

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA
HÍDRICA

YURI TIMM MÜLLER

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REGIONAL DE REÚSO DE ÁGUA PARA
FINS NÃO POTÁVEIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Maio, 2024

Itajubá (MG)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA
HÍDRICA

YURI TIMM MÜLLER

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REGIONAL DE REÚSO DE ÁGUA PARA
FINS NÃO POTÁVEIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Hídrica como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Hídrica.

Área de concentração: Gestão de Sistemas Hídricos

Orientadora: Prof.^a Dra. Herlane Costa Calheiros

Coorientadora: Prof.^a Dra. Márcia Viana Lisboa Martins

Maio, 2024

Itajubá (MG)

*“O saber a gente aprende com os mestres e os livros.
A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”*

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Itajubá e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica por todos os ensinamentos de excelência. Sou grato pela oportunidade de cursar um Mestrado Profissional com foco em recursos hídricos em uma instituição pública, e espero retornar da melhor forma possível os conhecimentos adquiridos para a sociedade.

Agradeço a minha orientadora Dra. Herlane Costa Calheiros e minha coorientadora Dra. Márcia Viana Lisboa Martins por terem aceitado o compromisso de me conduzir nessa jornada. Por toda atenção e contribuições durante todo o processo de desenvolvimento deste estudo, além dos conhecimentos e valores passados ao longo das disciplinas.

Agradeço a Deus pela saúde e por todas as oportunidades da vida. Agradecimento especial a minha família, aos meus pais, Leni e Ingo, pelos valores morais passados ao longo da vida, pelo carinho e amor. Ao meu irmão Gabriel Müller, minha cunhada Gabriela Hass e meu sobrinho e afilhado Zion, por todos conselhos e boas vibrações. Aos meus sogros, Élide e Fortunato, por todo apoio e suporte. A minha esposa Gabriela Ferreira e futura mãe do nosso filho Theo, pelo amor, compreensão, e apoio incondicional em todos os momentos desta jornada. Por fim, e não menos importante, grato pelo meu fiel amigo e escudeiro, Clock. Sou extremamente grato a todos.

RESUMO

No Brasil, devido ao crescimento populacional e eventos climáticos extremos, há um aumento da pressão na matriz hídrica, fazendo com que cenários de escassez e conflitos pelo uso da água sejam mais frequentes. Com isso, cada vez mais se faz necessário o incremento da gestão dos recursos hídricos com iniciativas visando sua sustentabilidade. O implemento do reúso de água planejado pode ser uma estratégia eficaz no gerenciamento da matriz hídrica, trazendo benefícios em dimensões culturais, sociais, ambientais e econômicas. Nesse sentido, estudos de potencial de reúso de água são essenciais, pois trazem informações relevantes para a temática. O objetivo do estudo foi o desenvolvimento de metodologia multicritério para avaliar o potencial de reúso de água a partir dos efluentes tratados das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), tendo como estudo de caso as bacias hidrográficas do Rio do Sinos (G20) e Rio Sapucaí (GD5). A metodologia foi dividida em quatro etapas. A primeira com a Caracterização das áreas de estudo, a segunda refere-se à Potencialidade de reúso, apresentando os passos básicos para avaliar o potencial de reúso. A terceira trata-se da Avaliação das legislações e instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento, com inclusão de análise da existência de planos, projetos, ações e leis referentes à prática, e a quarta é a Matriz de avaliação das ETEs com análise multicritério do potencial de reúso das unidades de tratamento. Com o desenvolvimento do estudo, foi possível estimar o potencial de reúso de água nas bacias hidrográficas e indicar com maior detalhe regiões de potencialidade mais elevada. Os principais resultados apontaram que na G20, o maior potencial de reúso está na Faixa 1 da oferta com vazão igual a 245,7 L/s e capacidade de atender 46% da demanda de indústria ou 17% para irrigação, e nos municípios de Esteio, São Leopoldo e Sapucaia do Sul está a região de Alto potencial voltada para as demandas industriais. Já na GD5, o maior potencial de reúso está na Faixa 2 da oferta, com vazão igual a 394,8 L/s e possibilidade de atender mais de 100% da demanda de indústria ou 68% de irrigação, e somente no município de Pouso Alegre foi indicada região como de Alto potencial. Além disso, as bacias hidrográficas estão localizadas em Estados com legislação própria para o reúso de água, fator positivo para a implementação da prática, mas ficou evidente a ausência de legislação e planos municipais que contemplem a temática. Por fim, diante da metodologia empregada, resultados alcançados e Produto proposto, o estudo pode contribuir para o incremento da gestão e planejamento dos recursos hídricos e saneamento em bacias hidrográficas, fomentado tomada de decisão mais assertiva.

Palavras-chave: Potencial de reúso de água, Metodologia multicritério, Bacia Hidrográfica

ABSTRACT

In Brazil, due to population growth and extreme weather events, there is increasing pressure on the water matrix, leading to more frequent scenarios of scarcity and conflicts over water use. Therefore, there is an increasing need to enhance water resources management with initiatives aimed at sustainability. The planned reuse of water can be an effective strategy in managing the water matrix, bringing benefits in cultural, social, environmental, and economic dimensions. In this sense, studies on the potential for water reuse are essential as they provide relevant information on the subject. The objective of the study was to develop a multicriteria methodology to assess the potential for water reuse from treated effluents from Sewage Treatment Plants (STPs), using the Rio do Sinos (G20) and Rio Sapucaí (GD5) watersheds as case studies. The methodology was divided into four stages. The first stage involved the Characterization of the study areas, the second referred to the Reuse potential, presenting the basic steps to assess the potential for reuse. The third stage involved the Evaluation of legislation and management instruments for water resources and sanitation, including an analysis of the existence of plans, projects, actions, and laws related to the practice, and the fourth was the Evaluation matrix of the STPs with a multicriteria analysis of the potential for reuse of treatment units. Through the study, it was possible to estimate the potential for water reuse in the watersheds and indicate regions with the greatest potential. The main results indicated that in G20 the greatest potential for reuse is in Band 1 of the offer with a flow rate of 245.7 L/s and the capacity to meet 46% of the industry demand or 17% for irrigation, and in the municipalities of Esteio, São Leopoldo, and Sapucaia do Sul, there is a region with high potential for industrial demands. In GD5, the greatest potential for reuse is in Band 2 of the offer, with a flow rate of 394.8 L/s and the possibility of meeting more than 100% of the industry demand or 68% of irrigation, and only in the municipality of Pouso Alegre, a region with high potential was indicated. The watersheds are located in States with their own legislation for water reuse, a positive factor for the implementation of the practice, but the absence of municipal legislation and plans that address the issue was evident. Finally, given the methodology employed, the results achieved, and the proposed Product, the study can contribute to enhancing the management and planning of water resources and sanitation in watersheds, fostering more assertive decision-making.

Keywords: Potential water reuse, Wastewater treatment plant, Hydrographic basin

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo da água urbana.....	4
Figura 2. Distribuição do reúso de água após tratamento avançado (terciário) no mundo por tipo de uso.....	19
Figura 3. Etapas de aplicação do método AHP	32
Figura 4. Hierarquização dos critérios e subcritérios no método AHP	33
Figura 5. Fluxo das etapas da metodologia.	36
Figura 6. Localização da bacia hidrográfica do Rio do Sinos - G20.....	37
Figura 7. Enquadramento dos municípios em faixas de densidade demográfica – G20.	39
Figura 8. Média dos indicadores IN024, IN015 e IN016 do Estado (RS) e bacia hidrográfica (G20).....	40
Figura 9. Localização da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí - GD5	41
Figura 10. Enquadramento dos municípios em faixas de densidade demográfica – GD5.	43
Figura 11. Média dos indicadores IN024, IN015 e IN016 do Estado (MG) e bacia hidrográfica (GD5).....	44
Figura 12. Localização das ETES e oferta total por município – G20.....	57
Figura 13. Oferta por faixa de classificação nos municípios - G20.	58
Figura 14. Demanda de consumo dos usos consuntivos da água por município do ano de 2023 – G20.	59
Figura 15. Localização das ETES e demanda de indústria de transformação por município - G20.	60
Figura 16. Localização das ETES e demanda de irrigação por município - G20.	60
Figura 17. Distribuição das outorgas de captação por finalidade de uso de indústria e irrigação - G20.	61
Figura 18. Exemplo do levantamento das outorgas concedidas - ETE Morada dos Eucaliptos	62
Figura 19. Número de ETES por categoria de classificação do potencial de reúso - G20.	66
Figura 20. Distribuição das ETES por categoria de classificação do potencial de reúso - G20.	67
Figura 21. Localização das ETES e oferta total por município – GD5.....	69
Figura 22. Oferta por faixa de classificação nos municípios – GD5.....	70
Figura 23. Demanda de consumo dos usos consuntivos da água por município para o ano de 2023 – GD5.	71

Figura 24. Localização das ETEs e demanda de indústria de transformação por município – GD5.	72
Figura 25. Localização das ETEs e demanda de irrigação por município – GD5.....	72
Figura 26. Distribuição das outorgas de captação por finalidade de uso de indústria e irrigação - GD5.	73
Figura 27. Mapa com exemplo do levantamento das outorgas concedidas - ETE Santa Rita do Sapucaí	74
Figura 28. Número de ETEs por categoria de classificação do potencial de reúso - GD5.	78
Figura 29. Distribuição das ETEs por categoria de classificação do potencial de reúso - GD5.	79
Figura 30. Exemplo da página 1 do painel interativo (<i>dashboard</i>).....	81
Figura 31. Exemplo da página 2 do painel interativo (<i>dashboard</i>).....	81

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de reúso planejado.	3
Quadro 2 - Padrões de qualidade de água de reúso para diferentes modalidades no Brasil.....	7
Quadro 3 – Frequência de monitoramento em função da vazão.	12
Quadro 4 – Frequência de monitoramento em função da vazão e parâmetros.....	12
Quadro 5 – Parâmetros de qualidade para uso da água não potável em edificações.....	13
Quadro 6 – Nível de tratamento e processos associados.	14
Quadro 7 – Sistemas de tratamento de esgoto e eficiências médias de remoção de poluentes	14
Quadro 8 – Exemplos de tecnologias de tratamento e grau de exigência para reúso não potável.	18
Quadro 9 – Experiências de reúso, etapas principais de tratamento, tipos de reúso, finalidades e vazão de projeto.	21
Quadro 10 -Variáveis relacionadas à delimitação da área de estudo.	23
Quadro 11 - Etapas da avaliação de potencial de reúso.	24
Quadro 12 – Informações dos documentos revisados sobre estudos de potencial de reúso....	26
Quadro 13 – Escala numérica de importância.....	34
Quadro 14 – Informações de status dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento – G20	40
Quadro 15 – Informações de status dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento – GD5	44
Quadro 16 – Descrição das tipologias de tratamento constantes nas bacias hidrográficas em análise.	46
Quadro 17 – Sistemas de outorgas estaduais (RS e MG) e federal.	47
Quadro 18 – Relação dos itens e fontes de consulta das legislações e instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento.....	48
Quadro 19 – Critérios e subcritérios da matriz de avaliação das ETEs.....	49
Quadro 20 – Indicação de relação com o reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região da unidade – exemplo para a ETE Morada dos Eucaliptos	65
Quadro 21 – Indicação de relação ao reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região da unidade – exemplo para a ETE Santa Rita do Sapucaí	77
Quadro 22 – Resumo dos resultados para as bacias hidrográficas	82
Quadro 23 – Custo de transporte caminhão pipa com capacidade de 6 m ³	88
Quadro 24 – Tarifas de água.	89

Quadro 25 – Indicação de relação ao reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região de cada ETE – G20	98
Quadro 26 – Indicação de relação ao reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região de cada ETE – GD5	109

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Número de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) por status.	16
Tabela 2 – Número de Estação de Tratamento de Esgoto (ETEs) por conjunto de tipologia. .	16
Tabela 3 – Número de unidades por tipologia de tratamento e eficiência de remoção de matéria orgânica.	17
Tabela 4 – Índice Randômico (IR) para matriz de diferentes tamanhos	35
Tabela 5 – Identificação dos municípios da bacia hidrográfica - G20.	38
Tabela 6 – Identificação dos municípios da bacia hidrográfica – GD5.....	42
Tabela 7 – Matriz de importância com comparação par a par dos critérios	51
Tabela 8 – Normalização dos pesos de importância dos critérios e Vetor de Eigen.....	51
Tabela 9 – Cálculo da Razão de Consistência (RC) da matriz dos critérios	51
Tabela 10 – Comparação par a par e análise de consistência da matriz dos subcritérios - Eficiência de tratamento	52
Tabela 11 – Comparação par a par e análise de consistência da matriz dos subcritérios - Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas	52
Tabela 12 – Comparação par a par e análise de consistência da matriz dos subcritérios - Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas	52
Tabela 13 – Resultados dos pesos locais e globais para os critérios e subcritérios.....	53
Tabela 14 – Categorias de classificação de potencial de reúso conforme matriz de avaliação das ETEs	54
Tabela 15 - Número de ETEs por faixa de classificação da oferta – G20.....	56
Tabela 16 – Demanda por tipologia de consumo para o ano de 2023 – G20.....	58
Tabela 17 – Outorga de captação concedida para as finalidades de uso de indústria e irrigação – G20	61
Tabela 18 – Exemplo do levantamento das outorgas concedidas – ETE Morada dos Eucaliptos (G20).....	62
Tabela 19 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta – G20	63
Tabela 20 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta nos municípios – G20	63
Tabela 21 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância da ETE e indicação do porcentual de atendimento das demandas - exemplo para a ETE Morada dos Eucaliptos	65

Tabela 22 – Exemplo do resultado da matriz de avaliação para a ETE Morada dos Eucaliptos – G20	66
Tabela 23 – Resultados da matriz de avaliação das ETEs, com peso e classificação do potencial de reúso – G20.....	67
Tabela 24 - Número de ETEs por faixa de classificação – GD5.....	68
Tabela 25 – Demanda por tipologia de consumo para o ano de 2023 – GD5.....	70
Tabela 26 – Outorga de captação concedida para as finalidades de uso de indústria e irrigação – G20	73
Tabela 27 – Exemplo do levantamento das outorgas concedidas – ETE Santa Rita do Sapucaí (GD5).....	74
Tabela 28 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta – GD5	75
Tabela 29 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta nos municípios – GD5.....	75
Tabela 30 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância da ETE com indicação do percentual de atendimento das demandas - exemplo para a ETE Santa Rita do Sapucaí	77
Tabela 31 – Exemplo do resultado da matriz de avaliação para a ETE Santa Rita do Sapucaí – GD5	78
Tabela 32 – Resultados da matriz de avaliação das ETEs, com peso e classificação do potencial de reúso – GD5.....	79
Tabela 33 - Comparativo custo de transporte de água por caminhão pipa x tarifa de água categoria industrial – G20.....	89
Tabela 34 - Comparativo custo de transporte de água por caminhão pipa x tarifa de água categoria industrial – GD5.....	89
Tabela 35 – Informações gerais dos municípios - G20.	90
Tabela 36 – Informações dos SNIS - índices de atendimento urbano de esgoto, coleta de esgoto e tratamento de esgoto dos municípios - G20.	90
Tabela 37 – Informações das ETEs – G20	91
Tabela 38 – Número de registros e vazão das outorgas concedidas nos raios de distância para cada ETE – G20.....	93
Tabela 39 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância das ETEs e indicação do percentual de atendimento (%) das demandas -- G20.....	95
Tabela 40 – Enquadramento e resultados da matriz de avaliação das ETEs (parte 1) – G20 ..	99

Tabela 41 – Enquadramento e resultados da avaliação das ETEs (parte 2) – G20	100
Tabela 42 – Enquadramento e resultados da avaliação das ETEs (parte 3) – G20	101
Tabela 43 – Informações gerais dos municípios - GD5.	102
Tabela 44 – Informações dos SNIS - índices de atendimento urbano de esgoto, coleta de esgoto e tratamento de esgoto dos municípios - GD5.....	102
Tabela 45 – Informações das ETEs – GD5	104
Tabela 46 – Número de registros e vazão das outorgas concedidas nos raios de distância de cada ETE – GD5	105
Tabela 47 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância das ETEs e indicação do percentual de atendimento (%) das demandas – GD5	107
Tabela 48 – Enquadramento e resultados da matriz de avaliação das ETEs (parte 1) – GD5	110
Tabela 49 – Enquadramento e resultados da matriz de avaliação das ETEs (parte 2) – GD5	111

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	1
2.	Objetivos	2
3.	Fundamentação teórica	3
3.1.	Conceituação	3
3.2.	Legislação e parâmetros de qualidade da água de reúso	5
3.3.	Tratamento de água e reúso não potável	13
3.3.1.	Tratamento no Brasil	15
3.3.1.	Reúso não potável.....	17
3.4.	Experiências de reúso de água.....	18
3.5.	Estudos de potencial de reúso.....	23
3.5.1.	Estudos de potencial regional de reúso aplicados no Brasil	25
3.6.	Método multicritério de apoio à tomada de decisão.....	32
4.	Metodologia	36
4.1.	Caracterização das áreas de estudo.....	37
4.1.1.	Rio dos Sinos – G20.....	37
4.1.2.	Rio Sapucaí – GD5.....	41
4.2.	Potencialidade de reúso	45
4.2.1.	Informações de oferta	45
4.2.2.	Informações de demanda.....	46
4.2.3.	Distância entre oferta e demanda	47
4.2.4.	Possibilidade de atendimento das demandas	47
4.3.	Avaliação das legislações e instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento	48
4.4.	Matriz de avaliação das ETEs	49
4.4.1.	Aplicação do método AHP.....	50
4.5.	Análises espaciais e elaboração de mapas.....	54
5.	Resultados	56
5.1.	Rio dos Sinos – G20	56
5.1.1.	Oferta.....	56
5.1.2.	Demanda.....	58
5.1.3.	Potencial de reúso.....	63
5.2.	Rio Sapucaí – GD5	68
5.2.1.	Oferta.....	68
5.2.2.	Demanda.....	70
5.2.3.	Potencial de reúso.....	75
5.3.	Produto do Mestrado	80
6.	Resumos dos resultados e pontos de discussão.....	82
6.1.	Resumo dos resultados das bacias hidrográficas.....	82
6.2.	Pontos discussão e reflexão sobre potencial de reúso de água	83
7.	Conclusões e sugestões	86
	Apêndice A – Informações complementares	88
	Apêndice B – Informações Rio dos Sinos (G20)	90
	Apêndice C – Informações Rio Sapucaí (GD5)	102
	Referências	112

1. Introdução

A escassez dos recursos hídricos é uma realidade e vulnerabilidade mundial, percebida tanto em regiões áridas e desérticas, como também em regiões mais abundantes onde, apesar da maior disponibilidade, não é suficiente para atender às demandas de consumo na qualidade necessária do recurso (CEBDS, 2022).

No Brasil a demanda por água é crescente, nos últimos 20 anos ocorreu aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado, e a previsão é de que ocorra um aumento de 24% na demanda até 2030 (ANA, 2019). Com o crescimento populacional e desenvolvimento econômico das cidades exercendo pressão na matriz hídrica, aliado à deterioração dos mananciais e aos eventos extremos, cenários de conflitos pelo uso da água podem ser desencadeados. Diante disso, se torna cada vez mais evidente e necessárias iniciativas efetivas para o incremento da gestão dos recursos hídricos, visando a sustentabilidade de seu uso.

Uma solução para aliviar as pressões na demanda por água é o uso de fontes sustentáveis, como o reúso planejado de esgoto tratado. Tal prática pode contribuir para o aumento de oferta de água, melhoria da qualidade dos corpos hídricos (MCIDADES, 2016). Sua implementação na matriz hídrica pode ser uma estratégia sustentável para a gestão dos recursos hídricos e do saneamento, devendo ser considerada não somente como alternativa em caso de escassez hídrica, mas sim como fonte sustentável do recurso.

Apesar dos benefícios associados a prática de reúso, sua implementação no Brasil ainda é incipiente. Segundo Mejia *et al.*, (2020), alguns dos maiores desafios para a aplicação do reúso em maior escala estão associados a diferentes fatores, como a mudança da cultura do desperdício de água e melhor aceitação popular, entraves burocráticos, ausência de regulação e documentos norteadores e consequente falta de articulação técnico política para viabilização de projetos.

Dessa maneira, estudos de potencial regional de reúso de água podem contribuir para a gestão sustentável dos recursos hídricos e saneamento trazendo informações importantes para a temática, tais como a quantidade e qualidade da oferta dos esgotos tratados, identificação das demandas consuntivas de água, caracterização dos usos e possibilidades do reúso, mapeamento das regiões de maior potencial e informações de legislações ou planos vigentes relacionados a prática. Assim, podem fomentar escolhas mais assertivas em tomadas de decisão no planejamento e uso sustentável dos recursos hídricos.

2. Objetivos

O objetivo do estudo é o desenvolvimento de metodologia multicritério para avaliar o potencial de reúso de água a partir dos efluentes tratados das estações de tratamento de esgoto (ETEs), tendo como estudo de caso as bacias hidrográficas do Rio do Sinos (G20) no Rio Grande do Sul e Rio Sapucaí (GD5) em Minas Gerais.

Como objetivos específicos o estudo também pretende:

- i) Identificar as ofertas de reúso a partir das estações de tratamento de esgotos (ETEs), com a tecnologia empregada e respectiva eficiência na remoção de carga orgânica;
- ii) Identificar as demandas frente aos usos múltiplos da água para as finalidades de uso na indústria e irrigação;
- iii) Identificar a existência de planos, projetos, ações e leis referentes ao reúso de água para as localidades das ETEs;
- iv) Classificar o potencial de reúso das ETEs a partir de avaliação multicritério; e
- v) Identificar regiões de maior potencial de reúso nas bacias hidrográficas.

3. Fundamentação teórica

3.1. Conceituação

O termo reúso de água pode ser definido como “o uso de esgoto tratado para fins benéficos” (Metcalf & Eddy, 2016). A depender do arranjo de tratamento, distribuição e uso final decorrente de ações planejadas ou não, o reúso possui diferentes classificações. De acordo com a Organização Mundial de Saúde — OMS (*World Health Organization* — WHO, 1973) pode-se ter reúso potável e não potável, e quanto à forma de aproveitamento como indireto, direto e reciclagem interna.

Ainda há a denominação de reúso de água planejado ou não planejado. Na situação de quando há a gestão do lançamento de efluente tratado nos sistemas de abastecimento de água ou corpos hídricos receptores para sua reutilização, tem-se o reúso como planejado, onde pode-se também ocorrer o reúso interno, referindo-se ao efluente tratado que é utilizado dentro das próprias instalações onde foi produzido, como na ETE ou indústria. Já a denominação de reúso não planejado, ocorre nos casos em quem o efluente tratado é lançado sem monitoramento e planejamento nos corpos hídricos.

No Quadro 1 é apresentado um resumo com as principais formas de classificação de reúso planejado.

Quadro 1 – Tipos de reúso planejado.

Reúso planejado	Potável	Direto	Diretamente reutilizado no sistema de água potável após tratamento avançado.
		Indireto	Disposto em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos com controle para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e uso potável direto.
	Não Potável	Direto	Abastecimento direto de demandas não potáveis após tratamento adequado à qualidade exigida.
		Indireto	Disposto em corpos hídricos superficiais ou subterrâneas para diluição e suprimento de demandas não potáveis a jusante do lançamento.

Fonte: Adaptado de Hespanhol (2015) e Moruzzi (2008).

Na Figura 1 é apresentado exemplo de fluxo com os principais componentes do ciclo das águas urbanas englobando o reúso planejado e não planejado.

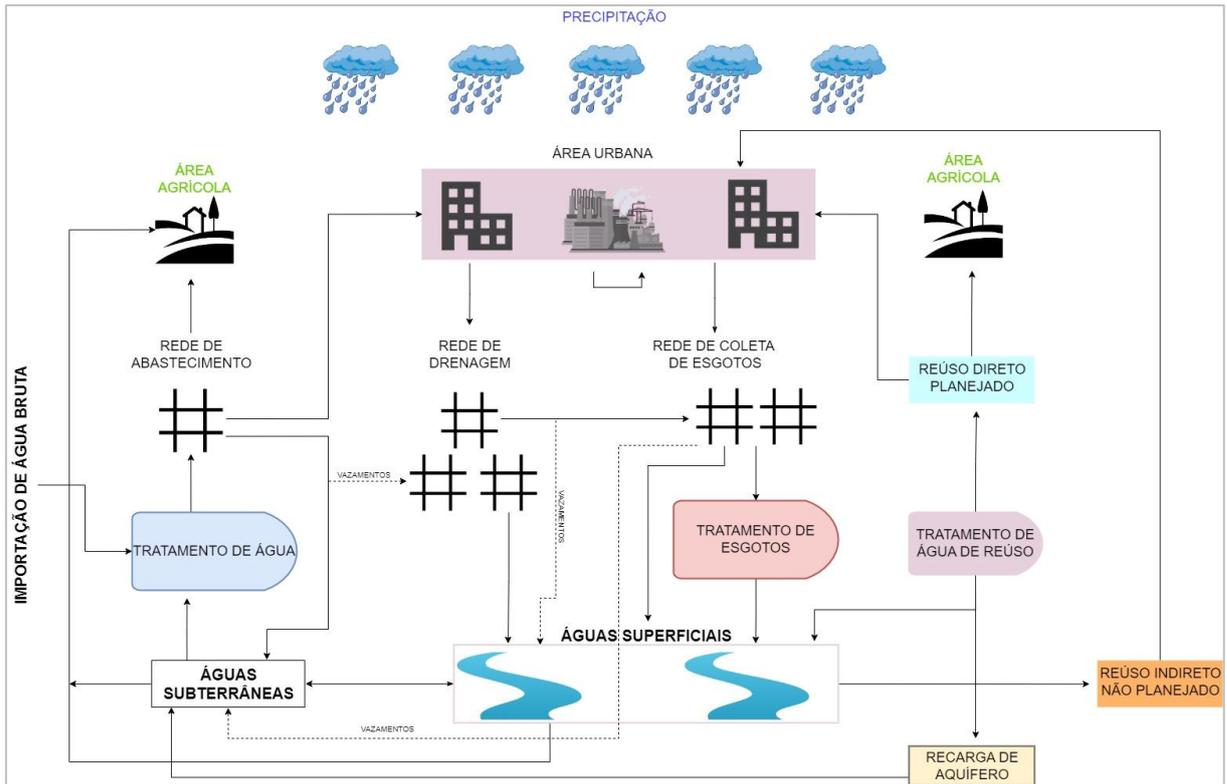


Figura 1. Ciclo da água urbana

Fonte: Mancuso *et al.*, (2021).

Um ponto sensível relacionado ao reúso é a terminologia empregada. Conforme observado por Santos *et al.*, (2021), o termo “reúso de efluente” ou “reúso de efluente tratado”, são comumente utilizados na literatura científica atual, e tais terminologias levam à rejeição popular imediata da prática, motivo pelo qual os autores sugerem expressão mais amigável como “reúso de água”.

Além disso, os países desenvolvidos que adotam água recuperada de sistemas de tratamento de águas residuárias para uso potável têm investido em publicidade para superar barreiras psicológicas e aumentar a taxa de aceitação entre a população. Em Ellis, Savchenko e Messer (2019) é apresentado um estudo de análise de qual nomenclatura deveria ser dada a água de reúso para que houvesse aceitação ou pelo menos tolerância do usuário da água. Os autores concluíram que os nomes que lembrassem as características desejáveis para a água foram os mais favoráveis, como por exemplo água pura e água eco-amigável. Portanto, não foi sem fundamento que a República de Singapura adotou o nome de NEWater (KOG, 2020). Além do nome cuidadosamente escolhido, para convencer que a nova água é segura para consumo humano, as autoridades locais durante suas funções oficiais sempre bebiam uma garrafa de NEWater, como consequência a taxa de aceitação da água de reúso alcançou 98% (GUAN & TOH, 2012).

No presente trabalho, o termo “reúso” quando não especificado será referente ao reúso não potável direto (conforme Quadro 1).

3.2. Legislação e parâmetros de qualidade da água de reúso

Para cada tipo de reúso é necessária determinada qualidade de água e tecnologia de tratamento adequada. Em Santos e Lima (2022) afirmam que para assegurar a qualidade exigida é fundamental que padrões, critérios e diretrizes sejam definidos através de um documento regulador alinhado com uma política de reúso de água. Ainda, os autores mencionam que o documento regulador deve levar em consideração os objetivos e as características locais, além de orientar e incentivar a prática de reúso de forma segura e responsável, independentemente do nível administrativo.

A nível federal não existe lei e/ou quadro regulatório estabelecido específico para reúso. Embora a Lei Federal nº 14.026 (BRASIL, 2020) tenha, dentre outras definições, atualizado o marco legal do saneamento e atribuído à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência do saneamento, menciona a prática do reúso de efluente tratado como quesito para a universalização do saneamento básico.

Além disso, em 2022 foi aberta consulta pública¹ de proposta de Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, em atendimento às diretrizes, ações e metas do Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040. A iniciativa visou revisar e atualizar as duas resoluções existentes do CNRH relativas ao tema, as quais são mais abrangentes e não abordam, por exemplo, padrões de qualidade da água de reúso. Ressalta-se que no decorrer da consulta foram propostas diversas alterações na resolução, com o argumento de que a mesma estabelecia parâmetros muitos restritivos de reúso, o que poderia vir a inibir a prática ao invés de estimulá-la.

As resoluções existentes do CNRH são as seguintes: Resolução CNRH nº 54 (CNRH, 2005) que estabelece diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não potável e indica em seu art. 3º modalidades de reúso direto para as seguintes finalidades:

- Fins urbanos: utilização na irrigação paisagística, lavagem de logradouros, veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio;

¹ Link: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/resolucao-do-cnrh-reuso-nao-potavel>. Acesso em 01/11/2022.

- Fins agrícolas e florestais: aplicação na produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- Fins ambientais: utilização em projetos de recuperação do meio ambiente;
- Fins industriais: aplicação utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e
- Aquicultura: utilização na criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A referida resolução não trata dos padrões de qualidade da água e determina que a responsabilidade de definição das diretrizes, critérios e parâmetros específicos para cada modalidade devem ser dos órgãos competentes. A segunda Resolução é a CNRH nº 121 (CNRH, 2010) em que são estabelecidos critérios e diretrizes para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. Também não determina parâmetros a serem atendidos da qualidade da água e indica que as características físicas, químicas e biológicas devem atender limites definidos em legislação pertinente de modo que a prática não apresente riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Ademais, coloca o “Produtor da água de reúso” como responsável pelas informações de caracterização e monitoramento.

A nível estadual, alguns Estados possuem legislação referente aos padrões de reúso, como Bahia, Ceará, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Outro documento técnico que define modalidades e traz uma proposta de padrões de qualidade da água de reúso é o Produto III – Critérios de Qualidade de Água do Programa de Desenvolvimento do Setor Água – Interáguas (MCIDADES, 2017a). Apesar de não possuir força de lei, o documento é uma referência norteadora. No Quadro 2 são apresentados os principais padrões de qualidade de água de reúso para diferentes modalidades definidas nas legislações estaduais e no Programa Interáguas. Na sequência são elencados pontos principais observados nos documentos, com enfoque para os estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

Quadro 2 - Padrões de qualidade de água de reúso para diferentes modalidades no Brasil.

Documento	Padrões de reúso		Modalidades de reúso
Programa Interáguas - 2017	Agrícola restrito	Coliformes: 10 ³ Org/100 mL (Ct) DBO: 30 mg/L Cloro residual livre: > 1,0 mg/L	Agrícola restrito: irrigação de cultura alimentícia que se desenvolve rente ao solo sem processamento prévio.
	Agrícola irrestrito	Coliformes: 10 Org/100 mL (Ct) Turbidez: 5 NTU DBO: 15 mg/L Cloro residual livre: > 1,0 mg/L	Agrícola irrestrito: irrigação de cultura alimentícia que se desenvolve distante do solo sem ou após processamento prévio; irrigação de culturas não destinadas ao consumo humano; cultivo de florestas plantadas.
	Urbano restrito	Coliformes: 10 ³ Org/100 mL (Ct) Turbidez: 5 NTU DBO: 30 mg/L Cloro residual livre: > 1,0 mg/L	Urbano irrestrito: irrigação paisagística, bacias sanitárias e lavagem de logradouros.
	Urbano irrestrito	Coliformes: 10 Org/100 mL (Ct) Turbidez: 5 NTU DBO: 15 mg/L Cloro residual livre: > 1,0 mg/L	Urbano restrito: irrigação paisagística e outros usos em áreas restritas, tais como desobstrução de redes de esgoto, construção civil, lavagem de veículos e combate a incêndio.
	Industrial	Coliformes: 10 ³ Org/100 mL (Ct)	Industrial: Aplicação em vários processos e atividades industriais.
	Ambiental	Coliformes : 10 ³ Org/100 mL (Ct) DBO: 60 mg/L	Ambiental: Aplicação em lagoas urbanas, manutenção de wetlands e aumento da disponibilidade hídrica para fins ambientais.
	Aquicultura	Coliformes : 10 ³ Org/100 mL (Ct) DBO: 60 mg/L	Aquicultura: criação de peixe ou cultivo de vegetais aquáticos.
Bahia Resolução CONERH nº 75/2010	Categoria A	Coliformes: 10 ³ Org/100 mL (CT) Condutividade elétrica: max. 3 dS/m	Categoria A: irrigação, inclusive hidroponia, de qualquer cultura incluindo produtos alimentícios consumidos crus.
	Categoria B	Coliformes: 10 Org/100 mL (CT) Condutividade elétrica: max. 3 dS/m	Categoria B: irrigação, inclusive hidroponia, de produtos alimentícios não consumidos crus e não alimentícios, forrageiras, pastagens, árvores, revegetação e recuperação de áreas degradadas.

Continua...

Quadro 2 - Padrões de qualidade de água de reúso para diferentes modalidades no Brasil.

Documento	Padrões de reúso		Modalidades de reúso
Ceará Resolução COEMA nº 02/2017	Urbano (exceto irrigação paisagística)	Coliformes: 5 x 10 ³ Org/100 mL (Ct) pH entre 6 e 8,5 Condutividade elétrica: até 3000 (mS/cm)	Urbano: irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate de incêndio em área urbana.
	Urbanos (irrigação paisagística)	Coliformes: 10 ³ Org/100 mL (Ct) pH entre 6 e 8,5 Condutividade elétrica: até 3000 (mS/cm)	
	Agrícola/florestal-a	Coliformes: ND Org/100 mL (Ct) pH entre 6 e 8,5 Condutividade elétrica: até 3000 (mS/cm)	Agrícola/florestal-a: culturas a serem consumidas cruas, cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação.
	Agrícola/florestal-b	Coliformes: 10 ³ Org/100 mL (Ct) pH entre 6 e 8,5 Condutividade elétrica: até 3000 (mS/cm)	Agrícola/florestal-b: demais culturas.
	Ambiental	Coliformes: 10 Org/100 mL (Ct) pH entre 6 e 8,5 Condutividade elétrica: até 3000 (mS/cm)	Ambiental: implantação de projetos de recuperação do meio ambiente.
	Aquicultura	Coliformes: 10 ³ Org/100 mL (Ct) pH entre 6 e 8,5 Condutividade elétrica: até 3000 (mS/cm) Temperatura: até 40° C	Aquicultura: criação de animais e cultivo de vegetais aquáticos.
São Paulo Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020	Classe A	Coliformes: ND (Ct/E. coli) Turbidez: 2 NTU DBO: 10 mg/L Cloro residual livre: ≥ 1,0 mg/L Ovos viáveis de helmintos : < 1 ovos/L	Classe A (Irrestrito): irrigação paisagística; lavagem de logradouros e espaços públicos e privados; construção civil; desobstrução de galerias; lavagem de veículos; combate a incêndio.
	Classe B	Coliformes: 200 Org/100 mL (Ct), 120 Org/100 mL-1 (E. coli) DBO: 30 mg/L SST: 20 mg/L Cloro residual total: ≥ 1,0 mg/L Ovos viáveis de helmintos : 1 ovo/L	Classe B (Restrito): exclusivamente a todos os anteriores, exceto combate a incêndio.

Continua...

Quadro 2 - Padrões de qualidade de água de reúso para diferentes modalidades no Brasil.

Documento	Padrões de reúso		Modalidades de reúso
Rio Grande do Sul Resolução CONSEMA n° 419/2020	Urbano Classe A	Coliformes: < 200 Org/100 mL (Ct) Cloro residual total: < 1,0 mg/L Condutividade elétrica: < 3 dS/m Ovos viáveis de helmintos : ≤ 1 ovos/L	Urbano Classe A (irrestrito): irrigação paisagística em locais de acesso irrestrito, lavagem de logradouros e veículos.
	Urbano Classe B	Coliformes: < 10 ³ Org/100 mL (Ct) Cloro residual total: < 1,0 mg/L Condutividade elétrica: < 3 dS/m Ovos viáveis de helmintos : Não se aplica.	Urbano Classe B (restrito): irrigação paisagística em locais de acesso limitado ou restrito, construção civil, ETEs e desobstrução de tubulações.
	Agrícola/florestal	Coliformes: 10 ⁴ Org/100 mL (Ct) pH entre 6 e 9 Ovos viáveis de helmintos : 1 ovo/L	Agrícola/florestal: irrigação de qualquer cultura, exceto frutos, hortaliças, raízes e tubérculos com contato direto com o solo ou com a água para consumo humano na forma crua. (Obs: menciona diversos outros parâmetros devem ser monitorados, bem como macronutriente cuja carga aplicada não poderá exceder a recomendada para adubação da cultura de interesse).
Minas Gerais Deliberação Normativa CERH n° 65/2020	Agrossilvipastoril amplo	Coliformes: ≤ 10 ⁴ NMP/100 mL (Ct/E. coli) pH entre 6 e 9 Condutividade elétrica: ≥ 500 (mS/cm) Ovos viáveis de helmintos : ≤ 1 ovos/L	Agrossilvipastoril amplo: fertirrigação superficial, localizada ou por aspersão.
	Agrossilvipastoril limitado	Coliformes: ≤ 10 ⁶ NMP/100 mL (Ct/E. coli) pH entre 6 e 9 Condutividade elétrica: ≥ 500 (mS/cm) Ovos viáveis de helmintos : ≤ 1 ovos/L	Agrossilvipastoril limitado: fertirrigação superficial ou localizada, evitando contato da água de reúso com o produto alimentício.
	Urbano amplo	Coliformes: ≤ 10 ³ NMP/100 mL (Ct/E. coli) pH entre 6 e 9 Ovos viáveis de helmintos : ≤ 1 ovos/L	Urbano amplo: lavagem de pátios, logradouros ou outros com exposição similar; lavagem de veículos comuns; descargas sanitárias.
	Urbano limitado (exceto desobstrução de galerias)	Coliformes: ≤ 10 ⁴ NMP/100 mL (Ct/E. coli) pH entre 6 e 9 Ovos viáveis de helmintos : ≤ 1 ovos/L	Urbano limitado: lavagem de veículos especiais e externa de trens e aviões, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias.
	Desobstrução de galerias:	Coliformes: ≤ 10 ⁷ NMP/100 mL (Ct/E. coli) Ovos viáveis de helmintos : ≤ 1 ovos/L	
	Ambiental limitado	Coliformes: ≤ 10 ⁶ NMP/100 mL (Ct/E. coli) pH entre 6 e 9 Ovos viáveis de helmintos : ≤ 1 ovos/L	Ambiental limitado: Recuperação florística; recuperação de áreas degradadas.

