABESP, 2022).

O Aquapolo é considerado o maior empreendimento para produção de água de reúso na América Latina, apto a produzir 1.000 litros de água de reúso por segundo e fornece aproximadamente 650 L/s de água de reúso para o polo petroquímico da Região do ABC Paulista (AQUAPOLO, 2023).

A estação de tratamento do município de São José do Rio Preto possui uma ETE em que uma pequena parte do seu efluente final é bombeado ao tanque de pós aeração, e após um processo de filtração, é bombeado para o reservatório elevado situado na entrada da ETE. Esta água não é potável, mas pode ser aproveitada como água para várias necessidades da ETE, tais

como, lavagem das estruturas, das ruas e irrigação dos gramados e plantas existentes na área da ETE, reduzindo o consumo de água potável. O projeto é para que seja produzido uma escala maior e fornecido também para as indústrias, em um custo menor, que não necessitem de água potável. Ao reutilizar água oriunda de efluentes domésticos tratados, evita-se sua disposição no meio ambiente deixando de contaminar rios e córregos, mitigando de sobremaneira a poluição hídrica (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Em Maceió, Silva e Netto (2022) realizaram a caracterização dos efluentes tratados em estações compactas para reúso direto não potável urbano, e obtiveram como resultado a necessidade de implantação de pós tratamento. Visando priorizar as atividades que exercem um gasto de água na região, foram escolhidas para utilização da água de reúso as seguintes modalidades de reúso não potável: irrigação dos canteiros de determinadas vias dos bairros da zona norte de Maceió, lavagem do local após a realização de feiras livres, lavagem de praças e irrigação de campos de futebol e entorno de quadras poliesportivas.

Um aspecto importante do reúso de água no Brasil é a sua limitação legal. A única regulamentação de nível nacional referente à reutilização é a Resolução N° 54/2005 do CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), que estabelece classes permitidas para reutilização não potável. Devido a não existir um direcionamento em nível federal, os estados e os municípios têm criado seus próprios regulamentos, como é o caso do estado de Minas Gerais com a Deliberação Normativa N°65 do CERH-MG, de 18 de junho de 2020. Entretanto, após a atualização do marco legal do saneamento, em 15 de julho de 2020, a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) terá o papel de contribuir para o atingimento dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo responsável para o estabelecimento de diretrizes no saneamento. Diante disso, poderão ser criadas novas leis do saneamento, entre elas, leis que regulamentam o reúso de água em âmbito nacional.

### **3.4 Aspectos legais relacionados ao reúso de água**

A regulamentação do reúso de água para diversos fins é observada em vários países, os mais distintos em termos de características socioeconômicas e localização geográfica, a exemplo dos EUA, México, Arábia Saudita, Japão, Austrália, Tunísia, Peru, Alemanha, África do Sul, Chipre, Israel, Kwait e China (BASTOS *et al.*, 2008). No Brasil, em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos promulgou a Resolução N°54 que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, remetendo para regulamentação complementar os padrões de qualidade e os códigos de boas práticas para as

diversas modalidades de reúso: (i) reúso para fins agrícolas e florestais; (ii) reúso para fins urbanos; (iii) reúso para fins ambientais, (iv) reúso para fins industriais, (v) reúso na aquicultura (CNRH, 2005).

Com a criação da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), pela Lei nº 6.983, em 1981, e a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente, o Brasil passou a contar com um arcabouço legal e com o ordenamento institucional necessário ao tratamento das questões ambientais. A PNMA estabelece como princípios norteadores das ações governamentais para o meio ambiente, “incentivos ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais”, além da “racionalização do uso da água”.

Já em 1997, a Norma Técnica Brasileira “NBR 13969/97”, considerava que o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, tratado, deveria ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água e na irrigação dos campos agrícolas e pastagens, conforme os usos e parâmetros do Quadro 1.

Quadro 1: Parâmetros máximos para reúso de água para diferentes usos, segundo NBR 13969/1997.

Classe	Uso	Parâmetros	Limites
1	Lavagem de carro e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	Turbidez	< 5 uT
		<i>Colif. Fecais</i>	< 200 NMP/100mL
		SDT	200 mg/L
		pH	6 a 8
		Cloro residual	0,5 a 1,5 mg/L
2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez	< 5 uT
		<i>Colif. Fecais</i>	< 500 NMP/100mL
		SDT	-
		pH	-
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
3	Reúso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez	< 10 uT
		<i>Colif. Fecais</i>	< 500 NMP/100mL
		SDT	-
		pH	-
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos por meio de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Turbidez	-
		<i>Colif. Fecais</i>	< 5000 NMP/100mL
		SDT	-
		pH	-
		Cloro residual	-

Fonte: NBR 13969/97

A disponibilidade de água em condições de equilíbrio quali-quantitativo para os seus múltiplos usos é fundamental para a manutenção dos processos naturais e do bioma, bem como para a saúde e atividades humanas. Os cursos d'água superficiais constituem, usualmente, o

principal destino final dos esgotos tratados. Desta forma, o planejamento e projeto de sistemas de tratamento de efluentes devem considerar a capacidade de assimilação e de suporte dos corpos d'água. Além disso, o planejamento deve estar de acordo com as legislações relacionadas ao uso de recursos hídricos, que definem quais os limites máximos para concentração de determinados constituintes que podem ser descartados nos corpos receptores e definem o enquadramento dos corpos hídricos. Entre as principais legislações de referência estão:

- Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005;
- Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG Nº 8, de 21 de novembro de 2022, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Conforme Santos (2020), mesmo não havendo uma legislação brasileira específica sobre o reúso e suas vertentes, há leis, decretos e ementas em estados e municípios da federação que regem o reúso de águas residuárias, como pode ser visto na Quadro 2:

Quadro 2: Leis, decretos e ementas em estados e municípios da federação.

<b>Local</b>	<b>Legislação</b>	<b>Assunto</b>
Cidade de São Paulo	Lei nº 13.309, de 31 de janeiro de 2002	Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências.
Cidade de São Paulo	Decreto nº 44.128, de 19 de novembro de 2003	Regulamenta a utilização, pela prefeitura do município de São Paulo, de água de reúso, não potável, a que se refere a Lei nº 13.309, de 31 de Janeiro de 2002.
Cidade de São Paulo	Lei nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007.	Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais.
Estado de São Paulo	Deliberação CRH nº 156, de 11 de dezembro de 2013	Estabelece diretrizes para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) de sistemas públicos para fins urbanos e dá outras providências, no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH.
Estado de São Paulo	Decreto nº 48.138, de 7 de outubro de 2003	Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.
Campinas	Resolução conjunta SVDS/SMS nº 09/2014	Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso direto não potável de água, proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETE) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no município de Campinas.
Curitiba	Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003	Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.
Cidade do Rio de Janeiro	Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004	Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.
Espirito Santo	Lei nº 9.439, de 04 de maio de 2010	Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-jatos, transportadoras, empresas de ônibus e locadoras de veículos instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos.
Espirito Santo	Emenda Constitucional nº 107, de 13 de março de 2017.	Altera os arts. 192, 258 e 262 da Constituição estadual, incluindo planos de reúso de águas dos recursos hídricos respectivamente.
Pernambuco	Lei nº 14.572, de 27 de dezembro de 2011.	Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras providências.
Pernambuco	Lei nº 15.630, de 29 de outubro de 2015.	Torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências.
Cidade de Caicó/RN	Lei nº 4.603, de 23 de agosto de 2013	Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizada nas seguintes modalidades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências.
Ceará	Lei nº 16.033, de 20 de junho de 2016	Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do estado do Ceará.

Fonte: Santos (2020)

Devido à falta da legislação federal que definem os padrões exclusivamente para reúso, estados e municípios têm criado seus próprios regulamentos, como os exemplos do estado de

São Paulo, estado do Ceará e o estado de Minas Gerais (Tabelas 1 e 2). Vale a pena ainda mencionar a iniciativa da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em normas técnicas com foco no uso de fontes alternativas de água para edificações.

Tabela 1: Comparação entre os padrões de reúso adotados pelas legislações estaduais brasileiras com outras fontes disponíveis para reúso urbano.

<b>PADRÕES DE REÚSO DE ÁGUA – REÚSO PARA FINS URBANOS</b>								
CONCENTRAÇÕES EXIGIDAS NOS EFLUENTES								
Parâmetro	<i>E. Coli</i>		Ovos de helmintos		Condutividade elétrica (µS/cm)		pH	
	(NMP/100mL)		(ovo/L)					
	Amplio	Limitado	Amplio	Limitado	Amplio	Limitado	Amplio	Limitado
MG – DN 65 CERH 05/2020	1x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>4</sup>	≤ 1	≤ 1	-	-	6 a 9	6 a 9
CE – Resolução Coema 02/2017	5x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>3</sup>	1	1	3000	3000	6 a 8,5	6 a 8,5
SP – Resolução SES/SMA/SSRH 01/2017	ND	<200	< 1	1	700	3000	6 a 9	6 a 9
Prosab (2003)	-	-	-	-	-	-	-	-
OMS (2006)	1x10 <sup>3</sup>	200	1	1	-	-	-	-
USEPA Guidelines for Water Reuse. 2012	-	200	ND	ND	-	-	6 a 9	6 a 9
ABNT NBR 13.969/97	200	500	-	-	-	-	6 a 8	6 a 8

ND = Não detectável

Fonte: Adaptado de Moraes e Santos (2019)

Tabela 2: Comparação entre os padrões de reúso adotados pelas legislações estaduais brasileiras com outras fontes disponíveis para reúso agrícola e florestal.

<b>PADRÕES DE REÚSO DE ÁGUA – REÚSO PARA FINS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS</b>									
CONCENTRAÇÕES EXIGIDAS NOS EFLUENTES									
Parâmetro	<i>E. Coli</i>		Ovos de helmintos (ovo/L)		Condutividade elétrica (µS/cm)		pH		RAS
	(NMP/100mL)								
	Amplio	Limitado	Amplio	Limitado	Amplio	Limitado	Amplio	Limitado	-
MG – DN 65 CERH 05/2020	1x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>6</sup>	≤ 1	≤ 1	≥ 500	≥ 500	6 a 9	6 a 9	≤ 3
CE – Resolução Coema 02/2017	ND	1x10 <sup>3</sup>	ND	1	3000	3000	6 a 8,5	6 a 8,5	-
SP – Resolução SES/SMA/SSRH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prosab (2003)	1x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>4</sup>	1	1	-	-	-	-	-
OMS (2006)	1x10 <sup>3</sup>	-	1	1	-	-	-	-	-
USEPA Guidelines for Water Reuse. 2012	ND	200	ND	-	-	-	6 a 9	6 a 9	-
ABNT NBR 13.969	5x10 <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	6 a 8	6 a 8	-

ND = Não detectável

Fonte: Adaptado de Moraes e Santos (2019)

As categorias de reúso de água observadas em diferentes regulamentações estaduais são: limitado e amplo. A categoria “limitado” é indicativa de água para reúso de qualidade inferior para uma determinada modalidade de reúso, e que, portanto, possui possibilidade de aplicações limitadas. Já a categoria “amplo” é indicativa de água para reúso de qualidade superior para uma determinada modalidade de reúso, e que, possui amplas possibilidades de aplicações.

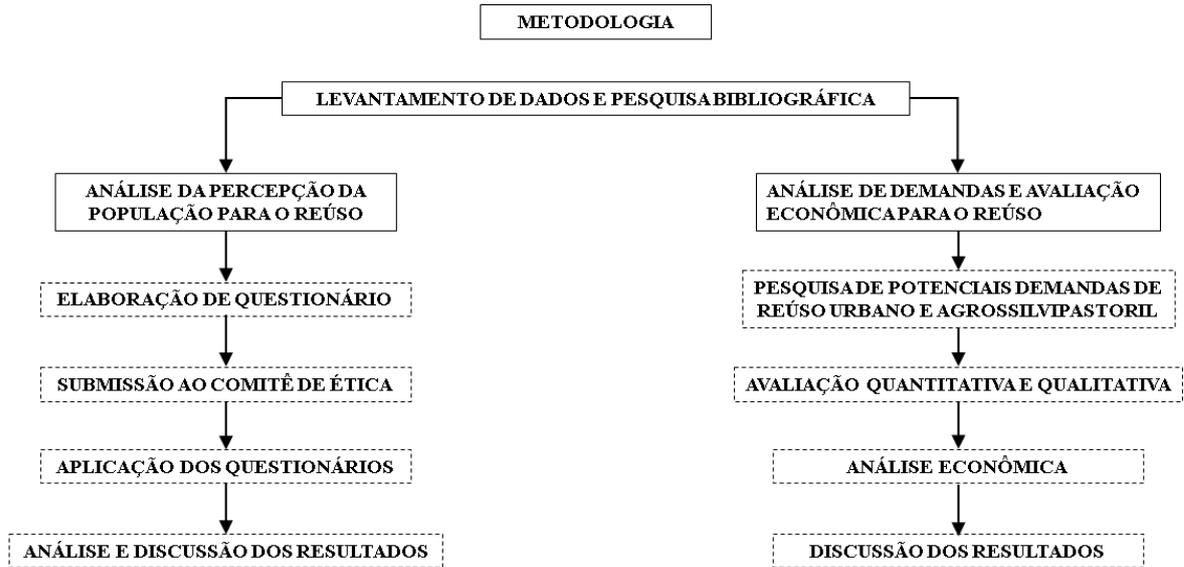
Portanto, no Brasil, os estados do Ceará, São Paulo e Minas Gerais, possuem legislações sobre padrões de qualidade para reúso de águas residuárias, o que representa um avanço na legalização das práticas de reúso e um estímulo para a adoção de padrões próprios por outros estados. Entretanto, verifica-se a falta de um marco regulatório legal, em nível nacional, que estabeleça padrões e diretrizes que conduzam essa prática (MORAIS e SANTOS, 2019). É necessária uma legislação em nível federal que oriente a instituição das legislações estaduais e/ou municipais sobre padrões de reúso, visando uma uniformização de parâmetros e padrões, sendo respeitadas as singularidades locais e que assegure a qualidade física, química e microbiológica das águas de reúso.

O estado de Minas Gerais, criou legislação específica para reúso de água, conforme Deliberação Normativa CERH-MG nº 65, de 18 de junho de 2020, que dispõe de diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados. O reúso deve ser contemplado no planejamento das cidades do Estado e das bacias hidrográficas, estabelecendo-se políticas que incentivem a prática com emprego de mecanismos que possam beneficiar a prática. Concomitantemente, investimentos em pesquisas, transparência e divulgação de resultados, são ferramentas necessárias para aumentar sua aceitação, reduzir custos e proporcionar o emprego e operação adequados de sistemas de reúso.

#### **4. ETAPAS DA PESQUISA**

A pesquisa foi desenvolvida a partir de dois capítulos distintos, apresentados nos artigos que se encontram a seguir. O primeiro deles, aborda a aceitação da população em relação a prática de reúso, condição importante para o sucesso da iniciativa. O segundo capítulo é referente a uma análise da demanda por água de reúso, atendimento a requisitos de qualidade e análise econômica. Ambas as etapas estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4: Etapas que compõem a metodologia do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O sistema de tratamento presente na ETE do SAAE de Guanhães, é composto por tratamento preliminar, contendo grade para retirada de sólidos grosseiros e caixa de contenção para retirada de sólidos finos, bem como, elevatória e duas lagoas facultativas dispostas em série, com tempo de detenção hidráulica de 27,5 dias. O monitoramento dos efluentes na ETE é realizado diariamente por técnicos do SAAE, em laboratório no próprio local, e bimestralmente, com uma maior diversidade de parâmetros, por laboratório terceirizado, especializado em coletas e análises de efluentes. Na ETE são realizadas diariamente as análises de pH, sólidos sedimentáveis, condutividade elétrica e temperatura, na entrada e saída da estação. Externamente, são realizadas análises contendo os parâmetros para monitoramento da qualidade dos efluentes, indicados pela Portaria nº 430/2011 do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) e Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG, nº 08/2022.

## **5. AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DE MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE PARA O REÚSO DE ÁGUA**

### **RESUMO**

A inadequada utilização dos recursos naturais pode ocasionar danos irreparáveis ao meio ambiente, prejudicando todos aqueles que deste se beneficiam e cabe à sociedade a busca do equilíbrio na gestão destes recursos. Diante deste cenário, o objetivo do trabalho foi avaliar a percepção da população de município de pequeno porte para o reúso de água, utilizando como local de estudo o município: Guanhães/MG. Para desenvolvimento do trabalho foi realizada pesquisa de aceitabilidade da população, por meio da aplicação de questionários e após a análise e caracterização dos principais padrões nos dados, foi realizada regressão logística para encontrar os preditores que estão associados à tendência de aceitar o uso de águas residuárias tratadas. Verificou-se que o nível de contato humano com o efluente tratado, mostrou ser crucial para determinar a aceitabilidade do reúso e que grande parte das pessoas do município, considera o reúso de água vantajoso, pois irá conservar a água potável e contribuir para o combate a crise hídrica que o município vem passando nos últimos anos. Conclui-se que o reúso de água é uma boa alternativa para evitar as situações de crise hídrica e que as informações precisam ser melhor trabalhadas e divulgadas para a sociedade, para que o reúso seja cada vez mais aceito.

Palavras chave: Aceitabilidade; crise hídrica; reúso de água.

## 5.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os recursos hídricos sofrem constantes perturbações em suas características qualitativas e quantitativas, o que altera sua disponibilidade para utilização. O desenvolvimento urbano, com o crescimento populacional exponencial em muitos países, tem levado ao aumento da demanda de água (SEVERIS *et al.*, 2019). Além disso, a má gestão dos recursos hídricos, a mudança no padrão de consumo e períodos de seca tem levado à escassez de água potável em muitas partes do planeta (MARINOSK *et al.*, 2018).

A inadequada utilização dos recursos naturais pode ocasionar danos irreparáveis ao meio ambiente, prejudicando todos aqueles que deste se beneficiam e cabe à sociedade a busca do equilíbrio na gestão destes recursos. O efluente após ser tratado, pode ser utilizado em diversas demandas menos restritivas de água, como lavagens de ruas e praças públicas, combate a incêndio, controle de poeira em estradas vicinais e irrigação de canteiros públicos e campos de futebol. A água é um recurso natural que apresenta valor estratégico desde antigas civilizações, por ser fundamental para diversas atividades desenvolvidas em uma sociedade.

O reúso de água vem crescendo em diversas regiões do mundo. Destaca-se que em outros países, como Estados Unidos e Israel, já são implantadas as práticas do reúso de água para o uso potável e não potável. Em Israel, 75% dos efluentes são reutilizados, destinados exclusivamente para a agricultura (BATISTA, 2019). Nos Estados Unidos a prática cresceu exponencialmente na última década, com a implementação de mais sistemas e instalações de tratamento. Atualmente, a maior parte das instalações são para as atividades que não necessitam de água potável (por exemplo, irrigação de paisagismo), no entanto, iniciativas recentes têm procurado estabelecer aplicações humanas mais diretas da água (MCCLARAN *et al.*, 2020).

Nesse contexto, os desafios da gestão da água forçarão os municípios e concessionárias de água a aumentar os estudos para utilização de fontes alternativas de água. Entre essas fontes está o reúso de água que pode fornecer alternativas de abastecimento de água e reduzir os impactos ambientais do lançamento de águas residuárias não tratadas em corpos d'água superficiais (MASSOUD *et al.*, 2018).

Entretanto, há desconfiança das pessoas perante os municípios locais ou instituições governamentais em relação a capacidade de manusear e operar o tratamento de águas residuárias corretamente e supervisionar o processo de aplicação. Existe conhecimento técnico e científico que subsidiam a prática de reúso de água de forma segura, tanto que ela é aplicada em diferentes locais. Mesmo assim, existe desconfiança de uma parte da população.

Considerando que é importante que a prática não seja adotada sem o apoio ou o entendimento da população (afinal, ela que vai usufruir desse recurso), é fundamental entender os fatores que podem interferir na aceitabilidade do reúso de água.

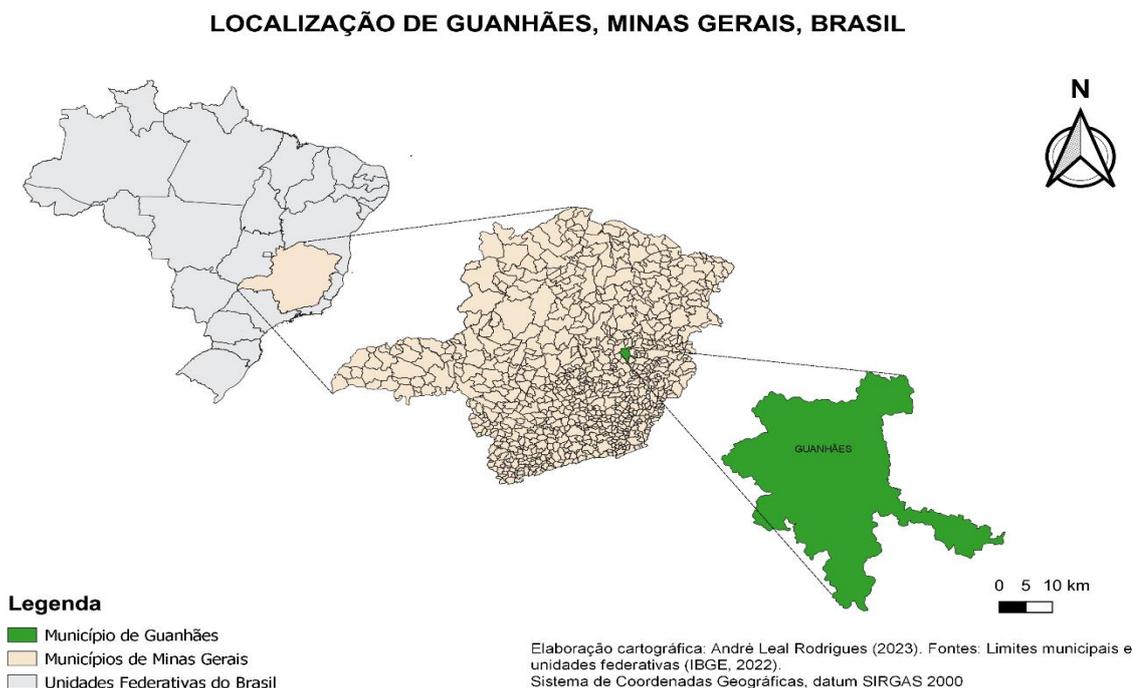
Diante deste cenário, o objetivo do trabalho foi realizar análise da percepção da população em município de pequeno porte para o reúso, em busca do equilíbrio na gestão dos recursos hídricos, investigando os principais fatores que influenciam a aceitabilidade das pessoas com relação ao reúso de água, a fim de contribuir para desenvolvimento desta fonte alternativa, utilizando como local de estudo, o município de Guanhães, localizado na região Leste de Minas Gerais e Sudeste do Brasil.

## **5.2 METODOLOGIA**

### **5.2.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado no município de Guanhães, que está localizado a 240 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais (Figura 5). A população do município no último censo (2022), é de 32.244 habitantes, com um índice de desenvolvimento humano IDH de 0,686 (IBGE, 2023). A relevância econômica do setor de serviços em Guanhães se manifesta por uma diversidade ofertada a toda a população e vizinhanças (hotelaria, setor bancário, educação, saúde, setor varejista e atacadista, entretenimento, setor de alimentos, entre outros). As atividades agropecuárias e comerciais internas são relevantes, e as condições climáticas e topográficas do município possibilitam a produção de milho, feijão e mandioca. Além disso, o município se destaca como fornecedor de matéria-prima para a indústria de celulose.

Figura 5: Mapa de localização do município de Guanhães/MG



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Conforme a classificação climática de Köppen, o município de Guanhães classifica-se como Cwa: clima subtropical ou temperado, chuvas de verão e verões quentes. Os tipos climáticos de Köppen são simbolizados por dois ou três caracteres, onde o primeiro indica a zona climática e é definido pela temperatura e precipitação, o segundo considera a distribuição das chuvas e o terceiro é a variação sazonal da temperatura (ALVAREZ *et al.*, 2014). Os meses mais críticos de disponibilidade hídrica do município são os meses de junho, julho, agosto e setembro, onde pode-se observar as maiores deficiências hídricas. A média anual de temperatura e precipitação estimada no período entre 2010 e 2020 é respectivamente 20,73 °C e 1047 mm, sendo que os meses com maiores déficits hídricos apresentam as menores temperaturas médias e precipitação (RODRIGUES *et al.*, 2022).

### 5.2.2 Avaliação da percepção da população para reúso de água

A percepção da população com relação ao reúso de água no município foi analisada por meio da aplicação de questionários de forma remota e presencial, utilizando plataforma disponível na internet. Durante a distribuição dos questionários, todas as faixas etárias foram levadas em consideração e as pessoas foram convidadas a preencher o questionário, sendo

priorizados os servidores públicos municipais devido sua representatividade em município de pequeno porte.

Para definir o número mínimo de questionários a serem aplicados, utilizou-se o tamanho da amostra definido a partir da Equação 1, recomendada por Barbetta (2003):

Equação 1:

$$n \geq \frac{\left(\frac{1}{\varepsilon^2}\right) \cdot N}{\left(\frac{1}{\varepsilon^2}\right) + N}$$

Em que:

n = Tamanho da amostra;

$\varepsilon$  = Erro amostral;

N = População do município;

A pesquisa com o grupo populacional foi realizada após a aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Itajubá (CAAE: 56764122.9.0000.5094), via plataforma Brasil e aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE. Para o cálculo do tamanho da amostra significativa, considerou-se um erro amostral de 10% e o tamanho da população de 32.244 habitantes (IBGE, 2023). Os questionários foram aplicados entre os meses de maio e julho de 2022, onde levantou-se o conhecimento da prática de reúso, a aceitação quanto ao tipo de reúso, além da aceitação da proposta de reúso no município. Buscou-se verificar as circunstâncias em que podem ocorrer o reúso de água e quantificar o nível de aceitação ou rejeição da população quanto às práticas de reúso, avaliar a compreensão quanto à problemática ambiental e a opinião acerca do assunto. Nas perguntas referentes a aceitação quanto ao tipo de reúso, o questionário apresentou um campo para coletar as observações das pessoas com relação aos motivos de oposição ao reúso. O questionário aplicado está apresentado no Apêndice A.

Foram aplicadas técnicas de coleta de dados padronizada, questionários semiestruturados que permitiram registrar, analisar e classificar os dados para interpretação quantitativa do universo pesquisado. Os dados coletados foram codificados e inseridos em planilha para análise posterior. Após a análise e caracterização dos principais padrões nos dados, foi realizada regressão logística para encontrar os preditores que estão associados a tendência de aceitar o uso de águas residuárias tratadas. A regressão logística é uma técnica

estatística adequada para lidar com variáveis dependentes dicotômicas em função de um conjunto de variáveis independentes, sendo que a variável dependente possui apenas duas categorias (FERNANDES *et al.*, 2020). Para a pergunta referente a variável de referência, “aceita utilizar água residuárias para fins não potáveis”, existiam três respostas possíveis no questionário: “sim”, “não” e “não sei responder”. Para atendimento a dicotomia necessária, agrupou-se as respostas correspondes a “não” e “não sei responder” como sendo a resposta considerada: “não”. A mesma associação foi realizada com as variáveis independentes. A regressão logística foi realizada no software RStudio, versão 4.2.1. Foi utilizado o pacote “pacman” por meio da função `p_load` para carregar os pacotes necessários: “dplyr”, “psych”, “car”, “MASS”, “DescTools”, “QuantPsyc” e “ggplot2”. Um ponto de corte para significância estatística foi tomado em um p-valor inferior a 0,05 indicando uma associação estatisticamente significativa ao nível de 95%.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tamanho da amostra para análise da percepção da população para o reúso foi estimada arredondando em 100 habitantes do município de Guanhães, de acordo com Tabela 3.