Continua...

Quadro 2 - Padrões de qualidade de água de reúso para diferentes modalidades no Brasil (conclusão).

Paraná Resolução CERH n°122/2023	Classe A	Coliformes: ≤ 200 UFC/100 mL (Ct/E. coli) pH entre 6 e 9 Ovos viáveis de helmintos : < 1 ovos/L Cloro residual total (CRT): $0,5 < CRT < 2$ mg/L	Urbano irrestrito: destinada à irrigação paisagística em locais de acesso irrestrito, lavagem de piso, logradouros públicos, lavagem de veículos, ornamentação, combate a incêndio e uso predial.
	Classe B	Coliformes: $\leq 10^3$ UFC/100 mL (Ct/E. coli) pH entre 6 e 9 Ovos viáveis de helmintos : < 1 ovos/L Cloro residual total (CRT): $0,5 < CRT < 2$ mg/L	Urbano restrito: destinada à irrigação paisagística em locais de acesso limitado ou restrito, controle de emissão de partículas, aos usos na construção civil e na desobstrução de redes de esgoto, pluvial e/ou cloacal.
	Agrícola/florestal	Coliformes: $\leq 10^3$ NMP/100 mL (Ct) pH entre 5 e 9 Ovos viáveis de helmintos : < 1 ovos/L DBO: ≤ 60 mg/L	Agrícola/florestal: aplicação para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas, exceto na produção de frutos, hortaliças, raízes e tubérculos quando o produto estiver em contato direto com o solo para consumo humano na forma crua

Ct - Coliformes termotolerantes; E. coli - Escherichia coli; ND - Não detectável; NTU - Unidade de turbidez nefelométrica; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio; SST - Sólido suspensos totais.

Referência dos documentos: Resolução CONSEMA n° 419/2020 (RIO GRANDE DO SUL, 2020), Deliberação Normativa CERH n° 65/2020 (MINAS GERAIS, 2020), Resolução Conjunta SES/SIMA n° 01/2020 (SÃO PAULO, 2020), Resolução COEMA n° 02/2017 (CEARÁ, 2017), Resolução CONERH n° 75/2010 (BAHIA, 2010), Programa Interáguas (MCIDADES, 2017a) e Resolução CERH n°122/2023 (PARANÁ, 2023).

Fonte: Adaptado de Santos e Lima (2022).

De forma geral, todos os documentos listados no Quadro 2 apresentam atribuições e responsabilidades para os produtores e usuários da água de reúso. No Estado do Rio Grande do Sul (RS) a Resolução CONSEMA nº 419 (RIO GRANDE DO SUL, 2020) indica que para o licenciamento da aplicação da água de reúso poderá ter como empreendedor o gerador (produtor) ou o usuário. Já em Minas Gerais (MG) na Deliberação Normativa CERH nº 65 (MINAS GERAIS, 2020) determina informações minimamente necessárias para cadastro do produtor no órgão ambiental, como vazão, localização georreferenciada, processo de tratamento utilizado na ETE (incluso croqui), modalidade e finalidade, além de laudo sobre a qualidade da água para reúso produzida.

Em relação ao nível de restrição das modalidades, são definidas distintas categorias indicando menor ou maior restrição dos usos, considerando os padrões de qualidade e os riscos de contaminação associados. Em geral, os usos restritos ou limitados permitem padrões de menor qualidade (menor risco de contato), enquanto usos irrestritos ou amplos sugerem padrões de maior qualidade (maior risco de contato). Na resolução do CONSEMA 419 (RIO GRANDE DO SUL, 2020) são considerados dois níveis, a saber:

- O “acesso irrestrito” definido para áreas públicas ou privadas de circulação livre da população que possam ter contato direto com a água de reúso, como parques, praças, jardins, cemitérios, áreas verdes de condomínios, campos de esporte, entre outros; e
- O “acesso limitado ou restrito”, que considera as áreas públicas ou privadas cujo contato com a população seja insignificante, como canteiros de rodovias, construção civil e áreas de estação de tratamento de efluentes com acesso limitado aos trabalhadores.

A referida resolução também proíbe a aplicação em um raio mínimo de 70 (setenta) metros de poços e outras captações de água subterrâneas utilizadas para abastecimento de água para consumo humano.

Na deliberação normativa CERH 65 (MINAS GERAIS, 2020) são considerados dois níveis de restrição com as seguintes definições:

- O denominado “uso amplo” que indica qualidade superior da água para reúso; e
- O “uso limitado” que indica qualidade inferior da água para reúso limitando as possibilidades de aplicações.

Cabe pontuar que nas resoluções dos dois Estados supracitados são vetadas a utilização da água para reúso associada à produção de frutos, hortaliças, raízes e tubérculos, no caso de serem consumidos crus e houver contato direto do produto com o solo ou com a água de reúso.

No intuito de promover o reúso de forma segura, os documentos reguladores adotam como instrumento de fiscalização o monitoramento dos padrões de qualidade de água. A frequência varia em função de diferentes aspectos, no caso da resolução do RS (RIO GRANDE DO SUL, 2020) é por faixa de vazão, conforme apresentado no Quadro 3. Já na deliberação normativa de MG (MINAS GERAIS, 2020) varia tanto por faixa de vazão como em função de parâmetros, conforme consta no Quadro 4.

Quadro 3 – Frequência de monitoramento em função da vazão.

Vazão da água de reúso (m ³ /dia)	Frequência
$Q \leq 150$	Semestral
$150 < Q \leq 300$	Trimestral
$Q > 300$	Bimensal

Fonte: RIO GRANDE DO SUL (2020).

Quadro 4 – Frequência de monitoramento em função da vazão e parâmetros.

Classe de vazão	Vazão de reúso (L/s)	Parâmetros					
		pH	Coliformes termotolerantes ou E. coli	Ovos de helmintos	Condutividade Elétrica**	Razão de adsorção de sódio (RAS)**	Sódio**
I	0 a 10	Semanal	Mensal	Bimestral	Semanal	Quadrimestral	Mensal
II	10 a 100		Quinzenal	Mensal			
III	> 100		Semanal	Quinzenal			

Fonte: MINAS GERAIS (2020).

A determinação das frequências de monitoramento, seja em função da vazão e/ou dos parâmetros de qualidade, têm um fator de subjetividade intrínseco. Em relação a vazão, quanto maior mais frequente é o monitoramento. Contudo, quando se refere a vazão de reúso, há de se levar em conta que somente a relação com a vazão não pode ser o único fator para determinar a frequência, visto que existem diferentes modalidades para o reúso com maior ou menor risco e requerem acompanhamento mais intenso ou mais flexível (Silva e Lima, 2022). Quanto aos parâmetros, também em Silva e Lima (2022) mencionam que o monitoramento dos “indicadores de contaminação fecal” é de suma importância pois estão relacionados aos riscos de contaminação microbiológica. Por outro lado, os autores indicam que a análise laboratorial desses indicadores pode ser complexa e cara, e a obrigatoriedade de uma frequência alta do seu monitoramento pode inviabilizar economicamente a operação. Ainda, destacam que os parâmetros físico-químicos como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e nutrientes são relevantes na prática do reúso, uma vez que a DBO e a DQO representam o desempenho da ETE com fidelidade e os nutrientes são importantes insumos agrícolas em casos de fertirrigação.

Ademais, existem normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que tratam especificamente de reúso em edificações, com destaque para a NBR 16782 (ABNT,

2019a) que aborda procedimentos e diretrizes para gestão da oferta e demanda na conservação de água em edificações residenciais, comerciais e institucionais. E a NBR 16783 (ABNT, 2019b) com procedimentos e requisitos para a caracterização, dimensionamento, uso, operação e manutenção de sistemas de fontes alternativas de água não potável em edificações, incluindo os padrões de qualidade da água conforme ilustra o Quadro 5.

Quadro 5 – Parâmetros de qualidade para uso da água não potável em edificações.

Parâmetros	Limite
pH	6,0 a 9,0
E. Coli	≤ 200 NMP/100mL
Turbidez	≤ 5 UT
DBO5,20	≤ 20 mgO2/L
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5mg/L – Máximo de 5,0 mg/L Recomendável 0,5mg/L – Máximo de 2,0 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou condutividade elétrica (a)	≤ 2 000 mg/L ou ≤ 3 200 µS/cm
Carbono orgânico total (COT) (b)	< 4 mg/L
(a) Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais. Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais.	
(b) Somente para água de rebaixamento de lençol freático.	

Fonte: NBR 16783 (ABNT, 2019b).

3.3. Tratamento de água e reúso não potável

O tratamento das águas residuárias objetiva, de maneira geral, a redução da matéria orgânica, dos micro-organismos patogênicos, dos sólidos em suspensão e, em circunstâncias especiais, dos nutrientes presentes nos efluentes sanitários. Os normativos requerem padrões de qualidade bastante amplos, de modo que os efluentes possam ser lançados sem causar riscos à saúde da população ou danos significativos ao meio ambiente (ANA, 2017a). No tocante ao tratamento das águas residuárias para fins de reúso a determinação da tecnologia varia, principalmente, de acordo com a qualidade da água exigida para a modalidade de reúso a ser praticada (MCIDADES, 2017b).

Conforme o objetivo do tratamento, tem-se um nível exigido que varia de primário a avançado, e um processo tecnológico associado. No Quadro 6 é apresentada a descrição dos níveis de tratamento e exemplos de processos relacionados.

Quadro 6 – Nível de tratamento e processos associados.

Nível do Tratamento	Descrição	Exemplos de processos
Primário	Remoção parcial dos sólidos suspensos e matéria orgânica.	Tanques de sedimentação Tanque Imhoff Fossas sépticas
Secundário	Remoção de matéria orgânica biodegradável (em solução ou suspensão) e sólidos suspensos, sem nitrificação. Desinfecção pode ou não estar incluída.	Lagoas de estabilização Reator UASB Filtros biológicos Lodo ativado (convencional)
Secundário avançado	Remoção de matéria orgânica biodegradável, nitrificação e desnitrificação, sólidos suspensos, e nutrientes (nitrogênio, fósforo ou ambos). Desinfecção pode ou não estar incluída.	Lodo ativado (para nitrificação e remoção de nutrientes) Biorreator com membrana (MBR)
Terciário	Remoção de sólidos suspensos residuais (após tratamento secundário ou secundário avançado). Remoção de nutrientes está em geral incluída. Desinfecção pode ou não estar incluída.	Lagoas de maturação Filtração granular, por membranas ou por outros meios Wetlands
Avançado	Remoção de materiais suspensos ou dissolvidos que permanecem no efluente após tratamento biológico (Secundário avançado). Desinfecção necessária.	Filtração biológica com ozônio Filtros de carvão ativado Nanofiltração/Osmose reversa UVAOP

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio; MBR = Membrane BioReactor; UASB = Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor; UVAOP = Ultraviolet Advanced Oxidation Process.

Fonte: Adaptado de MCIDADES (2017b).

A depender da rota tecnológica empregada no tratamento das águas residuárias, diferentes eficiências de remoção dos poluentes são alcançadas. No Quadro 7 são apresentados exemplos de variados tipos de sistemas de tratamento com as respectivas eficiências de remoção dos principais poluentes dos esgotos domésticos.

Quadro 7 – Sistemas de tratamento de esgoto e eficiências médias de remoção de poluentes

Sistema	Eficiência média de remoção						
	DBO (%)	DQO (%)	SS (%)	NH ₄ ⁺ (%)	NT (%)	PT (%)	Colif. (log)
Tratamento primário (fossas sépticas)	30-35	15-25	55-65	<30	<30	<35	<1
Tratamento primário convencional	30-35	15-25	55-65	<30	<30	<35	<1
Tratamento primário avançado*	45-80	45-80	55-75	<30	<30	75-90	1
Lagoa aerada facultativa	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2
Lagoa aerada facultativa + lagoa de maturação	77-87	65-80	70-80	50-65	50-65	<35	4-6
Lagoa aerada mistura completa + lagoa	75-85	65-80	80-87	<30	<30	<35	1-2
Lagoa facultativa primária	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2
Lagoa facultativa + lagoa de maturação	85-90	65-80	70-80	50-65	50-65	<35	3-5
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2

Continua...

Quadro 7 – Sistemas de tratamento de esgoto e eficiências médias de remoção de poluentes (conclusão)

Sistema	Eficiência média de remoção						
	DBO (%)	DQO (%)	SS (%)	NH4+ (%)	NT (%)	PT (%)	Colif. (log)
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa maturação	80-85	70-83	73-83	50-65	50-65	>50	3-5
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas	85-90	75-83	>90	<50	<60	<35	3-4
Infiltração-percolação (infiltração rápida)	85-98	80-93	>93	>65	>65	>50	4-5
Wetland construídos (fluxo horizontal)	80-90	75-85	87-93	<50	<60	<35	3-4
Reator UASB	60-75	55-70	65-80	<50	<60	<35	1
Reator UASB + lagoa de polimento	77-87	70-83	73-83	50-65	50-65	> 50	3-5
Reator UASB + lagoa aerada facultativa	75-85	65-80	70-80	<30	<30	<35	1-2
Reator UASB + escoamento superficial	77-90	70-85	80-93	35-65	<65	<35	2-3
Reator UASB + filtro biológico percolador	80-93	73-88	87-93	<50	<50	<35	1-2
Reator UASB + biofiltro aerado submerso	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
Reator UASB + lodos ativados	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
Reator UASB + flotação por ar dissolvido	83-93	83-90	90-97	<30	<30	75-88	1-2
Lodos ativados convencional	85-93	80-90	87-93	>80	<60	<35	1-2
Lodos ativados - aeração prolongada	90-97	83-93	87-93	>80	<60	<35	1-2
Lodos ativados – batelada (aeração prolongada)	90-97	83-93	87-93	>80	<60	<35	1-2
Lodos ativados com remoção biológica de N e P	85-93	80-90	87-93	>80	>75	75-88	1-2
Lodos ativados + filtração terciária	93-98	90-95	93-97	>80	<60	50-60	3-5
Filtro biológico percolador de baixa carga	85-93	80-90	87-93	65-85	<60	<35	1-2
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	88-95	83-90	87-93	>80	<60	<35	1-2

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2017).

3.3.1. Tratamento no Brasil

No Brasil, segundo informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), em torno de 64,08% da população urbana é atendida por rede pública coletora de esgoto² e 51,17% do esgoto coletado é tratado³. Em Lima *et al.*, (2021), apontam que apenas 7% da vazão de efluentes tratados no Brasil passa por um estágio terciário de desinfecção, indicando fragilidade em relação à qualidade do efluente, seja para descarte ou para aplicação de reúso para fins não potáveis.

Informações detalhadas do tratamento dos esgotos nos municípios brasileiros podem ser encontradas no Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas (ANA, 2017a e 2020). São apresentadas, por exemplo, análises da eficiência de tratamento com base na remoção de DBO (%), indicando que mais de 50% do total dos municípios possui remoção de no máximo 30% da carga orgânica. Ainda, com base na Resolução CONAMA nº 357/2005 e em função

² IN024 – Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água

³ IN046 – Índice de esgoto tratado referido à água consumida.

das eficiências requeridas de remoção de DBO, são apontadas alternativas técnicas para o tratamento. As soluções são classificadas como de tratamento “Convencional”, a qual requer remoção de DBO entre 60% e 80%, e solução por tratamento “Avançado” com remoção superior a 80%, ou ainda soluções conjuntas e complementares a depender da complexidade do tratamento e região do país. Por fim, os resultados apontaram que 50% dos municípios requerem solução “Convencional” e 23% como “Avançado”.

Referente as ETEs, no estudo de ANA (2020) contém registro de 3.668 unidades distribuídas em 2.007 municípios. O número de ETEs por status é apresentado na Tabela 1, as quais variam de ativas, em construção, prevista, inativa, não localizadas, entre outros.

Tabela 1 – Número de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) por status.

Status	Número de ETEs	%
Ativa	3.419	93,2%
Problemas operacionais (alagamento, salinização, etc.) e de manutenção (aeradores, bombas, etc.)	11	0,3%
Em construção/ampliação	60	1,6%
Projeto/prevista/planejada	10	0,3%
Inativa/abandonada/desativada	90	2,5%
Inativa/abandonada/desativada - sem informações	8	0,2%
Não localizadas - sem informações	70	1,9%
Total	3.668	100%

Fonte: Adaptado de ANA (2020).

Os processos de tratamento existentes variam bastante, pois cada região do país tem suas características e apelos que influenciam na definição do tratamento. No estudo (ANA, 2020) constam até 206 tipologias de nomenclaturas diferentes e atreladas a faixas de eficiência de remoção de matéria orgânica (baixa, normal e alta). De modo a simplificar as análises as tipologias são organizadas em sete conjuntos, conforme é apresentado na Tabela 2 com o número de ETEs por conjunto.

Tabela 2 – Número de Estação de Tratamento de Esgoto (ETEs) por conjunto de tipologia.

Conjunto	Número de tipologias	Número de ETEs	(%)
1. Situações Especiais	2	75	2,0%
2. Processos Simplificados	10	442	12,1%
3. Sistemas de Lagoas	61	1.291	35,2%
4. Reatores Anaeróbios	65	1.373	37,4%
5. Lodos Ativados	23	354	9,7%
6. Tratamento Químico e Biológico	19	64	1,7%
7. Miscelânea de Processos	26	69	1,9%
Total	206	3.668	100%

Fonte: Adaptado de ANA (2020).

Diante de todo o levantamento, é apresentado um resumo quantitativo das principais tipologias de tratamento com as respectivas eficiências de remoção de matéria orgânica

estimadas (Tabela 3). Ao total são 2.783 unidades, o que representa 75,9% do montante de 3.668 ETEs registradas. Destaca-se que as tipologias de maior número são “Reator anaeróbio” com 419 unidades, “Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa” com 414 unidades e “Fossa séptica + filtro anaeróbio” com 323 unidades. As tipologias que apresentam eficiência mais elevada, variando de 88% a 90%, são de “Lodos ativados” com em torno de 260 unidades registradas.

Tabela 3 – Número de unidades por tipologia de tratamento e eficiência de remoção de matéria orgânica.

Tipologia de tratamento	Número de unidades (ETEs)	Eficiência remoção de matéria orgânica (%)
Lodos ativados em batelada	105	90%
Lodos ativados de aeração prolongada	69	90%
Lodos ativados convencionais	104	88%
Reator anaeróbio + filtro aeróbio + decantação	212	85%
Reator anaeróbio + lodos ativados	63	85%
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	414	82%
Lagoa aerada + lagoa de decantação	51	82%
Lagoa facultativa + lagoa de maturação	169	80%
Reator anaeróbio + filtro aeróbio	124	80%
Reator anaeróbio + lagoa de polímero	108	80%
Lagoa facultativa	222	78%
Reator anaeróbio + filtro anaeróbio	174	73%
Fossa séptica + filtro anaeróbio	323	70%
Reator anaeróbio	419	68%
Fossa séptica/biodigestor	66	50%

Fonte: Adaptado de ANA (2020).

Notoriamente, o maior número de ETEs existentes são com tratamento convencional (secundário), os quais necessitam de complementação das etapas para se atingir a qualidade do efluente para o reúso de modo seguro.

3.3.1. Reúso não potável

Referente a água de reúso, há décadas existem tecnologias para sua produção, onde amplamente tem sido utilizado de forma segura e controlada em países 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 (ASANO, 2002). De acordo com as características do efluente e do seu uso final pretendido (qualidade requerida), diferentes sistemas são requeridos. No Quadro 8 são apresentados exemplos de uso não potável com respectivas tecnologias de tratamento e grau de exigência para uso na irrigação e indústria.

do total, o que é factível visto que para esses usos em geral os padrões de qualidade são menos exigentes e estão associados a usuários individuais com demandas expressivas.

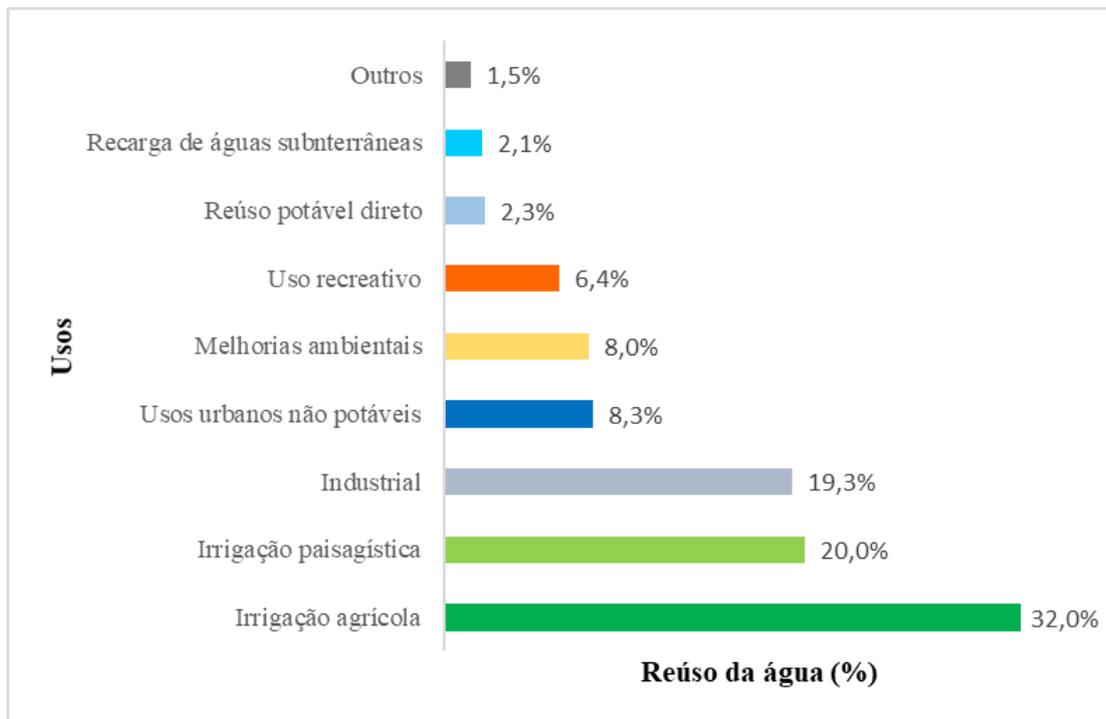


Figura 2. Distribuição do reúso de água após tratamento avançado (terciário) no mundo por tipo de uso.

Fonte: adaptado de Lautze et al., (2014).

No Brasil, o reúso planejado da água é ainda uma prática incipiente, o percentual de reúso é baixo com apenas 1,5% dos esgotos tratados (IRdA, 2023). Contudo, o potencial de reúso pode ser considerado alto, levando-se em conta a capacidade instalada de tratamento de 2 m³/s, podendo-se chegar a 10 m³/s em dez anos (CEBDS, 2022).

Algumas iniciativas recentes se destacam, como o anúncio⁴ de parceria da Aegea Saneamento e Participações S.A. com a Petrobras, na qual a partir de 2024 as operações industriais das refinarias Duque de Caxias (Reduc) e no Polo Gaslub, em Itaboraí/RJ, passem a ser abastecidas com água de reúso, com a estimativa de que mais de 79 milhões de litros de água por dia deixarão de ser retirados dos copos hídricos para uso na operação das refinarias. Outro exemplo é no Estado do Espírito Santo com o leilão⁵ realizado para a construção, operação e manutenção de ETE e fornecimento de água de reúso para a siderúrgica

⁴ Link: <https://exame.com/bussola/aegea-e-petrobras-investem-em-maior-projeto-com-agua-de-reuso-na-industria/>. Acesso em: 06/01/2024

⁵ Link: <https://www.cesan.com.br/news-cesan/governo-do-espírito-santo-realiza-leilao-de-r-224-bi-para-tratamento-de-esgoto-para-reuso-em-siderurgica/>. Acesso em: 03/02/2024

ArcelorMittal. O projeto prevê estação de produção de água de reúso – EPAR com capacidade instalada de 300 L/s.

No que tange às experiências de reúso no Brasil, grande parte estão no Estado de São Paulo. O maior empreendimento é o AQUAPOLO, fruto de parceria entre a GS Inima Industrial e a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Tem capacidade instalada de 1,0 m³/s. A quantidade de água potável substituída por água de reúso é suficiente para abastecer uma cidade de 300 a 400 mil habitantes. O tratamento de esgoto passa pela Estação de Tratamento de Esgoto ABC da Sabesp (ETE-ABC), a qual é caracterizada por processo de lodo ativado convencional, com unidades de adensamento e digestão anaeróbia dos lodos e desaguamento em filtros prensa de placas. Para o reúso, passa por tratamento terciário englobando sistemas de membranas de ultrafiltração (UF) e de osmose reversa. Na condução e distribuição da água produzida, consta uma adutora de 17 km, que transpassa os municípios de São Caetano do Sul e Santo André, até chegar a uma torre de distribuição em Capuava, município de Mauá, onde está estabelecido o Polo Petroquímico de Capuava. A partir dela, uma rede de distribuição de 3,6 km entrega a água para cada um dos clientes do Polo (AQUAPOLO, s.d.).

Ademais, no Quadro 9 é apresentado resumo com exemplos de experiências de reúso ao redor do mundo, com informações de localização, etapas de tratamento, tipos de reúso, usos e vazão de projeto.

Quadro 9 – Experiências de reúso, etapas principais de tratamento, tipos de reúso, finalidades e vazão de projeto.

Nome	Localização		Etapas principais de tratamento	Tipo de reúso	Usos finais	Vazão (L/s)	Referência
Aquapolo	São Paulo	Brasil	MBR + OR + UV	RNPD	Industrial	1.000	Paoli (2016)
Beichen Hi Tech Park	Tianjin	China	MBR + OR + 03	RNPD	Industrial	1.197	Paoli (2016)
Big Spring	Texas	EUA	MBR + OR + UV/POA+ FT	RPD	Potável	92	Guo et al. (2014)
Chipre	Chipre	-	LAC + + RN + CL	RNPD/RPI	Irrigação paisagística e recarga de aquífero	111	Paoli (2016)
Costa Brava	Costa Brava	Espanha	FT + UV + CL	RNPD/RPI	Recarga de aquífero, urbano, vazão ambiental	203	Paoli (2016)
Edward C. Little	El Segundo	EUA	Múltiplos, conforme o uso	RNPD/RPI	Irrigação paisagística, urbanos, industrial e recarga de aquífero	1.968	Paoli (2016)
ETE Jesus Netto	São Paulo	Brasil	UASB/LAC + FT + CL	RNPD	Urbano e industrial	52	SABESP (2015)
Goreangab	Windhoek	Namíbia	LAC + múltiplas barreiras + UV	RPD	Potável	184	Paoli (2016)
Hampton Roads	York County	EUA	LAC + SBR + CL	RPD	Industrial	16	Paoli (2016)
Honolulu	Honolulu	EUA	LAC + FT + OR + UV	RNPD	Urbano, industrial e vazão ambiental	570	Paoli (2016)
Madri	Madri	Espanha	LAC + UV	RNPI	Urbano	108	Paoli (2016)
Michelson / Los Alisos	Orange County	EUA	MBR + OR + UV + CL	RNPD	Irrigação paisagística e urbano	1.750	Paoli (2016)
Milão	Milão	Itália	LA + FT + UV	RNPD	Irrigação	3.999	Paoli (2016)
NEWWater	Singapura	Singapura	MBR + OR + UV	RNPD/RPI	Potável e urbano	2.600	Paoli (2016)
Orange Country	Orange County	EUA	MBR + OR + UV/POA	RPI	Recarga de aquífero	5.242	Paoli (2016)
Perth	Perth	Austrália	LAC + UF + OR + UV	RPI	Recarga de aquífero	600	Mcidades (2016)
Salinas Valley	Monterey ounty	EUA	LAC + FT + CL	RNPD	Irrigação agrícola	869	Paoli (2016)

Continua...

Quadro 9 - Experiências de reúso, etapas principais de tratamento, tipos de reúso, finalidades e vazão de projeto (conclusão).

Nome	Localização		Etapas principais de tratamento	Tipo de reúso	Usos finais	Vazão (L/s)	Referência
Torreele	ST-André	Bélgica	MBR +OR	RPI	Recarga de aquífero	57	Paoli (2016)
Upper Occoquan	Virgínia	EUA	FT + CL + CAG	RPI	Recarga de manancial superficial	2.400	Mcidades (2016)
Vale do Mezquital	Cidade do México	México	LAC + FT + FQ	RNPD	Irrigação	35.000	Mcidades (2016)
Westem Corridor	South East Queensland	Austrália	MBR + OR + POA + UV	RNPD	Industrial e agricultura	793	Paoli (2016)

CAG	Carvão ativado granular	POA	Processos oxidativos avançados	RNPD	Reúso não potável direto
CL	Cloração	UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator anaeróbio de fluxo ascendente)	RNPI	Reúso não potável indireto
FT	Filtração terciária	RPD		RPD	Reúso potável direto
LA	Lodos ativados	UF	Ultrafiltração	RPI	Reúso potável indireto
MBR	Membrane bioreactor (Biorreatores com membranas)	UV	Radiação ultravioleta		
O3	Ozônio	LAC	Lodos ativados convencional		
OR	Osmose reversa	FQ	Físico-químico		

Fonte: Adaptado de Fukasawa (2021).

3.5. Estudos de potencial de reúso

Estudar e analisar o potencial de reúso de água faz parte de uma estratégia para desenvolvimento da gestão integrada dos recursos hídricos e saneamento. Independentemente da escala, capacidade ou tipo dos sistemas de reúso há etapas que devem ser consideradas e seguidas. Como diretrizes a *United States Environmental Protection Agency* (U.S EPA, 2012) em linha com a *Water Reuse Association* (WRA) sugerem os seguintes passos:

- i. Identificar a quantidade de água disponível;
- ii. Mapeamento de todos os usuários existentes e futuros;
- iii. Identificar os potenciais usuários;
- iv. Verificar a aceitação dos usuários em relação à água de reúso;
- v. Comparar a oferta e demanda da água de reúso;
- vi. Elaborar layout de distribuição da água de reúso;
- vii. Determinar a viabilidade econômica;
- viii. Preparar os arranjos e pontos de venda;
- ix. Regularizar a prática junto aos órgãos responsáveis;
- x. Execução das obras e início da operação.

Em Silva Junior *et al.*, (2021) é apresentada metodologia de potencialidades regionais de reúso de água. Apontam que a delimitação da área de estudo é etapa primária e fundamental, envolvendo distintas variáveis independente da escala considerada. No Quadro 10 são apresentadas considerações referentes às variáveis relacionadas a delimitação da área, tais como localização de oferta e demanda, qualidade do efluente, distâncias entre oferta e demanda, áreas prioritárias e custos.

Quadro 10 -Variáveis relacionadas à delimitação da área de estudo.

Variável	Considerações
Localização das ofertas	A localização das unidades, atuais e futuras, que podem fornecer água de reúso é de grande relevância, sendo considerada uma das principais variáveis. É importante definir as ofertas, de modo a estabelecer critérios de fornecimento, tais como quantidade, qualidade, transporte e outros.
Localização das demandas	A localização das demandas é considerada prioridade. Essa variável deve prever as diferentes áreas, com distintos objetivos de demandas (atuais e futuras) que se encontram nas proximidades das unidades de oferta. Neste caso, podem ser elencadas áreas de conflitos pelo uso da água, áreas mais impactadas pela seca, áreas de expansão de atividades agrícolas ou industriais, entre outras.
Análise de qualidade	A qualidade atualmente apresentada pelo efluente deve ser uma variável de destaque, já que pode inclusive demandar otimização da ETE para atender os objetivos de reúso ou mesmo melhorar aspectos operacionais. Uma avaliação criteriosa da série histórica de qualidade dos efluentes dos é recomendada.

Continua...

Quadro 10 - Variáveis relacionadas à delimitação da área de estudo (conclusão).

Avaliação de distâncias	Distâncias entre unidades de oferta e áreas de demanda de água de reúso podem ser fatores limitantes para alavancar os empreendimentos. Distâncias muito elevadas podem apresentar custos de transporte inviáveis, seja ele realizado por caminhão ou por adução. No caso do transporte por adução, deve-se avaliar ainda o desnível geométrico entre os pontos de produção e de destino da água de reúso.
Listagem de áreas prioritárias	Em regiões de escassez hídrica, os gestores podem se deparar com mais de uma área carente de água, inclusive com demandas de diferentes modalidades de reúso. Assim, é importante hierarquizar as áreas prioritárias, de acordo com os objetivos definidos, que podem ser: aumento da produção agrícola, impulsionamento do desenvolvimento socioeconômico, redução de conflitos, melhoria da qualidade de corpos hídricos, entre outros. Destaca-se que essa hierarquização deve ser baseada, com mais peso, em critérios técnico/científicos do que em critérios políticos.
Estudo preliminar de custo	O estudo de custo deve ser realizado de maneira preliminar e em ordem de grandeza, de forma a subsidiar e orientar as tomadas de decisão e os passos futuros para o estabelecimento dos empreendimentos prioritários.

Fonte: Silva Junior *et al.*, (2021).

Para a avaliação da potencialidade de reúso, os autores destacam uma série de etapas, as quais são apresentadas no Quadro 11 e estão diretamente associadas às variáveis relacionadas a delimitação da área.

Quadro 11 - Etapas da avaliação de potencial de reúso.

Etapa	Observação
Quantitativo de oferta	Pode-se avaliar em relação à vazão instalada e à vazão futura. Por ser ainda uma fase de planejamento, é possível se discutir o potencial para a vazão existente e para a vazão esperada em novos projetos de sistemas de esgotamento sanitário. O regime de vazões deve ser detalhado, objetivando a compatibilização da produção com o consumo no tempo.
Quantitativo de demanda	Demandas de água de reúso podem ser maiores ou menores e a possibilidade de supri-las é um ponto alto nessa fase de avaliação. Essa discussão pode ser feita com base em demandas atuais e futuras. As variações temporais da demanda devem ser especificadas, pelo mesmo motivo citado anteriormente (compatibilização da produção com o consumo no tempo).
Qualidade do efluente ofertado	Diferentes qualidades de efluentes são indicadas para distintas qualidades requeridas por cada tipo de reúso.
Qualidade requerida na demanda	Qualidades mais baixas requeridas pelos potenciais usuários são mais facilmente alcançadas. Por outro lado, qualidades altas requerem grandes esforços na otimização das ETEs e maiores custos.
Otimização requerida na ETE	Uma avaliação entre qualidade ofertada e qualidade requerida, inevitavelmente será a responsável pela avaliação da otimização requerida tanto em ETEs existentes como em ETEs em fase de projeto. O balanço hídrico entre produção e consumo também pode exigir adaptações na infraestrutura.
Distâncias entre ofertas e demandas	O estabelecimento das distâncias em linha reta e em rodovias, entre as ofertas e demandas é uma etapa de grande relevância para a avaliação.
Tipos de transporte	As distâncias em rodovia, entre ofertas e demandas, facilitam a avaliação do transporte por caminhão. Já as distâncias em linha reta, bem como características de relevo, vegetação, solo e ocupação do solo, quando possível, facilitam a avaliação do transporte por tubulação.

Continua...

Quadro 11 - Etapas da avaliação de potencial de reúso (conclusão).

Instalação de reservatórios	Em geral, a instalação de reservatórios se faz necessária para atender as sazonalidades das demandas. Essa etapa também pode ser realizada com uma interação entre as distâncias e as características das diferentes qualidades de efluentes, podendo-se avaliar uma possível mistura para aumento de vazão. Ressalta-se aqui a necessidade de medidas para evitar o recrescimento de microrganismos, como a pós-cloração.
Tipos de reúso pretendidos	Os diferentes usos pretendidos serão consequência do uso e ocupação do solo da área de estudo. Se vários usos possíveis estiverem disponíveis, é possível fazer uma relação com a qualidade requerida e conseqüentemente, a otimização necessária para a ETE.

Fonte: Silva Junior *et al.*, (2021).

Em resumos as referências destacam alguns pontos chave como a delimitação da área, consulta e obtenção das informações de oferta e demanda, balanço qualitativo e quantitativo das informações, definição do uso pretendido, identificação dos potenciais usuários e viabilidade econômica.

3.5.1. Estudos de potencial regional de reúso aplicados no Brasil

No Brasil, em geral, estudos que avaliam o potencial de reúso de água não são novidade (SUBTIL *et al.*, 2017; ALMEIDA *et al.*, 2013; entre outros). O número de estudos aplicados em escala regional vem crescendo nos últimos anos, fato que pode estar relacionado ao avanço da tecnologia que proporciona maior facilidade em trabalhar com número elevado de informações distintas e georreferenciadas, e pela necessidade de se agregar o reúso no planejamento dos recursos hídricos e saneamento.

No Quadro 12 são listados estudos de potencialidade de reúso de água aplicados no Brasil em escala macro, com variações nos limites das áreas de aplicação como em âmbito Federal, Estadual, Região Metropolitana ou unidades de planejamento dos recursos hídricos (regiões hidrográficas e bacias hidrográficas). Na sequência são abordados aspectos relevantes dos estudos como resultados, metodologia aplicada e principais bases de dados utilizadas.

Quadro 12 – Informações dos documentos revisados sobre estudos de potencial de reúso.