Tabela 3: Tamanho da amostra para aplicação de questionários.

Tamanho da população (N)	Erro amostral ( $\epsilon$ )	Tamanho da amostra (n)
32244	10%	99,69
32244	15%	44,38
32244	20%	24,98

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Após a aplicação de 102 questionários, os resultados revelaram a idade média dos entrevistados de cerca de 35 anos (mínimo = 15; máximo = 68) e a faixa de idade que apresentou maior número de entrevistados foi de 35 a 40 anos (30%). Cerca de 51% dos respondentes possuem nível superior completo, 30,4% possuem nível médio completo, 2% possuem nível fundamental incompleto, 9,8% nível superior incompleto, 2,9% ensino fundamental completo, 3,9% ensino médio incompleto e nenhum entrevistado possui nível não alfabetizado. Dos entrevistados, 95% estavam empregados no momento em que esta pesquisa foi realizada, sendo 33,3% no setor de saneamento básico do município, 15,7% no setor de educação, 13,7% servidores públicos municipais (servidores da prefeitura), 3,9% no setor de saúde e 33,3%

empregados em outros setores do município. Dos entrevistados, 53,9% são do gênero masculino e 46,1% são do gênero feminino (Tabela 4).

A maioria dos estudos recentes sobre a influência do gênero na aceitação da reutilização não encontrou relação significativa (FIELDING *et al.*, 2018), embora em trabalho realizado por Muazu *et al* (2020), os autores encontraram a tendência que os homens sejam mais propensos a aceitar opções de riscos do que as mulheres.

Tabela 4: Levantamento demográfico e socioeconômico dos entrevistados.

Características	Número Real / Porcentagem (%)
<b>Gênero (Sexo):</b>	
Masculino	55 (53,9)
Feminino	47 (46,1)
<b>Escolaridade:</b>	
Superior completo	52 (51)
Superior incompleto	10 (9,8)
Médio completo	31 (30,4)
Médio incompleto	4 (3,9)
Fundamental completo	3 (2,9)
Fundamental incompleto	2 (2)
Não alfabetizado	0 (0,0)
<b>Setor de trabalho:</b>	
Saneamento básico	34 (33,3)
Educação	16 (15,7)
Servidor público municipal (prefeitura)	14 (13,7)
Saúde	4 (3,9)
Outro	34 (33,3)

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Aproximadamente 71% dos entrevistados relataram que sofreram nos últimos 5 anos com a falta de água em suas residências. Mais da metade dos entrevistados (56,9%) relataram conhecer o termo águas residuárias tratadas, 19,6% relataram não ter conhecimento e o restante já ouviram o termo (23,5%), mas não sabiam o que significa. Nenhuma ligação foi encontrada entre o nível de educação e o nível de conscientização sobre a reutilização de águas residuárias.

Quando questionados sobre a utilização de águas residuárias tratadas, 89,2% dos entrevistados responderam positivamente, sendo que o restante não estava disposto a reutilizar ou não tinham opinião sobre o tema. O nível de aceitabilidade observado no município de Guanhães foi superior ao encontrado em estudo semelhante realizado no Líbano, onde cerca de 50% dos entrevistados aceitariam utilizar água residuária tratada e o restante responderam ser contra a utilização (MASSOUD *et al.*, 2018). A opção de reutilização mais aceitável para os entrevistados foi a de lavagem de ruas e praças públicas (96%) (Tabela 5). As taxas de aceitação

estão em 94,1% para rega de jardins e canteiros públicos, 95% para controle de poeira, 95,4% para combate incêndio e a menor porcentagem está para irrigação de culturas (88,2%). Em estudo realizado por McClaran *et al* (2020) nos Estados Unidos, os resultados da pesquisa indicaram uma maior aceitabilidade para o reúso de água para combate a incêndio, onde 61,6% das pessoas entrevistadas apoiaram o uso de águas residuárias para a referida atividade. Entretanto em estudo realizado por Buyukkamaci e Alkan (2013) na Turquia, onde estudou-se o potencial de aceitação pública para aplicações de reutilização de água, a maior aceitabilidade para o reúso de água foi para a limpeza das estradas, com o apoio de 63% dos entrevistados.

O nível de aceitação encontrado para rega de jardins, no presente estudo foi semelhante ao resultado da pesquisa realizada na região sul da cidade de Tampa (Flórida), onde mostrou-se que 84% dos entrevistados (usuários residenciais) acreditam que a utilização da água de reúso é segura para irrigação de seus jardins (MALINOWSKI, 2006). Um aspecto importante observado neste estudo é que o nível de contato humano com as águas residuárias tratadas mostra ser crucial para determinar a aceitação do reúso das águas residuárias.

Aproximadamente 90% dos entrevistados responderam que a reutilização de águas residuárias tratadas irá conservar a água potável e 81,4% consideram que o reúso de água é uma forma de combate a crise hídrica que o município passou nos últimos anos.

Tabela 5: Conhecimento e percepção da reutilização de águas residuárias.

<b>Características</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
<b>Intermitência no abastecimento de água nos últimos 5 anos:</b>	
Sim	70,6
Não	25,5
Não sei responder	3,9
<b>Conhecimento do termo águas residuárias tratadas:</b>	
Sim, já ouvi e sei o que significa	56,9
Sim, já ouvi mas não sei o que significa	23,5
Não tenho conhecimento	19,6
<b>Conhecimento do termo reúso de água:</b>	
Sim	92,2
Não	7,8
<b>Aceita utilizar águas residuárias tratadas para fins não potáveis:</b>	
Sim	89,2
Não	5,9
Não sei responder	4,9
<b>Aceitabilidade de utilização de águas residuárias tratadas:</b>	
Irrigação de culturas	88,2
Lavagem de ruas e praças públicas	96
Controle de poeira	95
Rega de jardins de canteiros públicos	94,1
Combate a incêndio	95,4
<b>Você concorda que a água residuária tratada irá conservar a água potável:</b>	
Sim	88,2
Não	5,9
Não sei responder	5,9
<b>Você tem conhecimento da "Deliberação Normativa CERH-MG N° 65, de 18 de Junho de 2020":</b>	
Sim	25,5
Não	62,7
Não sei responder	11,8
<b>Você é a favor da reutilização de água como forma de combate a crise hídrica que o município vem passando nos últimos anos?</b>	
Sim	81,4
Não	10,8
Não sei responder	7,8

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

No entanto, vale a pena notar que a aceitação pública do reúso de águas residuárias para fins de irrigação de culturas não é universal. Geralmente, as pessoas confiam mais em suas próprias impressões sobre a qualidade da água, muitas vezes com base na turbidez da água do que em evidências científicas. As pessoas que se opuseram aos tipos de reúso informaram que se opõem devido à falta de informações, o que pode ser atribuído à falta de confiança nos governos locais e a falta de dados disponibilizados no site da autarquia, referente ao tratamento de esgoto.

O público geralmente percebe a água reutilizada como arriscada, principalmente para aplicações que a colocam em contato próximo com os seres humanos, ou seja, usos diretos (MCCLARAN *et al.*, 2020). No estudo de Buyukkamaci e Alkan (2013) realizado na Turquia, os entrevistados de ambos os sexos sentiram que a reutilização de águas residuárias tratadas para aplicações que não envolvem contato pessoal próximo, era aceitável, devido preocupações com riscos reduzidos à saúde.

No estudo realizado no município de Guanhães, os resultados mostraram que aproximadamente 15% das pessoas se opõem ao reúso, dizendo que a oposição se dá devido à falta de confiança nas instituições governamentais e autoridades locais. O estudo demonstra que provavelmente há uma desconfiança nas instituições governamentais e na sua capacidade de manusear e operar o tratamento de águas residuárias corretamente e supervisionar o processo de aplicação adequadamente.

A questão da disponibilidade de água também é um fator importante que afeta a aceitação do reúso de água pelo público. Como exemplo, pode-se citar a Austrália que, em função de sua condição climática e escassez de água, desenvolveu importantes projetos e ações de reúso de água (POMPEO, 2007). Historicamente, o reúso de água tem sido largamente utilizado, de forma segura e controlada, em diversos países que sofrem com a escassez de água, como Estados Unidos, Japão, Austrália, Israel e Tunísia, nas mais diversas aplicações, inclusive para aumentar o suprimento de água potável, como é o caso da Namíbia, desde 1968 (ANA, 2022). Percebe-se que nos locais com escassez de água, as pessoas tendem a aceitar mais prontamente a reutilização principalmente para fins não potáveis.

A regressão logística foi adotada em um esforço para encontrar os preditores que afetam a disposição das pessoas em aceitar o reúso de águas residuárias tratadas. Foi criada uma variável dicotômica onde as opções “apoia fortemente” e “apoia” foram mescladas como “sim”, enquanto as demais opções foram consideradas “não”. Assim, a razão de chances (OR) que significa a influência relativa de um preditor sobre os respondentes que apoiam ou se opõem em reutilizar águas residuárias para cada opção de reutilização e seus respectivos níveis de significância foram obtidos (Tabela 6).

O modelo de regressão logística binária mostrou que as variáveis “Já ouviu falar em reúso de água” e “Conservação da água potável” apresentaram p-valor menor que 0,05, sendo assim consideradas estatisticamente significativas com relação a aceitabilidade de reúso de água. A chance de uma pessoa que já ouviu falar em reúso de água aceitar o reúso de água residuária é, 9,69 vezes maior (OR = 9,69) que a pessoa que nunca ouviu falar em reúso de água. A chance de uma pessoa que acredita na conservação da água potável para os usos mais

nobres aceitar o reúso de água residuária é, 4,59 vezes maior (OR = 4,59) que a pessoa que não acredita na conservação da água potável.

Tabela 6: Regressão logística binária.

<b>Variável de referência: Aceita utilizar água residuárias para fins não potáveis</b>		
<b>Variáveis categóricas</b>	<b>p-valor</b>	<b>OR (razão de chances)</b>
Conhecimento termo águas residuárias tratadas	0,70033	0,7420753
Intermitência no abastecimento de água	0,54219	1,1919664
Já ouviu falar em reúso de água	0,04616	9,6963702
Conservação da água potável	0,03979	4,5950517
Conhece DN 65	0,72264	0,8352827

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Caso as pessoas tivessem experiência anterior ou tivessem ouvido falar sobre a implementação bem-sucedida de projetos de reúso, aquelas que opinaram contra, devido à falta de informações, poderiam estar mais propensas a reconhecer os benefícios da reutilização de água, enfatizando a importância do conhecimento e informação para a aceitabilidade da população. Para garantir a máxima aceitabilidade social do reúso de água, campanhas de conscientização devem ser elaboradas para promover projetos de reúso de água em nível nacional. A implementação bem-sucedida de esquemas de reutilização de águas residuárias tratadas para fins potáveis ou não potáveis está significativamente associada ao nível de aceitação pública (MUAZU *et al.*, 2020).

No estudo semelhante realizado por Buyukkamaci e Alkan (2013) na Turquia, concluiu-se que o sucesso da aplicação de reúso de água depende da aceitação do público. A resposta negativa do público sobre o reúso da água cria alguns problemas para sua aplicação, por exemplo, a preocupação excessiva referente aos riscos à saúde, muitas vezes evidenciados devido à falta de informações e o medo dos gestores municipais em promover os projetos de reúso de água. Assim, a opinião pública é importante nas etapas de planejamento, construção e operação de instalações de recuperação e reutilização de águas residuárias.

No entanto, ações baseadas apenas na conscientização não garantirão a aceitação pública de projetos de reutilização. Uma estratégia abrangente de aumentar a conscientização e o conhecimento, definir políticas relacionadas ao reúso de águas residuárias, construir a confiança do público e investimento em canais de comunicação, aumento da participação e engajamento do público na tomada de decisões e o desenvolvimento de uma estrutura de gestão sustentável, são elementos cruciais.

## 5.4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o grau de contato humano com a água influenciou na aceitação do reúso da água, com maior inclinação para o reúso para fins com mínimo contato humano, como rega de jardins e combate a incêndio. Embora, o público apoie a maioria das opções de reutilização de águas residuárias.

Dentre os aspectos que contribuem para o atual estágio de utilização e resistência ao reúso em cenários de município pequeno porte, como é o caso do município de Guanhães, e que devem ser trabalhados para a sua implementação, podem ser citados: a falta de conhecimento e “cultura” de reúso, a carência de informações referentes a qualidade do efluente tratado na ETE e o atendimento as legislações existentes, e a ausência de políticas públicas, instrumentos de planejamento e incentivos econômicos.

Os estudos referentes a aceitabilidade da população para o reúso de água são extremamente importantes e poderão ser aplicados em municípios de porte semelhante ao de Guanhães, em que a informação sobre o reúso não é difundida, e também em contextos mais amplos, no âmbito estadual e até mesmo nacional, colhendo informações e contribuindo para difundir a prática de reúso no país. Os estudos poderão servir como incentivos à criação de novas legislações e difundir a prática do reúso de água.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A., *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2014. v. 22, n 6, p. 711–728. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ANA – Agência Nacional das Água. **Reúso de Água Agrícola e Florestal**. Disponível em: [http://dspace.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/10/Unidade\\_1.pdf](http://dspace.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/10/Unidade_1.pdf). Acesso em: 27 out. 2022.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003.

BATISTA, L. M. O. **O reúso de água residual: uma análise legal das possibilidades e desafios para o setor agroindustrial de Sousa – PB**. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande, Pambal, 2019. p. 35. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4844>

BUYUKKAMACI, N.; ALKAN, H. S. Public acceptance potential for reuse applications in Turkey. **Resources, Conservation and Recycling**, 2013. v. 80, p. 32-35. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.08.001>. Acesso em 15 abr. 2023.

FERNANDES, A. A. T., *et al.* Leia este artigo se você quiser aprender regressão logística. **Revista de Sociologia e Política**, 2020. v. 28, p. 74. Doi: 10.1590/1678-987320287406

FIELDING, K.S., *et al.* Aceitação pública da água reciclada. **International Journal of Water Resources Development**, 2018. p. 1–36.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/guanhaes/panorama>. Acesso em: 10 ago. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE**, 2023. Disponível em: <https://paises.ibge.gov.br/#/mapa/ranking/brasil?indicador=77849&tema=5&ano=2020>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MCCLARAN, N., *et al.* Recycled or reclaimed? The effect of terminology on water reuse perceptions. **Journal of Environmental Management**, 2020. v. 261. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110144>.

MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 221 p. 2006. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/5960/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Adriana%20Malinowski.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2022.

MARINOSK, A., *et al.* Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. **Journal of Environmental Management**, 2018. v. 206, p. 28-39. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.004>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MASSOUD, M. A., *et al.* Factors influencing the reuse of reclaimed water as a management option to augment water supplies. **Environmental Monit Assess**. Switzerland, 2018.

MUAZU, *et al.* Public acceptability of treated wastewater reuse in Saudi Arabia: Implications for water management policy. **Science of the Total Environment**, 2020. v. 721. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137659>. Acesso em: 25 out. 2022.

POMPEO, R. P. **Avaliação técnica e econômica da utilização do efluente da ETE Martinópolis - São José dos Pinhais (PR)**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. 176 p. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/14079/POMPEO%20DISSERTA%20c3%87%20%20c3%83O.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 jul. 2022.

RODRIGUES, A. L., *et al.* Balanço hídrico climatológico e estudo da disponibilidade hídrica do reservatório da barragem Santa Cruz para o município de Guanhães/MG-Brasil. **Research, Society and Development**, 2022. v. 11, n. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29238>. Acesso em: 23 mai. 2023.

SEVERIS, R. M. *et al.* Economic analysis and risk-based assessment of the financial losses of domestic rainwater harvesting systems. **Resources, Conservation & Recycling**, 2019. v. 146, p. 206-217. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.040>. Acesso em: 16 nov. 2022.

**6. ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA DEMANDA POR ÁGUA  
DE REÚSO E ANÁLISE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DA  
PRÁTICA EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE**

**RESUMO**

A inadequada utilização dos recursos naturais pode ocasionar danos irreparáveis ao meio ambiente, prejudicando todos aqueles que deste se beneficiam e cabe à sociedade a busca do equilíbrio na gestão destes recursos. Diante deste cenário, o objetivo do trabalho foi realizar análise quantitativa e qualitativa de demanda e análise econômica para implantação de reúso em município de pequeno porte, utilizando como local de estudo o município: Guanhães/MG. Foi realizado levantamento de potenciais locais para reúso de água urbano e agrossilvipastoril, sendo eles: rega de jardins e canteiros públicos, irrigação de campos de futebol, controle de poeira em estradas vicinais e combate a incêndio. Os valores médios de variáveis analisadas quanto à qualidade do efluente tratado, permitiram observar que o esgoto tratado não apresenta restrições de reúso para ambas as modalidades, conforme a DN 65 do CERH-MG. Mediante a análise econômica concluiu-se que a distância máxima viável para as demandas de reúso encontradas é de 15 km, tendo como ponto de origem à estação de tratamento de esgoto do SAAE de Guanhães. Conclui-se que o reúso de água é uma alternativa viável para utilização em pequenas distâncias abrangendo toda a extensão da sede do município.

Palavras-chave: Análise econômica; demanda; reúso de água.

## 6.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior reserva de água doce do mundo (CASTRO, 2022), o sexto país mais populoso, com mais de 217 milhões de habitantes, atrás apenas da China, Índia, Estados Unidos, Indonésia e Paquistão (IBGE, 2023). Isso implica dizer que é o sexto maior potencial produtor de efluentes domésticos do planeta.

Apesar de ser um dos grandes produtores de efluentes domésticos do mundo, atualmente 50,8% do esgoto gerado é tratado no Brasil, sendo o índice de atendimento total de esgoto no Norte de 13,1%, no Nordeste de 30,3%, no Centro-Oeste de 59,5%, no Sudeste de 80,5% e no Sul de 47,4% (SNIS, 2020). O volume de efluentes que constitui o esgoto doméstico é oriundo da utilização hídrica de casas, edifícios públicos e prédios comerciais e outros utilizadores.

A importância da água tem levado as autoridades e entidades não governamentais a proporem ações visando despertar na sociedade globalizada a necessidade de seu gerenciamento para garantir à atual e futuras gerações, água com qualidade. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos tem procurado novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda existente (CARVALHO *et al.*, 2021). Com isso, a água residuária tem ganhado espaço como um produto benéfico e tem se tornado uma das alternativas em discussão para a solução de problemas ambientais como a escassez de água, podendo contribuir para a gestão de recursos hídricos e ainda para a sustentabilidade, considerando o reúso de água.

A prestadora do saneamento que insere o reúso de água em seu plano de ações, sinaliza ser uma empresa responsável que se preocupa com a segurança hídrica, e com a qualidade das águas. Entretanto percebe-se que umas das principais dificuldades de o reúso de água estar nos planos de ações das prestadoras de saneamento brasileiro está relacionada à viabilidade econômica do segmento (GIACCETTI *et al.*, 2017).

Conforme Hespanhol (2003), cabe entretanto, institucionalizar, regulamentar e promover o reúso de água no país, fazendo com que a prática se desenvolva de acordo com os princípios técnicos adequados e seja economicamente viável, socialmente aceita e segura, em termos de preservação ambiental. O estado de Minas Gerais criou legislação específica para reúso de água, conforme Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG) nº 65, de 18 de junho de 2020, que dispõe de diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados, contendo os parâmetros necessários relativos ao reúso agrossilvipastoril, urbano, ambiental e industrial.

Diante do contexto existente, este trabalho propôs realizar análise quantitativa e qualitativa de demanda e análise econômica para implantação de reúso em município de pequeno porte, considerando o município de Guanhães/MG, para implantação do reúso de água com transporte via caminhão-pipa.

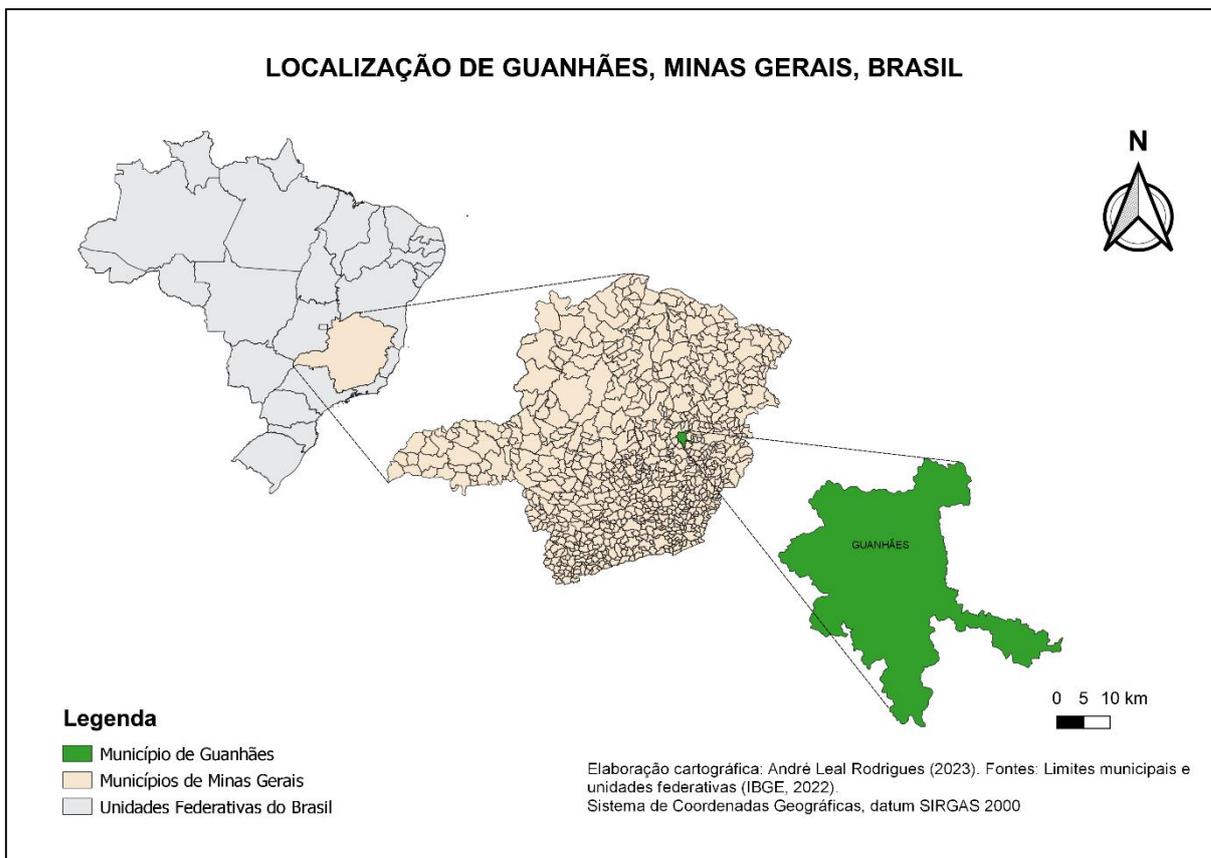
## **6.2 METODOLOGIA**

### **6.2.1 Área de estudo**

O município de Guanhães localiza-se a 240 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais (Figura 6). A população do município no último censo (2022), é de 32.244 habitantes, com um índice de desenvolvimento humano IDH de 0,686 (IBGE, 2023). A relevância econômica do setor de serviços em Guanhães se manifesta por uma diversidade ofertada a toda a população e vizinhanças (hotelaria, setor bancário, educação, saúde, setor varejista e atacadista, entretenimento, setor de alimentos, entre outros). As atividades agropecuárias e comerciais internas são relevantes, e as condições climáticas e topográficas do município possibilitam a produção de milho, feijão e mandioca. Além disso, o município se destaca como fornecedor de matéria-prima para a indústria de celulose.

Os meses mais críticos de disponibilidade hídrica do município são os meses de junho, julho, agosto e setembro, onde pode-se observar as maiores deficiências hídricas. A média anual de temperatura e precipitação estimada no período entre 2010 e 2020 é respectivamente 20,73 °C e 1047 mm, sendo que os meses com maiores déficits hídricos apresentam as menores temperaturas médias e precipitação (RODRIGUES *et al.*, 2022).

Figura 6: Mapa de localização do município de Guanhães/MG



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

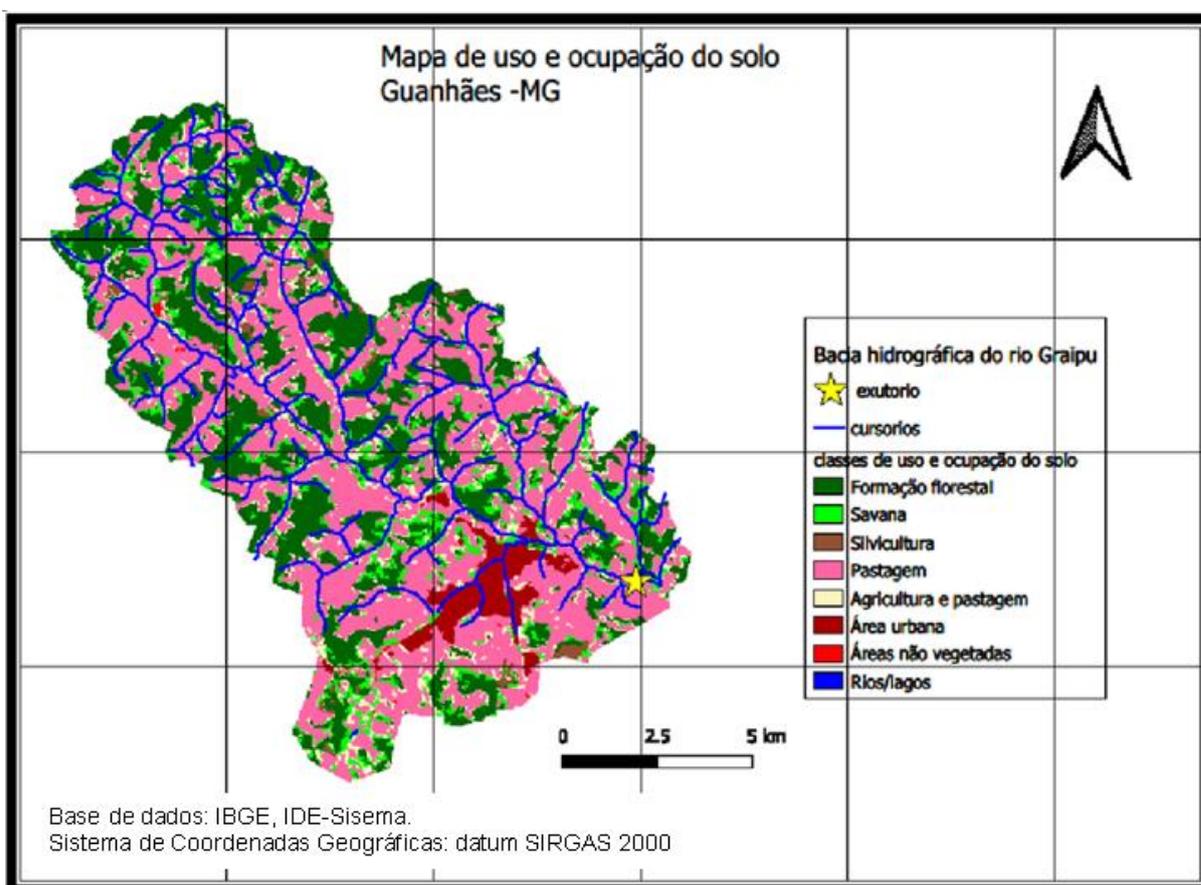
O fornecimento de água do município é de responsabilidade do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE Guanhães. Atualmente o sistema de captação de água bruta superficial da cidade de Guanhães conta com o manancial ribeirão Graipú, com área da bacia a montante do ponto de captação de 67,0 km<sup>2</sup>. A captação de água bruta do município está localizada a 4 km da cidade, sendo composta de barragem, caixa de areia, casa de bombas, *stand-pipe* e adutoras que levam a água bruta até a estação de tratamento de água - ETA (SAAE, 2022). Após o tratamento e distribuição de água no município, as águas residuárias são coletadas por meio dos coletores de esgoto e atualmente cerca de 15% dela é enviada à estação de tratamento de esgoto (ETE) que se encontra a jusante do município, onde é feito o tratamento e disposição final no ribeirão Graipú. Embora somente 15% do esgoto coletado seja enviado até a ETE, a estação é projetada para tratar 100% do esgoto no município.