Título	Escala	Ano	Tipo	Fonte
Análise do potencial de reúso de água para fins não potáveis a partir do efluente tratado de Estações de Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.	Região Metropolitana	2020	Dissertação	Faria (2020)
Capacidade de reúso de efluentes de estações de tratamento de esgoto na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul	Bacia hidrográfica	2018	Artigo	Santos <i>et al.</i> , 2018
Avaliação do potencial de reúso de efluentes de ETE em áreas irrigadas da bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu com vistas a universalização	Bacia hidrográfica	2019	Artigo	Araujo <i>et al.</i> , 2019
Evaluation of potential use of domestic treated effluents for irrigation in areas subject to conflicts over water use in Paracatu river basin	Bacia hidrográfica	2020	Artigo	Melo <i>et al.</i> , 2020
Water reuse potential for irrigation in Brazilian hydrographic regions	Região hidrográfica	2021	Artigo	Lima <i>et al.</i> , 2021
Reúso de água a partir de efluentes de estações de tratamento de esgotos para irrigação de pastagens na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte	Bacia hidrográfica	2021	Artigo	Cruvinel <i>et al.</i> , 2021
Avaliação quantitativa do potencial de reúso no Estado de Minas Gerais	Estado	2021	Artigo	Melo <i>et al.</i> , 2021
Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial	Estado	2017	Documento técnico	CNI (2017)
Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado do Rio de Janeiro	Estado	2019	Documento técnico	CNI (2019a)
Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado da Paraíba	Estado	2019	Documento técnico	CNI (2019b)
Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado de Pernambuco	Estado	2019	Documento técnico	CNI (2019c)
Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado do Ceará	Estado	2019	Documento técnico	CNI (2019d)
Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado do Espírito Santo	Estado	2019	Documento técnico	CNI (2019e)
Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado do Rio Grande do Norte	Estado	2019	Documento técnico	CNI (2019f)
Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado do Maranhão	Estado	2020	Documento técnico	CNI (2020)
Estudo de avaliação das potencialidades de reúso de efluente sanitário tratado no Estado da Bahia	Estado	2021	Documento técnico	EMBASA (2021)
Panorama geral das oportunidades de reúso para fins industriais no Estado do Rio de Janeiro a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgotos	Estado	2022	Livro	RIO DE JANEIRO (2022)
Projeto reúso: Produto IV – Avaliação do potencial de reúso	Federal	2017	Documento técnico	MCidades (2017b)

Fonte: elaboração própria.

3.5.1.1. Estudo em âmbito Federal

A principal referência nacional é o Projeto Reuso do antigo Ministério das Cidades com parceria do Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura (IICA), o qual apresenta uma série de documentos técnicos abordando experiências com reúso (nacional e internacional), critérios de qualidade, potencialidades de reúso, modelos de financiamento e plano de ações (MCIDADES, 2016). Especificamente no Produto IV - Avaliação do Potencial de Reúso, consta análise macro do potencial em cada região do Brasil de forma qualitativa e quantitativa (MCIDADES, 2017b). O estudo aponta potencial de reúso de 13 m³/s para o Brasil no curto-médio prazo (5 a 10 anos), incluindo possibilidades de reúso potável indireto. Desse total, 7 m³/s estão na região Sudeste, representando a maior vazão entre as regiões. Para a região Sul é de 2,5 m³/s, segunda maior vazão entre as regiões. Destaca-se que foi considerado tratamento secundário como o mínimo para a possibilidade de reúso, e conforme indicado pelo documento, o fator limitante para as estimativas em nível macro foram os índices de coleta e tratamento de esgoto e não o nível de tratamento.

3.5.1.2. Estudos em âmbito Estadual

No âmbito estadual, Melo *et al.*, (2021) avaliaram o potencial de reúso para o Estado de Minas Gerais. O estudo realizou a comparação da vazão disponível de efluente tratado (ANA, 2017a) com a demanda pelo uso da água por finalidade nas unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos (UPGRH), não foi considerada avaliação de distâncias e custos para viabilidade do reúso. Como resultados, indicam vazão total de esgoto tratado de 12,98 m³/s no Estado com potencial de suprir 3% das demandas nos setores (industrial, mineração e agropecuária), sendo as UPGRH de maior potencial as PS1 com 12% e SF5 com 34%. Considerando um cenário de atendimento das metas constantes no Marco do Saneamento (BRASIL, 2020), apontam que o potencial de reúso no Estado poderia chegar a 12%. Para a GD5 – Rio Sapucaí a vazão de esgoto chega a 0,3806 m³/s, com potencial de atender 6% das demandas. O estudo ainda reforça que as tecnologias mais utilizadas de tratamento dos esgotos no Estado de Minas Gerais não apresentam boa eficiência de remoção de *E. scheria coli* e ovos de helmintos, indicando possível necessidade de complementação do tratamento para produção da água de reúso nos padrões exigidos na deliberação normativa CERH 65 (MINAS GERAIS, 2020).

Destacam-se também os documentos técnicos produzidos pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), em que a partir do estudo da análise do potencial do uso de efluentes tratados

para abastecimento industrial no Estado de São Paulo com enfoque para a região metropolitana (CNI, 2017), realizaram para outros Estados como Rio de Janeiro (CNI, 2019a), Paraíba (CNI, 2019b), Pernambuco (CNI, 2019c) Ceará (CNI, 2019d), Espírito Santo (CNI, 2019e), Rio Grande do Norte CNI (2019f) e Maranhão (CNI, 2020). Os estudos se destacam pela padronização da metodologia aplicada, em que avaliam as oportunidades de reúso por ETE-usuário para fins não potáveis nas indústrias, consideram a correlação entre as informações das estações de tratamento de esgotos (ofertas) e indústrias (demandas). Além disso, apresentam estimativa de custos de água de reúso a partir de projeto genérico de produção e distribuição, considerando custos de capital, operação e manutenção de sistemas. No modelo genérico de projeto adotam diferentes intervalos das variáveis para estimativa de custo, como vazões entre 50 L/s e 500 L/s, reservatórios de 500 m³ a 2.000 m³, linhas de distribuição com comprimento total de 9,0 km a 13,0 km, havendo sempre trecho por recalque (variando de 4,0 km a 8,0 km) e por conduto forçado por gravidade (5,0 km).

Outro documento que se pode destacar é o da EMBASA (2021). Trata-se de estudo detalhado de potencialidade de reúso para o Estado da Bahia, em que considerou a caracterização das ofertas com base na vazão de operação das unidades, nível de tratamento, qualidade do afluente e efluente, porte da estrutura, corpo receptor, entre outras. Para as demandas foram consideradas as informações das vazões dos usos consuntivos de irrigação e indústria, outorgas no raio de distância das ETEs de 10 a 20 km, além de caracterização de outros fatores que podem influenciar na quantificação, como criticidade do balanço hídrico, conflitos pelo uso da água, potencial para redução de perdas de água, entre outros. Como principal resultado é indicado potencial de reúso não potável de água em 1.400 L/s para 2024 e 3.700 L/s para a universalização da coleta de efluentes sanitários. Por fim, cabe destacar que foi elaborado Manual de Orientações e Práticas e proposta de Termo de Referência para Desenvolvimento de Projeto-Piloto, no intuito de orientar e fomentar novos projetos e investimentos considerando o reúso de efluentes e dar suporte à aprovação/licenciamento dos projetos de reúso (EMBASA, 2021).

3.5.1.3. Estudos em âmbito de Região Hidrográfica e Bacia Hidrográfica

Relativo a estudos que consideram unidades de planejamento dos recursos hídricos, Lima *et al.*, (2021) avaliaram o potencial de reúso para irrigação nas 12 regiões hidrográficas (RHs) brasileiras. As análises limitaram-se à comparação da quantidade de esgoto gerado em relação à demanda hídrica para irrigação, não englobando avaliação de distâncias e estimativas de

custos. Na metodologia consideraram uma métrica de categorização das unidades de tratamento, adotaram os termos “Categoria 01” para tratamento secundário com remoção de matéria orgânica superior a 80%, “Categoria 02” para tratamento passando por processo de desinfecção, e “Sem Categoria” para efluente que apresentam desempenho inferior às demais categorias. Como resultado destaca-se que as ETEs em operação no Brasil geram 88,18 m³/s de efluente na Categoria 1 e 10,24 m³/s na Categoria 2, o que representa apenas 9% da demanda total de água para irrigação no país (1.078,71 m³/s). Na RH do Paraná, a qual engloba estados mais desenvolvidos economicamente como São Paulo, Santa Catarina e Minas Gerais, o potencial de reúso é alto, em torno de 44% da demanda. Já na RH do Atlântico Sul (engloba a porção do Estado do Rio Grande do Sul de interesse para o esse estudo), o potencial de reúso somado às categorias 1 e 2 é baixo, não chegando a 5% da demanda de água para irrigação.

No que concerne à bacia hidrográfica, exemplos de estudos com análise de potencial de reúso para irrigação, podem ser vistos em:

- Santos *et al.*, (2018) concluíram para a BH Rio Paraíba do Sul (engloba parte dos Estados do São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) que a vazão efluente que passa por tratamento com desinfecção e teoricamente pronta para o reúso, representa somente 0,5% da demanda.
- Araújo *et al.*, (2019) apontam que para a BH Piancó-Piranhas-Açu (divide-se entre os Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%)) a oferta da água de reúso representa 8% da demanda, com custo estimado de transporte (caminhão pipa) variando entre R\$ 2,46/m³ e R\$ 12,62/m³ para distâncias de transporte entre 10 e 50 km.
- Melo *et al.*, (2020) indicam que para a BH do Rio Paracatu (Minas Gerais) a oferta representa apenas 4,6% da demanda.
- Cruvinel *et al.*, (2021) sinalizam que para a BH Rio Meia Ponte (Goiás) 10 das 12 ETE's analisadas, a oferta de água de reúso representa menos de 1% da demanda d irrigação de pastagem. Ainda apresentam custo do reúso considerando uma distância de 5 km das ETEs, conforme metodologia apresentada por Araújo *et al.*, (2017), a qual consiste na comparação do valor do transporte por caminhão pipa do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com o custo da tarifa de água potável.

3.5.1.4. Estudos em âmbito de Região Metropolitana

No que concerne a estudos aplicados em regiões metropolitanas, destaca-se a dissertação de Faria (2020) que avaliou a potencialidade de reúso para fins não potáveis dos efluentes

tratados de quatro ETEs localizadas na região metropolitana do Rio de Janeiro. O estudo considerou a demanda para indústria da transformação e adotou distância de 10 km das ETEs como limite para o levantamento das informações de outorga e potenciais consumidores. Ao total foram identificadas 728 indústrias nas regiões de interesse e padronizadas por tipologia conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0). Um ponto de destaque são os dados disponibilizados pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) dos parâmetros físico-químicos e biológicos dos efluentes no período de 2016 a 2019.

Como principais resultados, o estudo aponta que a vazão de esgoto tratado a nível secundário só da ETE Alegria (216.000 m³/dia) já atenderia a demanda de água de reúso para as indústrias consideradas (135.777 m³/dia), e que somando das demais ETEs o potencial de volume de oferta chega a quatro vezes a demanda. Em termos de qualidade do efluente, sinaliza que parâmetros como pH e DBO apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos na Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020 (SÃO PAULO, 2020) e, além disso, também indica que a qualidade atendeu aos limites para uso em processo de tamboreamento e amassamento de concreto conforme NBR 15900-1 (ABNT, 2009).

3.5.1.5. Principais bases de dados utilizadas

Pelo exposto sobre os documentos do Quadro 12 pôde-se notar grande diversidade de informações relacionadas a esse tipo de estudo, assim como diferentes premissas adotadas para sistematização dos resultados. Contudo, notou-se algumas similaridades principalmente nas bases de dados utilizadas, que valem o destaque:

- **Informações de oferta:** observou-se que a principal base de dados (secundários) utilizada foi o Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas (ANA, 2017b e 2020), com informações da existência de ETE, localização georreferenciada, vazão afluente, tecnologia de tratamento e eficiência de remoção de matéria orgânica nos municípios brasileiros, considerando os anos de 2013 a 2015 com última atualização em 2020. De modo complementar, também foram utilizadas informações do SNIS e Planos de Saneamento Básico Municipais (PMSBs) relativas aos índices de coleta e tratamento de esgoto. Ainda, no estudo da EMBASA (2021) e Faria (2020) foram utilizados dados primários das ETEs disponibilizados pela concessionária ou projetos existentes nas localidades, o que enriquece o detalhamento da informação principalmente no tocante a qualidade do efluente tratado (parâmetros de qualidade).

- **Informações de demanda:** a principal fonte (secundária) utilizada foi o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) com destaque para o Manual de Usos Consuntivos da Água (ANA, 2019), o qual apresenta estimativas dos usos consuntivos para todos os municípios brasileiros desde 1931 até ano atual da publicação (diagnóstico) além de projeções para 2030 (prognóstico). Os usos considerados são abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento animal, indústria de transformação, mineração, termoeletricidade e agricultura irrigada. No detalhamento das demandas para irrigação, também foi utilizada a base do Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada (ANA, 2021a), o qual apresenta histórico da agricultura irrigada e cenário para 2040, com as vazões médias anuais por tipologia (arroz, café, cana-de-açúcar irrigada, culturas anuais em pivôs centrais). No caso de detalhamento das demandas por tipologia de indústria foi considerado principalmente o estudo Água na indústria: uso e coeficientes técnicos (ANA, 2017a), em que contém demanda hídrica por tipo de indústria de transformação a partir de coeficientes técnicos baseados no número de trabalhadores. Por fim, na identificação e localização dos usuários com maiores consumos, foram utilizados os sistemas de outorgas (estadual ou federal). Destaca-se que para o levantamento das outorgas foi adotado como limite um raio de 10 km das ETE (CNI, 2017 e FARIA, 2020) e de 10 a 20 km (EMBASA, 2021).

3.6. Método multicritério de apoio à tomada de decisão

Problemas envolvendo diversidade de critérios e incertezas caracterizam um cenário de complexidade de estudos em diferentes esferas. O processo de decisão multicritério, envolve compreender e analisar opções de escolhas para condições e variáveis diferentes (Laurindo e Loures, 2018).

Um dos principais métodos de análise multicritério existente é o denominado *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido na década de 1970 por Thomas Saaty com o objetivo de superar as limitações cognitivas dos tomadores de decisão em problemas de seleção com múltiplos critérios (VILAS, 2008; RODRÍGUEZ, 2008). Em síntese, o método segue as etapas conforme ilustra a Figura 3.

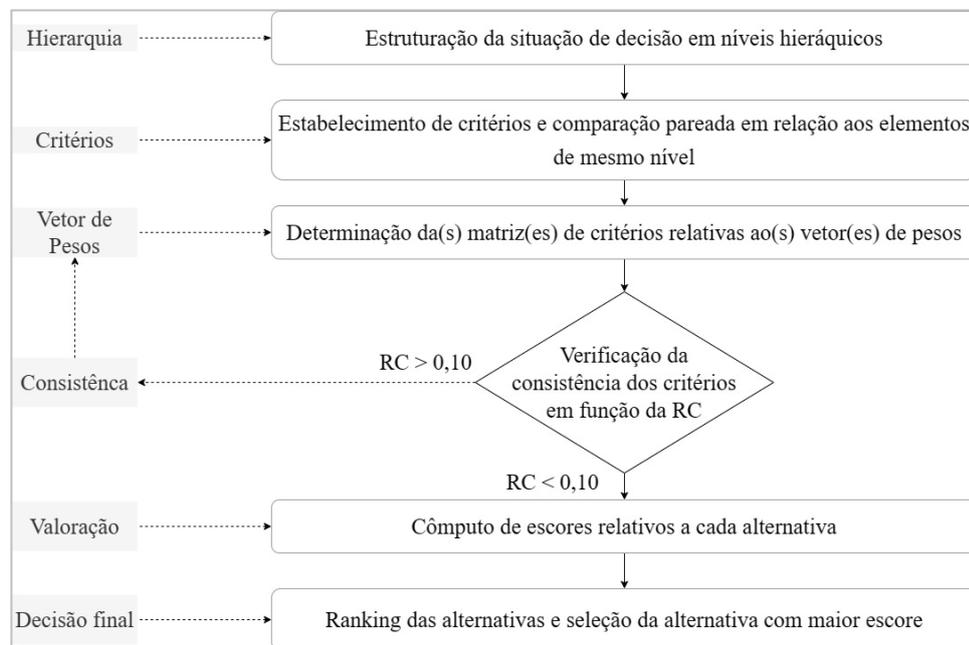


Figura 3. Etapas de aplicação do método AHP

Fonte: Adaptado de Silva e Souza (2011).

O passo inicial e de suma importância é a estruturação da hierarquia dos critérios e subcritérios para tomada de decisão. A definição dos elementos cabe ao(s) autor(es) do modelo, sujeita a experiência e conhecimento da área e a intrínseca subjetividade pessoal (FUKASAWA, 2021). Nesse passo pode-se utilizar de pesquisa com especialistas da área para formulação dos elementos do modelo.

É recomendado limitar a metodologia a 7 ± 2 critérios, devida a capacidade de percepção e comparação, a fim de reduzir inconsistências (SAATY, 1980). Na Figura 4 é apresentado exemplo de estrutura hierárquica com até três critérios.

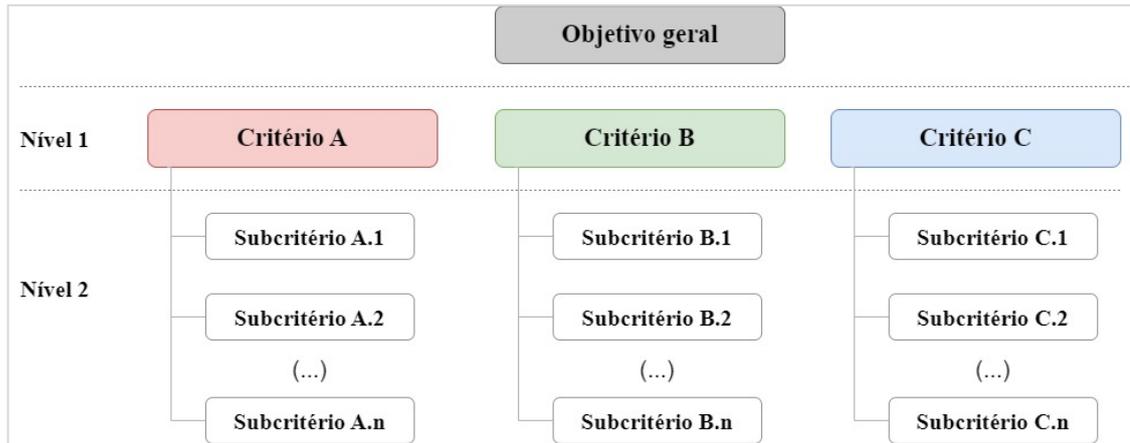


Figura 4. Hierarquização dos critérios e subcritérios no método AHP

Fonte: elaboração própria com base em Fukasawa (2021).

Para o desenvolvimento matemático do processo são admitidos os seguintes axiomas gerais (Silva e Souza (2011) apud SAATY, 1986):

- Axioma 1: Reciprocidade – se um elemento (critério, preferência ou atributo) A é x vezes tão importante quanto B, portanto, B é $1/x$ tão importante quanto A;
- Axioma 2: Homogeneidade – somente elementos comparáveis são comparados. É essencial a comparação de elementos similares, pois erros de julgamento tornam-se tanto maiores, quanto maiores forem às disparidades entre elementos comparados;
- Axioma 3: Independência - a importância relativa de elementos em qualquer nível independe de elementos incluídos em níveis inferiores;
- Axioma 4: Expectativa – a hierarquia deve estar completa, com inclusão de todos os critérios. Ao mesmo tempo, nenhum critério é deixado de lado, sem exceções, para inclusão de alternativas e critérios.

Com os elementos estabelecidos é realizada a comparação par a par dos critérios (nível 1) e subcritérios (nível 2). O comparativo é realizado a partir da construção da matriz de importância, em que é indicado o quão mais importante um elemento é em relação a outro por meio da escala numérica proposta por Saaty (1980), conforme apresenta o Quadro 13. Nesse passo também é possível se utilizar de pesquisa com especialistas da área para definição da importância entre os elementos.

Quadro 13 – Escala numérica de importância

Importância	Valor	Recíproco	Descrição
Igual	1	1	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
Moderada	3	1/3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre o outro
Forte	5	1/5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente sobre o outro
Muito forte	7	1/7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado por experiência prática
Extrema	9	1/9	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza
Valores intermediários	2, 4, 6 e 8	1/2; 1/4; 1/6; 1/8	-

Fonte: Saaty (1980).

Após as atribuições de importância entre os elementos, o método prevê a derivação das prioridades. Esse processo é necessário pois a comparação paritária estabelece somente a importância relativa entre os elementos, mas não sua importância global. O procedimento consiste na determinação do peso global de cada critério para o objetivo, calculado a partir do vetor de Eigen. O vetor de Eigen é obtido de modo aproximado através da média aritmética dos valores normalizados de cada um dos critérios (VARGAS, 2010), onde o somatório dos valores do vetor sempre totaliza 1.

O passo seguinte é a análise de consistência. A mensuração de consistência da matriz é realizada pela determinação da variável Razão de Consistência (RC), a qual deve ser inferior a 0,10. Os seguintes passos são considerados para o cálculo da RC (MU; PEREYRA-ROJAS, 2017):

1. Determinação do número principal de Eigen ($\lambda_{\text{máx}}$); obtido através da somatória do produto de cada elemento do vetor de Eigen multiplicado pelo total de cada coluna calculado na matriz de importância;
2. Cálculo do Índice de Consistência (IC) a partir do $\lambda_{\text{máx}}$ e da ordem da matriz (n); e
3. Cálculo da RC a partir do IC e do Índice Randômico (IR).

O IC é calculado conforme a seguinte equação:

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

IC é o Índice de Consistência;

$\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovetor da matriz, equivalente ao número principal de Eigen; e

n é o número de critérios.

O IR corresponde à máxima inconsistência admissível para uma matriz de dimensão n , a qual foi estimada como valor médio de IC para simulações de 500 matrizes de ordem “ n ” com valores randômicos (Gass e Rapscák, 2004). O valor de IR depende do número de critérios da matriz e são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Índice Randômico (IR) para matriz de diferentes tamanhos

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor do IR	0	0	0,58	0,9	1,112	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Gass e Rapscák (2004).

Assim, a RC é calculada conforme a seguinte equação:

$$RC = \frac{IC}{IR} \leq 0,10 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

RC é a Razão de Consistência;

IC é o Índice de Consistência; e

IR é o Índice Randômico.

Dessa maneira, o AHP tolera no máximo 10% de inconsistência de uma matriz, caso o valor da RC seja superior a esse limite, é recomendado que a atribuição de pesos na comparação par a par dos elementos seja revisada.

Ademais, como os resultados do AHP são valores numéricos dos pesos globais dos elementos (critérios e subcritérios), pode-se adotar categorização qualitativa dos valores de modo a facilitar a interpretação, como potencial de reuso “Alto”, “Médio” e “Baixo”.

4. Metodologia

Para atingir o objetivo principal e os objetivos específicos, a metodologia foi dividida em quatro principais etapas. A primeira se constitui da **Caracterização das áreas de estudo** (4.1) com informações das bacias hidrográficas. A segunda refere-se à **Potencialidade de reúso** (4.2), apresentando os passos básicos para avaliar o potencial de reúso e base das informações. A terceira trata-se da **Avaliação das legislações e instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento** (4.3), com inclusão de análise da existência de planos, projetos, ações e leis referentes à prática de reúso de água, e a quarta é a **Matriz de avaliação das ETEs** (4.4) com análise multicritério do potencial de reúso das unidades de tratamento.

Na Figura 5 são apresentadas as etapas com as principais informações envolvidas. A metodologia ainda conta com análises espaciais e produção de mapas através do *software open source* Quantum GIS (QGIS), com descrição apresentada no item 4.5.

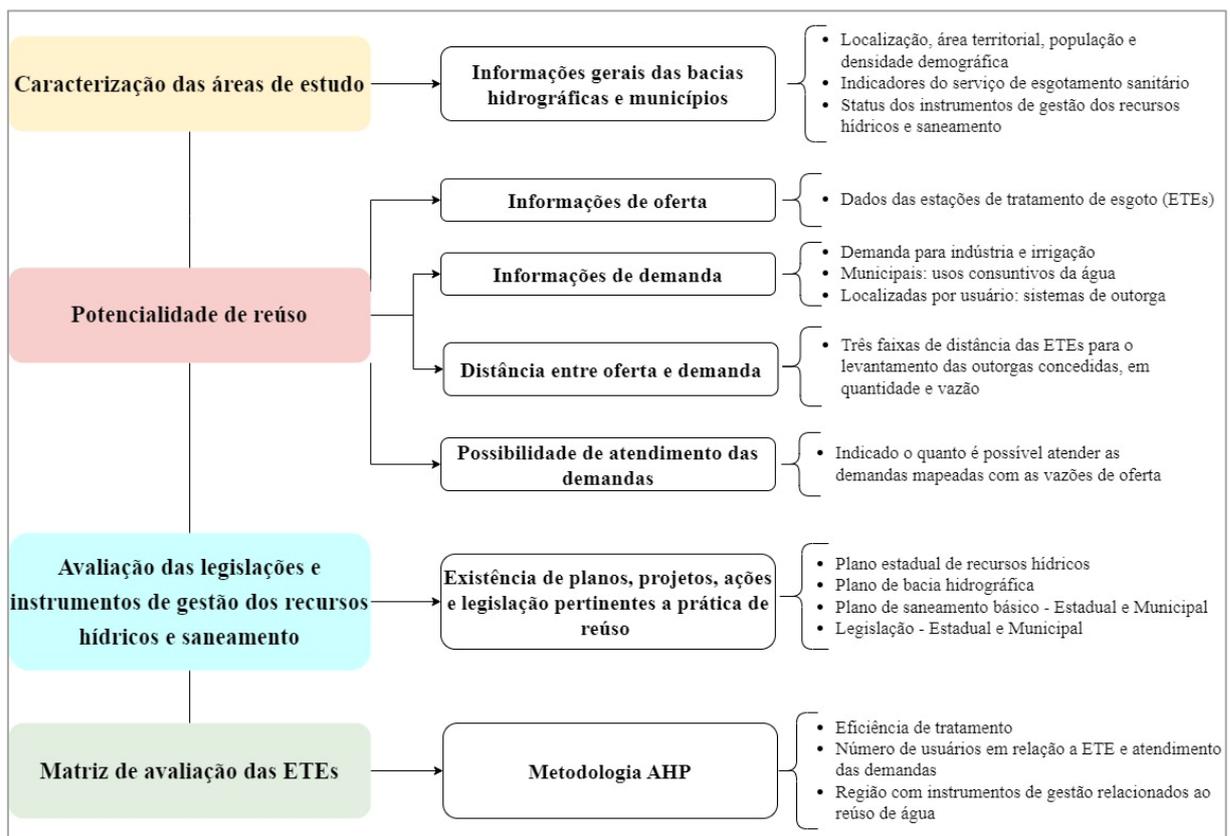


Figura 5. Fluxo das etapas da metodologia.

Fonte: elaboração própria.

Nos itens a seguir constam os desenvolvimentos de cada etapa elencada.

4.1. Caracterização das áreas de estudo

4.1.1. Rio dos Sinos – G20

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos fica localizada na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul (RS) e abrange 30 municípios, possui área de 3.694 km² com população total estimada em 1.447.678 habitantes e densidade demográfica 391,9 hab/km² (SEMA, 2021a). A G20 se caracteriza pelo histórico de fragilidade dos recursos hídricos com períodos de estiagem e declínio da qualidade, como nos anos 2005/2006 (FEPAM, 2011) e em 2021 (SEMA, 2021b).

A G20 pode ser dividida em três principais regiões; o Alto Sinos que corresponde ao curso inicial do rio, com contingente populacional baixo e uso do solo predominantemente rural voltado a agricultura e criação de gado; o Médio Sinos com urbanização mais densa e presença maior de atividades industriais; e o Baixo Sinos que corresponde ao curso final do rio, sendo a região de maior densidade populacional, com presença intensa de indústrias e também cultivo do arroz irrigado nas várzeas do rio até 40 km (PRÓ-SINOS, 2014). Na Figura 6 é apresentada a localização da G20 e as divisões das bacias hidrográficas no Estado do Rio Grande do Sul, e na Tabela 5 consta a informações dos municípios.

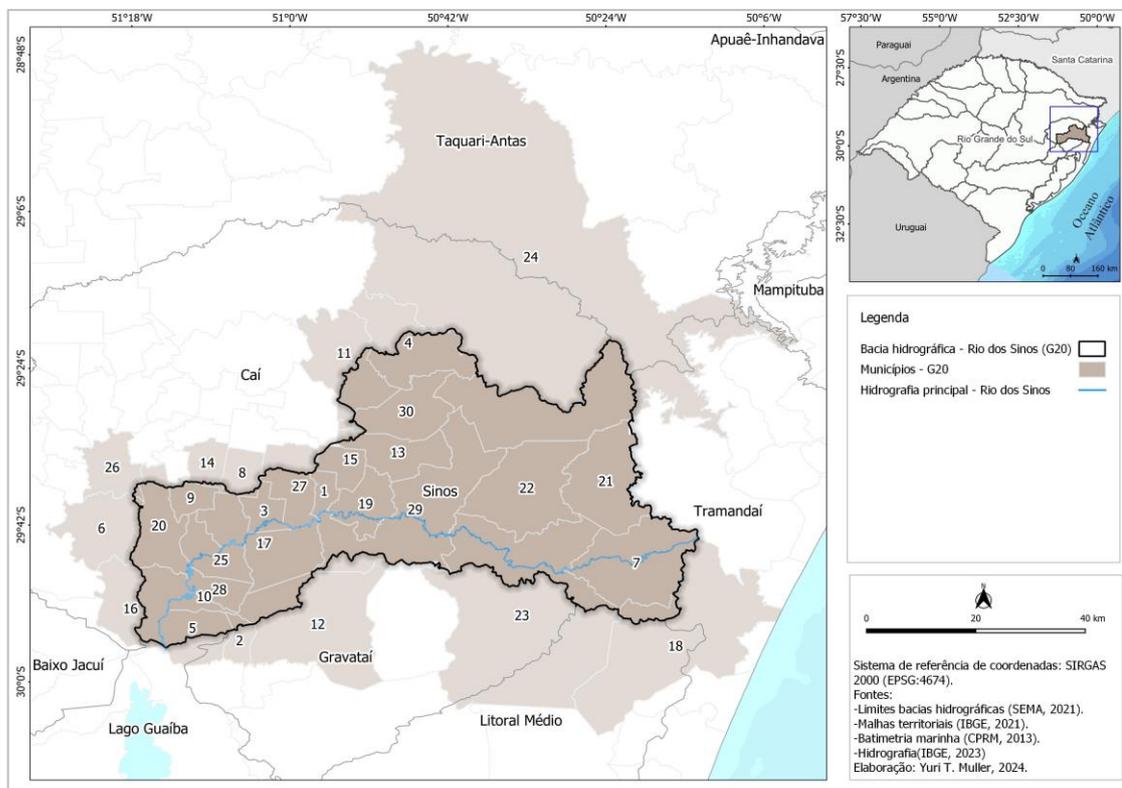


Figura 6. Localização da bacia hidrográfica do Rio do Sinos - G20

Fonte: elaboração própria

Tabela 5 – Identificação dos municípios da bacia hidrográfica - G20.

Cod. IBGE	Município	Área territorial total (km ²)	Área do município inserida na bacia		Região Metropolitana - RM ou Aglomeración urbana - AU	ID Mapa
			km ²	%		
4300877	Araricá	34,85	34,8	100%	RMPA	1
4303103	Cachoeirinha	43,69	7,9	18%	RMPA	2
4303905	Campo Bom	61,07	61,1	100%	RMPA	3
4304408	Canela	254,97	149,3	59%	-	4
4304606	Canoas	131,05	73,3	56%	RMPA	5
4304689	Capela de Santana	184,37	2,4	1%	RMPA	6
4304713	Caraá	294,35	294,4	100%	AU NORTE	7
4306403	Dois Irmãos	65,20	4,8	7%	RMPA	8
4307609	Estância Velha	51,91	48,9	94%	RMPA	9
4307708	Esteio	27,27	27,3	100%	RMPA	10
4309100	Gramado	236,80	73,6	31%	-	11
4309209	Gravataí	462,07	69,2	15%	RMPA	12
4310108	Igrejinha	136,65	126,7	93%	RMPA	13
4310801	Ivoti	63,38	3,6	6%	RMPA	14
4313060	Nova Hartz	62,45	60,5	97%	RMPA	15
4313375	Nova Santa Rita	217,06	93,2	43%	RMPA	16
4313409	Novo Hamburgo	223,97	24,0	100%	RMPA	17
4313508	Osório	664,26	37,2	6%	AU NORTE	18
4314050	Parobé	109,58	109,6	100%	RMPA	19
4314803	Portão	160,17	137,3	86%	RMPA	20
4315750	Riozinho	236,81	236,8	100%	-	21
4316006	Rolante	298,69	298,7	100%	RMPA	22
4317608	Santo Antônio da Patrulha	1042,00	302,8	29%	RMPA	23
4318200	São Francisco de Paula	3272,18	371,4	11%	-	24
4318705	São Leopoldo	102,55	102,6	100%	RMPA	25
4319505	São Sebastião do Caí	111,60	2,6	2%	RMPA	26
4319901	Sapiranga	137,21	82,8	60%	RMPA	27
4320008	Sapucaia do Sul	58,69	58,7	100%	RMPA	28
4321204	Taquara	455,27	416,4	91%	RMPA	29
4321709	Três Coroas	185,87	176,8	95%	-	30

RMPA = Região Metropolitana de Porto Alegre

AU NORTE = Aglomeração urbana do litoral norte

Fonte: SEMA (2020).

Na G20 existem municípios que fazem parte da RMPA e apresentam densidade demográfica elevada (maior que 1.000 hab/km²), como nos casos de Campo Bom, Canoas, Esteio, Novo Hamburgo e São Leopoldo. Na Figura 7 é ilustrado mapa com enquadramento dos municípios por faixa de densidade demográfica.

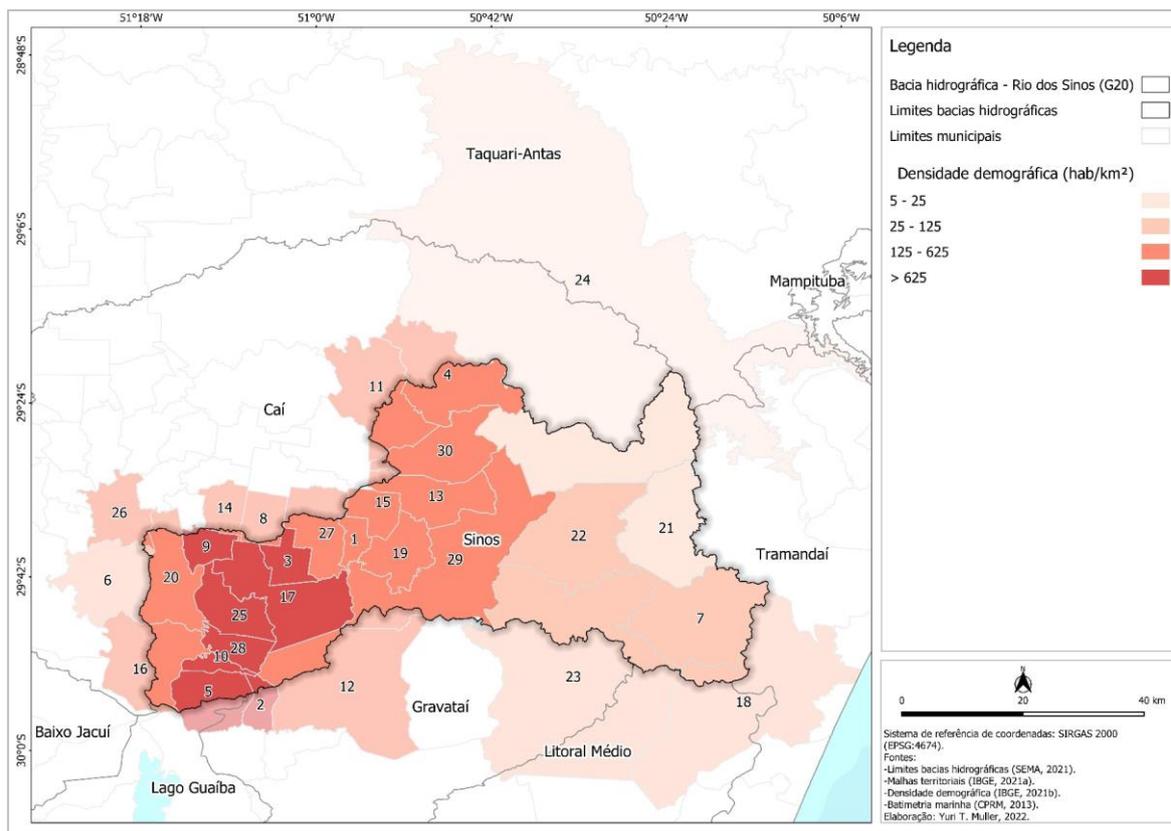


Figura 7. Enquadramento dos municípios em faixas de densidade demográfica – G20.

Fonte: elaboração própria

Ademais, maiores informações dos municípios da G20, como população total, área territorial, densidade demográfica e produto interno bruto (PIB) per capita, podem ser visualizadas na Tabela 35 (Apêndice B).

4.1.1.1. Saneamento básico – esgotamento sanitário

Em relação ao saneamento básico, tomando como base os dados disponíveis do SNIS (2022), é possível ter visão geral da situação da prestação do serviço de esgotamento sanitário na G20. Os indicadores de interesse selecionados foram os seguintes:

- IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (%);
- IN015 - Índice de coleta de esgoto (%);
- IN016 - Índice de tratamento de esgoto (%).

Na Figura 8 é apresentada a média estadual e média ponderada para a bacia hidrográfica. Nota-se que para o IN024 e IN015 a G20 apresenta valores abaixo da média estadual.