A estação de tratamento de esgoto (ETE) que têm como objetivo a redução de cargas poluidoras antes do seu lançamento final, é composta por tratamento preliminar, contendo gradeamento e caixa de área, e duas lagoas facultativas. A grade e o desarenador (caixa de

areia) têm o objetivo de retirar todos os materiais grosseiros e sólidos finos carregados junto com o efluente e remover toda a areia do esgoto. As lagoas facultativas, por meio de processos naturais, têm como objetivo principal a remoção de matéria orgânica.

A bacia hidrográfica do ribeirão Graipú apresenta área urbanizada, com influências antropogênicas no padrão de uso do solo sobre toda a sua extensão. O predomínio do uso do solo da bacia são as pastagens, e de modo menos expressivo ainda aparecem as formações florestais ao longo dos córregos afluentes conforme Figura 7.

Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do ribeirão Graipú



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

O mapa de uso e ocupação do solo, demonstra que a região possui uma hidrografia envolvida por uma extensa área de pastagens. Sendo assim, a alta existência de pastagens, associada à baixa cobertura arbórea e principalmente a inexpressível mata ciliar podem contribuir para a perda da qualidade da água. A inexistência de concentrações urbanas, industrialização e solo exposto a montante da captação superficial é um ponto favorável à qualidade da água captada para abastecimento do município. Porém, algumas poucas áreas de

agricultura podem contribuir negativamente para a qualidade da água, ainda mais a jusante da área urbana, onde espera-se uma considerável piora nos parâmetros de qualidade, devido às influências da área urbanizada e disposição final de efluentes.

### **6.2.2 Levantamento da demanda de água para reúso**

Para análise quantitativa de demanda para reúso, foi realizada pesquisa de potenciais locais para reúso de água urbano no município de Guanhães, sendo eles: rega de jardins e canteiros públicos, irrigação de campos de futebol, controle de poeira em estradas vicinais, e combate a incêndio. Na secretaria de infraestrutura urbana do município, foram coletados os dados referentes a demanda de utilização de água para manutenção de jardins, canteiros públicos, irrigação de campos de futebol e controle de poeira em estradas vicinais. No batalhão do corpo de bombeiros do município foram coletados os dados referentes a média mensal de utilização de água pelo batalhão do corpo de bombeiros para reserva contra incêndio.

Após o levantamento de demanda urbana encontrada no município para utilização de água de reúso, realizou-se o levantamento da vazão disponível de efluente tratado na ETE Guanhães, sendo que o monitoramento da vazão é realizado diariamente por meio de calha Parshall e medidor de nível ultrassônico, de forma a observar o potencial de atendimento à demanda para os usos mencionados. Utilizou-se dados disponibilizados pelo SAAE Guanhães, com relação a vazão de efluente tratado.

### **6.2.3 Avaliação de requisitos de qualidade**

Realizou-se estudo qualitativo do efluente tratado disponível para reúso no município, afim de avaliar se a qualidade do efluente atende a qualidade necessária para as demandas apresentadas, utilizando-se como referência a Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)-MG nº 65, de 18 de junho de 2020, que estabelece as diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados (Tabelas 7 e 8):

Tabela 7: Parâmetros para reúso urbano.

<b>Reúso urbano</b>				
<b>Categoria</b>	<b>Finalidade</b>	<b>pH</b>	<b><i>E. Coli</i> (NMP/100 mL)</b>	<b>Ovos helmintos (n° de ovos/L)</b>
Amplo	Lavagem de pátios, ruas e avenidas, estacionamentos ou outros com exposição similar; lavagem de veículos comuns; uso predial comercial ou industrial (restrito a descargas sanitárias).	6 a 9	$\leq 1 \times 10^3$	$\leq 1$
Limitado	Lavagem de veículos especiais (tais como aqueles utilizados em coleta e transporte de resíduos sólidos domésticos, coleta seletiva, construção civil, mineração), lavagem externa de trens e aviões, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias de água e rede de esgoto.	6 a 9	$\leq 1 \times 10^4$	$\leq 1$

Fonte: Deliberação Normativa CERH-MG n° 65, de 18 de junho de 2020 (CERH, 2020)

Tabela 8: Parâmetros para reúso agrossilvipastoril.

<b>Reúso agrossilvipastoril</b>						
<b>Categoria</b>	<b>Finalidade</b>	<b>pH</b>	<b><i>E. Coli</i> (NMP/100 mL)</b>	<b>Ovos helmintos (n° de ovos/L)</b>	<b>Condutividade elétrica (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>RAS</b>
Amplo	Permitido fertirrigação superficial, localizada ou por aspersão	6 a 9	$\leq 1 \times 10^4$	$\leq 1$		
Limitado	Permitido apenas fertirrigação superficial ou localizada, evitando-se qualquer contato da água para reúso com o produto alimentício.	6 a 9	$\leq 1 \times 10^6$	$\leq 1$	$\geq 500$	$\leq 3$

Fonte: Deliberação Normativa CERH-MG n° 65, de 18 de junho de 2020 (CERH, 2020)

Para análise qualitativa do efluente com relação as demandas de reúso constantes na DN 65 do CERH, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, *Escherichia coli* (*E. coli*), ovos viáveis de helmintos, condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio (RAS). Os dados referentes as análises de pH, *E. Coli* e condutividade elétrica, foram disponibilizados pelo SAAE Guanhães, referentes ao ano de 2020 e 2021. As análises disponibilizadas pelo SAAE são realizadas uma vez a cada dois meses, por laboratório contratado, tendo o método da

determinação pela técnica de presença/ausência com substrato enzimático para análise de *E. Coli*, e pH e condutividade elétrica pelo método eletrométrico (APHA, 2012). Para os parâmetros *E. Coli*, e pH e condutividade elétrica, foram disponibilizadas um total de quatorze análises. As análises de ovos viáveis de helmintos foram realizadas após coleta do efluente tratado na ETE Guanhães, uma vez ao mês, entre os meses de dezembro/2021 e maio/2022 e envio para laboratório especializado para obtenção dos resultados. As análises foram desenvolvidas de acordo com USEPA. 625/R-92/013. Apêndix I, 2003. Para realização das análises de RAS, onde foram necessários os dados de Ca, Mg e Na, foram coletadas amostras na ETE Guanhães entre os meses de janeiro e julho de 2022, uma vez ao mês, e foram realizadas análises no laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Itajubá (campus Itabira) utilizando o “*Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition*” (APHA, 2012).

#### **6.2.4 Avaliação econômica**

Na etapa de análise econômica para implantação de reúso de água no município, estudou-se o valor médio gasto para a logística de transporte do efluente tratado aos locais de utilização. Para efeitos de cálculos, considerou-se que a demanda dos usos identificados é atualmente suprida com água potável. Realizou-se a comparação do custo referente a tarifa para o volume médio de água potável utilizada, com o valor necessário para transporte de água de reúso. Para o cálculo estimado de valor da água potável, foi utilizada a tarifa vigente do SAAE Guanhães, publicada no mês de fevereiro de 2023, referente a classe de tarifas para consumo público, disponibilizadas no site da autarquia mediante Resolução de fiscalização e regulação – ARISB-MG no 227, de 01 de fevereiro de 2023, em seu Anexo I (Tabela 9).

Tabela 9: Tarifas de água e esgoto SAAE Guanhães.

<b>TARIFAS DE EFETIVO CONSUMO DE ÁGUA</b>					
Faixa de consumo	Valor m <sup>3</sup> Residencial (A0)	Valor m <sup>3</sup> Residencial social (A1)	Valor m <sup>3</sup> Comercial	Valor m <sup>3</sup> Industrial	Valor m <sup>3</sup> Pública
0-5	1,3051	0,6525	1,5661	1,6549	1,5661
6-10	1,4628	0,7314	1,7553	1,8758	1,7553
11-15	3,3550	1,6775	4,0260	4,2411	4,0260
16-20	5,8780	2,9391	7,0536	7,3948	7,0536
21-25	8,0857	4,0428	9,7028	10,1544	9,7028
26-30	9,8203	4,9101	11,7843	12,3226	11,7843
31-40	11,5548	5,7775	13,8658	14,4908	13,8658
41-50	11,6179	5,8090	13,9414	14,5697	13,9414
51-75	11,6810	5,8405	14,0172	14,6485	14,0172
76-100	11,7440	5,8721	14,0929	14,7274	14,0929
101-200	11,8071	5,9036	14,1685	14,8062	14,1685
201-999	11,8702	5,9351	14,2443	14,8850	14,2443
<b>TARIFAS DE EFETIVO CONSUMO – ESGOTAMENTO SANITÁRIO</b>					
A tarifa de esgoto corresponde a 50% do consumo de água para todas as categorias de usuários.					
<b>TARIFAS FIXAS</b>					
Tarifa Fixa Água	19,6888	9,8444	23,6264	39,3775	20,6732
Tarifa Fixa Esgoto	9,8444	4,9221	11,8133	19,6888	10,3366

Fonte: Resolução de fiscalização e regulação – ARISB-MG nº 227, de 01 de fevereiro de 2023 (ARISB, 2023)

Conforme Araújo *et al* (2017), o levantamento dos dados referente aos custos de transporte, tanto do município quanto do corpo de bombeiros, foram extraídos a partir do Sistema Nacional de pesquisa de custos de Índices da Construção Civil – SINAPI, referente a fevereiro de 2023, considerando o custo do transporte de água em caminhão pipa com capacidade mínima de 10 m<sup>3</sup>. O custo do caminhão de 10m<sup>3</sup> foi de 294,63 R\$/hora. A partir disso, foi calculado o tempo necessário para o caminhão atingir diferentes distâncias a partir da ETE, e a partir desse tempo, o custo final do transporte. Para o cálculo, considerou-se uma velocidade média de 40 km/h, devido tráfego lento em trânsito municipal, e a fórmula de velocidade média descrita na Equação 2.

Equação 2:

$$V = \frac{D}{t}$$

Em que:

V (km/h) = Velocidade média

D (km) = Distância percorrida

t (h) = Tempo

Por fim, os resultados foram especializados, a partir do software QGIS, e realizada comparação entre o custo da atividade a partir de água potável e água de reúso.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Demanda e qualidade do efluente para reúso

Na Tabela 10 são apresentados os resultados referentes à demanda de água para diferentes atividades realizadas no município de Guanhães.

Tabela 10: Demanda urbana e agrossilvipastoril para reúso.

DEMANDA URBANA (Transporte por caminhão pipa)								
Tipo	Local	Dia da semana	Volume diário (m <sup>3</sup> )	Volume semanal (m <sup>3</sup> )	Volume mensal (m <sup>3</sup> )			
Rega de canteiros públicos	Av. Alberto Caldeira	Segunda	40	120	384			
	Av. Milton Campos	Quarta	40					
	Av. Alberto Caldeira		40					
	Av. Milton Campos		40					
	Irrigação	Av. Alberto Caldeira	Sexta			40	16	64
Av. Milton Campos		Terça	24					
Controle de poeira	Campo Bairro Esperança e canteiros			Terça	16	64	256	
	Rua Dez, bairro Canaã			Quinta	40			
	Rua Novo Horizonte, bairro Canaã							40
	Rua B, bairro Santa Tereza							40
	Combate a incêndio	Av. C, bairro Santa Tereza	-	-	30			120
		Rua Dez, bairro Canaã						
Rua Novo Horizonte, bairro Canaã								
Total	Rua B, bairro Santa Tereza	-	-	-	824			
	Av. C, bairro Santa Tereza							

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

O levantamento do volume médio mensal de efluente tratado na ETE, entre fevereiro de 2020 a abril de 2021, que poderá ser disponibilizado para reúso, está descrito na Tabela 11.

Tabela 11: Volume de efluente tratado na ETE Guanhães.

<b>VOLUME EFLUENTE TRATADO – ETE GUANHÃES</b>			
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Vazão média (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Volume médio mensal (m<sup>3</sup>)</b>
2020	Fevereiro	8,46	6091,2
	Abril	7,72	5558,4
	Junho	9,73	7005,6
	Agosto	11,75	8460
	Outubro	18,14	13060,8
	Dezembro	22,38	16113,6
2021	Fevereiro	18,70	13464
	Abril	15,74	11332,8
	Junho	13,33	9597,6
	Agosto	12,11	8719,2
	Outubro	14,04	10108,8
	Dezembro	21,12	15206,4
2022	Fevereiro	18,43	13269,6
	Abril	16,00	11520
<b>Média</b>		<b>14,83</b>	<b>10679,14</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

O volume de efluente tratado, de acordo com a vazão de tratamento atualmente na ETE, é de aproximadamente 10.000 m<sup>3</sup> mensais. Foram encontradas demandas urbanas e agrossilvipastoris para reúso, como sendo rega de canteiros públicos, controle de poeira, irrigação de campos de futebol e utilização pelo corpo de bombeiros, que somam em média 824 m<sup>3</sup> mensal. Sendo assim, a ETE teria disponibilidade para reúso, sendo utilizado atualmente cerca de 8,2% do efluente tratado para as demandas encontradas, sendo o restante liberado a jusante do município, no ribeirão Graipú.

Embora as demandas levantadas possam ser totalmente supridas, pela quantidade de efluente tratado na ETE, ainda existe campo de crescimento para a prática na cidade. As atividades encontradas neste estudo, podem ser utilizadas como plano piloto até a descobertas de novas demandas e novas práticas de reúso. As práticas de reúso encontradas estão ligadas aos serviços públicos fornecidos pelo município, e o aumento de demanda de reúso poderá ser alcançada com novos estudos referente às empresas privadas. Nesse contexto, pode-se mencionar a irrigação de culturas de eucalipto, como uma nova alternativa de reúso de água, devido ao município produzir eucalipto nas plantações gerenciadas pela empresa CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S/A).

Os dados referentes aos parâmetros pH e condutividade elétrica, coletados junto ao SAAE Guanhães, necessários para avaliar a qualidade do efluente tratado na ETE para fins de reúso, estão descritos na Tabela 12. Conforme a DN 65 do CERH-MG, o pH aparece como parâmetro a ser analisado tanto para usos urbanos quanto para agrossilvipastoris. Já a condutividade elétrica aparece apenas para usos agrossilvipastoris.

Os valores médios obtidos em relação às variáveis analisadas quanto à qualidade do efluente tratado, permitiram identificar que não há restrições de reúso para ambas as

modalidades, conforme a DN 65 do CERH-MG. Entretanto, percebe-se que os valores de pH analisados, variam de 7,49 a 10,24, o que pode ser explicado devido ao aumento de radiação solar durante o dia, que influencia na fotossíntese exercida pelas microalgas presentes nas lagoas facultativas. A atividade fotossintética consome carbono inorgânico elevando os valores de pH. Esses valores são esperados em lagoas facultativas, segundo Von Sperling (2019), que explica que durante o dia, nas horas de máxima atividade fotossintética, o pH pode atingir valores em torno de 10. Portanto, para avaliar os níveis de pH do efluente tratado, as coletas deverão ser compostas, sendo coletadas em diversos horários do dia e anoite.

Os valores de condutividade elétrica variaram entre 559 e 656  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo que todas as análises se encontram dentro do valor de referência ( $\geq 500$ ) da DN 65 do CERH-MG. Conforme a legislação de referência utilizada, os valores de condutividade elétrica abaixo de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , apresentam restrição para os usos agrossilvipastoris, devido 500 ser o valor mínimo necessário para que não haja risco de dispersão da argila do solo. Além disso, considerando os valores de RAS que o esgoto sanitário pode apresentar, sendo que a dose máxima de aplicação de sódio no solo, via água para reúso permitida, é de 300 kg/(ha.ano) (CERH, 2020).

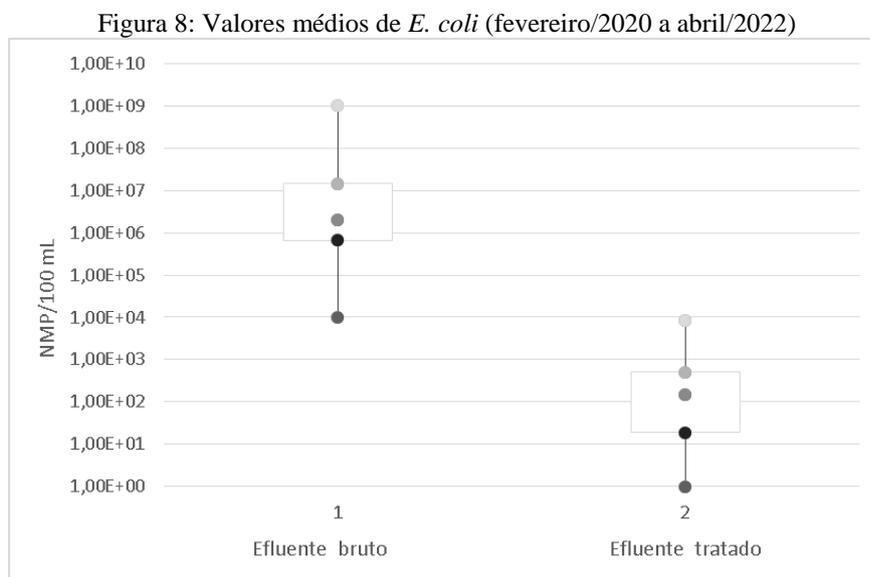
Tabela 12: Resultados de análises de efluente tratado ETE Guanhães.

<b>EFLUENTE TRATADO – ETE GUANHÃES</b>			
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Parâmetros</b>	
		<b>pH</b>	<b>Condutividade elétrica (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>
2020	Fevereiro	8,71	559,66
	Abril	9,73	475,09
	Junho	10,24	532,34
	Agosto	8,47	649,89
	Outubro	9,61	887,96
	Dezembro	8,71	897,15
2021	Fevereiro	9,50	528,02
	Abril	9,33	489,86
	Junho	8,43	508,82
	Agosto	8,30	593,47
	Outubro	8,96	653,18
2022	Dezembro	9,47	392,63
	Fevereiro	7,49	410,02
	Abril	8,16	656,27
	<b>Média</b>	<b>8,94</b>	<b>588,17</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Na Figura 8, são apresentados os resultados para *E. coli*, utilizando média geométrica, referentes ao efluente bruto e tratado na ETE. Percebe-se que os valores para *E. coli*, diminuíram 5 unidades logarítmicas entre a entrada e saída da estação, o que comprova a eficiência e funcionamento adequado do tratamento realizado. Grande parte das análises realizadas ficaram abaixo de  $1 \times 10^3$ , com o terceiro quartil inferior a  $1 \times 10^3$ , embora o máximo

encontra-se próximo de  $1 \times 10^4$ . Todos os dados foram inferiores a  $1 \times 10^4$ , e encontram-se dentro dos limites para reúso amplo na modalidade urbana e reúso limitado para reúso agrossilvipastoril, considerando a DN 65 do CERH-MG.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Resultado semelhante foi encontrado, em estudo realizado por Mendonça (2005), onde foi realizada a caracterização e avaliação da ETE Rosa Elze, localizada em São Cristóvão, SE, para reúso do esgoto. A ETE Rosa Elze é constituída de cinco lagoas em série: duas lagoas facultativas, seguidas de três lagoas de maturação. Os resultados para eficiência de remoção de *E. coli* apresentaram redução entre 4 e 9 unidades logarítmicas. Não se pode dizer o mesmo, na eficiência de remoção de *E. coli*, para o estudo realizado na ETE instalada na Universidade Federal de São Carlos, no Centro de Ciências Agrárias, localizada na área rural do Município de Araras, onde a eficiência de remoção atingiu valores de remoção de 63,98%, entre a entrada e saída do tratamento (SOUZA *et al.*, 2015).

Apesar de as lagoas facultativas serem dimensionadas para remover matéria orgânica e as lagoas de maturação serem dimensionadas para remoção de *E. coli*, a combinação de lagoas facultativas em série conseguiu apresentar resultados satisfatórios para *E. coli*. Conforme Von Sperling (2019), caso haja lagoas em série, como é o caso do município de Guanhães, deve-se levar em consideração o fato de que a primeira lagoa irá trabalhar sobrecarregada, devido receber toda a carga afluente, com a possibilidade de ter condições de anaerobiose. A lagoa subsequente pode ser considerada, dependendo do tamanho das lagoas adotadas e tempo de detenção hidráulica, como sendo lagoa de maturação. E assim as lagoas em série são mais utilizadas para a remoção de patógenos. Isso possivelmente explica a eficiência encontrada para

a remoção de *E. coli* na ETE Guanhães, já que é formada por lagoa facultativa primária e lagoa facultativa secundária em série e opera atualmente com apenas 15% do esgoto gerado no município, aumentando o seu tempo de detenção hidráulica (TDH).

As análises para ovos viáveis de helmintos e RAS obtidas a partir da coleta do efluente tratado na ETE Guanhães, estão apresentadas na Tabela 13. Os valores encontrados permitiram avaliar como positiva a capacidade do efluente da ETE Guanhães, ser utilizado para as modalidades de reúso urbano e agrossilvipastoril, conforme DN 65 do CERH-MG.

Tabela 13: Resultado de análise mensal para ovos viáveis de helmintos.

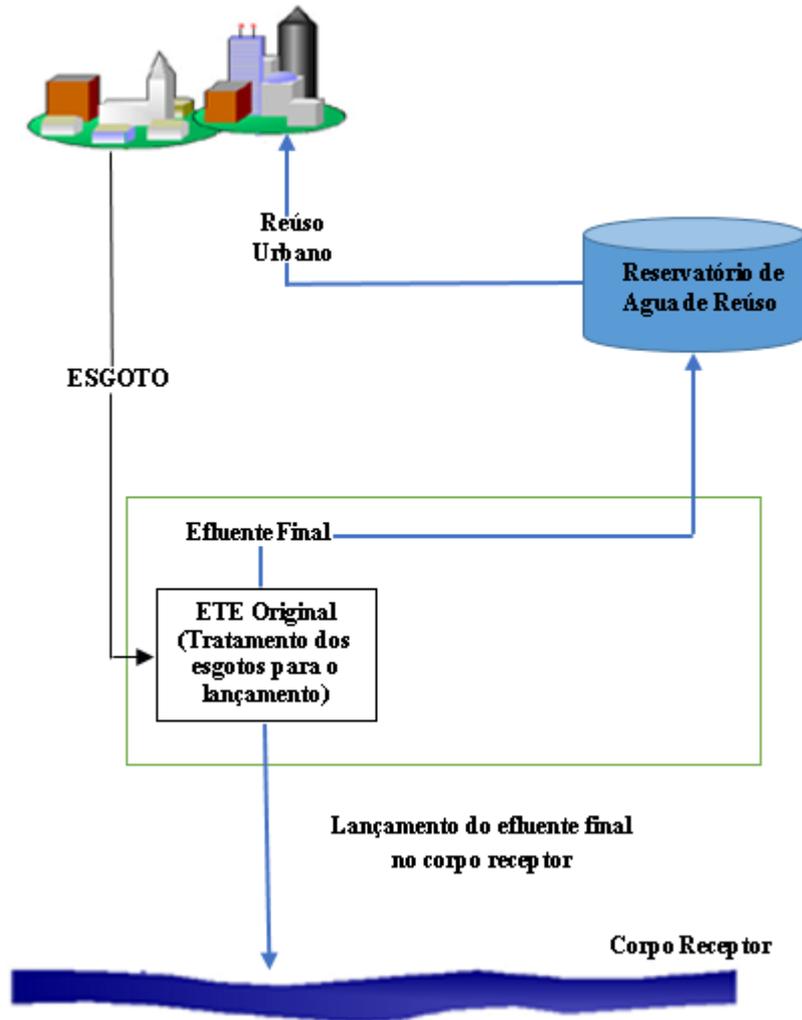
<b>EFLUENTE TRATADO – ETE GUANHÃES</b>				
<b>Amostra</b>	<b>Mês</b>	<b>Data (coleta)</b>	<b>Ovos helmintos</b>	<b>RAS</b>
1	Dezembro	15/12/2021	< 1	-
2	Janeiro	12/01/2022	Ausentes	-
3	Fevereiro	16/02/2022	< 1	2,93
4	Março	30/03/2022	< 1	2,91
5	Abril	13/04/2022	< 1	2,98
6	Maio	28/05/2022	< 1	2,85
7	Junho	07/06/2022	< 1	2,68

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

A remoção de ovos de helmintos em lagoas, ocorre a partir da sedimentação principalmente nas lagoas de maturação, e um importante fator que influencia na remoção de ovos de helmintos é o TDH das lagoas. Quanto maior o tempo de detenção, maior será a capacidade de sedimentação (DIAS *et al.*, 2017). Os resultados obtidos e o funcionamento atual da ETE Guanhães, com tempo de detenção hidráulica de 27,5 dias, vão em concordância no que diz respeito a possíveis altos valores de TDH, capacidade de sedimentação e ausência de ovos de helmintos nos efluentes, conforme resultados obtidos nas análises.

Para uma melhor compreensão do modelo de implantação de reúso na ETE Guanhães, foi esquematizado um modelo gráfico conceitual (Figura 9), onde pode-se observar o fluxo sequencial para reúso e lançamento no corpo hídrico. Os esgotos sanitários coletados são tratados na ETE municipal, parte do efluente tratado é disposta no corpo hídrico receptor e parte seria encaminhada para um reservatório, que pode ser interpretado como um centro de distribuição via caminhão pipa para os consumidores urbanos, ou como o destino final em si.

Figura 9: Esquema de reúso de água



Fonte: Adaptado Noqueira (2010)

## 7.2 Avaliação econômica para o reúso de água

Com o intuito de possibilitar a comparação entre o custo para a utilização de água de reúso, com o valor da água potável que seria utilizada para as demandas urbanas encontradas, realizou-se uma estimativa do custo de transporte da água de reúso por meio de caminhão pipa, identificados como água de uso não potável, considerando dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, utilizando o código 5901, referente aos gastos com caminhão pipa com capacidade de 10.000 L (10 m<sup>3</sup>), para o estado de Minas Gerais relativo ao mês de fevereiro de 2023, presentes na Tabela 14:

Tabela 14: Relação de custo do transporte com caminhão pipa fornecido pelo SINAPI/Minas Gerais.