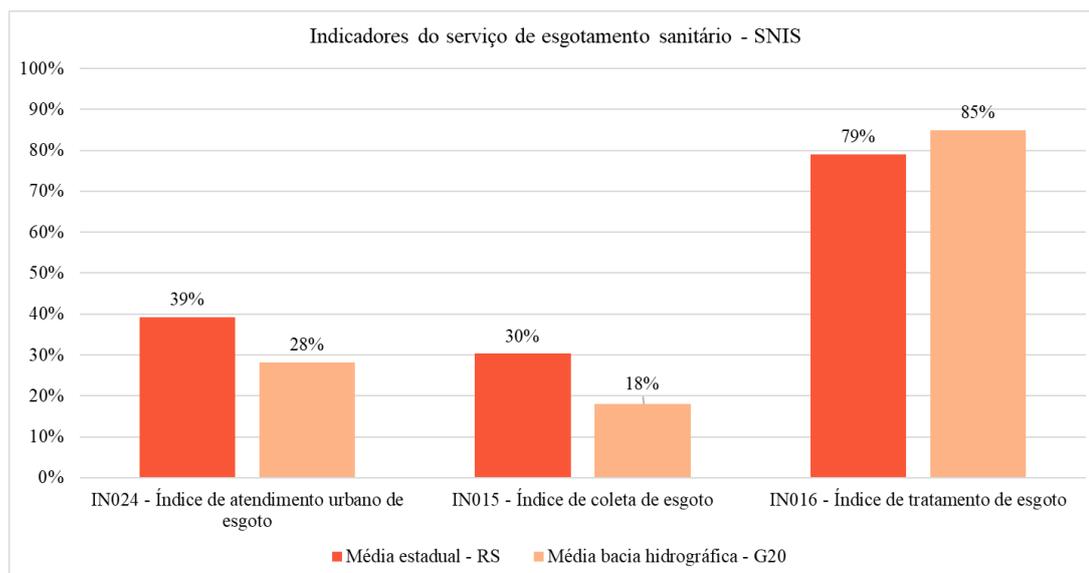


Figura 8. Média dos indicadores IN024, IN015 e IN016 do Estado (RS) e bacia hidrográfica (G20).

Fonte: adaptado de SNIS (2022).

É notável os baixos índices da prestação de serviço de esgotamento sanitário tanto para o Estado como para a bacia hidrográfica. Em relação aos municípios da G20, no total são 10 que constam com informação em branco para os referidos indicadores de interesse e somente três apresentam valor acima da média estadual para o IN024 e IN015. Os maiores percentuais de coleta com 100% de tratamento estão em Nova Hartz (49%), Cachoerinha (48%) e Canoas (34%). As informações dos indicadores de cada município são apresentadas na Tabela 36 (Apêndice B).

4.1.1.1. Instrumentos de gestão

Para a caracterização dos instrumentos de gestão referentes aos recursos hídricos e saneamento atuantes na G20, foi feito o levantamento de status dos instrumentos, por exemplo, se está concluído, implementado ou em elaboração. No Quadro 14 é apresentado o resultado. Cabe pontuar que a bacia hidrográfica está situada no Estado do RS que contém Plano Estadual de Saneamento Básico (PLANESAN-RS, 2022) concluído e com legislação estadual que contempla o reúso de água (RIO GRANDE DO SUL, 2020).

Quadro 14 – Informações de status dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento – G20

Instrumento	Status
Plano de bacia hidrográfica	Concluído
Enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes	Concluído
Outorga de direito de uso dos recursos hídricos	Implementada
Cobrança pelo uso dos recursos hídricos	A ser elaborada
Sistema de informações em recursos hídricos	Implementada
Planos municipais de saneamento básico	27 vigentes do total de 30 municípios

Fonte SEMA (2023) e COMITE-SINOS (2014).

4.1.2. Rio Sapucaí – GD5

A área de interesse da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí é a parte que está inserida totalmente no Estado de Minas Gerais (MG). Localiza-se na região sudeste de MG e engloba 48 municípios, possui área de 8.824 km² com população total de 620.000 habitantes (IGAM, 2010) e densidade demográfica estimada em 70,3 hab/km². A GD5 contém municípios com indicação de vulnerabilidade do manancial e sistema de abastecimento de água com necessidades de ampliações (ANA, 2021c).

A Rio Sapucaí é denominada de Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos de Minas Gerais – AUPGRH GD5 e integra a bacia hidrográfica do Rio Grande. Pode ser dividida em três sub-bacias, ao sul pela denominada Alto Sapucaí com 18 municípios, cobrindo uma área aproximada de 3.914 km². A sub-bacia do Médio Sapucaí com área de 3.841 km², englobando 21 municípios, com centros urbanos mais populosos desta região as cidades de Santa Rita do Sapucaí e Pouso Alegre. E a sub-bacia do Baixo Sapucaí, em que se inicia a partir do encontro do rio Sapucaí-Mirim com o rio Sapucaí, no município de São Gonçalo do Sapucaí, e cobre uma área de 1.700 km² com 9 municípios. Na Figura 9 é apresentada a localização da GD5 no Estado de Minas Gerais, e na Tabela 6 a identificação dos municípios.

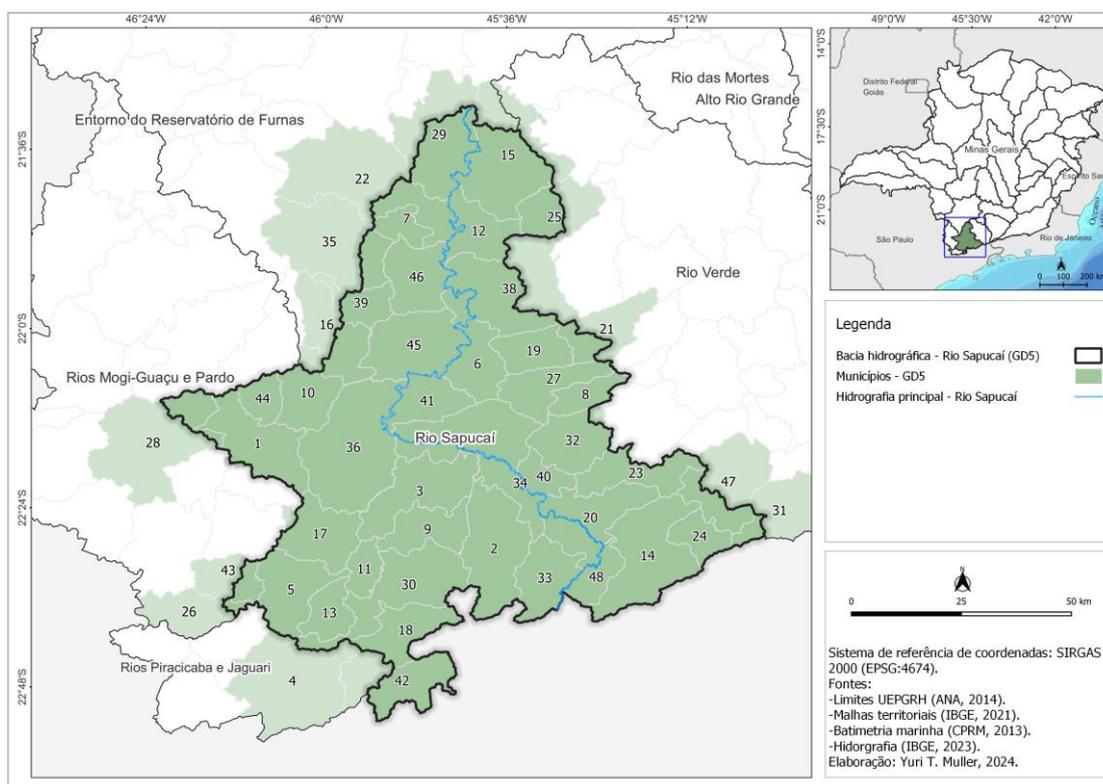


Figura 9. Localização da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí - GD5

Fonte: elaboração própria.

Tabela 6 – Identificação dos municípios da bacia hidrográfica – GD5.

Cod. IBGE	Município	Área territorial total (km ²)	Área do município inserida na bacia*		ID Mapa
			km ²	%	
3108305	Borda da Mata	301,1	289,5	96%	1
3108909	Brazópolis	367,7	367,7	100%	2
3109709	Cachoeira de Minas	304,2	304,2	100%	3
3110509	Camanducaia	528,7	34,5	7%	4
3110608	Cambuí	244,6	244,6	100%	5
3113602	Careaçu	181,0	181,0	100%	6
3114709	Carvalhópolis	81,1	81,1	100%	7
3117207	Conceição das Pedras	102,2	102,2	100%	8
3117801	Conceição dos Ouros	180,2	180,2	100%	9
3117900	Congonhal	205,1	170,9	83%	10
3118502	Consolação	89,1	89,1	100%	11
3119005	Cordislândia	179,5	179,5	100%	12
3119906	Córrego do Bom Jesus	123,7	123,7	100%	13
3121100	Delfim Moreira	408,5	408,5	100%	14
3123601	Elói Mendes	499,5	325,3	65%	15
3124401	Espírito Santo do Dourado	263,9	126,2	48%	16
3124500	Estiva	243,9	232,3	95%	17
3127404	Gonçalves	187,4	176,4	94%	18
3129202	Heliódora	154,0	154,0	100%	19
3132404	Itajubá	294,8	294,8	100%	20
3137809	Lambari	213,1	67,3	32%	21
3139003	Machado	586,0	149,4	25%	22
3139904	Maria da Fé	202,9	202,9	100%	23
3140407	Marmelópolis	107,9	107,9	100%	24
3142601	Monsenhor Paulo	216,5	102,6	47%	25
3143807	Munhoz	191,6	11,3	6%	26
3144409	Natércia	188,7	188,7	100%	27
3146008	Ouro Fino	533,7	90,8	17%	28
3147204	Paraguacu	424,3	229,4	54%	29
3147303	Paraisópolis	331,2	331,2	100%	30
3147600	Passa Quatro	277,2	34,7	13%	31
3149101	Pedralva	218,0	206,5	95%	32
3150901	Piranguçu	203,6	203,6	100%	33
3151008	Piranguinho	124,8	124,8	100%	34
3151701	Poço Fundo	474,2	81,0	17%	35
3152501	Pouso Alegre	542,8	542,8	100%	36
3159605	Santa Rita do Sapucaí	353,0	353,0	100%	37
3162005	São Gonçalo do Sapucaí	516,7	310,0	60%	38
3162302	São João da Mata	120,5	108,5	90%	39
3163201	São José do Alegre	88,8	88,8	100%	40
3164407	São Sebastião da Bela Vista	167,4	167,4	100%	41
3165404	Sapucaí-Mirim	285,1	182,5	64%	42
3165578	Senador Amaral	151,1	46,5	31%	43
3165800	Senador José Bento	93,9	93,9	100%	44
3167400	Silvianópolis	312,2	312,2	100%	45
3169802	Turvolândia	221,0	221,0	100%	46
3171709	Virgínia	326,5	116,6	36%	47
3172202	Wenceslau Braz	102,5	102,5	100%	48

*Estimativa própria do percentual da área dos municípios inserida na bacia hidrográfica

Fonte: Adaptado de IGAM (2021).

Os municípios inseridos 100% na área da GD5 e de maior densidade populacional (faixa entre 125 e 625 hab/km²) são Itajubá, Pouso Alegre e Santa Rita do Sapucaí. Na Figura 10 é apresentado mapa dos municípios por faixa de densidade demográfica.

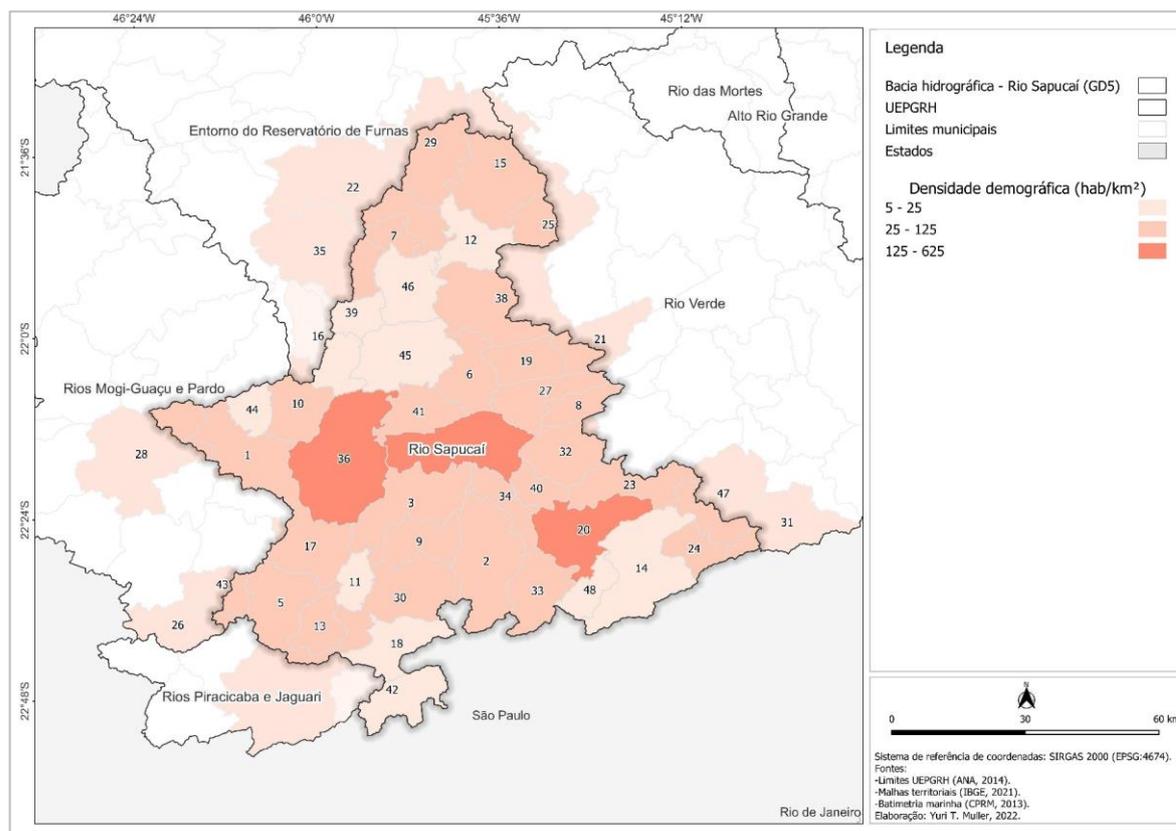


Figura 10. Enquadramento dos municípios em faixas de densidade demográfica – GD5.

Fonte: elaboração própria

Ademais, maiores informações dos municípios da GD5, como população total, área territorial, densidade demográfica e produto interno bruto (PIB) per capita, podem ser visualizados na Tabela 43 (Apêndice C).

4.1.2.1. Saneamento básico - esgotamento sanitário

Relativo às informações do serviço de esgotamento sanitário na GD5, foram considerados os seguintes indicadores para a caracterização:

- IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (%);
- IN015 - Índice de coleta de esgoto (%);
- IN016 - Índice de tratamento de esgoto (%).

Na Figura 11 é apresentada a média estadual e média ponderada da GD5. Nota-se que para a bacia hidrográfica os valores do IN024 e IN015 estão acima da média estadual.

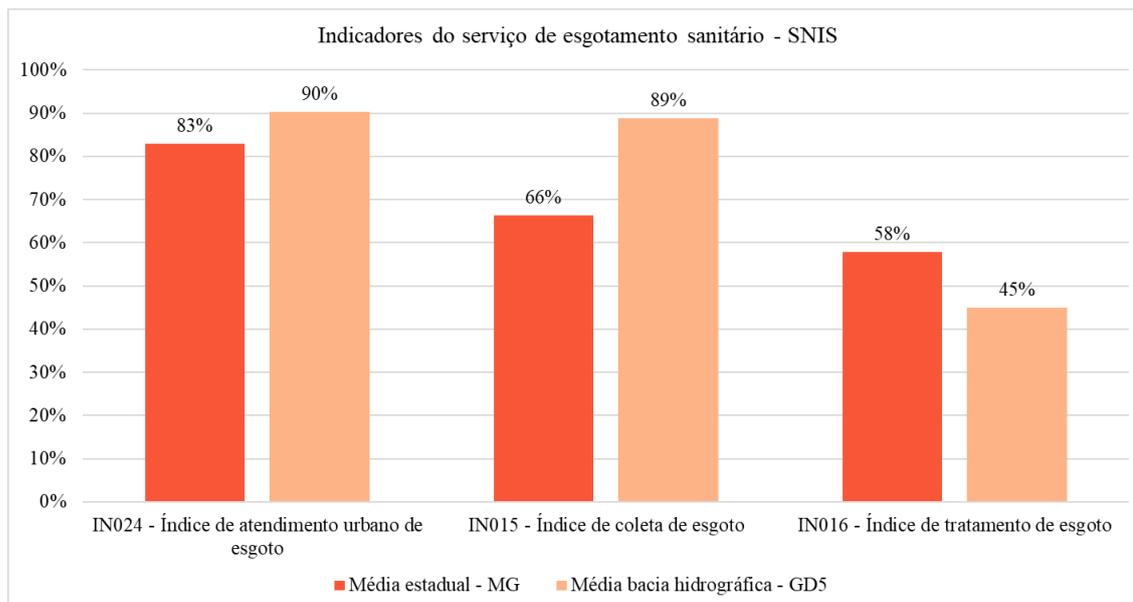


Figura 11. Média dos indicadores IN024, IN015 e IN016 do Estado (MG) e bacia hidrográfica (GD5)

Fonte: adaptado de SNIS (2022).

Chama a atenção os elevados índices da prestação de serviço de esgotamento sanitário relativo ao atendimento e coleta na bacia hidrográfica, ambos com em torno de 90%. No que tange aos municípios, são 37 que apresentam valores acima da média estadual para o IN024 e 32 para o IN015. Contudo, são 30 que constam valores zerados do indicador de tratamento (IN016), casos como dos municípios de Careaçú, Conceição dos Ouros, Estiva, Maria da Fé, que apresentam 100% de coleta, mas 0% de tratamento. Na Tabela 44 (Apêndice C) constam as informações dos indicadores de interesse de cada município.

4.1.2.2. Instrumentos de gestão

O levantamento de status dos instrumentos de gestão referente aos recursos hídricos e saneamento para a GD5 é apresentado no Quadro 15. Interessante mencionar que a bacia hidrográfica está situada no Estado de Minas Gerais que contém Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB-MG, 2022) concluído e legislação estadual para o reúso de água (MINAS GERAIS, 2020).

Quadro 15 – Informações de status dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento – GD5

Instrumento	Status
Plano de bacia hidrográfica	Concluído
Enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes	A ser elaborado
Outorga de direito de uso dos recursos hídricos	Implementada
Cobrança pelo uso dos recursos hídricos	Aprovada
Sistema de informações em recursos hídricos	Em implementação
Planos municipais de saneamento básico	26 vigentes do total de 48 municípios

Fonte IGAM (2023) e Portal dos Comitês (2023).

4.2. Potencialidade de reúso

Para a avaliação da potencialidade de reúso nas bacias hidrográficas, foram tomadas como base as metodologias apresentadas em MCidades (2017b) e Silva Junior *et.al.*,(2021). Assim, os seguintes passos foram considerados:

- i. Levantamento das informações de oferta;
- ii. Levantamento das informações de demanda;
- iii. Distância entre oferta e demanda; e
- iv. Possibilidade de atendimento das demandas.

Os passos supracitados são os procedimentos básicos para avaliar o potencial de reúso independentemente do nível de análise (bacia hidrográfica, município ou ETE). Ademais, todas as informações são provenientes de bases secundárias e que os dados mais atuais foram selecionados de acordo com a sua disponibilidade e qualidade de informação. Nos itens a seguir são descritos cada passo elencado.

4.2.1. Informações de oferta

As informações de oferta referem-se aos dados das estações de tratamento de esgoto (ETEs) como localização georreferenciada, vazão, tecnologia de tratamento e eficiência de remoção de matéria orgânica. De modo a priorizar a uniformidade das informações para as bacias hidrográficas em análise, foi utilizada a base de dados do Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas (ANA, 2017a e 2020). Destaca-se que se trata do banco de dados (secundários) disponível mais completo referente às ETEs do Brasil.

Para as análises foram consideradas três faixas de classificação das ETEs quanto as eficiências de remoção de matéria orgânica, com base em ANA (2017a) e trabalhos como Lima *et al.*, (2021). As faixas são as seguintes:

- Faixa 1 - eficiência de remoção de DBO maior que 80%;
- Faixa 2 – eficiência de remoção de DBO entre 60% e 80%; e
- Faixa 3 - eficiência de remoção de DBO menor que 60%.

Em relação as tipologias de tratamento das ETEs, na própria base do Atlas Esgotos (ANA, 2020) constam tais informações de cada unidade (exemplo dos conjuntos ilustrados na Tabela 2). No Quadro 16 é apresentada breve descrição das tipologias pertinentes para as bacias hidrográficas em análise. Ressalta-se que não há indicação direta de eficiência de tratamento por conjunto de tipologia, uma vez que há variações das eficiências a depender da composição do sistema de tratamento, conforme exemplificado no Quadro 7.

Quadro 16 – Descrição das tipologias de tratamento constantes nas bacias hidrográficas em análise.

Tipologia	Descrição
Processos Simplificados	Fossas sépticas seguidas de filtros anaeróbios. Processo com pouca mecanização e eficiência de tratamento limitada.
Sistemas de Lagoas	Concepções variadas de sistemas de lagoas, podem contemplar lagoas facultativas, associação entre anaeróbia e facultativas, aeradas seguidas de facultativas, aerada de mistura completa seguidas de lagoa de decantação e/ou maturação. A depender da composição do sistema podem apresentar elevada eficiência na remoção de matéria orgânica do efluente tratado.
Reatores Anaeróbios	Reatores de manta de lodo (UASB) como tratamento principal ou como pré-tratamento de outros processos. Processo com média a alta eficiência na remoção de matéria orgânica do efluente tratado.
Lodos Ativados	Processos mais complexos e mecanizados, apresentam elevada eficiência na remoção de matéria orgânica do efluente tratado e podem ser implantados em áreas menores do que os sistemas de lagoas, por exemplo.
Tratamento Químico e Biológico	Engloba processos que fazem uso da combinação de processos biológicos com processos químicos. Em geral são sistemas mais robustos com elevada eficiência na remoção de matéria orgânica do efluente tratado.

Fonte: adaptado de ANA (2017a e 2020).

4.2.2. Informações de demanda

As informações consideraram as demandas dos usos consuntivos da água totalizadas por município e as demandas localizadas por usuário (outorgas concedidas). Para fins de análise e comparação com a oferta foram consideradas as tipologias de irrigação e indústria, as quais são as finalidades de maior predomínio no reúso não potável de água conforme exemplificado na Figura 2.

4.2.2.1. Demanda por município

Para o mapeamento das demandas municipais foram considerados os dados de ANA (2019), no qual apresenta as demandas dos usos múltiplos da água para os distintos setores como abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento animal, indústria de transformação, mineração, termoelectricidade e agricultura irrigada.

4.2.2.2. Demanda por usuário

Atualmente as bases mais completas para se obter informações de consumo especializada por usuário são os sistemas de outorgas. Assim, foram consultadas as outorgas concedidas (federal e estaduais) para as regiões de interesse com filtro de finalidade de uso para irrigação e indústria. Ressalta-se que usuários ligados à rede de distribuição de água, ainda que possam representar expressivos volumes, não são passíveis de detecção individual uma vez que as concessionárias não publicam ou disponibilizam sob consulta tais informações.

No Quadro 17 são apresentados os sistemas de outorgas consultados.

Quadro 17 – Sistemas de outorgas estaduais (RS e MG) e federal.

Sistema de Outorga	Nível	Formato das informações disponíveis	Fonte
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)	Federal	Painel interativo, mapa e planilha	ANA (2023)
Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)	Estadual	Planilha e mapa	IGAM (2023)
Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT)	Estadual	Painel interativo, mapa e planilha	SIOUT (2023)

Fonte: elaboração própria.

4.2.3. Distância entre oferta e demanda

As análises das distâncias entre oferta e demanda são de especial interesse para a matriz de avaliação das ETEs (item 4.4), em que cada unidade receberá a indicação de maior ou menor possibilidade de reúso conforme o número de outorgas (quantidade e vazão) nos raios de distância definidos.

Como ponto de partida, foi realizada uma estimativa inicial da distância máxima das ETEs que viabilize o transporte da água de reúso. A metodologia foi baseada em Araújo *et al.*, (2017), em que é realizada a comparação dos custos de transporte de água por caminhão pipa com os valores das tarifas da água potável praticadas pelos prestadores de serviço. A estimativa resultou para esse estudo uma distância aproximada de 13,5 km em ambas as bacias hidrográficas, o detalhamento do desenvolvimento da metodologia é apresentado no Apêndice A – Informações complementares.

A partir dessa estimativa inicial e com base em trabalhos como CNI (2017), Faria (2020) e EMBASA (2021) que adotaram dentre 10 a 20 km de distância das ETEs para o levantamento dos potenciais consumidores, foram consideradas três faixas de distância das ETEs para o levantamento das outorgas concedidas, em número de usuário e vazão outorgada, a saber:

- Número de outorgas e vazão no raio de distância de 0 a 5 km;
- Número de outorgas e vazão no raio de distância de 5 a 10 km; e
- Número de outorgas e vazão no raio de distância de 10 a 15 km.

4.2.4. Possibilidade de atendimento das demandas

O procedimento consiste em comparar o quanto é possível atender as demandas mapeadas para as atividades de irrigação ou de indústria, com as vazões de oferta separadas nas faixas de eficiência de remoção de DBO adotadas. Para as bacias hidrográficas e municípios o comparativo foi feito considerando as demandas (item 4.2.2.1) e ofertas totalizadas, já no caso

das ETEs foi realizada a comparação da respectiva vazão de oferta da unidade com as vazões das demandas mapeadas nos raios de distância adotados (item 4.2.3).

4.3. Avaliação das legislações e instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento

Além dos procedimentos para avaliar o potencial de reúso descritos nos itens do 4.2, também se propôs incluir como parte da metodologia uma análise das legislações e dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento no que tange a prática de reúso de água. A análise corrobora para uma melhor identificação da potencialidade, uma vez que se a bacia hidrográfica, município ou ETE possui oferta suficiente (vazão e qualidade) para atender as demandas, mas está localizada em região que não tem instrumentos e legislações pertinentes ao reúso, a potencialidade é menor se comparada a uma unidade em região com instrumentos e legislações pertinentes com a prática.

Para fins de avaliação do potencial de reúso, a análise foi incluída como um dos critérios da matriz de avaliação das ETEs (item 4.4), em que cada ETE receberá a indicação de maior ou menor possibilidade de reúso com base no quantitativo mapeado para a região da unidade.

A metodologia se baseou no levantamento da existência de projetos, ações, atividades ou leis vinculadas ao reúso de água, a nível de Estado, bacia hidrográfica e município. A relação dos itens e fontes consideradas para o levantamento são apresentadas no Quadro 18.

Quadro 18 – Relação dos itens e fontes de consulta das legislações e instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento

Item	Fontes RS	Fontes MG
Plano Estadual de Recursos Hídricos	PERH-RS (2014)	PERH- MG (2011)
Plano de bacia hidrográfica	SEMA (2021)	IGAM (2010)
Plano Estadual de Saneamento Básico	PLANESAN-RS (2022)	PESB-MG (2022)
Legislação Estadual	RIO GRANDE DO SUL (2020)	MINAS GERAIS (2020)
Plano Municipal de Saneamento Básico	Infosanbas (2023)	Infosanbas (2023)
Legislação Municipal	Leis Municipais (2023)	Leis Municipais (2023)

Fonte: elaboração própria.

Por fim, cabe pontuar que a metodologia não levou em conta o nível de detalhamento das informações, por exemplo, se alguma ação, projeto ou atividade está associada a um cronograma, estimativa de custo, metas, entre outros. Ainda, também não foi feito o acompanhamento de evolução, ou seja, se para a atividade ocorreu algum desdobramento ou ficou somente no planejamento.

4.4. Matriz de avaliação das ETEs

Na avaliação do potencial de reúso pode-se ter distintos fatores e etapas que influenciam a potencialidade, conforme exemplificado no Quadro 11. Assim, ao analisar as informações para uma ETE, pode-se deparar com questões como o que influencia mais ou o que tem maior peso para o potencial da unidade, se é a qualidade do tratamento, distância para os consumidores ou estar localizada em região com instrumentos implementados e legislações pertinentes à prática. Diante disso, para a análise do potencial de reúso de água das ETEs foi considerada uma matriz de avaliação com diferentes critérios e subcritérios, conforme ilustra o Quadro 19.

Quadro 19 – Critérios e subcritérios da matriz de avaliação das ETEs

Critérios	Cod. Auxiliar	Subcritérios	Item da metodologia associado
Eficiência de tratamento	A	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	4.2.1
		Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	
		Faixa 3 – eficiência menor que 60%	
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	B	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	4.2.3
		Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	
		Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	
Região com legislação e instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	C	Mais de 50% dos instrumentos	4.3
		50% dos instrumentos	
		Sem instrumentos	

Fonte: elaboração própria.

A justificativa da adoção de cada critério é apresentada a seguir.

- A – Eficiência de tratamento:

A eficiência de tratamento é requisito base e chave para o reúso de água. Quanto melhor a qualidade do tratamento mais próxima a ETE está de atender os objetivos do reúso pretendido, não demandando grandes otimizações e melhorias operacionais. Dessa maneira, assumiu-se que um dos principais fatores positivos ao potencial de reúso é o grau elevado de eficiência de tratamento de remoção de DBO das ETEs.

- B – Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas:

Um fator limitante ao reúso é a distância entre oferta e demanda. Distâncias muito longas entre as ETEs e as regiões com os usuários da água de reúso implicam em problemas logísticos e custos mais elevados. Outro ponto é o quanto a vazão de oferta pode suprir a demanda, caso não haja a disponibilidade de efluente tratado as possibilidades de reúso diminuem pela falta de oferta. Assim, foi considerado fator positivo ao potencial de reúso a maior quantidade de usuários próximos das ETEs em conjunto com a capacidade de atendimento das demandas.

- C - Região com instrumentos de gestão relacionadas ao reúso de água:

A inclusão da prática de reúso de água nos instrumentos de gestão, seja no planejamento através dos planos ou relacionados à segurança jurídica pelas legislações, é um fator importante para o fomento da sua implementação. Dessa maneira, considerou-se fator positivo a ETE localizada em região com quantidade maior de instrumentos que relacionam a prática de reúso.

Dessa maneira, pode-se indicar o potencial de reúso para cada unidade, por exemplo, a ETE com eficiência de tratamento elevada, muitos usuários próximos, vazão de oferta que possa suprir as demandas e localizada em região com instrumentos de gestão e legislação que incentive a prática, tem maior potencial. Já a ETE que tem baixa eficiência de tratamento, com poucos usuários próximos e em região sem instrumentos de gestão e legislação, tem menor potencial.

Como a matriz (Quadro 19) envolve mais de um critério, foi adotada a metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para quantificar e classificar o potencial de reúso de cada ETE avaliada. Na sequência é apresentado o desenvolvimento para esse estudo.

4.4.1. Aplicação do método AHP

Nesse item é apresentado o desenvolvimento do método AHP com os critérios e subcritérios considerados. São apresentadas informações da estrutura hierárquica, matriz de importância e justificativa, normalização dos pesos e Vetor de Eigen, análise de consistência, resultantes dos pesos locais e globais, considerações do enquadramento nos critérios e a categorização dos resultados.

Conforme apresentado no Quadro 19, a estrutura hierárquica da matriz de avaliação das ETEs consta com três critérios e nove subcritérios. Para aplicação do AHP, após a definição da estrutura hierárquica, o passo seguinte foi montar a matriz de comparação par a par. Para cada elemento foi atribuída importância relativa aos demais, por exemplo, no critério de eficiência de tratamento (A) foi considerado o de maior relevância, com importância intermediária moderada (2) em relação ao critério B e moderada (3) ao C.

O critério de eficiência de tratamento foi considerado o de maior peso em virtude de no passo de estimar as distâncias entre oferta e demanda (item 4.2.3), foi definida uma distância limite (máximo 15 km) para o levantamento das outorgas, assim dentro desse limite de distância a qualidade do tratamento é fator essencial para o reúso. Já o critério relacionado aos instrumentos de gestão, apesar dos planos e legislações serem primordiais para o desenvolvimento da prática, no quesito de potencial para uma ETE foi considerado o de menor peso, levando em conta que as possibilidades diminuem caso a unidade não tenha qualidade de

tratamento suficiente e nem usuários próximos, mesmo localizada em região com todos os instrumentos de gestão e legislação pertinentes ao reúso.

A matriz de comparação paritária entre os critérios é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – Matriz de importância com comparação par a par dos critérios

Critério	Cod.	Eficiência de tratamento	Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas	Região com legislação e instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água
Eficiência de tratamento	A	1	2	3
Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas	B	1/2	1	2
Região com legislação e instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	C	1/3	1/2	1
Somatório	-	1,83	3,50	6,00

Fonte: elaboração própria.

Na sequência foi realizada a normalização dos valores e calculado o Vetor de Eigen (Tabela 8), o qual representa o peso global de cada critério.

Tabela 8 – Normalização dos pesos de importância dos critérios e Vetor de Eigen

Critério	Eficiência de tratamento	Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas	Região com legislação e instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Vetor de Eigen
Eficiência de tratamento	$1 / 1,83 = 0,55$	$2 / 3,50 = 0,57$	$3 / 6,00 = 0,50$	$(0,55+0,57+0,50)/3 = 0,539$
Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas	$1/2 / 1,83 = 0,27$	$1 / 3,50 = 0,29$	$2 / 6,00 = 0,33$	$(0,27+0,29+0,33)/3 = 0,297$
Região com legislação e instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	$1/3 / 1,83 = 0,18$	$1/2 / 3,50 = 0,14$	$1 / 6,00 = 0,17$	$(0,18+0,14+0,17)/3 = 0,164$
Total	-	-	-	1,00

Fonte: elaboração própria.

Por fim, foi calculada a RC (Tabela 9), que apresentou valor inferior ao limite máximo de 10% aceitável pelo AHP. Indicando que as inconsistências da matriz são aceitáveis.

Tabela 9 – Cálculo da Razão de Consistência (RC) da matriz dos critérios

Nome	Valor
Número principal de Eigen (λ_{\max})	$(0,539*1,83) + (0,297*3,50) + (0,164*6,00) = 3,011$
Índice de Consistência (IC)	$(3,011 - 3) / (3-1) = 0,0056$
Índice Randômico (IR)	0,58
Razão de Consistência (RC)	$0,0056 / 0,58 = 0,0096 (< 0,1 - \text{OK})$

Fonte: elaboração própria.

Para os subcritérios foram realizados os mesmos procedimentos. Na Tabela 10 a Tabela 12 são apresentadas as matrizes de importância e ao final de cada matriz o número principal de Eigen e a RC calculada. Todas apresentaram inconsistência menor que 10%.

Tabela 10 – Comparação par a par e análise de consistência da matriz dos subcritérios - Eficiência de tratamento

Subcritério - Eficiência de tratamento	Cod.	Faixa 1 - eficiência maior que 80%	Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	Faixa 3 - eficiência menor que 60%
Faixa 1 - eficiência maior que 80%	A1	1	3	5
Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	A2	1/3	1	3
Faixa 3 - eficiência menor que 60%	A3	1/5	1/3	1

$\lambda_{\text{máx}} = 3,06$ e $RC = 0,048$ ($\leq 0,10$ - OK)

Fonte: elaboração própria.

Tabela 11 – Comparação par a par e análise de consistência da matriz dos subcritérios - Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas

Subcritério - Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas	Cod.	Maior % de atendimento da demanda no raio de 0 – 5 km	Maior % de atendimento da demanda no raio de 5 – 10 km	Maior % de atendimento da demanda no raio de 10 – 15 km
Maior % de atendimento da demanda no raio de 0 – 5 km	B1	1	2	3
Maior % de atendimento da demanda no raio de 5 – 10 km	B2	1/2	1	2
Maior % de atendimento da demanda no raio de 10 – 15 km	B3	1/3	1/2	1

$\lambda_{\text{máx}} = 3,01$ e $RC = 0,009$ ($\leq 0,10$ - OK)

Fonte: elaboração própria.

Tabela 12 – Comparação par a par e análise de consistência da matriz dos subcritérios - Número de usuários em relação a ETE e percentual de atendimento das demandas

Subcritério - Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Cod.	Mais de 50% dos instrumentos	50% dos instrumentos	Sem instrumentos
Mais de 50% dos instrumentos	C1	1	3	5
50% dos instrumentos	C2	1/3	1	3
Sem instrumentos	C3	1/5	1/3	1

$\lambda_{\text{máx}} = 3,06$ e $RC = 0,048$ ($\leq 0,10$ - OK)

Fonte: elaboração própria.

As comparações paritárias ilustradas nas tabelas anteriores resultam em pesos globais para os critérios e pesos locais para os subcritérios. Para obter os pesos globais dos subcritérios foi considerada sua proporção com o peso do critério de nível 1 o qual está inserido. Os resultados são apresentados na Tabela 13, em que cada valor corresponde à porcentagem do elemento na composição do total, por exemplo, o subcritério A3 corresponde a 5,7% e o C3 a 1,7% dos pesos globais dos subcritérios.

Tabela 13 – Resultados dos pesos locais e globais para os critérios e subcritérios

Critérios e subcritérios	Cod.	Peso local	Peso global	Posição
Eficiência de tratamento	A		0,539	
Faixa 1 - eficiência maior que 80%	A1	0,633	0,341	1
Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	A2	0,260	0,140	3
Faixa 3 - eficiência menor que 60%	A3	0,106	0,057	6
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	B		0,297	
Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	B1	0,539	0,160	2
Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	B2	0,297	0,088	5
Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	B3	0,164	0,049	7
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	C		0,164	
Mais de 50% dos instrumentos	C1	0,633	0,104	4
50% dos instrumentos	C2	0,260	0,043	8
Sem instrumentos	C3	0,106	0,0174	9

Fonte: elaboração própria.

Por fim, o critério “Eficiência de tratamento” (A) resultou como o mais importante (peso global de 53,9%), seguido pelo “Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas” (B) (29,7%) e por último o relacionado aos instrumentos de gestão (C) (16,4%). Referente aos subcritérios, o de maior relevância foi o A1 com peso global de 34,1%, seguido do B1 com 16,0% e A2 com 14%.