<b>Código</b>	<b>Custo transporte (R\$/10m<sup>3</sup> x h)</b>	<b>Custo transporte (R\$/m<sup>3</sup> x min)</b>
5901	294,63	0,82

Fonte: SINAPI (2023)

A seguir, os custos do caminhão pipa em R\$/m<sup>3</sup> x min, demonstrados na Tabela 14, foram utilizados para obtenção do custo do transporte da água de reúso para cada m<sup>3</sup> em diferentes distâncias e considerando uma velocidade de deslocamento média de 40 km/h. Os valores obtidos estão demonstrados na Tabela 15. É possível observar que o custo do transporte da água de reúso aumenta conforme também aumenta a distância, e o tempo de locomoção, entre o local de origem e o comprador/beneficiado da água; podendo assim, considerar essas variáveis como diretamente proporcionais.

Tabela 15: Tempo de transporte do caminhão pipa em função de diferentes distâncias e estimativa do custo do transporte para cada m<sup>3</sup>.

<b>Velocidade (km/h)</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Custo transporte (R\$/m<sup>3</sup>)</b>
40	5	7,5	3,68
	7,5	11,25	5,52
	10	15	7,37
	15	22,5	11,05
	20	30	14,73

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em seguida, utilizando os dados disponibilizados referentes aos valores de tarifas aplicadas atualmente pelo município de Guanhaes para classe pública presentes na Tabela 9, para as diversas faixas de consumo, e considerando as demandas levantadas que poderiam ser fontes para o reúso de água (Tabela 10), realizou-se uma simulação do valor a ser cobrado (Tabela 16):

Tabela 16: Comparação entre os custos da água potável e os de transporte da água de reúso.

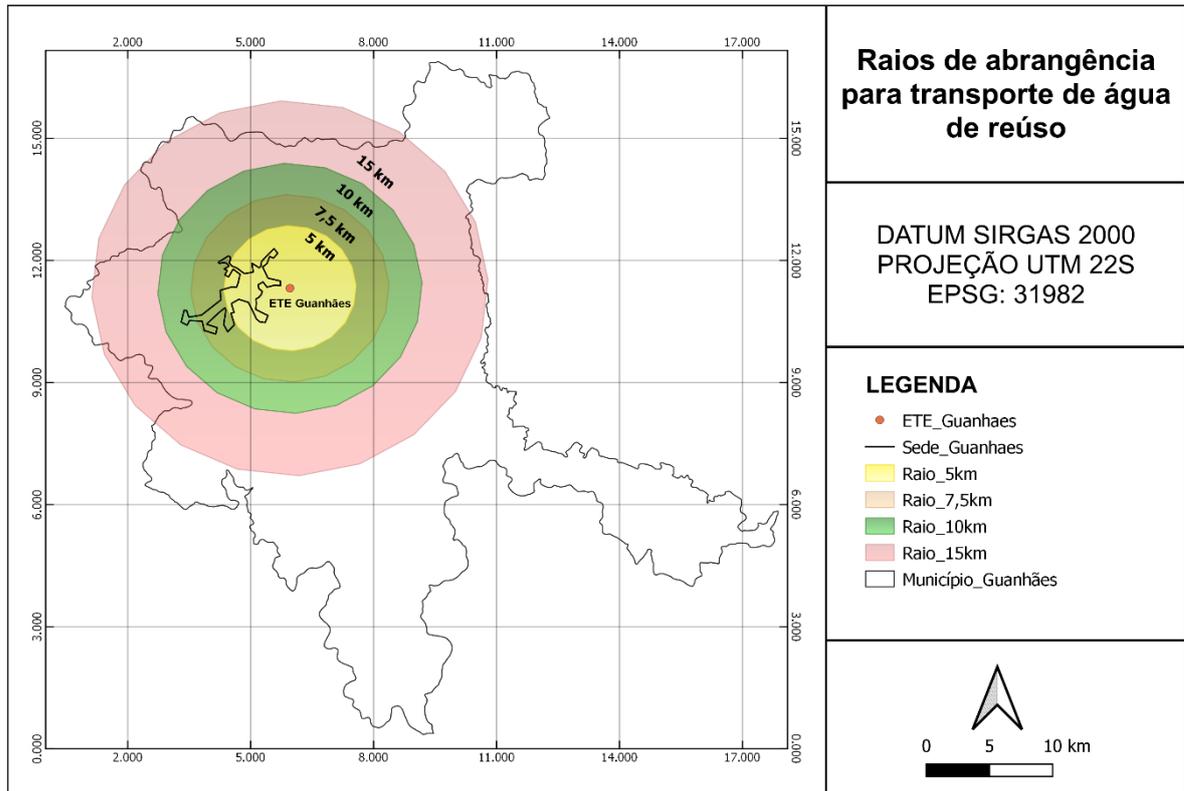
Dados	Consumo (m <sup>3</sup> )	Categoria	Distância (km)	Custo de água potável (R\$)	Custo do transporte de água de reúso (R\$)
Secretaria de Infraestrutura Urbana	704	Público	5	9756,24	2.592,74
			7,5		3.889,12
			10		5185,49
			15		7.778,23
			20		10.370,98
Batalhão do corpo de bombeiros	120	Público	5	1443,64	441,95
			7,5		662,92
			10		883,89
			15		1.325,84
			20		1.767,78

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Com isso, foi possível comparar os valores que iriam ser cobrados pelo SAAE, no caso de utilização de água potável, e o valor do transporte da água de reúso, encontrando assim, as distâncias máximas viáveis para o transporte para a categoria de tarifa analisada. Foi observado que a distância viável máxima foi de 15 km, tendo como ponto de origem à estação de tratamento de esgoto do SAAE de Guanhães. Percebe-se mediante ao estudo realizado no município de Guanhães, que o reúso de água seria viável em pequenas distâncias e que em maiores distâncias, o ideal seria estudar novas alternativas de transporte. De acordo com Silva Junior *et al* (2021), as distâncias entre os locais de oferta e as áreas de demanda de água de reúso são fatores limitantes na hora de analisar os cenários de implementação desta prática; sendo que distâncias muito grandes podem apresentar custos de transportes inviáveis. Para implantação efetiva dos projetos de reúso de água, deve-se levar em consideração que a viabilidade econômica deve ser assegurada (GOYAL e KUMAR (2020)).

Por meio da Figura 10, é possível observar a área delimitada referente a área correspondente ao município e sua sede, e os raios de abrangência para transporte de água de reúso.

Figura 10: Mapa de abrangência das distâncias viáveis do município de Guanhães



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Percebe-se que toda a sede do município, onde foram encontradas as demandas, está inserida nos raios de abrangência do transporte de água de reúso, tendo sua viabilidade para a categoria analisada com distâncias máximas até 15 km.

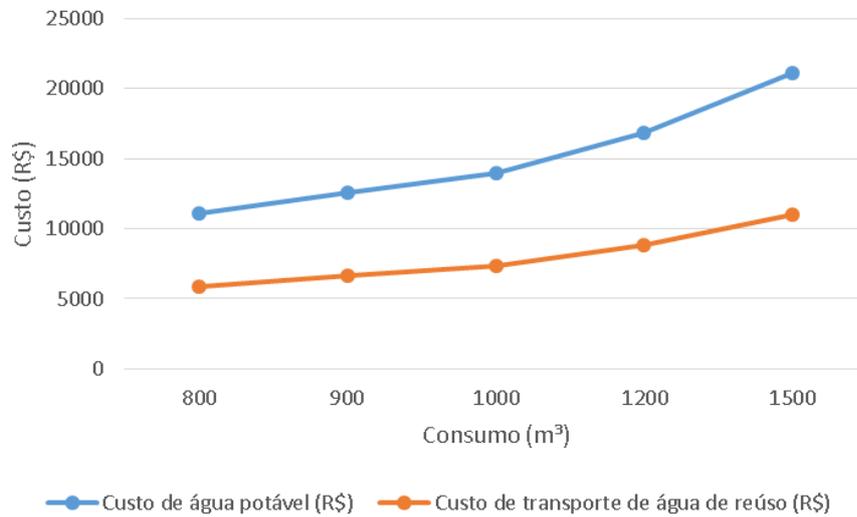
Para simulação de aumento de demanda, optou-se por variar os valores de volume consumido na categoria pública, a fim de observar a oscilação dos preços do transporte da água de reúso. Foram consideradas as distâncias de 10 km, e 15 km. Os novos valores de consumo e preços estão presentes na Tabela 17; e a comparação de valores pode ser melhor observada por meio das Figuras 11 e 12.

Tabela 17: Variação dos valores de transporte de água de reúso na categoria pública.

Consumo (m <sup>3</sup> )	Distância (km)	Custo de água potável (R\$)	Custo de transporte de água de reúso (R\$)
800	10	11.123,70	5.892,60
	15		8.838,90
900	10	12.548,13	6.629,18
	15		9.943,76
1000	10	13.972,56	7.365,75
	15		11.048,63
1200	10	16.821,42	8.838,90
	15		13.258,35
1500	10	21.094,71	11.048,63
	15		16.572,94

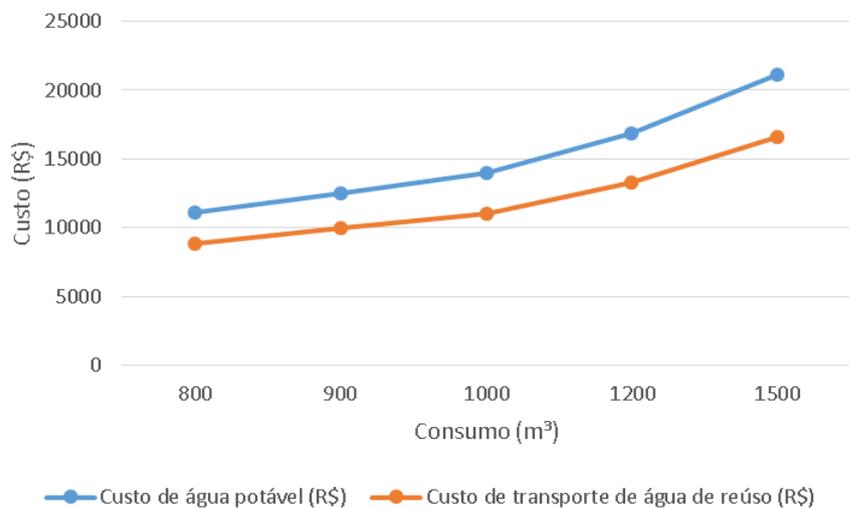
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 11: Valores cobrados para uma distância de 10 km



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 12: Valores cobrados para uma distância de 15 km



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Pode-se observar que, em ambos os gráficos (Figuras 11 e 12) a diferença de preço da água potável e do transporte da água de reúso é diretamente proporcional com o aumento do volume de água. Nos dois cenários, o transporte de água de reúso mostrou-se mais viável economicamente, sendo a opção mais barata para as duas distâncias, e para os 5 volumes adotados. Observa-se também que com o aumento do consumo, a diferença entre o custo da água potável e o custo do transporte da água de reúso fica cada vez maior, o que demonstra que na identificação de maiores volumes de demandas, o reúso de água se tornará ainda mais atrativo do ponto de vista econômico.

Contudo, para que se torne atrativo do ponto de vista econômico, é importante que as decisões técnico-políticas sejam tomadas com base em estudos técnico-científicos, que garantam o desempenho, a eficácia e a segurança dos empreendimentos de reúso de água. Metodologias de avaliação de potencialidades como a realizada neste estudo e as diversas metodologias já publicadas em outros estudos (LIMA *et al.*, 2020; MELO *et al.*, 2020; ARAUJO *et al.*, 2017) podem ser replicadas para as regiões específicas de forma a auxiliar o desenvolvimento dos projetos.

## 8. CONCLUSÃO

O município de Guanhães tem potencial para implantação de reúso de água, sendo que a ETE teria disponibilidade do ponto de vista quantitativo, sendo utilizado atualmente cerca de 8,2% do efluente tratado para as demandas encontradas. Embora as demandas levantadas possam ser totalmente supridas, pela quantidade de efluente tratado na ETE, ainda existe campo de crescimento para a prática na cidade. Deve-se levar em consideração que as atividades encontradas neste estudo, podem ser utilizadas como plano piloto para descobertas de novas demandas e novas práticas de reúso.

Os valores médios obtidos em relação às variáveis analisadas quanto à qualidade do efluente tratado, permitiram identificar positivamente o seu potencial de reúso tanto na modalidade de reúso urbano quanto para reúso agrossilvipastoril, não apresentando restrições de reúso para ambas as modalidades, conforme a DN 65 do CERH-MG; Por meio da análise econômica, pode-se concluir que o transporte via caminhão pipa seria interessante para demandas com distâncias máximas de até 15 km, onde os valores necessários para o transporte são menores que os valores referentes a água potável, considerando as tarifas praticadas.

De maneira geral, quanto à distância de transporte da água de reúso, o presente trabalho considera que, quando os benefícios são maiores ou iguais aos custos totais, o sistema de reúso

é considerado viável. No caso de os benefícios serem menores que os custos totais, pode-se procurar aumentar o raio de observação e retornar à análise espacial e quantitativa, na intenção de identificar e avaliar a viabilidade de novas possibilidades de reúso, que ampliem a demanda e viabilizem a prática do reúso. Este retorno deve ser realizado até o momento em que o tomador de decisão, usando seu bom senso, perceba que os custos de transporte estão se tornando demasiadamente elevados e/ou tecnicamente desfavoráveis, pois isto inviabilizará, a partir deste raio, as novas possibilidades de reúso da água.