Enquadramento nos critérios

A partir das informações de cada ETE foi realizado o enquadramento das unidades em cada subcritério. No processo de indicação foi considerado o seguinte:

- Para os subcritérios em “A” a indicação é única, por exemplo, a ETE com eficiência de remoção de DBO maior que 80% somente é enquadrada no A1, recebendo o peso de 0,341;
- Relativo aos subcritérios em B é possível uma combinação, por exemplo, se a unidade possui o maior % da vazão outorgada no raio de 5 – 10 km é enquadrada em B2 e recebe o peso de 0,088, mas caso a vazão de oferta seja maior ou igual a 100% da vazão outorgada total (soma das vazões nos raios de distância), a ETE recebe o peso total dos subcritérios de B (0,297), considerando assim que a unidade tem maior potencial por ter possibilidade de atender todas as demandas mapeadas. Ainda, foi considerado que se a ETE não apresenta um mínimo de 10 registros ou vazão outorgada total maior ou igual a 1 L/s, recebe peso zero nesse critério; e
- Para os subcritérios em C a indicação é única, por exemplo, caso a ETE esteja localizada em região que apresenta mais de 50% dos instrumentos de gestão mapeados, é enquadrada somente em C1 recebendo o peso de 0,104.

Categorização dos resultados

Como o método resulta em valores numéricos, para auxiliar na interpretação dos resultados foram separadas 3 categorias de classificação das ETEs quanto ao potencial de reúso conforme os somatórios dos pesos (Tabela 14).

Tabela 14 – Categorias de classificação de potencial de reúso conforme matriz de avaliação das ETEs

Categoria de classificação	Peso global	% do total
Baixo	0,162 a 0,223	≤ 30%
Médio	0, 224 a 0,519	31% a 69%
Alto	0,520 a 0,742	≥ 70%

Fonte: elaboração própria.

Dessa maneira, para ser classificada como de potencial “Alto” a ETE deve estar enquadrada no mínimo nos subcritérios A1, B1 e C2, o que representa 70% do somatório dos pesos. Já em potencial “Baixo” deve ser enquadrada em A2, B3 e C2, obtendo no máximo 30% do somatório dos pesos.

4.5. Análises espaciais e elaboração de mapas

Trabalhos em escala macro na área de recursos hídricos e saneamento envolvem muitas informações e requerem análises integradas e espaciais através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Um SIG pode ser definido como "conjunto de programas (softwares), equipamentos (hardware), metodologias (procedimentos), dados e pessoas (usuário), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação" (TEIXEIRA, 1995). O SIG contemporâneo é acompanhado de *software* específico de geoprocessamento que possibilita a manipulação, análise e visualização de dados georreferenciados.

Para este estudo, foram utilizadas análises espaciais para produção de mapas a partir de técnicas de geoprocessamento junto ao *software open source* Quantum GIS (QGIS), versão 3.16.16-*Hannover*, o qual oferece ampla gama de ferramentas incluídas no *software* ou pela instalação de complementos (*plug-in*). Em resumo, foram utilizadas as seguintes funcionalidades do QGIS:

- i) Análise espacial: conjunto de ferramentas que permite a execução de operações em camadas vetoriais como criar, editar, visualizar tabela de atributos, interpolar, fazer a intersecção de camadas (extrai as informações sobrepostas de feições entre duas ou mais camadas), além da ferramenta “buffer” (cria polígono a uma distância definida ao redor das feições de entrada);

- ii) Compositor de Impressão: é a ferramenta de elaboração dos layouts dos mapas que foram impressos. Permite a definição de tamanho de folha, escala e orientação do mapa, inserção de legendas, tabelas, imagens, simbologia e rótulos; e
- iii) Sistema de Referência de Coordenadas (SRCs): para os mapas de visualização das informações foi considerado o Sistema de Referência para as Américas - SIRGAS2000 (IBGE, 2005). Para as análises espaciais envolvendo distâncias, por exemplo, na estimativa do número de outorgas nos raios de distância das ETEs, foi utilizada para a bacia do Rio do Sinos (G20) o sistema de projeção plana UTM SIRGAS 2000 / UTM zone 22S, e para a bacia Rio Sapucaí (GD5) a projeção UTM SIRGAS 2000 / UTM zone 23S. A projeção em UTM se faz necessária uma vez que a unidade de distância é expressa em metros.

5. Resultados

Os resultados foram separados em oferta, demanda e potencial de reúso. São apresentados por bacia hidrográfica e municípios, e para o caso das ETEs constam os resultados da matriz de avaliação de todas as unidades, com ranking e indicação de região de maior potencial de reúso.

Devido à grande quantidade de informações envolvidas no estudo, há uso extensivo de tabelas, gráficos e mapas com sobreposição das informações, onde pode-se visualizar, por exemplo, as regiões com maior número de ETEs, vazão de oferta e maiores demandas, se tais regiões estão próximas, além dos locais de maior potencial de reúso.

Ressalta-se ainda que no item 6 os principais resultados são apresentados de maneira compilada seguidos de pontos de discussão e reflexão.

5.1. Rio dos Sinos – G20

5.1.1. Oferta

Na bacia hidrográfica do Rio do Sinos (G20) constam 21 ETEs mapeadas, somando uma vazão total de 334,4 L/s (ANA, 2020). Conforme as faixas de classificação adotadas quanto a eficiência de remoção de DBO, são oito estações enquadradas na Faixa 1 (eficiência maior que 80%), representando uma vazão de 245 L/s. Na Faixa 2 (eficiência de 60% a 80%) são 7 ETEs somando uma vazão de 56,2 L/s e na Faixa 3 (eficiência menor que 60%) consta 6 chegando à vazão total de 32,5 L/s, conforme apresentado na Tabela 15. Assim, nota-se que 73,5% da vazão total disponível está enquadrada na faixa de classificação mais alta.

Tabela 15 - Número de ETEs por faixa de classificação da oferta – G20

Faixas de classificação ETEs	Número de ETEs	Vazão afluyente total (L/s)	
		L/s	%
Faixa 1 – eficiência maior que 80%	8	245,7	73,5%
Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	7	56,2	16,8%
Faixa 3 - eficiência menor que 60%	6	32,5	9,7%
Total	21	334,4	100%

Fonte: ANA (2017a e 2020).

Na Figura 12 é apresentado mapa com localização das ETEs na área da bacia hidrográfica e a distribuição da oferta total (L/s) por município. A tipologia de tratamento predominante na G20 é de Lodos Ativados com total de nove ETEs, seguida de Processos Simplificados (fossa séptica e filtro anaeróbio) com seis, Reatores Anaeróbios com quatro, Sistemas de Lagoas e Tratamento Químico e Biológico com apenas uma em cada tipologia. Na Tabela 37 (Apêndice B) contam maiores informações das estações de tratamento contendo nome do município, nome

da ETE, vazão afluente, tipologia de tratamento, eficiência de remoção de DBO (%) e sistema integrado.

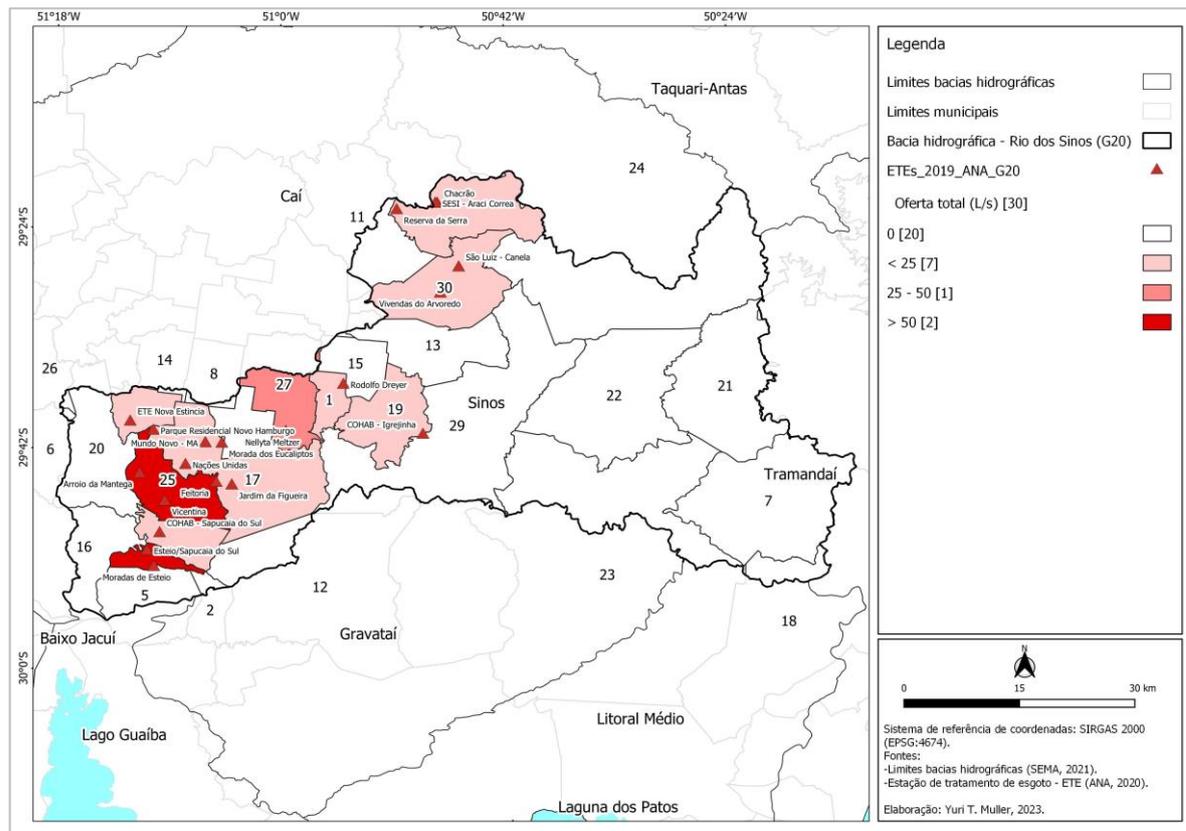


Figura 12. Localização das ETEs e oferta total por município – G20.

Fonte: ANA (2017a e 2020).

Do total de 30 municípios pertencentes à bacia hidrográfica, apenas 10 constam com ao menos uma ETE. O maior número de estações está em Novo Hamburgo totalizando seis, seguido de Canela e São Leopoldo, ambos com três. No quesito vazão e qualidade, o município com maior vazão de oferta enquadrada na Faixa 1 é São Leopoldo com 138,6 L/s, seguido de Esteio com 85,1 L/s e Novo Hamburgo com 10,3 L/s. Na Figura 13 é apresentado gráfico com a vazão de oferta totalizada por faixa de eficiência nos municípios.

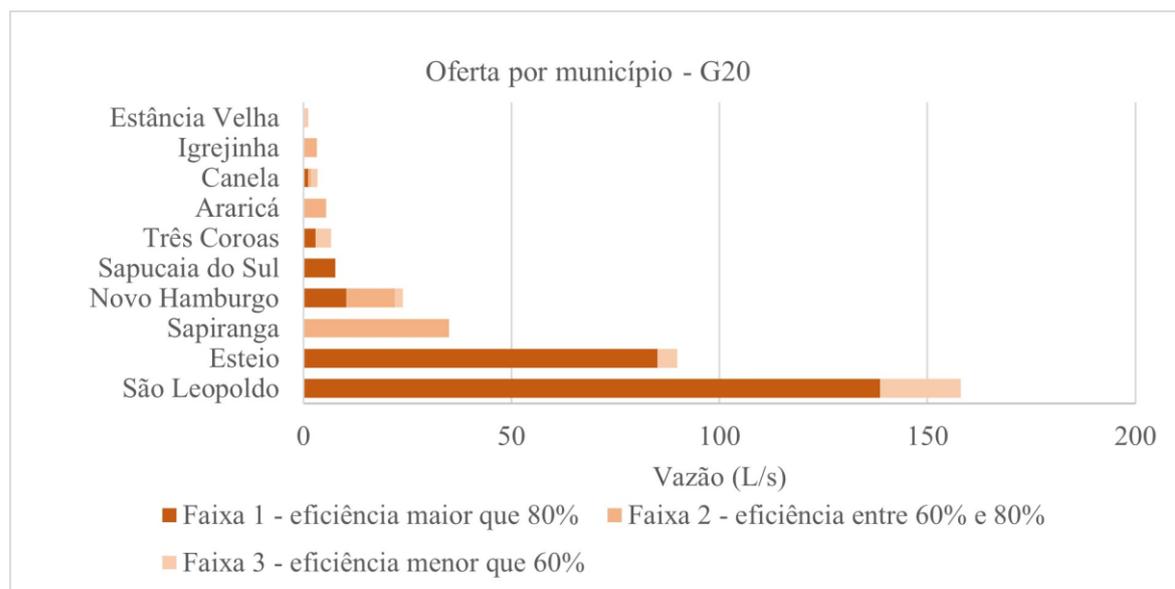


Figura 13. Oferta por faixa de classificação nos municípios - G20.

Fonte: elaboração própria.

5.1.2. Demanda

A projeção das demandas consuntivas do ano de 2023 para a G20 são apresentadas na Tabela 16. Nota-se que o maior percentual está na tipologia de agricultura irrigada com 66,8%, o que é esperado, uma vez que tipicamente a irrigação representa o maior consumo de água dentre os usos consuntivos, e na região se tem como atividade característica a orizicultura. O segundo maior percentual está no consumo humano urbano com 17,2% seguido de indústria de transformação com 10,3%.

Tabela 16 – Demanda por tipologia de consumo para o ano de 2023 – G20

Tipologia	Vazão (2023)	
	L/s	%
Consumo humano - urbano	710,3	17,2%
Consumo humano - rural	71,3	1,6%
Consumo Indústria de transformação	536,4	10,3%
Consumo Mineração	3,8	0,1%
Consumo Geração termelétrica	15,3	0,4%
Consumo Dessedentação animal	122,0	3,5%
Consumo Agricultura irrigada	1.466,1	66,8%
Consumo total	2.925,3	100%

Fonte: ANA (2019).

Relativo às demandas consuntivas municipais, na Figura 14 é apresentado o gráfico com as vazões por tipologia. É notável a grande disparidade nas vazões, com municípios maiores que 200 L/s e outros menores que 10 L/s. Pode-se destacar Nova Santa Rita e Santo Antônio da Patrulha que representam em torno de 70% do total da demanda de irrigação. Já no quesito

da demanda industrial, destaca-se os municípios de Novo Hamburgo, Sapucaia do Sul, Sapiranga, Igrejinha e Campo Bom, os quais representam 54% do total da tipologia.

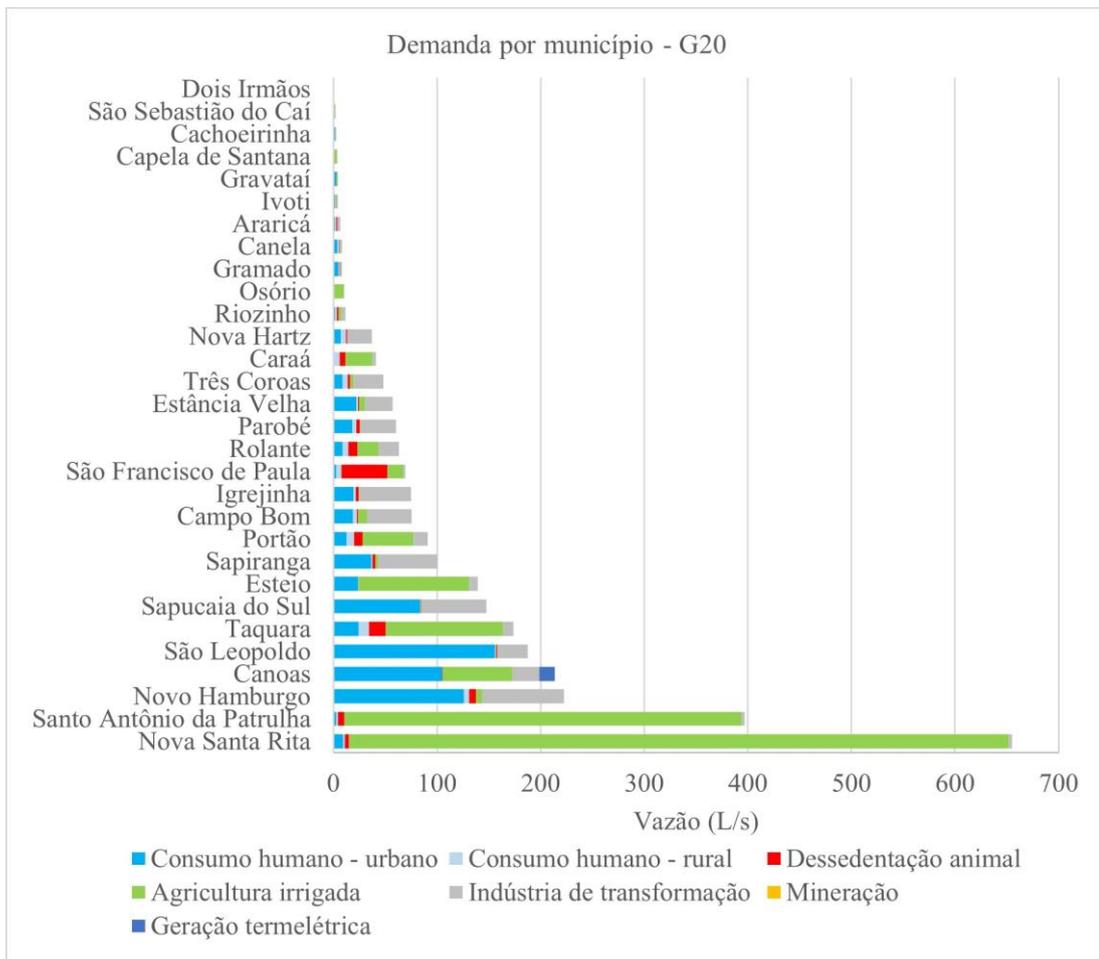


Figura 14. Demanda de consumo dos usos consuntivos da água por município do ano de 2023 – G20.

Fonte: elaboração própria com base em ANA (2019).

Pela sobreposição das informações das demandas municipais com os locais das ofertas (ETEs), foram gerados mapas que apresentam a localização das ETEs e a distribuição das demandas por faixas de vazão para as tipologias de indústria de transformação (Figura 15) e irrigação (Figura 16). Assim, é possível visualizar que na região que concentra o maior número de ETEs estão os municípios com maior demanda para indústria, já para irrigação ocorre ao contrário, as ofertas estão mais afastadas das demandas.

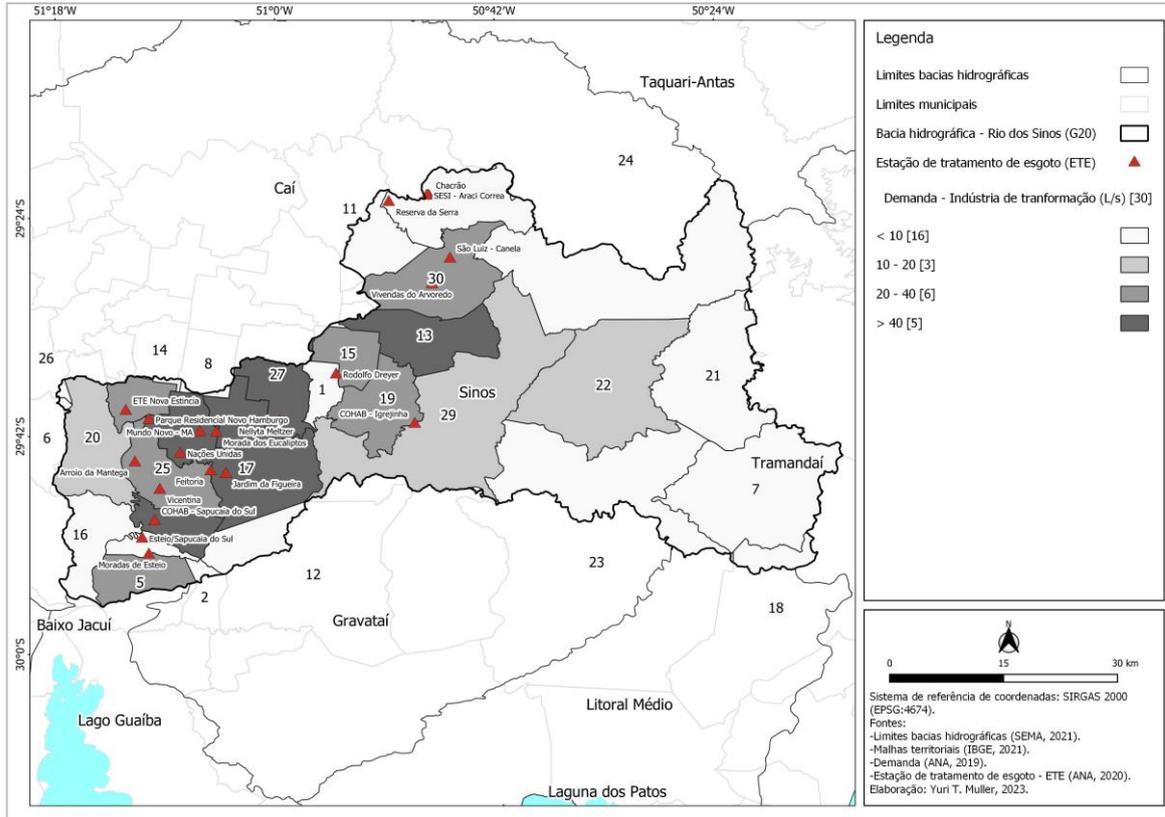


Figura 15. Localização das ETEs e demanda de indústria de transformação por município - G20.

Fonte: elaboração própria.

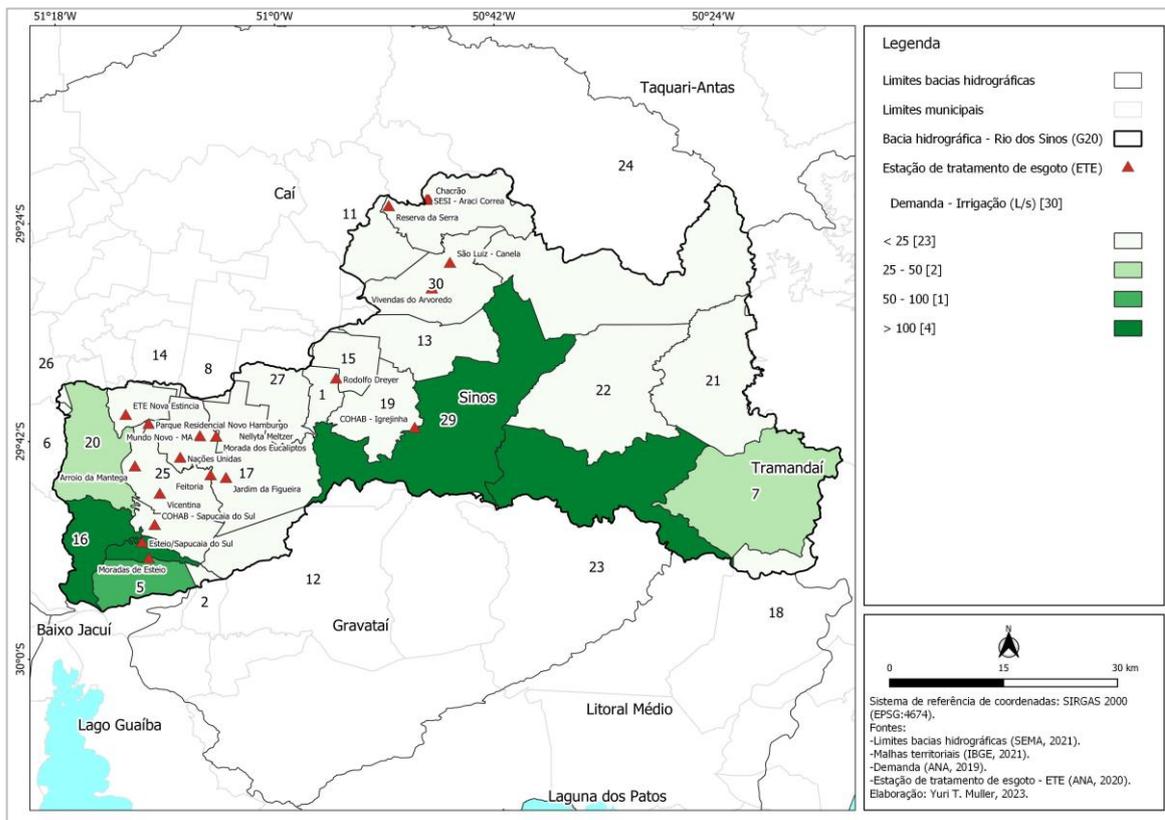


Figura 16. Localização das ETEs e demanda de irrigação por município - G20.

Fonte: elaboração própria.

Demanda por usuário

Além dos dados agregados por município, é possível caracterizar as demandas por usuário a partir dos sistemas de outorgas. Em consulta as outorgas concedidas estaduais (SIOUT, 2023), com filtro para as finalidades de uso de indústria e irrigação, foram obtidos 106 registros dos quais prevalecem os usos industriais com 79,2% do total e 90,1% da vazão. Os resultados estão resumidos na Tabela 17 e na Figura 17 é ilustrada a distribuição espacial dos registros. Não há outorga federal para a bacia hidrográfica G20. Nota-se que há expressiva diferença entre os valores das demandas dos usos consultivos totalizadas por município com as demandas mapeadas das outorgas concedidas, em especial na irrigação.

Tabela 17 – Outorga de captação concedida para as finalidades de uso de indústria e irrigação – G20

Finalidade de uso	Quantidade		Vazão	
	un.	%	L/s	%
Indústria	84	79,2%	81,4	90,1%
Irrigação	22	20,8%	8,9	9,9%
Total	106	100%	90,3	100,0%

Fonte: SIOUT (2023).

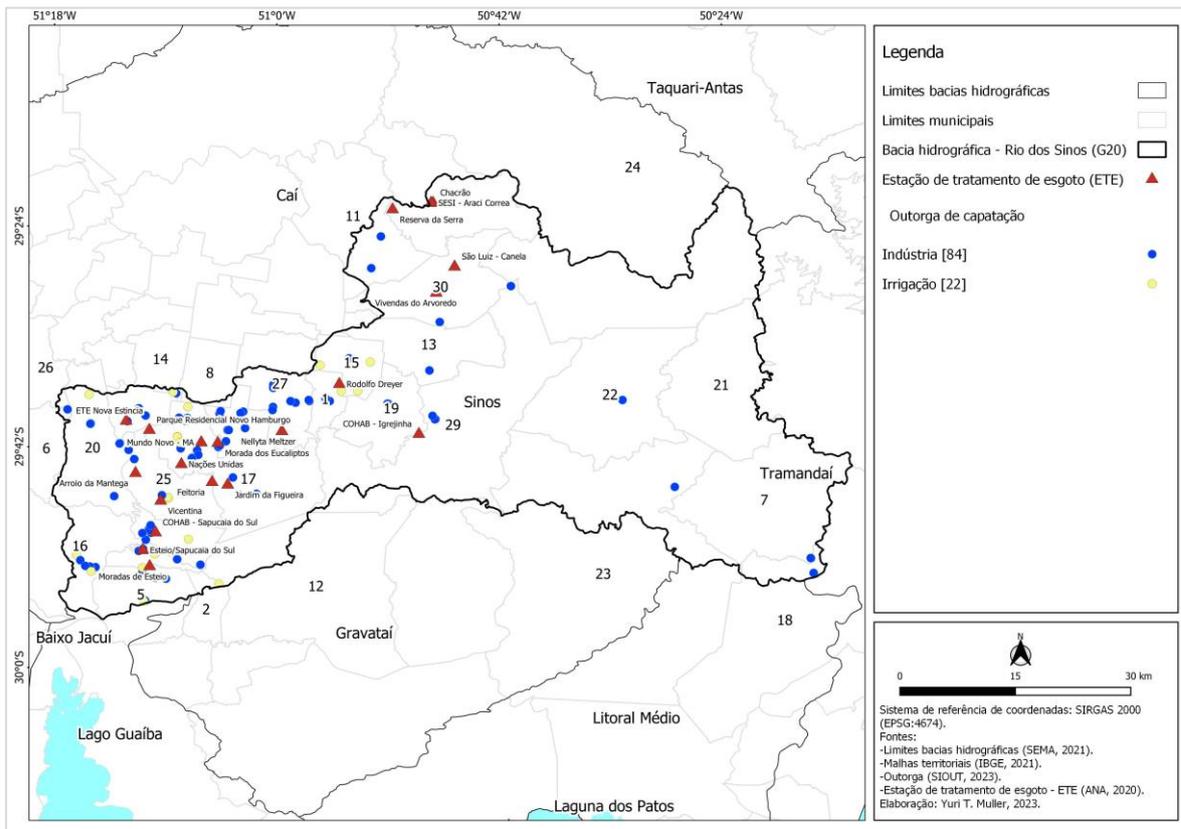


Figura 17. Distribuição das outorgas de captação por finalidade de uso de indústria e irrigação - G20.

Fonte: elaboração própria.

A partir do levantamento das outorgas concedidas, foi realizado o procedimento para cada ETE de extrair o número de outorgas e vazão nos raios de distância estabelecidos, conforme

item 4.2.3 da metodologia. Na Tabela 18 e na Figura 18 é apresentado exemplo de resultado para a ETE Morada dos Eucaliptos. Os resultados para todas as 21 unidades da G20 constam na Tabela 38 (Apêndice B).

Tabela 18 – Exemplo do levantamento das outorgas concedidas – ETE Morada dos Eucaliptos (G20)

Raio de distância da ETE	Outorgas			
	Quantidade (un.)	Vazão de Indústria (L/s)	Vazão de Irrigação (L/s)	Vazão outorgada total (L/s)
0 - 5 km	15	4,1	1,3	5,4
5 - 10 km	15	3,7	2,7	6,4
10 - 15 km	17	6,5	1,0	7,5
Total	47	14,4	4,9	19,3

Fonte: elaboração própria.

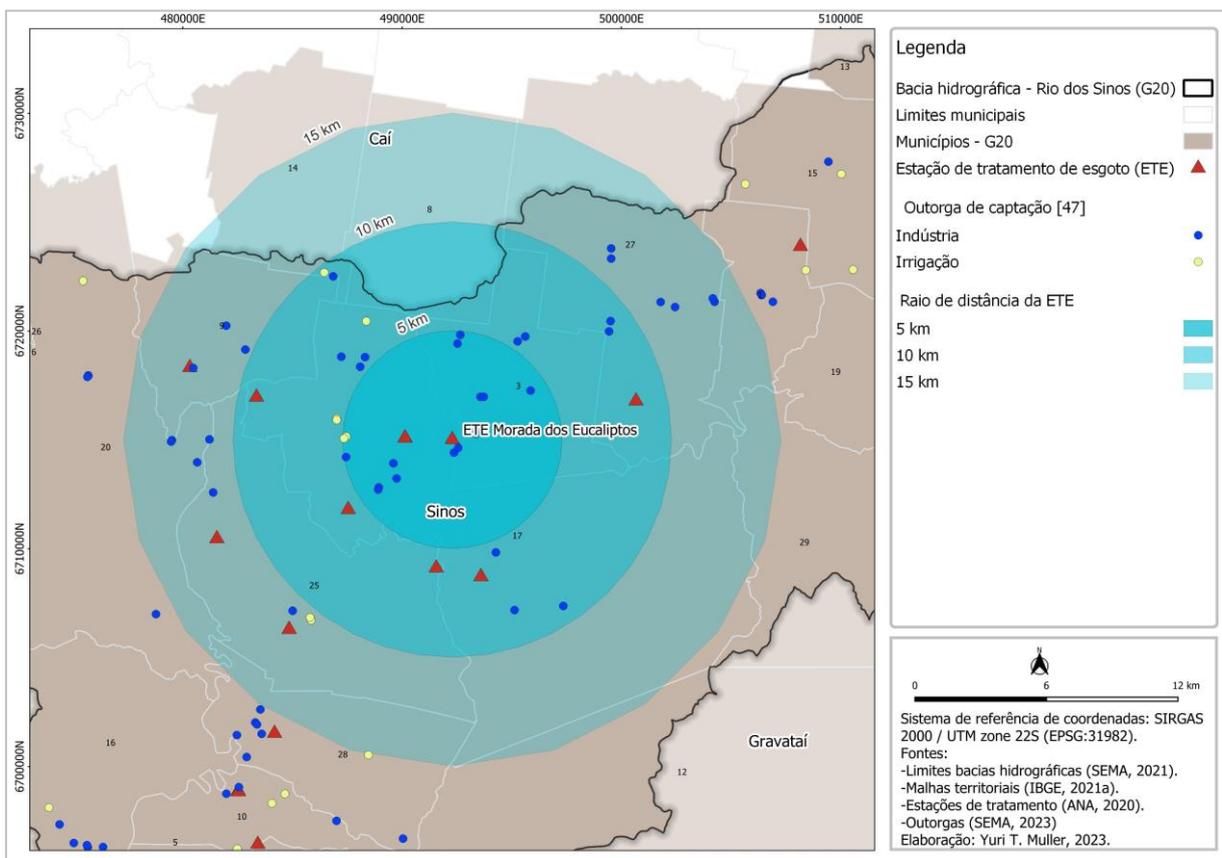


Figura 18. Exemplo do levantamento das outorgas concedidas - ETE Morada dos Eucaliptos

Fonte: elaboração própria.

5.1.3. Potencial de reúso

Comparando os resultados das vazões totalizadas de demanda e oferta para a G20, é possível identificar que o maior potencial de reúso está na Faixa 1 da oferta (eficiência de remoção de DBO maior que 80%), com possibilidade de atender 45,8% da demanda para indústria ou 16,8% para irrigação, conforme apresenta a Tabela 19.

Cabe pontuar que os resultados são excludentes, ou seja, está indicado que a vazão de oferta pode atender ou a demanda de indústria ou de irrigação.

Tabela 19 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta – G20

Demanda (2023)		% de atendimento das demandas nas faixas de oferta		
Tipo	Vazão (L/s)	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	Faixa 3 - eficiência menor que 60%
Indústria de transformação	536,4	45,8%	10,5%	6,1%
Agricultura irrigada	1.466,1	16,8%	3,8%	2,2%

Legenda:

Indústria da transformação - 

Agricultura irrigada - 

Fonte: elaboração própria.

A mesma comparação pode ser feita para os municípios, com os resultados apresentados na Tabela 20. Dentro da Faixa 1 de oferta, pode-se destacar São Leopoldo com possibilidade de suprir 100% da demanda de indústria com vazão igual a 28,5 L/s, e o município de Esteio com possibilidade de suprir 80% da demanda de irrigação com vazão de 106,7 L/s.

Tabela 20 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta nos municípios – G20

Município	Demanda (2023)		% de atendimento das demandas nas faixas de oferta		
	Finalidade	Vazão (L/s)	Faixa 1 - eficiência maior que 80%	Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	Faixa 3 - eficiência menor que 60%
Araricá	Indústria de transformação	3,0	0%	100%	0%
	Agricultura irrigada	0,0	0%	0%	0%
Canela	Indústria de transformação	1,8	60%	44%	82%
	Agricultura irrigada	0,1	100%	100%	100%
Estância Velha	Indústria de transformação	26,3	0%	0%	5%
	Agricultura irrigada	6,0	0%	0%	20%
Esteio	Indústria de transformação	8,0	100%	0%	60%
	Agricultura irrigada	106,7	80%	0%	4%

Continua...

Tabela 20 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta nos municípios – G20 (conclusão)

Município	Demanda (2023)		% de atendimento das demandas nas faixas de oferta		
	Finalidade	Vazão (L/s)	Faixa 1 - eficiência maior que 80%	Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	Faixa 3 - eficiência menor que 60%
Igrejinha	Indústria de transformação	49,9	0%	7%	0%
	Agricultura irrigada	0,3	0%	100%	0%
Novo Hamburgo	Indústria de transformação	78,9	13%	15%	3%
	Agricultura irrigada	6,4	100%	100%	31%
São Leopoldo	Indústria de transformação	28,5	100%	0%	68%
	Agricultura irrigada	0,4	100%	0%	100%
Sapiranga	Indústria de transformação	57,0	0%	61%	0%
	Agricultura irrigada	3,2	0%	100%	0%
Sapucaia do Sul	Indústria de transformação	62,0	12%	0%	0%
	Agricultura irrigada	0,9	100%	0%	0%
Três Coroas	Indústria de transformação	29,0	10%	0%	12%
	Agricultura irrigada	3,3	90%	0%	100%

Fonte: elaboração própria.

Matriz de avaliação das ETEs

Para a potencialidade de reúso das ETEs, foi considerada a matriz de avaliação conforme especificada no item 4.4. A construção do resultado da matriz passa pela organização das informações de cada unidade. Como exemplo, são apresentadas as informações para a ETE Morada dos Eucaliptos e na sequência os resultados gerais considerando todas as unidades da bacia hidrográfica G20, com ranking e indicação da região de maior potencial para o reúso.

Assim, na Tabela 21 é apresentada para a ETE Morada dos Eucaliptos a vazão de oferta, eficiência de remoção de DBO e o levantamento das outorgas por tipologia de demanda nos raios de distância da unidade. A tabela também apresenta para cada raio de distância o percentual de atendimento, ou seja, o quanto a oferta pode suprir a demanda dentro da distância considerada. Os resultados apontam que a maior vazão da demanda (7,5 L/s) está localizada entre 10 e 15 km da ETE, e que a vazão de oferta (10 L/s) da unidade atende mais de 100% dessa demanda com a qualidade do tratamento dentro da Faixa 2 – eficiência de remoção de DBO entre 60% e 80%.

Para todas as 21 unidades mapeadas da G20 foi feito o mesmo comparativo, os resultados constam na Tabela 39 (Apêndice B).

Tabela 21 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância da ETE e indicação do percentual de atendimento das demandas - exemplo para a ETE Morada dos Eucaliptos

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Oferta		Demanda - outorgas					
		Eficiência de remoção de DBO (%)	Vazão (L/s)	Indústria	Irrigação	Total			
				Vazão (L/s)	% de atend.	Vazão (L/s)	% de atend.	Vazão (L/s)	% de atend.
ETE Morada dos Eucaliptos	0 - 5 km	79%	10	4,1	>100%	1,3	>100%	5,4	>100%
ETE Morada dos Eucaliptos	5 - 10 km	79%	10	3,7	>100%	2,7	>100%	6,4	>100%
ETE Morada dos Eucaliptos	10 - 15 km	79%	10	6,5	>100%	1,0	>100%	7,5	>100%
ETE Morada dos Eucaliptos	Total	79%	10	14,4	69%	4,9	>100%	19,3	52%

Fonte: elaboração própria

Outro ponto é o levantamento da existência de projetos, atividades, ações e leis relacionadas ao reúso de água para a região das ETEs, conforme especificado no item 4.3. Nota-se pelos resultados do Quadro 20 que para a região da ETE Morada dos Eucaliptos, 50% dos instrumentos têm relação com a prática. Para todas as 21 unidades mapeadas da G20 foi feito o mesmo levantamento, os resultados constam no Quadro 25 (Apêndice B).