## REFERÊNCIAS

APHA. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 22 Ed. 2012.

ARAÚJO, B. M., *et al.* 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. **Ciência exatas e engenharia**, Campos dos Goytacazes, 2017. p. 51-61.

ARISB. **Resolução de fiscalização e regulação, nº 227, de 01 de fevereiro de 2023**. Dispõe sobre o reajuste dos valores das Tarifas de Água e Esgoto referentes aos serviços prestados pelo SAAE, a serem praticados no município de Guanhães-MG, e dá outras providências. 2023. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1xvhY85KUoaUu8xtaCYmERIFokuxLKVvH/view>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CARVALHO, R. S. Análise da aceitabilidade por uma comunidade urbana de produtos agrícolas irrigado por efluentes domésticos tratados. **Revista Expressão Científica**, 2021. ISSN 2447-9209, v. VI, n. 1.

CASTRO, C. N. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/1/%C3%81gua\\_problemas\\_complexos.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/1/%C3%81gua_problemas_complexos.pdf). Acesso em: 15 nov. 2022.

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Deliberação Normativa CERH-MG Nº 65, de 18 de junho de 2020. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. **Diário do executivo**, Minas Gerais. 2020. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>. Acesso em: 15 abr. 2021.

DIAS, D. F. C., *et al.* Uma revisão dos mecanismos de desinfecção de indicadores bacterianos em lagoas de estabilização de resíduos. **Rev Environ Sci Biotechnol**, 2017. v. 16, p. 517–539. DOI 10.1007/s11157-017-9433-2.

GIACCHETTI, M. C. M., *et al.* **Consumo de água em indústrias: Enfrentando a escassez – Revista Espacios**, 2017. v. 38, p. 21. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n22/a17v38n21p21.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

GOYAL, K; KUMAR, A. A Modelling Approach to Assess Wastewater Reuse Potential For Delhi City. **Water Supply**, 2020. v. 20, n. 5, p. 1716-1725. Disponível em: <https://iwaponline.com/ws/article/20/5/1716/74010/A-modellingapproach-to-assess-wastewater-reuse>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise & Dados**, 2003. Salvador, v. 13, n. especial.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/guanhaes/panorama>. Acesso em: 10 ago. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal do IBGE**. 2023. Disponível em: <https://pais.es.ibge.gov.br/#/mapa/ranking/brasil?indicador=77849&tema=5&ano=2020>. Acesso em: 20 mar. 2023.

LIMA, M., *et al.* Water reuse potential for irrigation in Brazilian hydrographic regions. **Water Supply**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/ws.2020.280>. Acesso em: 20 de jun. 2023.

MELO, M. C., *et al.* Evaluation of potential use of domestic treated effluents for irrigation in areas subject to conflicts over water use in Paracatu River Basin. **Revista Caminhos da Geografia**, 2020. v. 21, p. 52. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/50442/29000>. Acesso em: 20 de jun. 2023.

MENDONÇA, L. C., *et al.* Caracterização e avaliação da ETE Rosa Elze para reúso do efluente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2005. São Cristóvão. v.9, p. 143-145.

NOGUEIRA, M. R. S. **Otimização econômica do uso do esgoto tratado uma análise do transporte da água de reúso em busca da sustentabilidade**. 185 p. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2010.

RODRIGUES, A. L., *et al.* Balanço hídrico climatológico e estudo da disponibilidade hídrica do reservatório da barragem Santa Cruz para o município de Guanhães/MG-Brasil. **Research, Society and Development**, 2022. v. 11, n. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29238>.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Sistema de Esgotamento Sanitário**. Tratamento. 2022. Disponível em: <https://saaeguanhaes.com.br/pagina/view/45>. Acesso em: 10 ago. 2022.

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**, 2021. v. 9, n. 2, p. 36–54. DOI: 10.9771/gesta.v9i2.43711. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43711>. Acesso em: 13 set. 2022.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Custo. 2023. Disponível em: [https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_648](https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648). Acesso em: 15 mar. 2023.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico temático gestão técnica de esgoto**. 2020. Disponível em: [http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_GESTAO\\_TECNICA\\_DE\\_ESGOTO\\_AE\\_SNIS\\_2022.pdf](http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_ESGOTO_AE_SNIS_2022.pdf). Acesso em: 26 out. 2022.

SOUZA, C. F. *et al.* Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reuso agrícola. **Revista Ambiente e Água**, 2015. n.3, v. 10.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**, 2. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 95 p. 2019.

USEPA. **Environmental Regulations and Technology Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge**. United States Environmental Protection Agency. 2003. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/epa-625-r-92-013.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2022.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os aspectos que contribuem para o atual estágio de utilização e resistência ao reúso em cenários de município pequeno porte, como é o caso do município de Guanhães, e que devem ser trabalhados para a sua implementação, podem ser citados: a falta de conhecimento e “cultura” de reúso, a carência de informações referentes a qualidade do efluente tratado na ETE e o atendimento as legislações existentes, e a ausência de políticas públicas, instrumentos de planejamento e incentivos econômicos.

Cabe destacar que além das questões de viabilidade econômica em termos de investimento necessário, a economia também deverá identificar valor para as externalidades positivas geradas na redução dos custos ambientais com o reúso de água. Assim, além das questões econômicas levantadas nesta pesquisa, poderia ser realizada uma extensão deste trabalho calculando o valor econômico (da redução da poluição) gerado.

Os resultados obtidos possibilitarão a elaboração de um relatório técnico que poderá subsidiar a Prefeitura de Guanhães e o SAAE Guanhães na definição de estratégias para implantação de reúso de água para auxílio na gestão dos recursos hídricos do município.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, N. J. D. **Implementação de sistema de reutilização de águas residuárias urbanas para rega de zonas verdes com elevado contato humano**. 2008. 93 p. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Sanitária, Lisboa, 2008.
- AQUAPOLO. **Gs Inima Industrial**. Disponível em: <<http://www.aquapolo.com.br/>>. Acesso em: 06, maio, 2023.
- BENINI, S. M. *et al.* **Saneamento e o Ambiente**, 2018. 1ª Ed. Tupã. São Paulo, 42 p.
- BASTOS, R. K. X. *et al.* Subsídios à regulamentação do reúso da água no Brasil. **Revista DAE**, 2008. Viosa, p. 50-62.
- CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Deliberação Normativa CERH-MG Nº 65, de 18 de junho de 2020. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. **Diário do executivo**, Minas Gerais. 2020. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 54, de 28 de Novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 2005. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- CUTOLO, S. A. **Reúso de águas residuárias e saúde pública**. São Paulo: Annablume, Fapesp, 2009. 96 p.
- FUKASAWA, B. N.; MIERZWA, J. C. Identification of water reuse potential in Metropolitan Regions using the Analytic Hierarchy Process. **Environmental and Sustainability Indicators**. São Paulo, 2020.
- LIBUTTI, A. *et al.* Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, 2018. v. 196. Italy, p. 1-14.
- LIMA, E. P. C. **Água e Indústria: Experiências e desafios**. 1. Ed. Brasília: Infinita Imagem, 2018. 119 p.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. 1ª ed. São Paulo: Editora Manole LTDA, 2003. 579 p.
- MASSOUD, M. A., *et al.* Factors influencing the reuse of reclaimed water as a management option to augment water supplies. **Environmental Monit Assess**. Switzerland, 2018.

METCALF e EDDY. **Wastewater Engineering, Treatment and Reuse**. Fourth Edition. Lisbon: Hill International Editions, 2003.

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**, 2019. v. 67.

NBR. Norma Brasileira. **NBR 13969/1997**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: NBR, 60 p. 1997.

OLIVEIRA, D. C. S. *et al.* Processos biológicos para o tratamento de efluentes: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 2021. v. 8, p. 397-415.

OMS. World Health Organization. **Who Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater**, v. II, p. 204. 2006.

ORTIZ, I. A. S.; MATSUMOTO, T. Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de Ilha Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias. **Ingeniería y Desarrollo**. Universidad del Norte, 2012. v. 30, n. 2, p.199-222. ISSN: 2145-9371.

PIERONI, M. F. **Avaliação da viabilidade de implantação de unidades de reuso em estações de tratamento de esgoto: estudo de caso para a Zona Oeste do Rio de Janeiro**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

SAAE. Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Sistema de Esgotamento Sanitário**. Tratamento. 2023. Disponível em: <https://saaeguanhaes.com.br/pagina/view/45>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Água de reúso**. 2022. Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=569>. Acesso em: 10 mai. 2022.

SALLES, N. A. **Cotratamento de esgoto sanitário e lixiviado de aterro sanitário em sistemas de lagoas aeradas e de lodos ativados: abordagem utilizando o ASM**. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SANTOS, T. B. P. **Viabilidade de reúso urbano não potável dos efluentes de uma estação de tratamento de esgoto em nível terciário**. Portal Tratamento de Água. 2020. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/viabilidade-de-reuso-urbano-nao-potavel-dos-efluentes-de-uma-ete/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SILVA, A. C. R.; NETTO, A. P. O. Caracterização dos efluentes tratados em estações compactas para reuso direto não potável urbano. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, 2022. v.11, n. 1, p. 178-197.

SOUZA, S. N. *et al.* **Avaliação preliminar dos resultados operacionais de uma estação de tratamento de esgotos em escala real, com tratamento terciário – ETE Ibitaré** - Portal Tratamento de Água. 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/ete-resultados-operacionais-terciario/>. Acesso em: 23 jan. 2021.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**, 2. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019. 95 p.

**APÊNDICE A - Questionário: Reúso de água**

Nome:

Sexo:

Masculino     Feminino

Idade:

Escolaridade:

- Não alfabetizado
- Ensino fundamental completo
- Ensino fundamental incompleto
- Ensino médio completo
- Ensino médio incompleto
- Ensino superior completo
- Ensino superior incompleto

Profissão:

Trabalha em qual setor:

- Saneamento básico (SAAE);
- Educação (Escolas públicas estaduais e municipais);
- Serviço público municipal (prefeitura);
- Saúde;
- Outro;

Nos últimos 5 anos, você teve intermitência no abastecimento de água em sua residência?

- Sim
- Não
- Não sei responder

Você tem conhecimento do termo “águas residuárias tratadas” (Efluente tratado)?

- Sim, já ouvi e sei o que significa;
- Sim, já ouvi mas não sei o que significa;
- Não;

Já ouviu falar em reúso de água:

- Sim
- Não
- Não sei responder;

Aceita utilizar águas residuárias tratadas para fins **não potáveis**?

- Sim
- Não
- Não sei responder

Qual a sua opinião quanto a reutilização de água residuária tratada para: irrigação?

- se opõe fortemente;
- se opõe;
- indiferente;
- apoia;
- apoia fortemente.

Se você se opõe, se opõe por qual dos motivos:

- Não confio na qualidade da água residuária tratada em Estação de Tratamento de Esgoto;
- Não acredito na credibilidade da empresa responsável pelo tratamento;
- Falta de informações;
- Existe muita água disponível;
- Outro

Qual: \_\_\_\_\_

Qual a sua opinião quanto a reutilização de água residuária tratada para: lavagem de ruas e praças públicas?

- se opõe fortemente;
- se opõe;
- indiferente;
- apoia;
- apoia fortemente.

Se você se opõe, se opõe por qual dos motivos:

- Não confio na qualidade da água residuária tratada em Estação de Tratamento de Esgoto;
- Não acredito na credibilidade da empresa responsável pelo tratamento;
- Falta de informações;
- Existe muita água disponível;
- Outro

Qual: \_\_\_\_\_

Qual a sua opinião quanto a reutilização de água residuária tratada para: controle de poeiras em estradas vicinais (estradas de terra)?

- se opõe fortemente;
- se opõe;
- indiferente;
- apoia;
- apoia fortemente.

Se você se opõe, se opõe por qual dos motivos:

- Não confio na qualidade da água residuária tratada em Estação de Tratamento de Esgoto;
- Não acredito na credibilidade da empresa responsável pelo tratamento;
- Falta de informações;
- Existe muita água disponível;
- Outro

Qual: \_\_\_\_\_

Qual a sua opinião quanto a reutilização de água residuária tratada para: manutenção de jardins e canteiros públicos (rega)?

- se opõe fortemente;
- se opõe;
- indiferente;
- apoia;
- apoia fortemente.

Se você se opõe, se opõe por qual dos motivos:

- Não confio na qualidade da água residuária tratada em Estação de Tratamento de Esgoto;
- Não acredito na credibilidade da empresa responsável pelo tratamento;
- Falta de informações;
- Existe muita água disponível;
- Outro

Qual: \_\_\_\_\_

Qual a sua opinião quanto a reutilização de água residuária tratada para: Combate a incêndio (utilização pelo corpo de bombeiros)

- se opõe fortemente;
- se opõe;
- indiferente;
- apoia;
- apoia fortemente.

Se você se opõe, se opõe por qual dos motivos:

- Não confio na qualidade da água residuária tratada em Estação de Tratamento de Esgoto;
- Não acredito na credibilidade da empresa responsável pelo tratamento;
- Falta de informações;
- Existe muita água disponível;
- Outro

Qual: \_\_\_\_\_

Você concorda que a reutilização de águas residuárias tratadas irá conservar a água potável?

- Sim
- Não
- Não sei responder

Você tem conhecimento de que o estado de Minas Gerais por meio da "DELIBERAÇÃO NORMATIVA CERH-MG Nº 65, DE 18 DE JUNHO DE 2020", estabelece as diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE)?

- Sim
- Não
- Não sei responder

Você é a favor de reúso de água como forma de combate a crise hídrica que o município vem passando nos últimos anos?

- Sim
- Não
- Não sei responder

Deseja receber os resultados da pesquisa?

- Sim
- Não

E-mail:

---