Quadro 20 – Indicação de relação com o reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região da unidade – exemplo para a ETE Morada dos Eucaliptos

Nome ETE	Item	Relação com reúso de água	Fontes
ETE Morada dos Eucaliptos	Plano Estadual de Recursos Hídricos	Não	PERH-RS (2014)
	Plano de bacia hidrográfica	Sim	SEMA (2021)
	Plano Estadual de Saneamento Básico	Sim	PLANESAN-RS (2022)
	Legislação Estadual	Sim	RIO GRANDE DO SUL (2020)
	Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)	Não	Infosanbas (2023)
	Legislação Municipal	Não	Leis Municipais (2023)

Fonte: elaboração própria.

O passo seguinte foi a construção da matriz de avaliação a partir das informações da ETE - Morada dos Eucaliptos, com o enquadramento nos subcritérios, somatório dos pesos e classificação do potencial de reúso. O resultado da matriz de avaliação da ETE é apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Exemplo do resultado da matriz de avaliação para a ETE Morada dos Eucaliptos – G20

Crítérios	Subcritérios	Peso global	ETE Morada dos Eucaliptos
Eficiência de tratamento	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	0,341	
	Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	0,140	x
	Faixa 3 – eficiência menor que 60%	0,057	
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	0,160	
	Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	0,088	
	Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	0,049	x
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Mais de 50% dos instrumentos	0,104	
	50% dos instrumentos	0,043	x
	Sem instrumentos	0,017	
		Σ pesos	0,232
		Potencial de reúso	Médio

Fonte: elaboração própria.

Para cada ETE foi realizado o mesmo procedimento, os resultados da matriz de avaliação das unidades da G20 constam na Tabela 40 a Tabela 42 (Apêndice B). Pelo compilado dos resultados o maior número de ETEs foi enquadrada com potencial “Médio” representando 52% do total, seguido do potencial “Baixo” com 33% das unidades e potencial “Alto” com 14%. Na Figura 19 consta o gráfico com o número de unidades por classificação do potencial de reúso.

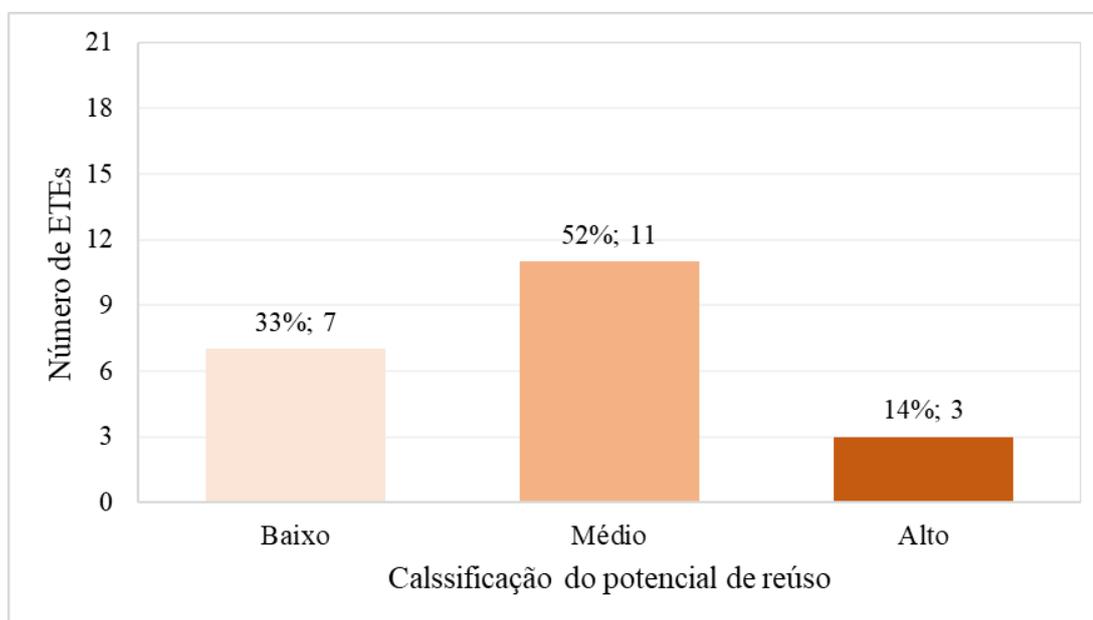


Figura 19. Número de ETEs por categoria de classificação do potencial de reúso - G20.

Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 23 é apresentado ranking das ETEs conforme a resultante dos pesos, com o peso total e classificação, e na Figura 20 a distribuição espacial com indicação da região de maior potencial de reúso.

Tabela 23 – Resultados da matriz de avaliação das ETEs, com peso e classificação do potencial de reúso – G20

Município	Nome ETE	Peso total	Classificação do potencial de reúso
Esteio	ETE Esteio/Sapucaia do Sul	0,681	Alto
São Leopoldo	ETE Feitoria	0,681	Alto
São Leopoldo	ETE Vicentina	0,681	Alto
Sapiranga	ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	0,480	Médio
Novo Hamburgo	ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	0,472	Médio
Sapucaia do Sul	ETE COHAB - Sapucaia do Sul	0,433	Médio
Novo Hamburgo	ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	0,433	Médio
Canela	ETE Reserva da Serra	0,384	Médio
Três Coroas	ETE Vivendas do Arvoredo	0,384	Médio
Araricá	ETE Rodolfo Dreyer	0,271	Médio
Igrejinha	ETE COHAB - Igrejinha	0,232	Médio
Novo Hamburgo	ETE Jardim da Figueira	0,232	Médio
Novo Hamburgo	ETE Morada dos Eucaliptos	0,232	Médio
Novo Hamburgo	ETE Mundo Novo - Macrófitas	0,232	Médio
São Leopoldo	ETE Arroio da Mantega	0,188	Baixo
Esteio	ETE Moradas de Esteio	0,188	Baixo
Estância Velha	ETE Nova Estância	0,188	Baixo
Canela	ETE Chacrão	0,183	Baixo
Novo Hamburgo	ETE Nações Unidas	0,149	Baixo
Três Coroas	ETE São Luiz - Canela	0,100	Baixo
Canela	ETE SESI - Araci Correa	0,100	Baixo

Fonte: elaboração própria.

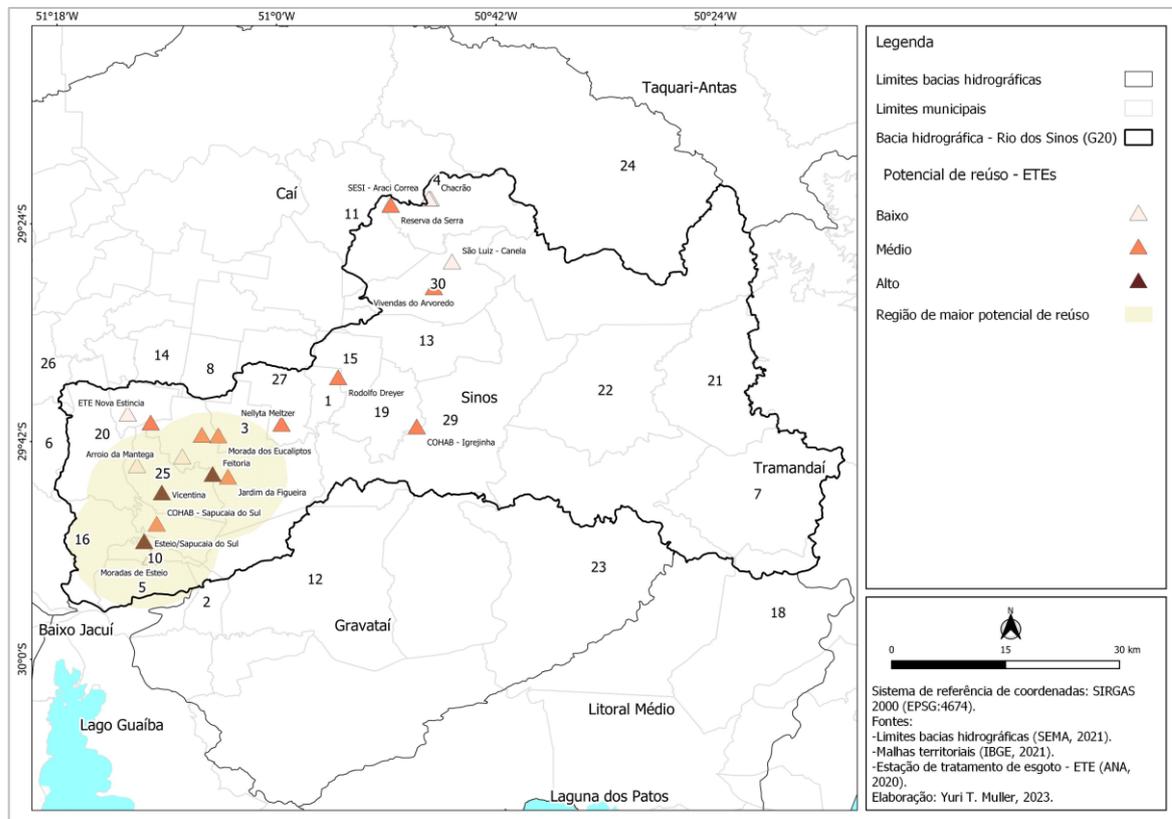


Figura 20. Distribuição das ETEs por categoria de classificação do potencial de reúso - G20.

Fonte: elaboração própria.

Por fim, pode-se destacar a região que abrange os municípios de Esteio, São Leopoldo e Sapucaia do Sul de maior potencial de reúso voltada ao atendimento de demandas industriais

5.2. Rio Sapucaí – GD5

5.2.1. Oferta

Na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí (GD5) contém 13 ETEs mapeadas, somando uma vazão total de 421,4 L/s (ANA, 2020). São quatro ETEs enquadradas na Faixa 1 (eficiência maior que 80%) com vazão total de 26,6 L/s. Já na Faixa 2 (eficiência de 60% a 80%) são nove unidades totalizando vazão de 394,8 L/s, e na Faixa 3 (menor que 60%) nenhuma ETE. Desse modo, 93,7% da vazão de oferta disponível está enquadrada na Faixa 2, conforme resumo apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 - Número de ETEs por faixa de classificação – GD5

Faixas de classificação ETEs	Número de ETEs	Vazão afluyente total	
		L/s	%
Faixa 1 – eficiência maior que 80%	4	26,6	6,3%
Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	9	394,8	93,7%
Faixa 3 - eficiência menor que 60%	0	0	0,0%
Total	13	421,4	100%

Fonte: ANA (2017a e 2020).

Na Figura 21 é apresentado o mapa com indicação da oferta total (L/s) por município e localização das ETEs dentro dos limites da bacia hidrográfica, e na

Tabela 45 (Apêndice C) constam informações detalhadas de cada unidade. Em relação a tipologia de tratamento, são ao total 12 classificadas como Reatores Anaeróbios e uma como Processos Simplificados.

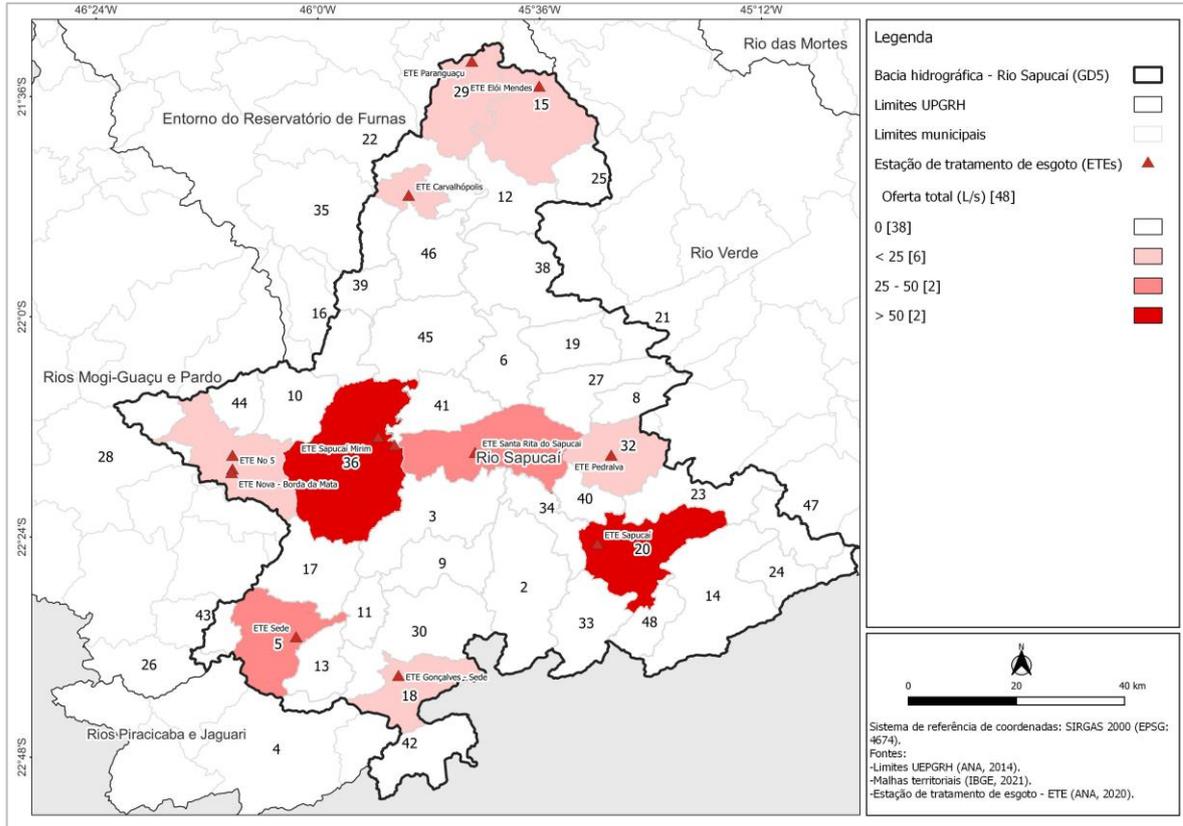
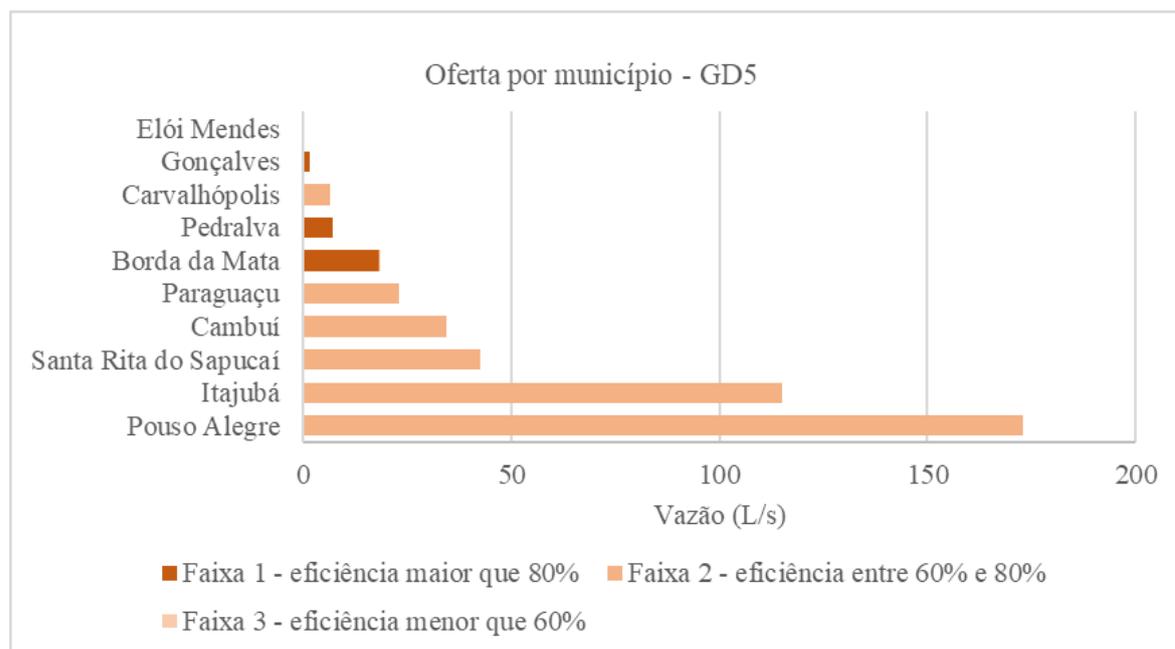


Figura 21. Localização das ETEs e oferta total por município – GD5.

Fonte: ANA (2017a e 2020).

Do total de 48 municípios pertencentes à parte mineira da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, apenas 10 constam com ao menos uma ETE. Relativo ao número de unidades, vazão e qualidade, destaca-se Pouso Alegre com duas unidades totalizando 173 L/ e Itajubá com uma de vazão igual 115 L/s, ambas enquadrada na Faixa 2 (eficiência de remoção de DBO entre 60% e 80%). O município de Borda da Mata é o que apresenta a maior vazão na Faixa 1 (eficiência de remoção de DBO maior que 80%), totalizando 18 L/s distribuídas em três ETEs. Na Figura 22 é apresentado o gráfico com a vazão de oferta por faixa de eficiência nos municípios.



Nota: município de Elói Mendes a vazão é igual 0,1 L/s na Faixa 2 da oferta.

Figura 22. Oferta por faixa de classificação nos municípios – GD5.

Fonte: elaboração própria.

5.2.2. Demanda

As demandas de consumo para os distintos usos consuntivos da água para a GD5 são apresentadas na Tabela 25. O maior percentual está na tipologia de agricultura irrigada com 40,8%, seguido de dessedentação animal com 29,1%. Nota-se o baixo percentual para a indústria de transformação com 8,0% do total, indicando baixa industrialização na bacia hidrográfica.

Tabela 25 – Demanda por tipologia de consumo para o ano de 2023 – GD5

Tipologia	Vazão (L/s) - 2023	%
Consumo humano - urbano	231,6	13,5%
Consumo humano - rural	131,0	8,4%
Consumo Indústria de transformação	94,6	8,0%
Consumo Mineração	1,8	0,1%
Consumo Geração termelétrica	0,0	0,0%
Consumo Dessedentação animal	484,0	29,1%
Consumo Agricultura irrigada	577,5	40,8%
Consumo total	1.520,6	100,0%

Fonte: ANA (2019).

Referente as demandas consuntivas municipais, na Figura 14 é apresentado gráfico com vazões por tipologia. Em torno de 80% dos municípios as demandas totais são menores que 50 L/s. Os municípios que destoam, com vazão total maior que 100 L/s, são Pouso Alegre e Itajubá, os quais representam 42% da demanda industrial e 20% da demanda de irrigação na GD5.

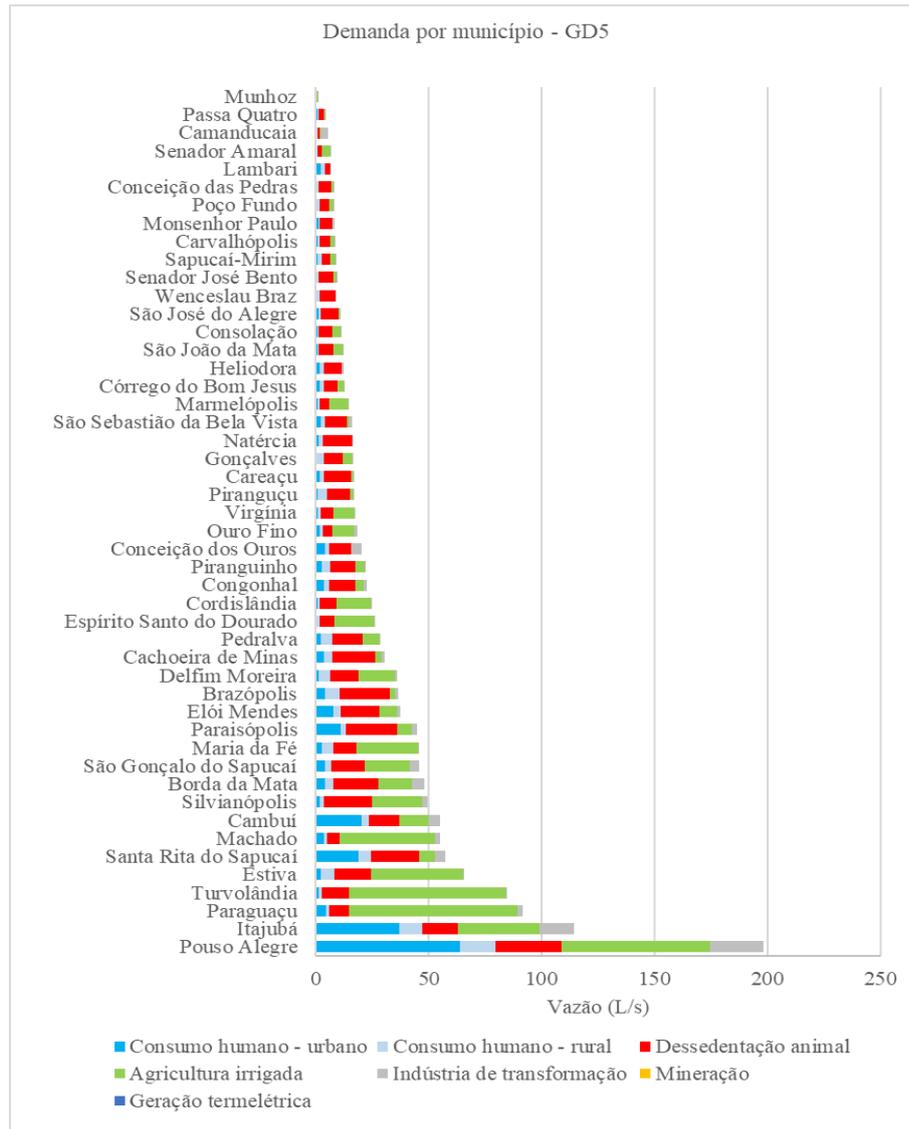


Figura 23. Demanda de consumo dos usos consuntivos da água por município para o ano de 2023 – GD5.

Fonte: elaboração própria com base em ANA (2019).

Com a sobreposição das informações de localização das ETEs e a distribuição das demandas nos municípios por faixas de vazão das tipologias de indústria de transformação (Figura 24) e irrigação (Figura 25), é possível notar que as ETEs estão dispersas pela bacia e não há região que apresenta maior concentração de unidades. Todavia, pode-se destacar o município de Pouso Alegre, que possui os maiores consumos de ambas as demandas e a maior vazão de oferta totalizada.

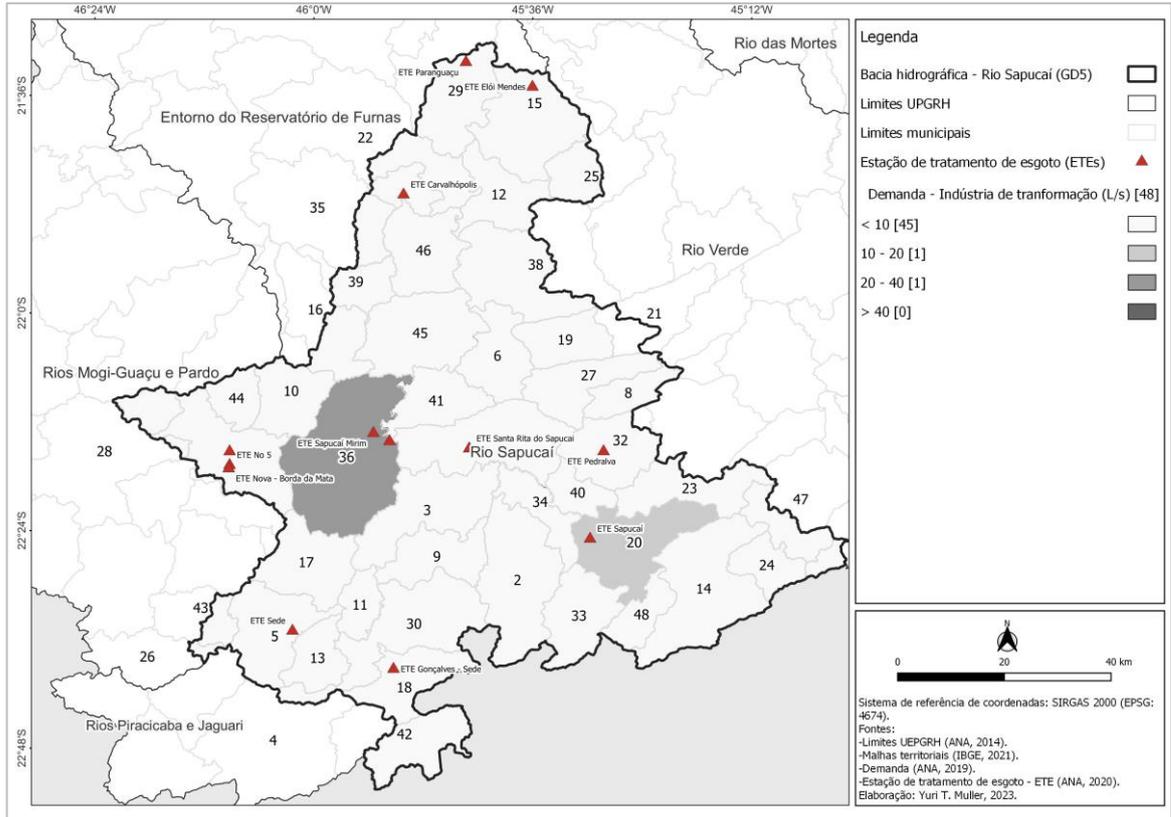


Figura 24. Localização das ETEs e demanda de indústria de transformação por município – GD5.

Fonte: elaboração própria.

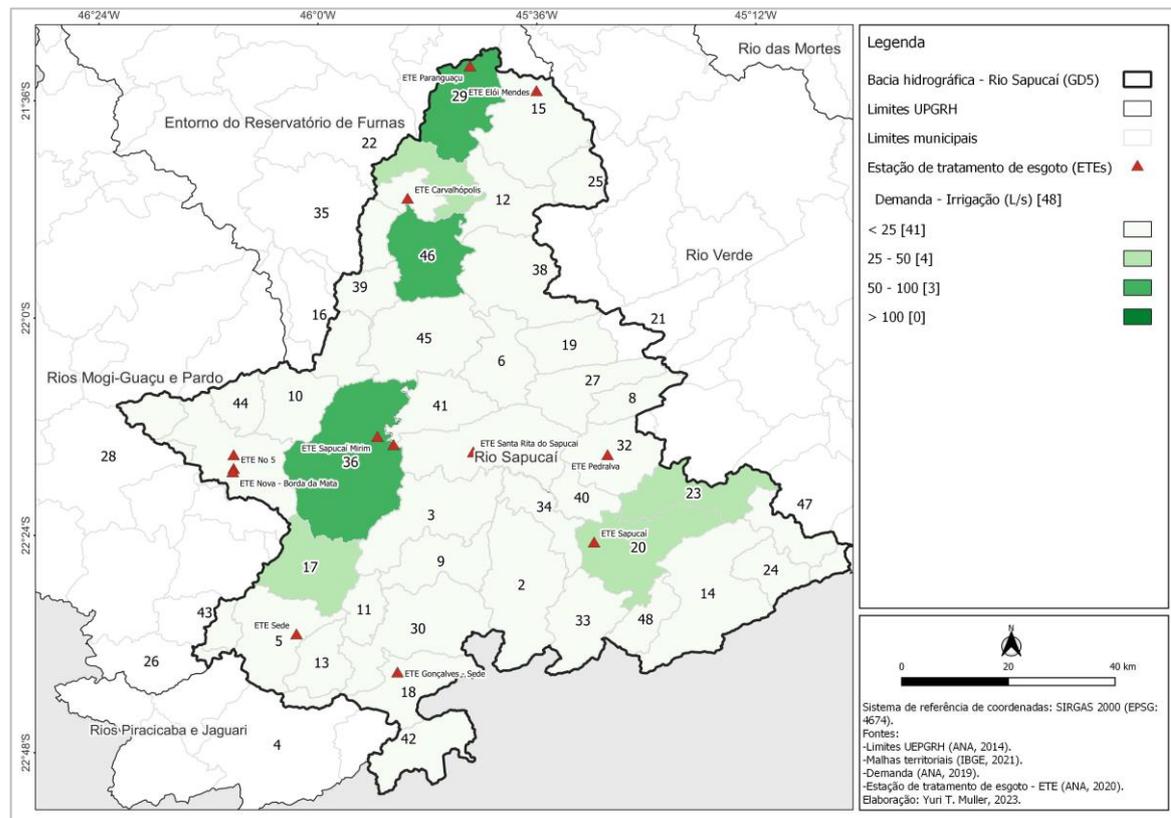


Figura 25. Localização das ETEs e demanda de irrigação por município – GD5.

Fonte: elaboração própria.

Demanda por usuário

Na caracterização das demandas por usuário, foram consultados os registros de outorgas concedidas federal (ANA, 2023) e estadual (IGAM, 2023) com filtro para as finalidades de uso de irrigação e indústria. Ao total foram obtidos 237 registros, dos quais prevalecem os usos para irrigação com 93% do total e 63% da vazão outorgada. Os resultados do levantamento são apresentados na Tabela 25 e na Figura 26 é ilustrada a distribuição espacial dos registros.

Tabela 26 – Outorga de captação concedida para as finalidades de uso de indústria e irrigação – G20

Finalidade de uso	Quantidade				Vazão			
	ANA un.	IGAM un.	Total un.	%	ANA L/s	IGAM L/s	Total L/s	%
Indústria	15	2	17	7%	211,1	3,2	214,3	37%
Irrigação	15	205	220	93%	266,4	102,5	368,9	63%
Total	30	207	237	100%	477,5	105,7	583,2	100%

Fonte: ANA e IGAM (2023).

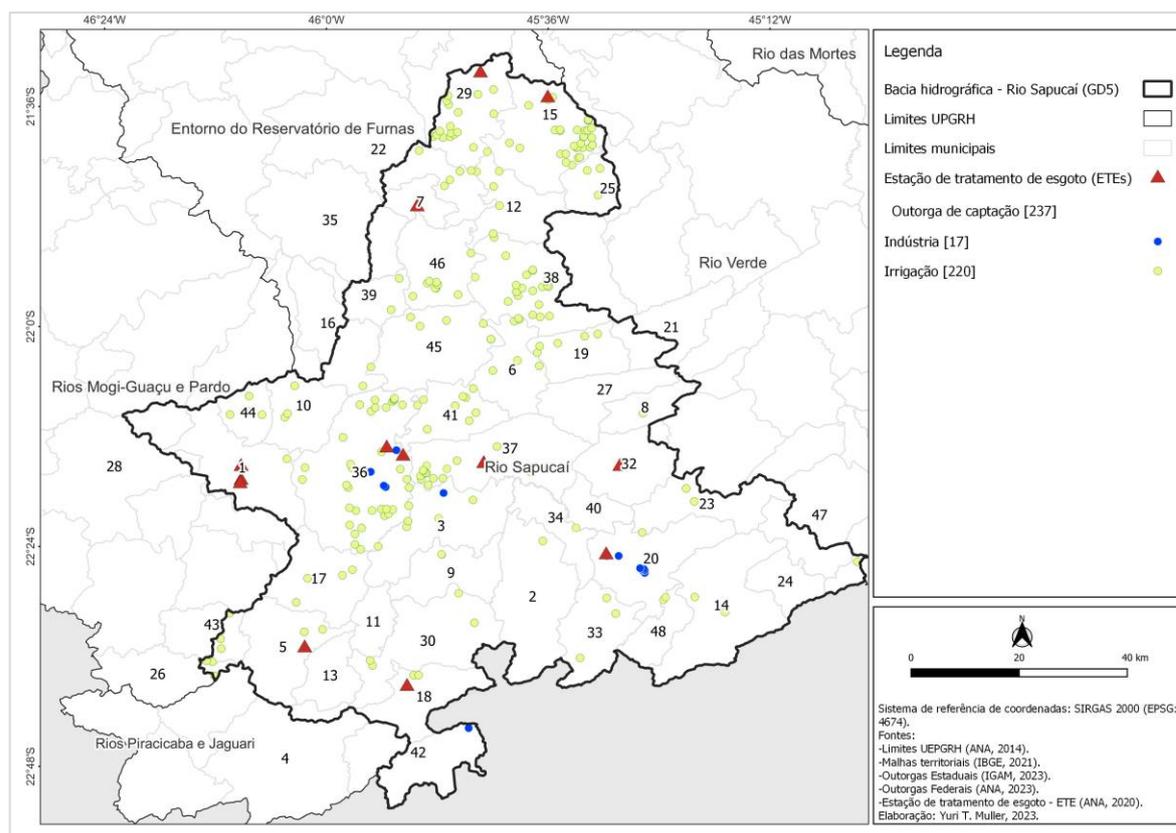


Figura 26. Distribuição das outorgas de captação por finalidade de uso de indústria e irrigação - GD5.

Fonte: elaboração própria.

O passo seguinte após o levantamento das outorgas concedidas para toda a bacia hidrográfica, foi realizar o procedimento para cada ETE de extrair o número e vazão das outorgas nos raios de distância da unidade, conforme item 4.2.3 da metodologia. Na Tabela 27

e na Figura 27 é apresentado exemplo de resultado para a ETE Santa Rita do Sapucaí. Os resultados para todas as 13 unidades da GD5 constam na Tabela 46 (Apêndice C).

Tabela 27 – Exemplo do levantamento das outorgas concedidas – ETE Santa Rita do Sapucaí (GD5)

Raio de distância da ETE	Outorgas			
	Quantidade (un.)	Vazão de Indústria (L/s)	Vazão de Irrigação (L/s)	Vazão outorgada total (L/s)
0 - 5 km	1	0,0	0,0	0,0
5 - 10 km	8	1,8	6,1	7,9
10 - 15 km	16	0,0	31,9	31,9
Total	25	1,8	38,0	39,8

Fonte: elaboração própria.

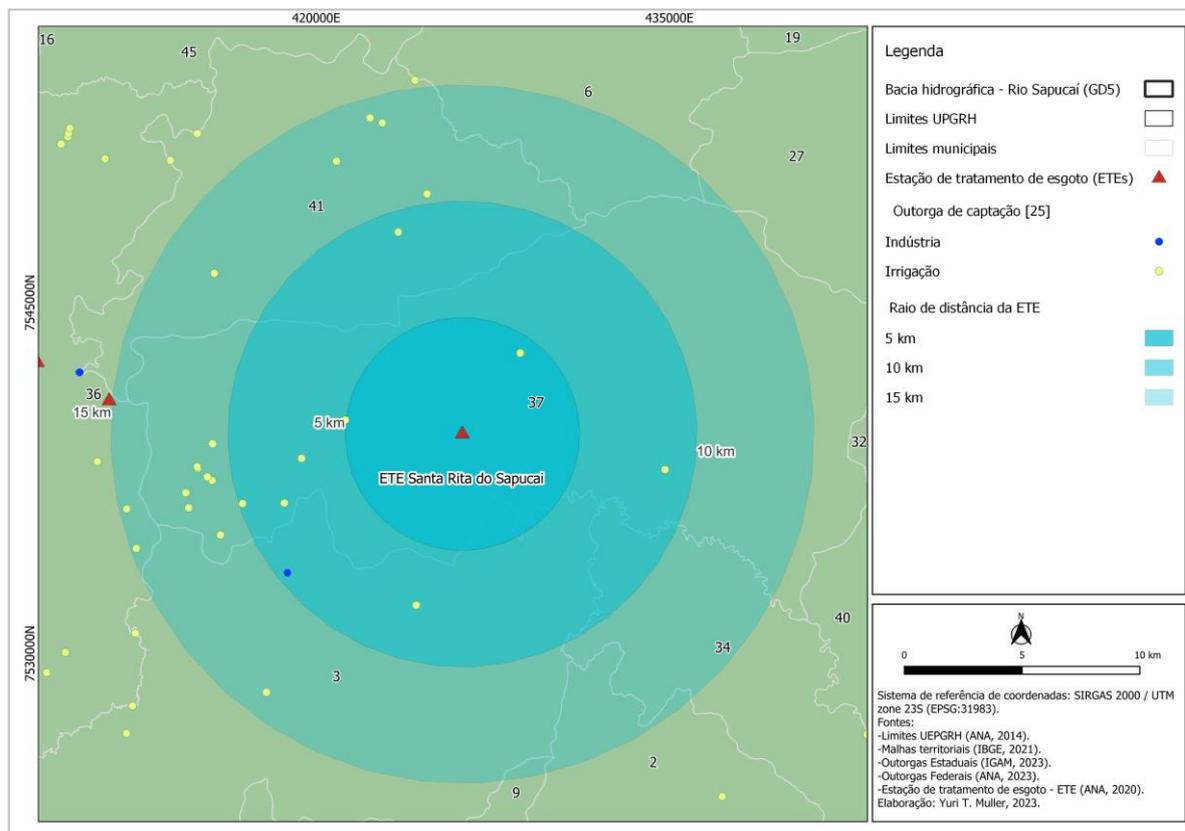


Figura 27. Mapa com exemplo do levantamento das outorgas concedidas - ETE Santa Rita do Sapucaí

Fonte: elaboração própria.

5.2.3. Potencial de reúso

A partir dos resultados totalizados de demanda e oferta para a GD5, tem-se que o maior potencial de reúso para a bacia hidrográfica está na Faixa 2 (eficiência de remoção de DBO entre 60% e 80%), com possibilidade de atender mais de 100% da demanda para indústria ou 68,4% para irrigação, conforme apresenta a Tabela 28.

Os resultados do atendimento entre as tipologias da demanda são excludentes, ou seja, está indicado que a vazão de oferta pode atender ou a demanda de indústria ou de irrigação.

Tabela 28 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta – GD5

Demanda (2023)		% de atendimento das demandas nas faixas de oferta		
Tipo	Vazão (L/s)	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	Faixa 3 - eficiência menor que 60%
Indústria de transformação	94,6	 28,1%	 100,0%	0,0%
Agricultura irrigada	577,5	 4,6%	 68,4%	0,0%

Legenda

Indústria da transformação: 

Agricultura irrigada: 

Fonte: elaboração própria.

No comparativo com os resultados totalizados por município, pode-se destacar Pouso Alegre e Itajubá, que possuem as maiores vazões das demandas e possibilidade de suprir 100% de ambas dentro da Faixa 2 da oferta.

Tabela 29 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta nos municípios – GD5

Município	Demanda (2023)		% de atendimento das demandas nas faixas de oferta		
	Finalidade	Vazão (L/s)	Faixa 1 - eficiência maior que 80%	Faixa 2 - eficiência entre 60% e 80%	Faixa 3 - eficiência menor que 60%
Borda da Mata	Indústria de transformação	5,7	100%	5%	0%
	Agricultura irrigada	14,8	100%	2%	0%
Cambuí	Indústria de transformação	4,8	0%	100%	0%
	Agricultura irrigada	13,1	0%	100%	0%
Carvalhópolis	Indústria de transformação	0,2	0%	100%	0%
	Agricultura irrigada	2,1	0%	100%	0%
Elói Mendes	Indústria de transformação	1,7	0%	6%	0%
	Agricultura irrigada	7,7	0%	1%	0%
Gonçalves	Indústria de transformação	0,4	100%	0%	0%
	Agricultura irrigada	4,3	37%	0%	0%

Continua...

Tabela 29 – Possibilidade de atendimento das demandas totalizadas pelas faixas de oferta nos municípios – GD5 (conclusão)

Itajubá	Indústria de transformação	15,6	0%	100%	0%
	Agricultura irrigada	36,2	0%	100%	0%
Paraguaçu	Indústria de transformação	2,5	0%	100%	0%
	Agricultura irrigada	74,7	0%	31%	0%
Pedralva	Indústria de transformação	0,3	100%	0%	0%
	Agricultura irrigada	7,6	92%	0%	0%
Pouso Alegre	Indústria de transformação	23,8	0%	100%	0%
	Agricultura irrigada	65,7	0%	100%	0%
Santa Rita do Sapucaí	Indústria de transformação	4,5	0%	100%	0%
	Agricultura irrigada	6,9	0%	100%	0%

Fonte: elaboração própria.

Matriz de avaliação das ETEs

Foi considerada a matriz de avaliação das ETEs (item 4.4 da metodologia) para a classificação da potencialidade de reúso das unidades e indicação da região de maior potencial para o reúso na GD5. São apresentadas, como exemplo, as informações para a ETE Santa Rita do Sapucaí que embasaram a construção do resultado da matriz e na sequência os resultados gerais considerando todas as unidades da bacia hidrográfica.

Dessa maneira, na Tabela 30 contém a vazão de oferta, eficiência de remoção de DBO e o levantamento das outorgas por tipologia de demanda nos raios de distância da ETE Santa Rita do Sapucaí. Além disso, para cada raio de distância é apresentado o porcentual de atendimento, ou seja, o quanto a oferta pode suprir a demanda dentro da distância considerada. Pelos resultados, é possível identificar que a vazão de oferta da unidade (64,2 L/s), dentro da Faixa 2 – eficiência de remoção de DBO entre 60% e 80%, tem capacidade de suprir mais de 100% do total da vazão de demanda mapeada (39,8 L/s).

Para todas as 13 unidades da GD5 foi feito o mesmo comparativo, os resultados constam na Tabela 46 (Apêndice C).

Tabela 30 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância da ETE com indicação do percentual de atendimento das demandas - exemplo para a ETE Santa Rita do Sapucaí

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Oferta		Demanda - outorgas					
		Eficiência de remoção de DBO (%)	Vazão (L/s)	Indústria	Irrigação	Total			
				Vazão (L/s)	% de atend.	Vazão (L/s)	% de atend.	Vazão (L/s)	% de atend.
ETE Santa Rita do Sapucaí	0 - 5 km	65%	64,2	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Santa Rita do Sapucaí	5 - 10 km	65%	64,2	1,8	>100%	6,1	>100%	7,9	>100%
ETE Santa Rita do Sapucaí	10 - 15 km	65%	64,2	0,0	0,0%	31,9	>100%	31,9	>100%
ETE Santa Rita do Sapucaí	Total	65%	64,2	1,8	>100%	38,0	>100%	39,8	>100%

Fonte: elaboração própria

Quanto ao levantamento da existência de projetos, atividades, ações e leis relacionadas ao reúso de água para a região das ETEs (item 4.3 da metodologia), no Quadro 21 é apresentado resultado para a ETE Santa Rita do Sapucaí, o qual indica para a região da unidade que 50% dos instrumentos têm relação com a prática.

Para todas as 13 unidades mapeadas da GD5 foi feito o mesmo levantamento, os resultados constam no Quadro 26 (Apêndice C).

Quadro 21 – Indicação de relação ao reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região da unidade – exemplo para a ETE Santa Rita do Sapucaí

Nome ETE	Item	Relação com reúso de água	Fontes
ETE Santa Rita do Sapucaí	Plano Estadual de Recursos Hídricos	Não	PERH- MG (2011)
	Plano de bacia hidrográfica	Sim	IGAM (2010)
	Plano Estadual de Saneamento Básico	Sim	PESB-MG (2022)
	Legislação Estadual	Sim	MINAS GERAIS (2020)
	Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)	Não	Infosanbas (2023)
	Legislação Municipal	Não	Leis Municipais (2023)

Fonte: elaboração própria.

Com as informações organizadas da ETE Santa Rita do Sapucaí, foi gerada a matriz de avaliação da unidade, com o enquadramento nos subcritérios, somatório dos pesos e classificação do potencial de reúso. O resultado é apresentado na Tabela 31. Nota-se que para o critério do número de usuários em relação a ETE a unidade recebeu o peso máximo do critério,

uma vez que possui oferta suficiente para atender todas as demandas mapeadas nos raios de distância.

Tabela 31 – Exemplo do resultado da matriz de avaliação para a ETE Santa Rita do Sapucaí – GD5

Critérios	Subcritérios	Peso global	ETE Santa Rita do Sapucaí
Eficiência de tratamento	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	0,341	
	Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	0,140	x
	Faixa 3 – eficiência menor que 60%	0,057	
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	0,160	x
	Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	0,088	x
	Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	0,049	x
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Mais de 50% dos instrumentos	0,104	
	50% dos instrumentos	0,043	x
	Sem instrumentos	0,017	
		Σ pesos	0,480
		Potencial de reúso	Médio

Fonte: elaboração própria.

Por fim, para cada ETE foi realizado o mesmo procedimento. Os resultados da matriz de avaliação das unidades da GD5 são apresentados na Tabela 48 e Tabela 49 (Apêndice C). Na Figura 28 é apresentado gráfico com resumo dos resultados, os quais apontam que 77% das unidades foram enquadradas como de potencial de reúso “Médio”, seguido do potencial “Baixo” com 15% e o potencial “Alto” com apenas 8%.

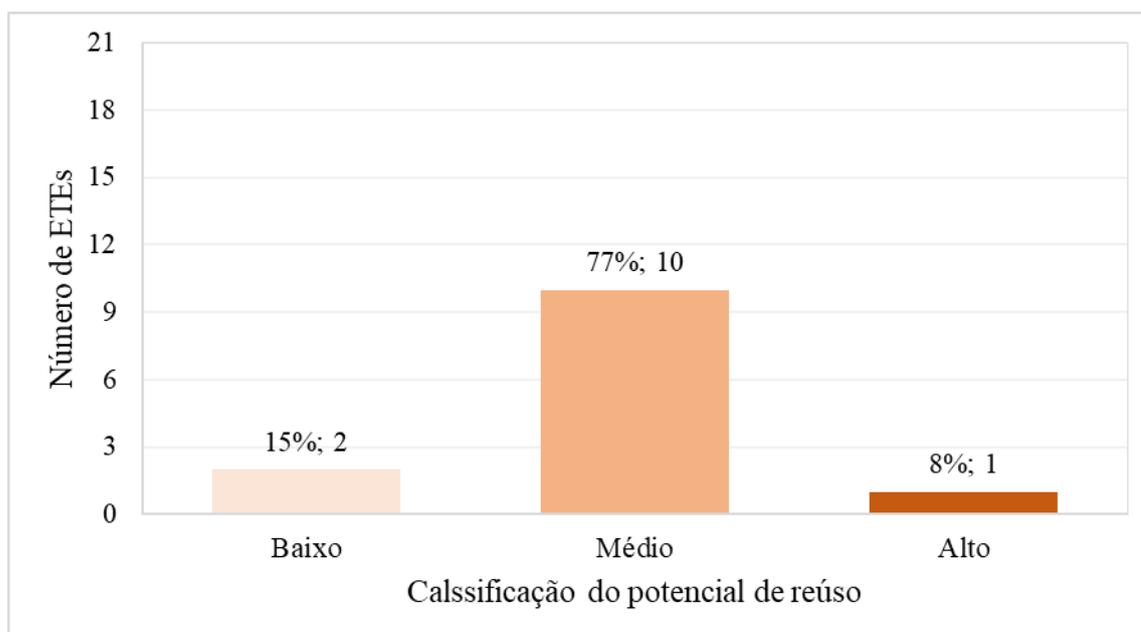


Figura 28. Número de ETEs por categoria de classificação do potencial de reúso - GD5.

Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 32 é apresentado o ranking das ETEs com peso total e classificação quanto ao potencial de reúso, e na Figura 29 a distribuição espacial com indicação da região de maior potencialidade.

Tabela 32 – Resultados da matriz de avaliação das ETEs, com peso e classificação do potencial de reúso – GD5

Município	Nome ETE	Peso total	Classificação do potencial de reúso
Pouso Alegre	ETE Sapucaí Mirim	0,541	Alto
Santa Rita do Sapucaí	ETE Santa Rita do Sapucaí	0,480	Médio
Gonçalves	ETE Gonçalves - Sede	0,384	Médio
Pedralva	ETE Pedralva	0,384	Médio
Borda da Mata	ETE Nova - Borda da Mata	0,384	Médio
Borda da Mata	ETE Principal de Borda da Mata	0,384	Médio
Itajubá	ETE Sapucaí	0,343	Médio
Paraguaçu	ETE Paraguaçu	0,343	Médio
Elói Mendes	ETE Elói Mendes	0,232	Médio
Pouso Alegre	ETE Cidade Jardim	0,293	Médio
Carvalhópolis	ETE Carvalhópolis	0,189	Baixo
Borda da Mata	ETE No 5	0,183	Baixo
Cambuí	ETE Sede	0,100	Baixo

Fonte: elaboração própria.

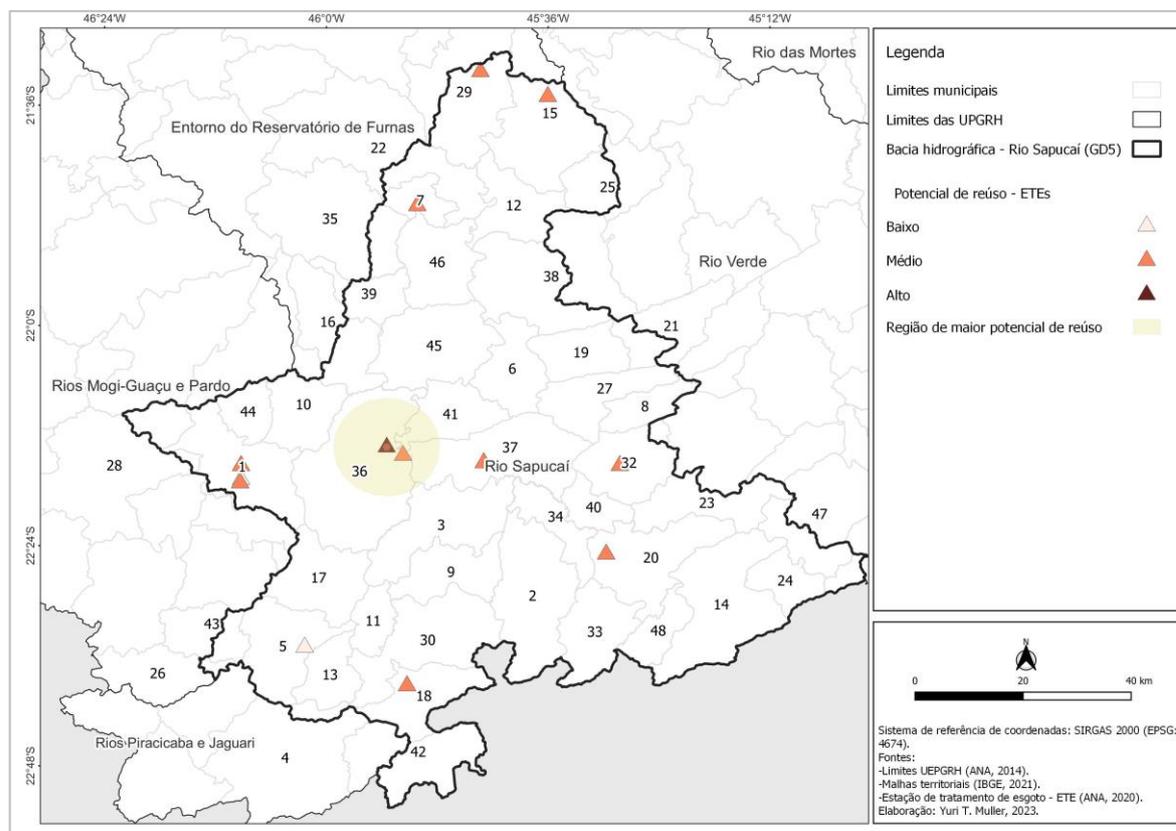


Figura 29. Distribuição das ETEs por categoria de classificação do potencial de reúso - GD5.

Fonte: elaboração própria.

Por fim, somente uma unidade foi classificada como de potencial “Alto”, assim a região que abrange o município de Pouso Alegre e parte de Santa Rita do Sapucaí apresenta o maior potencial de reúso voltada ao atendimento de ambas as demandas (irrigação e indústria).

5.3. Produto do Mestrado

Os resultados do potencial de reúso nas bacias hidrográficas também podem ser vistos por meio de um painel (*dashboard*) interativo, o qual possibilita a visualização dinâmica das informações em formato tabular, gráficos e mapas. O painel possui fácil atualização e inserção de novos dados, e destaca-se por ter possibilidade de auxiliar os gestores em tomada de decisão.

Para a construção do painel interativo foi utilizado o *software* da Microsoft denominado de Power BI⁶. Trata-se de uma ferramenta de análise de negócios desenvolvida pela Microsoft, que permite aos usuários transformarem dados de várias fontes em insights interativos e visuais. Possui interface amigável e capacidade de integração com várias plataformas de dados, como Excel, SQL Server, e serviços baseados na nuvem.

Neste trabalho o uso do Power BI foi como uma ferramenta para a gestão e visualização de dados sobre o potencial de reúso de água em bacias hidrográficas, considerando o uso de água não potável proveniente de estações de tratamento de esgoto para aplicações em irrigação e indústria. Com a capacidade de integrar e analisar dados de diversas fontes, permitiu criar mapas de localização das estações de tratamento de esgoto e as áreas de demanda potencial para reúso de água. Além disso, possibilitou o desenvolvimento de gráficos que mostram a capacidade de tratamento versus demanda por setor, bem como tabelas que detalham volumes disponíveis para reúso. Essas visualizações ajudam na identificação de correspondências entre oferta e demanda, facilitando o planejamento estratégico para maximizar a eficiência do uso da água e promover práticas de sustentabilidade dentro das bacias hidrográficas.

O painel interativo constitui o produto tecnológico resultante da pesquisa realizada e pode ser aplicado para quaisquer outras bacias. O painel com os resultados para a bacia do Rio do Sinos (G20) e do Rio Sapucaí (GD5) foi separado em duas páginas conforme exemplo das Figura 30 e Figura 31, e pode ser acessado através do link: [Painel interativo - Potencial de reúso de água em bacias hidrográficas](#)

⁶ Microsoft Power BI: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/why-power-bi/>.

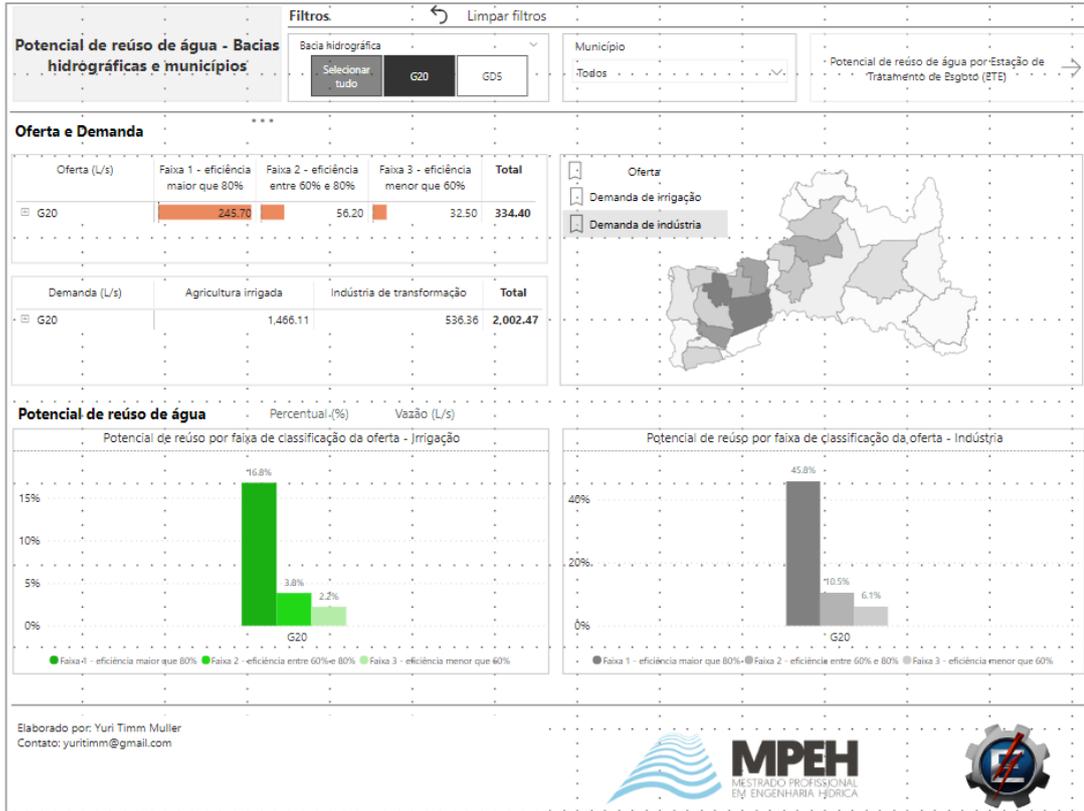


Figura 30. Exemplo da página 1 do painel interativo (dashboard).

Fonte: elaboração própria.

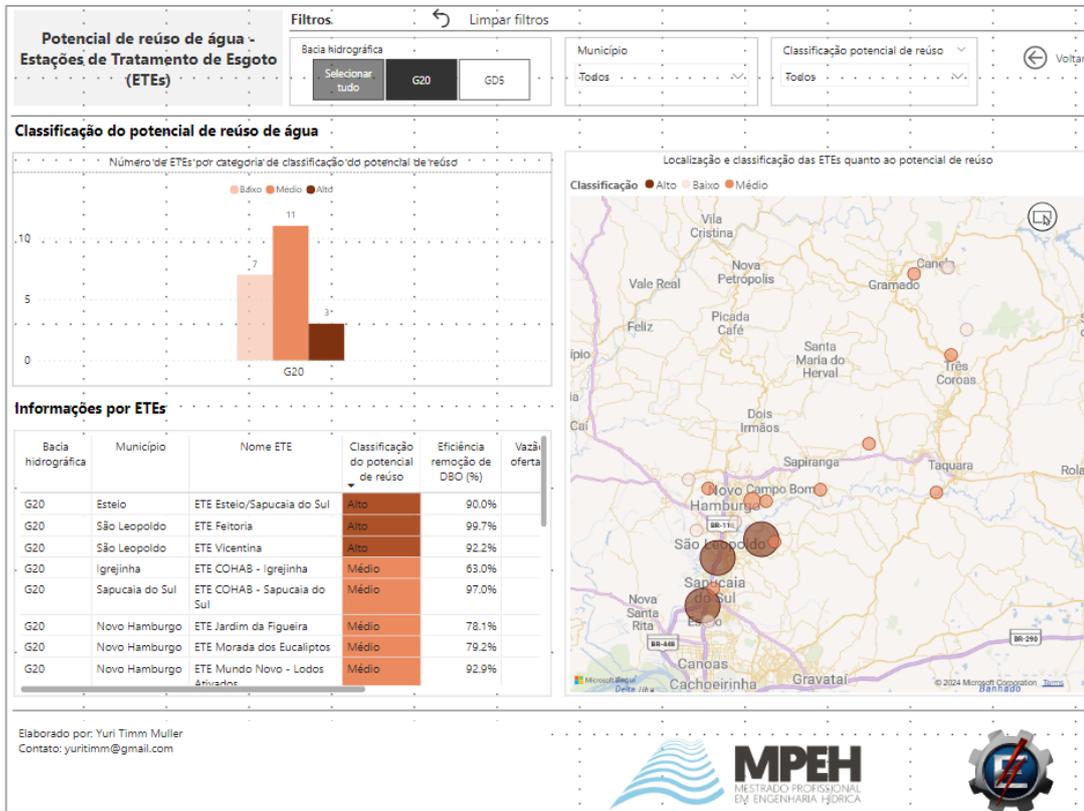


Figura 31. Exemplo da página 2 do painel interativo (dashboard).

Fonte: elaboração própria.

6. Resumos dos resultados e pontos de discussão

6.1. Resumo dos resultados das bacias hidrográficas

No Quadro 22 é apresentado resumo dos principais resultados para as bacias hidrográficas.

Quadro 22 – Resumo dos resultados para as bacias hidrográficas

Objetivo específico associado	Bacia Hidrográfica	
	Rio do Sinos (G20)	Rio Sapucaí (GD5)
i)	<ul style="list-style-type: none"> - Número de ETES: 21. -Vazão total de oferta: 334,4 L/s. -Faixa de classificação da oferta com maior vazão: Faixa 1 (eficiência de remoção de DBO maior que 80%), com 73,5% (245,7 L/s) da vazão total. -Tipologia de tratamento predominante: Lodos Ativados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de ETES: 13. -Vazão total de oferta: 421,4 L/s. -Faixa de classificação da oferta com maior vazão: Faixa 2 (eficiência de remoção de DBO 60% a 80%), com 93,7% (394,8 L/s) da vazão total. -Tipologia de tratamento predominante: Reatores Anaeróbios.
ii)	<ul style="list-style-type: none"> - Demandas consuntivas (ANA, 2019): Agricultura irrigada com 1.466,1 L/s (66,8%) e indústria de transformação com 536,4 L/s (10,3%) do total para a bacia hidrográfica no ano de 2023. - Outorga por usuário: 106 registros mapeados (estaduais) com 9,9% da vazão (8,9 L/s) para irrigação e 90,1% (81,4 L/s) para indústria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demandas consuntivas (ANA, 2019): Agricultura irrigada com 577,5 L/s (40,8%) e indústria de transformação com 94,6 L/s (8,0%) do total para a bacia hidrográfica no ano de 2023. - Outorga por usuário: 237 registros mapeados (federal e estaduais) com 63,3% da vazão (368,9 L/s) para irrigação e 36,7% (214,3 L/s) para indústria.
iii)	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento dos instrumentos de gestão que fazem menção ao reúso de água: - PERH: Não. - PESB: Sim. - PBH: Sim. - PMSB: 0/27 vigentes. - LE: Sim. - LM: Não. 	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento dos instrumentos de gestão com menção ao reúso de água: - PERH: Não. - PESB: Sim. - PBH: Sim. - PMSB: 5/26 vigentes. - LE: Sim. - LM: Não.
iv)	<ul style="list-style-type: none"> Número de ETES por classificação do potencial de reúso: - Potencial Alto: 3 - Potencial Médio: 11 - Potencial Baixo: 7 	<ul style="list-style-type: none"> Número de ETES por classificação do potencial de reúso: - Potencial Alto: 1 - Potencial Médio: 10 - Potencial Baixo: 2
v)	<ul style="list-style-type: none"> Região de maior potencial de reúso: Indicada ampla região para atendimento das demandas industriais nos municípios de Sapucaia do Sul, São Leopoldo e Esteio. 	<ul style="list-style-type: none"> Região de maior potencial de reúso: Indicada região concentrada no município de Pouso Alegre e parte em Santa Rita do Sapucaí voltada ao atendimento de ambas as demandas (irrigação e indústria).

PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos; PESB - Plano Estadual de Saneamento Básico; PBH - Plano de Bacia Hidrográfica; PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico; LE - Legislação Estadual e LM - Legislação Municipal.

Fonte: elaboração própria.

As bacias apresentam diferenças das características de oferta, demanda e consequente potencial regional de reúso. A G20 apresenta maior número de unidades, qualidade do tratamento mais elevada e proximidade das ETEs, com as unidades classificadas como de “Alto” potencial de reúso com distância entre elas menor que 15 km, além de estarem concentradas em região com maior demanda industrial, o que de certa forma é esperado, uma vez que a bacia contempla municípios da RMPA, os quais são caracterizados por serem adensados e industrializados.

Por outro lado, na GD5 contém ETEs de maior porte totalizando mais volume tratado (indicativo de uma coleta maior também), mas com menor qualidade no tratamento e unidades dispersas no território da bacia hidrográfica, caracterizando assim uma descentralização para a produção e distribuição da água de reúso na GD5.

Um ponto de atenção e em comum entre as áreas de estudo, é em relação a existência de planos, projetos, ações e legislações vinculadas ao reúso de água, em que é perceptível o exíguo número de PMSBs vigentes relacionados e não há legislação municipal que aborde a prática, além da falta de integração entre os instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento.

6.2. Pontos discussão e reflexão sobre potencial de reúso de água

A partir dos resultados e informações elucidadas ao longo do trabalho, se considera importante abordar pontos de discussão e reflexão no tocante a temática de potencial de reúso de água, a saber:

- Nível dos serviços de esgotamento sanitário e potencialidade de reúso de água:

Segundo SNIS (2022), o índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046) é de apenas 51,17% no Brasil. Tendo em vista que o potencial de reúso é diretamente dependente da disponibilidade de esgoto tratado, regiões com baixos índices de coleta e de tratamento podem ter a demanda reprimida para o reúso. A exemplo da G20, na qual contém ETEs de boa qualidade (eficiência) em localidades com alta demanda para a indústria, mas carece de coleta e volume tratado. Outro ponto é o quesito da qualidade do tratamento, segundo ANA (2017a) mais de 50% dos municípios brasileiros possui remoção da carga orgânica de no máximo 30%. Assim, ao passo que a qualidade do tratamento é requisito base, as possibilidades para o reúso podem diminuir, como na bacia hidrográfica estudada GD5, a qual apresenta elevado volume tratado, mas reduzida eficiência no tratamento. Dessa maneira, em vista da universalização do

serviço de esgotamento sanitário, as demandas para o reúso de água podem ser utilizadas como um dos critérios de escolha da tecnologia de tratamento das novas ETEs.

- Potencial de reúso como critério de escolha da tecnologia e alocação de ETEs:

Pelo exposto no item anterior, a qualidade reduzida de tratamento pode suprimir as possibilidades do reúso de água. Além disso, distâncias excessivas das ETEs para os usuários da água de reúso podem inviabilizar os empreendimentos, sendo um dos principais fatores limitantes para a prática. Dessa maneira, a alocação de novas ETEs pode considerar a existência de potenciais usuários, existentes ou projetados, fazendo-se necessária a caracterização das demandas e respectiva qualidade exigida. Assim, se o critério de reúso fosse utilizado para a escolha da tecnologia de tratamento, será que reatores anaeróbios sem pós-tratamento seria admitida sem prazo para a melhoria do sistema? Ou, além de ser verificada a questão da autodepuração dos corpos hídricos, não seria interessante avaliar os possíveis usos da água tratada para se definir a eficiência da tecnologia adotada?

- Centralização x descentralização para a produção e distribuição da água de reúso:

De modo geral, se parte do pressuposto de que o maior potencial de reúso está em regiões metropolitanas, os quais tem como principal solução para o esgotamento sanitário os sistemas centralizados em vista de menor custo *per capita* e ganhos de escala. De fato, os resultados do estudo apontam nessa direção, a exemplo da G20. Por outro lado, são sistemas mais robustos com custos elevados e podem apresentar entraves quanto ao reúso inviabilizando a prática, como questões associadas a logística. Já os sistemas descentralizados podem favorecer a prática de reúso, principalmente pela proximidade entre a unidade de tratamento e os usuários (CEBDS, 2022), a exemplo da GD5, que contém ETEs de pequeno porte espalhadas pela bacia e em municípios menos populosos, mas com altas demandas para irrigação até 15 km de distância das unidades. Dessa maneira, será que no planejamento de implementação do reúso de água, deve-se pensar somente no aproveitamento dos efluentes de grandes ETEs? Não seria interessante considerar a operação integrada de sistemas centralizados e descentralizados, maximizando as possibilidades?

- Potencial de reúso da água como instrumento de gestão sustentável dos recursos hídricos e saneamento:

O planejamento estratégico da gestão dos recursos hídricos ainda é considerado separadamente de questões do saneamento, sem uma abordagem totalmente integrada das estratégias. De fato, não é tarefa trivial identificar as intersecções dos distintos setores e integralizar o planejamento. Um conceito muito interessante nessa linha, é o denominado “*One water*”, que se refere a união entre os departamentos de água e esgoto e pode resultar em

soluções mais ponderadas, racionais e econômicas para o atendimento das necessidades futuras de água (Angelakis *et al.*, 2018). Nesse sentido, estudos de potencial de reúso de água podem ser considerados no planejamento dos recursos hídricos e saneamento, com indicativo de áreas prioritárias, não somente em regiões de escassez hídrica, mas principalmente como estratégia sustentável do recurso.

- Qualidade e acessibilidade das bases de dados sobre recursos hídricos e saneamento:

A disponibilidade e acesso de maneira prática a informações sobre saneamento e recursos hídricos é fator base para estudos que envolvem a temática, ao passo que procedimentos que otimizem a atualização dos dados e ferramentas que facilitem a visualização para o usuário comum e prestados de serviço são essenciais. Nessa linha, destaca-se as bases da ANA (2019, 2017a e 2020) como essências para o desenvolvimento de estudos relacionados a potencial de reúso de água a partir de efluentes tratados. Além disso, a escolha do produto do mestrado (item 5.3) como um painel interativo (*dashboard*) sobre potencial de reúso de água em bacias hidrográficas, visa proporcionar uma ferramenta que facilite a visualização de resultados e fomente a tomada de decisão.

7. Conclusões e sugestões

O objetivo principal do estudo foi o desenvolvimento de metodologia multicritério para avaliação do potencial de reúso de água a partir dos efluente tratados da ETEs, tendo como estudo de caso a bacia do Rio do Sinos (G20) e do Rio Sapucaí (GD5). Pela construção do estudo, pode-se concluir que:

- Baseado em métodos existentes, foi possível estimar o potencial de reúso para as bacias hidrográficas e municípios. A partir de dados secundários, foi realizado o levantamento das ofertas e demandas totalizadas para as localidades, e indicado o quanto é possível atender as demandas com as vazões de oferta separadas em três faixas de eficiência de remoção de DBO (%);
- Para classificar o potencial de reúso das ETEs e indicar em quais regiões das bacias hidrográficas possuem a maior potencialidade, foi necessário realizar o incremento da metodologia incorporando método multicritério de avaliação das unidades. Para tal, se adotou o consolidado AHP com três principais critérios, os quais consideraram a eficiência de remoção de DBO das unidades de tratamento, número de usuários (outorgas) em relação a ETE em conjunto com a capacidade de atendimento das demandas e, por último, região com legislação e instrumentos de gestão relacionados a prática de reúso. Dessa maneira, foi possível categorizar o potencial de reúso para cada ETE e indicar quais regiões das bacias hidrográficas tem a maior potencialidade; e
- A inclusão da avaliação da existência de legislação e instrumentos de gestão dos recursos hídricos e saneamento vinculadas ao reúso de água é inovadora para estudos nessa linha; e
- O estudo apresentou como Produto do mestrado profissional uma ferramenta que facilita a visualização dos resultados e pode auxiliar a tomada de decisão. Por meio de um painel interativo (*dashboard*) possibilita a visualização dinâmica das informações, seja em tabelas, gráficos ou mapas, além de comparativo entre as bacias hidrográficas, municípios e ETEs.

Ressalta-se que, apesar de o estudo apresentar classificação do potencial de reúso para as ETEs e a potencialidade de reúso de água nas bacias hidrográficas, trata se de uma estimativa regional e não da efetiva avaliação do emprego do reúso, e que para essa finalidade, há de se considerar as limitações normativas relacionadas aos padrões de qualidade admissíveis nas resoluções e legislações em linha com as finalidades especificadas e os riscos associados, além de questões de logística e particularidades locais das regiões.

Por fim, diante da metodologia empregada, resultados alcançados e Produto proposto, o estudo pode contribuir para a gestão e planejamento dos recursos hídricos e saneamento, auxiliando gestores na tomada de decisão e podendo ser replicado para demais bacias hidrográficas de interesse.

Quanto as sugestões de melhoria, se propõe:

- Obter dados de monitoramento da qualidade de lançamento dos efluentes das ETEs;
- Aprimorar as estimativas de demandas por usuário com inclusão de outros usos, como mineração e agroindústria;
- Aplicar pesquisa com especialistas para a construção da matriz de avaliação das ETEs, reduzindo a subjetividade na escolha dos critérios e atribuição das importâncias; e
- Incluir estudo de caso para as ETEs com classificação de potencial Alto nas bacias hidrográficas, com inclusão de estimativa de custos para a adequação do tratamento e transporte da água de reúso.

Apêndice A – Informações complementares

Comparativo – custo transporte de caminhão pipa versus tarifa água potável

Na estimativa de custo baseada na metodologia de Araújo *et al.*, (2017), foi feita a comparação dos custos de transporte de água por caminhão pipa segundo SINAPI, com os valores das tarifas da água potável praticadas pelos prestadores de serviço para a categoria industrial e, no caso da irrigação, do custo de sistema de cobrança pelo uso dos recursos hídricos. No cálculo da distância e foi adotada velocidade média do caminhão de 60 km/h e utilizada a equação:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta T} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

V é a velocidade em km/h;

ΔS a distância em km; e

ΔT o tempo em horas ou minutos.

Os custos considerados de transporte por caminhão pipa com capacidade de até 6 m³ são apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 – Custo de transporte caminhão pipa com capacidade de 6 m³.

UF	Cod.	Descrição	Custo
RS	100956	TRANSPORTE COM CAMINHÃO PIPA DE 6 M ³ , (UNIDADE: M3XKM).	R\$4,01
MG	100956	TRANSPORTE COM CAMINHÃO PIPA DE 6 M ³ , (UNIDADE: M3XKM).	R\$3,91

Fonte: SINAPI (2023a e 2023b).

No que tange as tarifas da água para indústria, para a Rio dos Sinos (G20) foi considerada a estrutura tarifária aplicada pela Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (AGESAN-RS), e para a Rio Sapucaí (GD5) o sistema tarifário da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE-MG). Somente o Estado de Minas Gerais possui valor estipulado para cobrança do uso da água. Assim, foi adotado para ambas as bacias hidrográficas o custo apresentado na Deliberação Normativa nº 68 (MINAS GERAIS, 2021). Os valores das tarifas consideradas são apresentados no Quadro 24.

Quadro 24 – Tarifas de água.

Base da tarifa	Categoria	Valor (R\$/m ³)
AGESAN - RS	Industrial	9,03
ARSAE - MG	Industrial*	9,21
Normativa nº 68 - MG	Irrigação	0,0320**

* Industrial para a faixa de consumo entre 10 a 20 m³.

** Preço Público Unitário para derivação, captação ou extração outorgada. Categoria “Demais finalidades”.

Fonte: AGESAN-RS (2022), ARSAE-MG (2022) e MINAS GERAIS (2021).

Por fim, a distância máxima das ETEs ficou estimada em aproximadamente 13,5 km em ambas as bacias hidrográficas considerando a tarifa industrial. No caso da irrigação, considerando o valor cobrado pelo m³ segundo MINAS GERAIS (2021), a distância é menor que 1 km, sendo descartada das análises. Os resultados são apresentados na Tabela 33 para a G20 e na Tabela 34 para a GD5.

Tabela 33 - Comparativo custo de transporte de água por caminhão pipa x tarifa de água categoria industrial – G20

Distância (km)	Tarifa Industrial (R\$/m ³)	Custo de transporte (R\$/m ³)	Relação
10	R\$ 9,03	R\$ 6,68	0,74
11	R\$ 9,03	R\$ 7,35	0,81
12	R\$ 9,03	R\$ 8,02	0,89
13	R\$ 9,03	R\$ 8,69	0,96
13,5	R\$ 9,03	R\$ 9,02	1,00
14	R\$ 9,03	R\$ 9,36	1,04
15	R\$ 9,03	R\$ 10,03	1,11

Fonte: elaboração própria

Tabela 34 - Comparativo custo de transporte de água por caminhão pipa x tarifa de água categoria industrial – GD5

Distância (km)	Tarifa Industrial (R\$/m ³)	Custo de transporte (R\$/m ³)	Relação
10	R\$ 9,22	R\$ 6,52	0,71
11	R\$ 9,22	R\$ 7,17	0,78
12	R\$ 9,22	R\$ 7,82	0,85
13	R\$ 9,22	R\$ 8,47	0,92
13,5	R\$ 9,22	R\$ 8,80	0,95
14	R\$ 9,22	R\$ 9,23	1,01
15	R\$ 9,22	R\$ 9,78	1,06

Fonte: elaboração própria.

Apêndice B – Informações Rio dos Sinos (G20)

Tabela 35 – Informações gerais dos municípios - G20.

Cod. IBGE	Município	População estimada 2021	Área territorial 2021 (km ²)	Densidade demográfica (Hab/km ²)*	PIB Percapita (R\$)
4300877	Araricá	5.840,0	34,85	165,0	35.401,0
4303103	Cachoeirinha	132.144,0	43,69	3.018,5	42.964,7
4303905	Campo Bom	69.981,0	61,07	1.155,2	44.441,8
4304408	Canela	45.957,0	254,97	181,6	27.344,5
4304606	Canoas	349.728,0	131,05	2.674,0	53.031,8
4304689	Capela de Santana	12.183,0	184,37	66,7	19.704,0
4304713	Caraá	8.426,0	294,35	28,6	17.072,6
4306403	Dois Irmãos	33.547,0	65,20	507,4	58.834,7
4307609	Estância Velha	51.292,0	51,91	990,6	30.444,8
4307708	Esteio	83.352,0	27,27	3.011,7	40.124,5
4309100	Gramado	36.864,0	236,80	154,0	55.322,9
4309209	Gravataí	285.564,0	462,07	609,8	37.518,5
4310108	Igrejinha	37.754,0	136,65	273,0	45.828,3
4310801	Ivoti	25.068,0	63,38	397,3	39.652,6
4313060	Nova Hartz	22.147,0	62,45	355,4	32.102,0
4313375	Nova Santa Rita	30.482,0	217,06	139,7	64.097,6
4313409	Novo Hamburgo	247.303,0	223,97	1.111,3	37.575,5
4313508	Osório	46.815,0	664,26	70,5	36.529,9
4314050	Parobé	59.419,0	109,58	546,6	21.730,9
4314803	Portão	38.081,0	160,17	239,1	34.863,8
4315750	Riozinho	4.698,0	236,81	19,6	27.597,3
4316006	Rolante	21.591,0	298,69	72,9	28.069,6
4317608	Santo Antônio da Patrulha	43.397,0	1042,00	41,3	32.496,0
4318200	São Francisco de Paula	21.871,0	3272,18	6,6	36.375,1
4318705	São Leopoldo	240.378,0	102,55	2.333,6	41.037,6
4319505	São Sebastião do Caí	26.161,0	111,60	228,9	29.458,8
4319901	Sapiranga	80.514,0	137,21	590,0	39.772,4
4320008	Sapucaia do Sul	142.508,0	58,69	2.446,6	24.638,8
4321204	Taquara	57.740,0	455,27	127,6	24.375,7
4321709	Três Coroas	28.948,0	185,87	175,1	26.860,5

*Densidades demográficas estimadas considerando a área e população total dos municípios.

Fonte: adaptado de IBGE (2021)

Tabela 36 – Informações dos SNIS - índices de atendimento urbano de esgoto, coleta de esgoto e tratamento de esgoto dos municípios - G20.

Cod. IBGE	Município	IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto	IN015 - Índice de coleta de esgoto	N016 - Índice de tratamento de esgoto	Prestador de serviço
4300877	Araricá	Sem info.	Sem info.	Sem info.	Sem info.
4303103	Cachoeirinha	84%	48%	100%	CORSAN
4303905	Campo Bom	0%	0%	0%	CORSAN
4304408	Canela	21%	14%	100%	CORSAN
4304606	Canoas	52%	34%	100%	CORSAN
4304689	Capela de Santana	-	-	-	CORSAN
4304713	Caraá	-	-	-	Prefeitura Municipal de Caraá - PMC
4306403	Dois Irmãos	0%	0%	0%	CORSAN
4307609	Estância Velha	3%	3%	42%	CORSAN

Cod. IBGE	Município	IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto	IN015 - Índice de coleta de esgoto	N016 - Índice de tratamento de esgoto	Prestador de serviço
4307708	Esteio	39%	17%	100%	CORSAN
4309100	Gramado	37%	28%	70%	CORSAN
4309209	Gravataí	43%	34%	37%	CORSAN
4310108	Igrejinha	3%	2%	0%	CORSAN
4310801	Ivoti	9%	15%	100%	Água de Ivoti - AV
4313060	Nova Hartz	9%	49%	100%	Prefeitura Municipal de Nova Hartz - MNH
4313375	Nova Santa Rita	-	-	-	CORSAN
4313409	Novo Hamburgo	8%	8%	100%	Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo - COMUSA
4313508	Osório	3%	3%	0%	CORSAN
4314050	Parobé	-	-	-	CORSAN
4314803	Portão	-	-	-	CORSAN
4315750	Riozinho	-	-	-	CORSAN
4316006	Rolante	-	-	-	CORSAN
4317608	Santo Antônio da Patrulha	1%	0%	100%	CORSAN
4318200	São Francisco de Paula	0%	0%	0%	CORSAN
4318705	São Leopoldo	17%	12%	100%	Serviço Municipal de Água e Esgotos - SEMAE
4319505	São Sebastião do Caí	-	-	-	CORSAN
4319901	Sapiranga	1%	1%	0%	CORSAN
4320008	Sapucaia do Sul	9%	4%	81%	CORSAN
4321204	Taquara	-	-	-	CORSAN
4321709	Três Coroas	-	-	-	CORSAN
Média	Estado (RS)	39%	30%	79%	-

“Sem info.” município não respondeu ao SNIS.

“-” informações em branco para o respectivo indicador.

CORSAN - Companhia Rio-Grandense de Saneamento.

Fonte: SNIS (2022).

Tabela 37 – Informações das ETEs – G20

Município	Nome ETE	Vazão afluente (L/s)	Tipologia de tratamento	Eficiência remoção DBO(%)	Sistema integrado
Araricá	ETE Rodolfo Dreyer	5,4	Reatores Anaeróbios	68%	Não
Canela	ETE Chacrão	0,8	Processos Simplificados	72%	Não
Canela	ETE Reserva da Serra	1,1	Lodos Ativados	84%	Não
Canela	ETE SESI - Araci Correa	1,5	Processos Simplificados	30%	Não
Estância Velha	ETE Nova Estancia	1,2	Lodos Ativados	36%	Não
Esteio	ETE Moradas de Esteio	4,8	Processos Simplificados	39%	Não
Esteio	ETE Esteio/Sapucaia do Sul	85,1	Tratamento Químico e Biológico	90%	Sim
Igrejinha	ETE COHAB - Igrejinha	3,3	Processos Simplificados	63%	Não

Município	Nome ETE	Vazão afluente (L/s)	Tipologia de tratamento	Eficiência remoção DBO(%)	Sistema integrado
Novo Hamburgo	ETE Jardim da Figueira	0,9	Lodos Ativados	78%	Não
Novo Hamburgo	ETE Morada dos Eucaliptos	10	Reatores Anaeróbios	79%	Não
Novo Hamburgo	ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	6	Lodos Ativados	93%	Não
Novo Hamburgo	ETE Nações Unidas	2	Lodos Ativados	57%	Não
Novo Hamburgo	ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	4,3	Lodos Ativados	91%	Não
Novo Hamburgo	ETE Mundo Novo - Macrófitas	0,8	Lodos Ativados	61%	Não
São Leopoldo	ETE Vicentina	64,2	Reatores Anaeróbios	92%	Não
São Leopoldo	ETE Feitoria	74,4	Sistemas de Lagoas	100%	Não
São Leopoldo	ETE Arroio da Mantega	19,4	Processos Simplificados	35%	Não
Sapiranga	ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	35	Reatores Anaeróbios	72%	Não
Sapucaia do Sul	ETE COHAB - Sapucaia do Sul	7,6	Lodos Ativados	97%	Não
Três Coroas	ETE Vivendas do Arvoredo	3	Lodos Ativados	85%	Não
Três Coroas	ETE São Luiz - Canela	3,6	Processos Simplificados	55%	Não

Fonte: ANA (2017a e 2020).

Tabela 38 – Número de registros e vazão das outorgas concedidas nos raios de distância para cada ETE – G20

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Outorgas			
		Quantidade (un.)	Vazão de Indústria (L/s)	Vazão de Irrigação (L/s)	Vazão outorgada total (L/s)
ETE Arroio da Mantega	0 - 5 km	6	1,8	0,0	1,8
ETE Arroio da Mantega	5 - 10 km	23	9,8	3,7	13,5
ETE Arroio da Mantega	10 - 15 km	26	8,1	2,8	10,9
ETE Arroio da Mantega	Total	55	19,8	6,5	26,3
ETE Chacrão	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE Chacrão	5 - 10 km	1	0,1	0,0	0,1
ETE Chacrão	10 - 15 km	1	0,1	0,0	0,1
ETE Chacrão	Total	2	0,2	0,0	0,2
ETE COHAB - Igrejinha	0 - 5 km	3	1,0	0,0	1,0
ETE COHAB - Igrejinha	5 - 10 km	3	0,6	0,0	0,6
ETE COHAB - Igrejinha	10 - 15 km	9	0,8	1,7	2,5
ETE COHAB - Igrejinha	Total	15	2,5	1,7	4,2
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	0 - 5 km	12	6,5	0,2	6,7
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	5 - 10 km	10	3,7	1,5	5,2
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	10 - 15 km	26	5,5	4,0	9,6
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	Total	48	15,7	5,8	21,5
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	0 - 5 km	42	26,3	2,2	28,4
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	5 - 10 km	48	11,6	6,1	17,6
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	10 - 15 km	6	0,2	0,7	1,0
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	Total	96	38,1	9,0	47,1
ETE Feitoria	0 - 5 km	5	0,5	0,0	0,5
ETE Feitoria	5 - 10 km	18	3,3	3,8	7,0
ETE Feitoria	10 - 15 km	32	14,3	1,3	15,6
ETE Feitoria	Total	55	18,0	5,1	23,2
ETE Jardim da Figueira	0 - 5 km	3	0,2	0,0	0,2
ETE Jardim da Figueira	5 - 10 km	19	3,4	3,8	7,2
ETE Jardim da Figueira	10 - 15 km	24	11,4	0,2	11,6
ETE Jardim da Figueira	Total	46	15,0	4,0	19,0
ETE Morada dos Eucaliptos	0 - 5 km	15	4,1	1,3	5,4
ETE Morada dos Eucaliptos	5 - 10 km	15	3,7	2,7	6,4
ETE Morada dos Eucaliptos	10 - 15 km	17	6,5	1,0	7,5
ETE Morada dos Eucaliptos	Total	47	14,4	4,9	19,3
ETE Moradas de Esteio	0 - 5 km	10	4,7	0,7	5,4
ETE Moradas de Esteio	5 - 10 km	17	7,7	1,3	9,0
ETE Moradas de Esteio	10 - 15 km	4	0,2	1,0	1,2
ETE Moradas de Esteio	Total	31	12,6	3,0	15,6
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	0 - 5 km	17	5,3	2,8	8,0
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	5 - 10 km	18	4,9	2,2	7,1
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	10 - 15 km	18	8,3	0,0	8,3
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	Total	53	18,4	5,0	23,4
ETE Mundo Novo - Macrófitas	0 - 5 km	17	5,3	2,8	8,0
ETE Mundo Novo - Macrófitas	5 - 10 km	18	4,9	2,2	7,1
ETE Mundo Novo - Macrófitas	10 - 15 km	18	8,3	0,0	8,3
ETE Mundo Novo - Macrófitas	Total	53	18,4	5,0	23,4
ETE Nações Unidas	0 - 5 km	9	1,0	2,8	3,8
ETE Nações Unidas	5 - 10 km	23	8,5	1,0	9,5
ETE Nações Unidas	10 - 15 km	25	10,7	1,4	12,0
ETE Nações Unidas	Total	57	20,2	5,1	25,4
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	0 - 5 km	5	0,6	0,0	0,6

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Outorgas			
		Quantidade (un.)	Vazão de Indústria (L/s)	Vazão de Irrigação (L/s)	Vazão outorgada total (L/s)
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	5 - 10 km	19	6,2	0,2	6,4
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	10 - 15 km	21	4,2	3,4	7,6
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	Total	45	11,1	3,6	14,6
ETE Nova Estincia	0 - 5 km	10	5,6	0,0	5,6
ETE Nova Estincia	5 - 10 km	14	3,8	4,2	8,0
ETE Nova Estincia	10 - 15 km	15	3,7	1,0	4,7
ETE Nova Estincia	Total	39	13,1	5,1	18,3
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	0 - 5 km	15	4,3	2,8	7,1
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	5 - 10 km	16	7,0	1,4	8,5
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	10 - 15 km	14	3,6	1,0	4,6
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	Total	45	15,0	5,1	20,2
ETE Reserva da Serra	0 - 5 km	1	0,1	0,0	0,1
ETE Reserva da Serra	5 - 10 km	1	0,1	0,0	0,1
ETE Reserva da Serra	10 - 15 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE Reserva da Serra	Total	2	0,2	0,0	0,2
ETE Rodolfo Dreyer	0 - 5 km	13	1,5	0,8	2,2
ETE Rodolfo Dreyer	5 - 10 km	7	2,8	1,0	3,8
ETE Rodolfo Dreyer	10 - 15 km	7	1,8	0,0	1,8
ETE Rodolfo Dreyer	Total	27	6,1	1,7	7,8
ETE São Luiz - Canela	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE São Luiz - Canela	5 - 10 km	2	0,2	0,0	0,2
ETE São Luiz - Canela	10 - 15 km	2	0,2	0,0	0,2
ETE São Luiz - Canela	Total	4	0,4	0,0	0,4
ETE SESI - Araci Correa	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE SESI - Araci Correa	5 - 10 km	1	0,1	0,0	0,1
ETE SESI - Araci Correa	10 - 15 km	1	0,1	0,0	0,1
ETE SESI - Araci Correa	Total	2	0,2	0,0	0,2
ETE Vicentina	0 - 5 km	7	4,9	1,0	5,9
ETE Vicentina	5 - 10 km	20	4,1	2,6	6,8
ETE Vicentina	10 - 15 km	34	14,6	2,1	16,7
ETE Vicentina	Total	61	23,6	5,7	29,3
ETE Vivendas do Arvoredo	0 - 5 km	1	0,2	0,0	0,2
ETE Vivendas do Arvoredo	5 - 10 km	2	0,1	0,0	0,1
ETE Vivendas do Arvoredo	10 - 15 km	3	0,4	1,0	1,4
ETE Vivendas do Arvoredo	Total	6	0,8	1,0	1,7

Fonte: elaboração própria.

Tabela 39 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância das ETEs e indicação do percentual de atendimento (%) das demandas -- G20

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Oferta		Demanda - outorgas					
				Indústria		Irrigação		Total	
		Eficiência de remoção de DBO (%)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	% de atendimento	Vazão de (L/s)	% de atendimento	Vazão (L/s)	% de atendimento
ETE Arroio da Mantega	0 - 5 km	35%	19,4	1,8	>100%	0,0	0%	1,8	>100%
ETE Arroio da Mantega	5 - 10 km	35%	19,4	9,8	>100%	3,7	>100%	13,5	>100%
ETE Arroio da Mantega	10 - 15 km	35%	19,4	8,1	>100%	2,8	>100%	10,9	>100%
ETE Arroio da Mantega	Total	35%	19,4	19,8	98,1%	6,5	>100%	26,3	74%
ETE Chacrão	0 - 5 km	72%	0,8	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Chacrão	5 - 10 km	72%	0,8	0,1	>100%	0,0	0%	0,1	>100%
ETE Chacrão	10 - 15 km	72%	0,8	0,1	>100%	0,0	0%	0,1	>100%
ETE Chacrão	Total	72%	0,8	0,2	>100%	0,0	0%	0,2	>100%
ETE COHAB - Igrejinha	0 - 5 km	63%	3,3	1,0	>100%	0,0	0%	1,0	>100%
ETE COHAB - Igrejinha	5 - 10 km	63%	3,3	0,6	>100%	0,0	0%	0,6	>100%
ETE COHAB - Igrejinha	10 - 15 km	63%	3,3	0,8	>100%	1,7	>100%	2,5	>100%
ETE COHAB - Igrejinha	Total	63%	3,3	2,5	>100%	1,7	>100%	4,2	79%
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	0 - 5 km	97%	7,6	6,5	>100%	0,2	>100%	6,7	>100%
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	5 - 10 km	97%	7,6	3,7	>100%	1,5	>100%	5,2	>100%
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	10 - 15 km	97%	7,6	5,5	>100%	4,0	>100%	9,6	79%
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	Total	97%	7,6	15,7	48,3%	5,8	>100%	21,5	35%
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	0 - 5 km	90%	85,1	26,3	>100%	2,2	>100%	28,4	>100%
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	5 - 10 km	90%	85,1	11,6	>100%	6,1	>100%	17,6	>100%
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	10 - 15 km	90%	85,1	0,2	>100%	0,7	>100%	1,0	>100%
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	Total	90%	85,1	38,1	>100%	9,0	>100%	47,1	>100%
ETE Feitoria	0 - 5 km	100%	74,4	0,5	>100%	0,0	0%	0,5	>100%
ETE Feitoria	5 - 10 km	100%	74,4	3,3	>100%	3,8	>100%	7,0	>100%
ETE Feitoria	10 - 15 km	100%	74,4	14,3	>100%	1,3	>100%	15,6	>100%
ETE Feitoria	Total	100%	74,4	18,0	>100%	5,1	>100%	23,2	>100%
ETE Jardim da Figueira	0 - 5 km	78%	0,9	0,2	>100%	0,0	0%	0,2	>100%
ETE Jardim da Figueira	5 - 10 km	78%	0,9	3,4	26,7%	3,8	24%	7,2	13%
ETE Jardim da Figueira	10 - 15 km	78%	0,9	11,4	7,9%	0,2	>100%	11,6	8%
ETE Jardim da Figueira	Total	78%	0,9	15,0	6,0%	4,0	23%	19,0	5%
ETE Morada dos Eucaliptos	0 - 5 km	79%	10	4,1	>100%	1,3	>100%	5,4	>100%
ETE Morada dos Eucaliptos	5 - 10 km	79%	10	3,7	>100%	2,7	>100%	6,4	>100%
ETE Morada dos Eucaliptos	10 - 15 km	79%	10	6,5	>100%	1,0	>100%	7,5	>100%

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Oferta		Demanda - outorgas					
				Indústria		Irrigação		Total	
		Eficiência de remoção de DBO (%)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	% de atendimento	Vazão de (L/s)	% de atendimento	Vazão (L/s)	% de atendimento
ETE Morada dos Eucaliptos	Total	79%	10	14,4	69,6%	4,9	>100%	19,3	52%
ETE Moradas de Esteio	0 - 5 km	39%	4,8	4,7	>100%	0,7	>100%	5,4	89%
ETE Moradas de Esteio	5 - 10 km	39%	4,8	7,7	62,3%	1,3	>100%	9,0	53%
ETE Moradas de Esteio	10 - 15 km	39%	4,8	0,2	>100%	1,0	>100%	1,2	>100%
ETE Moradas de Esteio	Total	39%	4,8	12,6	38,0%	3,0	>100%	15,6	31%
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	0 - 5 km	93%	6	5,3	>100%	2,8	>100%	8,0	75%
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	5 - 10 km	93%	6	4,9	>100%	2,2	>100%	7,1	85%
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	10 - 15 km	93%	6	8,3	72,7%	0,0	>100%	8,3	72%
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	Total	93%	6	18,4	32,6%	5,0	>100%	23,4	26%
ETE Mundo Novo - Macrófitas	0 - 5 km	61%	0,8	5,3	15,2%	2,8	29%	8,0	10%
ETE Mundo Novo - Macrófitas	5 - 10 km	61%	0,8	4,9	16,3%	2,2	37%	7,1	11%
ETE Mundo Novo - Macrófitas	10 - 15 km	61%	0,8	8,3	9,7%	0,0	>100%	8,3	10%
ETE Mundo Novo - Macrófitas	Total	61%	0,8	18,4	4,3%	5,0	16%	23,4	3%
ETE Nações Unidas	0 - 5 km	57%	2	1,0	>100%	2,8	72%	3,8	53%
ETE Nações Unidas	5 - 10 km	57%	2	8,5	23,4%	1,0	>100%	9,5	21%
ETE Nações Unidas	10 - 15 km	57%	2	10,7	18,8%	1,4	>100%	12,0	17%
ETE Nações Unidas	Total	57%	2	20,2	9,9%	5,1	39%	25,4	8%
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	0 - 5 km	72%	35	0,6	>100%	0,0	0%	0,6	>100%
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	5 - 10 km	72%	35	6,2	>100%	0,2	>100%	6,4	>100%
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	10 - 15 km	72%	35	4,2	>100%	3,4	>100%	7,6	>100%
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	Total	72%	35	11,1	>100%	3,6	>100%	14,6	>100%
ETE Nova Estancia	0 - 5 km	36%	1,2	5,6	21,6%	0,0	0%	5,6	22%
ETE Nova Estancia	5 - 10 km	36%	1,2	3,8	31,6%	4,2	29%	8,0	15%
ETE Nova Estancia	10 - 15 km	36%	1,2	3,7	32,0%	1,0	>100%	4,7	25%
ETE Nova Estancia	Total	36%	1,2	13,1	9,1%	5,1	23%	18,3	7%
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	0 - 5 km	91%	4,3	4,3	99,3%	2,8	>100%	7,1	60%
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	5 - 10 km	91%	4,3	7,0	61,0%	1,4	>100%	8,5	51%
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	10 - 15 km	91%	4,3	3,6	>100%	1,0	>100%	4,6	94%
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	Total	91%	4,3	15,0	28,6%	5,1	84%	20,2	21%
ETE Reserva da Serra	0 - 5 km	84%	1,1	0,1	>100%	0,0	0%	0,1	>100%
ETE Reserva da Serra	5 - 10 km	84%	1,1	0,1	>100%	0,0	0%	0,1	>100%
ETE Reserva da Serra	10 - 15 km	84%	1,1	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Oferta		Demanda - outorgas					
				Indústria		Irrigação		Total	
		Eficiência de remoção de DBO (%)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	% de atendimento	Vazão de (L/s)	% de atendimento	Vazão (L/s)	% de atendimento
ETE Reserva da Serra	Total	84%	1,1	0,2	>100%	0,0	0%	0,2	>100%
ETE Rodolfo Dreyer	0 - 5 km	68%	5,4	1,5	>100%	0,8	>100%	2,2	>100%
ETE Rodolfo Dreyer	5 - 10 km	68%	5,4	2,8	>100%	1,0	>100%	3,8	>100%
ETE Rodolfo Dreyer	10 - 15 km	68%	5,4	1,8	>100%	0,0	0%	1,8	>100%
ETE Rodolfo Dreyer	Total	68%	5,4	6,1	88,8%	1,7	>100%	7,8	69%
ETE São Luiz - Canela	0 - 5 km	55%	3,6	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE São Luiz - Canela	5 - 10 km	55%	3,6	0,2	>100%	0,0	0%	0,2	>100%
ETE São Luiz - Canela	10 - 15 km	55%	3,6	0,2	>100%	0,0	0%	0,2	>100%
ETE São Luiz - Canela	Total	55%	3,6	0,4	>100%	0,0	0%	0,4	>100%
ETE SESI - Araci Correa	0 - 5 km	30%	1,5	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE SESI - Araci Correa	5 - 10 km	30%	1,5	0,1	>100%	0,0	0%	0,1	>100%
ETE SESI - Araci Correa	10 - 15 km	30%	1,5	0,1	>100%	0,0	0%	0,1	>100%
ETE SESI - Araci Correa	Total	30%	1,5	0,2	>100%	0,0	0%	0,2	>100%
ETE Vicentina	0 - 5 km	92%	64,2	4,9	>100%	1,0	>100%	5,9	>100%
ETE Vicentina	5 - 10 km	92%	64,2	4,1	>100%	2,6	>100%	6,8	>100%
ETE Vicentina	10 - 15 km	92%	64,2	14,6	>100%	2,1	>100%	16,7	>100%
ETE Vicentina	Total	92%	64,2	23,6	>100%	5,7	>100%	29,3	>100%
ETE Vivendas do Arvoredo	0 - 5 km	85%	3	0,2	>100%	0,0	0%	0,2	>100%
ETE Vivendas do Arvoredo	5 - 10 km	85%	3	0,1	>100%	0,0	0%	0,1	>100%
ETE Vivendas do Arvoredo	10 - 15 km	85%	3	0,4	>100%	1,0	>100%	1,4	>100%
ETE Vivendas do Arvoredo	Total	85%	3	0,8	>100%	1,0	>100%	1,7	>100%

Fonte: elaboração própria.

Quadro 25 – Indicação de relação ao reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região de cada ETE – G20

ETE	Plano Estadual de Recursos Hídricos	Plano Estadual de Saneamento Básico	Plano de bacia hidrográfica	Legislação Estadual	Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)	Legislação Municipal
ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Moradas de Esteio	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE COHAB - Sapucaia do Sul	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Esteio/Sapucaia do Sul	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Rodolfo Dreyer	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Mundo Novo - Macrófitas	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Nações Unidas	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Morada dos Eucaliptos	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Nova Estancia	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Arroio da Mantega	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Vicentina	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE COHAB - Igrejinha	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Feitoria	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Jardim da Figueira	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Reserva da Serra	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Vivendas do Arvoredo	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Chacrão	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE SESI - Araci Correa	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE São Luiz - Canela	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não

Fonte: elaboração própria

Tabela 40 – Enquadramento e resultados da matriz de avaliação das ETEs (parte 1) – G20

Critérios	Subcritérios	Peso global	ETE Nellyta Meltzer (Centenário)	ETE Moradas de Esteio	ETE COHAB - Sapucaia do Sul	ETE Esteio/Sapucaia do Sul	ETE Rodolfo Dreyer	ETE Mundo Novo - Lodos Ativados	ETE Mundo Novo - Macrófitas
Eficiência de tratamento	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	0,341		x					x
	Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	0,14	x		x	x	x		
	Faixa 3 – eficiência menor que 60%	0,057						x	
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	0,16	x						x
	Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	0,088	x		x			x	x
	Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	0,049	x	x		x	x		x
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Mais de 50% dos instrumentos	0,104							
	50% dos instrumentos	0,043	x	x	x	x	x	x	x
	Sem instrumentos	0,017							
	Σ pesos		0,480	0,433	0,271	0,232	0,232	0,188	0,681
	Potencial de reúso		Médio	Baixo	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio

Fonte: elaboração própria.

Tabela 41 – Enquadramento e resultados da avaliação das ETEs (parte 2) – G20

Critérios	Subcritérios	Peso global	ETE Nações Unidas	ETE Morada dos Eucaliptos	ETE Parque Residencial Novo Hamburgo	ETE Nova Estancia	ETE Arroio da Mantega	ETE Vicentina	ETE COHAB - Igrejinha
Eficiência de tratamento	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	0,341			x			x	
	Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	0,14		x					x
	Faixa 3 – eficiência menor que 60%	0,057	x			x	x		
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	0,16						x	
	Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	0,088			x	x	x	x	
	Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	0,049	x	x				x	x
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Mais de 50% dos instrumentos	0,104							
	50% dos instrumentos	0,043	x	x	x	x	x	x	x
	Sem instrumentos	0,017							
	Σ pesos		0,149	0,232	0,472	0,188	0,188	0,681	0,232
	Potencial de reúso		Baixo	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Médio

Fonte: elaboração própria.

Tabela 42 – Enquadramento e resultados da avaliação das ETEs (parte 3) – G20

Critérios	Subcritérios	Peso global	ETE Feitoria	ETE Jardim da Figueira	ETE Reserva da Serra	ETE Vivendas do Arvoredo	ETE Chacrão	ETE SESI - Araci Correa	ETE São Luiz - Canela
Eficiência de tratamento	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	0,341	x		x	x			
	Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	0,14		x			x		
	Faixa 3 – eficiência menor que 60%	0,057						x	x
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	0,16	x						
	Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	0,088	x						
	Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	0,049	x	x					
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Mais de 50% dos instrumentos	0,104							
	50% dos instrumentos	0,043	x	x	x	x	x	x	x
	Sem instrumentos	0,017							
	Σ pesos		0,681	0,232	0,384	0,384	0,183	0,100	0,100
	Potencial de reúso		Alto	Médio	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: elaboração própria.

Apêndice C – Informações Rio Sapucaí (GD5)

Tabela 43 – Informações gerais dos municípios - GD5.

Cod. IBGE	Município	População 2021	Área territorial 2021 (km ²)	Densidade Demográfica* (Hab/km ²)	PIB Per capita (R\$)
3108305	Borda da Mata	19.809,0	301,1	65,8	16.582,8
3108909	Brazópolis	14.364,0	367,7	39,1	12.262,5
3109709	Cachoeira de Minas	11.609,0	304,2	38,2	32.334,5
3110509	Camanducaia	21.831,0	528,7	41,3	33.387,5
3110608	Cambuí	30.068,0	244,6	122,9	52.872,6
3113602	Careaçu	6.826,0	181,0	37,7	22.212,9
3114709	Carvalhópolis	3.614,0	81,1	44,6	13.246,5
3117207	Conceição das Pedras	2.814,0	102,2	27,5	14.270,8
3117801	Conceição dos Ouros	11.852,0	180,2	65,8	15.472,9
3117900	Congonhal	12.209,0	205,1	59,5	17.287,5
3118502	Consolação	1.786,0	89,1	20,0	14.574,0
3119005	Cordislândia	3.546,0	179,5	19,8	17.214,4
3119906	Córrego do Bom Jesus	3.685,0	123,7	29,8	10.423,6
3121100	Delfim Moreira	8.007,0	408,5	19,6	12.224,9
3123601	Elói Mendes	28.556,0	499,5	57,2	18.715,2
3124401	Espírito Santo do Dourado	4.728,0	263,9	17,9	18.654,9
3124500	Estiva	11.416,0	243,9	46,8	24.005,1
3127404	Gonçalves	4.360,0	187,4	23,3	15.965,7
3129202	Heliodora	6.623,0	154,0	43,0	14.810,0
3132404	Itajubá	97.782,0	294,8	331,6	32.734,2
3137809	Lambari	20.995,0	213,1	98,5	16.722,4
3139003	Machado	42.682,0	586,0	72,8	23.175,7
3139904	Maria da Fé	14.019,0	202,9	69,1	13.040,5
3140407	Marmelópolis	2.701,0	107,9	25,0	12.454,8
3142601	Monsenhor Paulo	8.764,0	216,5	40,5	19.915,7
3143807	Munhoz	5.960,0	191,6	31,1	16.315,8
3144409	Natércia	4.727,0	188,7	25,0	16.106,2
3146008	Ouro Fino	33.938,0	533,7	63,6	19.859,6
3147204	Paraguaçu	21.693,0	424,3	51,1	23.698,7
3147303	Paraisópolis	21.353,0	331,2	64,5	22.334,7
3147600	Passa Quatro	16.439,0	277,2	59,3	30.581,1
3149101	Pedralva	11.098,0	218,0	50,9	11.618,7
3150901	Piranguçu	5.504,0	203,6	27,0	12.900,4
3151008	Piranguinho	8.683,0	124,8	69,6	13.700,2
3151701	Poço Fundo	16.900,0	474,2	35,6	17.461,6
3152501	Pouso Alegre	154.293,0	542,8	284,3	58.312,8
3159605	Santa Rita do Sapucaí	44.226,0	353,0	125,3	38.141,3
3162005	São Gonçalo do Sapucaí	25.670,0	516,7	49,7	25.557,6
3162302	São João da Mata	2.743,0	120,5	22,8	15.426,8
3163201	São José do Alegre	4.222,0	88,8	47,5	11.833,5
3164407	São Sebastião da Bela Vista	5.598,0	167,4	33,4	81.626,5
3165404	Sapucaí-Mirim	7.045,0	285,1	24,7	16.069,3
3165578	Senador Amaral	5.365,0	151,1	35,5	12.686,0
3165800	Senador José Bento	1.422,0	93,9	15,1	15.029,5
3167400	Silvianópolis	6.258,0	312,2	20,0	19.450,1
3169802	Turvolândia	5.099,0	221,0	23,1	19.820,7
3172202	Wenceslau Braz	2.543,0	102,5	24,8	11.019,4
3171709	Virgínia	8.652,0	326,5	26,5	14.987,9

*As densidades demográficas foram calculadas considerando a área e população total dos municípios.

Fonte: Adaptado de IBGE (2021)

Tabela 44 – Informações dos SNIS - índices de atendimento urbano de esgoto, coleta de esgoto e tratamento de esgoto dos municípios - GD5.

Cod. IBGE	Município	IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto (%)	IN015 - Índice de coleta de esgoto (%)	N016 - Índice de tratamento de esgoto (%)	Prestador de serviço
3108305	Borda da Mata	85%	78%	100%	COPASA
3108909	Brazópolis	97%	100%	0%	COPASA
3109709	Cachoeira de Minas	100%	98%	0%	COPASA
3110509	Camanducaia	74%	57%	89%	COPASA
3110608	Cambuí	100%	79%	2%	Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE
3113602	Caraçu	100%	100%	0%	COPASA
3114709	Carvalhópolis	100%	100%	100%	COPASA
3117207	Conceição das Pedras	100%	20%	0%	Prefeitura Municipal de Conceição das Pedras - PMCP
3117801	Conceição dos Ouros	100%	100%	0%	COPASA
3117900	Congonhal	96%	79%	0%	COPASA
3118502	Consolação	100%	80%	0%	Prefeitura Municipal de Consolação - PMC
3119005	Cordislândia	100%	65%	0%	COPASA
3119906	Córrego do Bom Jesus	43%	43%	0%	Prefeitura Municipal de Córrego do Bom Jesus - PMCBJ
3121100	Delfim Moreira	99%	55%	0%	Prefeitura Municipal de Delfim Moreira - PMDM
3123601	Elói Mendes	97%	99%	0%	Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE
3124401	Espírito Santo do Dourado	100%	81%	0%	Prefeitura Municipal de Espírito Santo do Dourado - PMESD
3124500	Estiva	100%	100%	0%	COPASA
3127404	Gonçalves	42%	33%	100%	COPASA
3129202	Heliodora	99%	100%	0%	COPASA
3132404	Itajubá	85%	73%	100%	COPASA
3137809	Lambari	100%	80%	0%	Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE
3139003	Machado	99%	95%	76%	Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE
3139904	Maria da Fé	91%	100%	0%	COPASA
3140407	Marmelópolis	100%	69%	0%	Prefeitura Municipal de Marmelópolis - PMM
3142601	Monsenhor Paulo	100%	100%	0%	COPASA
3143807	Munhoz	-	-	-	COPASA
3144409	Natércia	74%	61%	0%	COPASA

Cod. IBGE	Município	IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto (%)	IN015 - Índice de coleta de esgoto (%)	N016 - Índice de tratamento de esgoto (%)	Prestador de serviço
3146008	Ouro Fino	100%	80%	0%	Departamento Municipal Autônomo de Água e Esgoto - DMAAE
3147204	Paraguaçu	100%	78%	100%	Concessionária de Saneamento Básico Ltda - COSÁGUA
3147303	Paraisópolis	99%	87%	0%	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Paraisópolis - SAAE
3147600	Passa Quatro	100%	90%	0%	Sem info.
3149101	Pedralva	90%	70%	100%	COPASA
3150901	Piranguçu	99%	37%	0%	COPASA
3151008	Piranguinho	100%	52%	0%	COPASA
3151701	Poço Fundo	-	-	-	COPASA
3152501	Pouso Alegre	95%	78%	99%	COPASA
3159605	Santa Rita do Sapucaí	94%	75%	100%	COPASA
3162005	São Gonçalo do Sapucaí	95%	100%	3%	COPASA
3162302	São João da Mata	58%	100%	0%	Prefeitura Municipal de São João da Mata - PMSJ
3163201	São José do Alegre	100%	100%	0%	COPASA
3164407	São Sebastião da Bela Vista	Sem info.	Sem info.	Sem info.	Prefeitura Municipal de São Sebastião da Bela Vista - PMSSBV
3165404	Sapucaí-Mirim	85%	67%	0%	COPASA
3165578	Senador Amaral	100%	87%	0%	COPASA
3165800	Senador José Bento	100%	100%	0%	Prefeitura Municipal de Senador José Bento - PMSJB
3167400	Silvianópolis	100%	31%	0%	Prefeitura Municipal de Silvianópolis - PMS
3169802	Turvolândia	-	-	-	COPASA
3172202	Wenceslau Braz	-	-	-	COPASA
3171709	Virgínia	Sem info.	Sem info.	Sem info.	Sem info.
Média	Estado (MG)	83%	66%	58%	-

“Sem info.” município não respondeu ao SNIS e “-” informações em branco para o respectivo indicador.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

Fonte: SNIS (2022).

Tabela 45 – Informações das ETEs – GD5

Município	Nome ETE	Vazão afluente (L/s)	Tipologia de tratamento	Eficiência remoção DBO (%)	Sistema integrado
Borda da Mata	ETE No 5	0,3	Processos Simplificados	71%	NÃO
Borda da Mata	ETE Principal de Borda da Mata	14	Reatores Anaeróbios	85%	NÃO
Borda da Mata	ETE Nova - Borda da Mata	4	Reatores Anaeróbios	80%	NÃO
Cambuí	ETE Sede	34,5	Reatores Anaeróbios	60%	NÃO
Carvalhópolis	ETE Carvalhópolis	6,4	Reatores Anaeróbios	73%	NÃO
Elói Mendes	ETE Elói Mendes	0,1	Reatores Anaeróbios	78%	NÃO
Gonçalves	ETE Gonçalves - Sede	1,6	Reatores Anaeróbios	87%	NÃO
Itajubá	ETE Sapucaí	115	Reatores Anaeróbios	65%	NÃO
Paraguaçu	ETE Paraguaçu	23	Reatores Anaeróbios	78%	NÃO
Pedralva	ETE Pedralva	7	Reatores Anaeróbios	89%	NÃO
Pouso Alegre	ETE Sapucaí Mirim	155	Reatores Anaeróbios	71%	NÃO
Pouso Alegre	ETE Cidade Jardim	18	Reatores Anaeróbios	65%	NÃO
Santa Rita do Sapucaí	ETE Santa Rita do Sapucaí	42,5	Reatores Anaeróbios	65%	NÃO

Fonte: ANA (2017a e 2020).

Tabela 46 – Número de registros e vazão das outorgas concedidas nos raios de distância de cada ETE – GD5

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Outorgas			Vazão outorgada total (L/s)
		Quantidade (un.)	Vazão de Indústria (L/s)	Vazão de Irrigação (L/s)	
ETE Carvalhópolis	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE Carvalhópolis	5 - 10 km	2	0,0	0,0	0,0
ETE Carvalhópolis	10 - 15 km	8	0,0	72,3	72,3
ETE Carvalhópolis	Total	10	0,0	72,3	72,3
ETE Cidade Jardim	0 - 5 km	6	0,0	18,9	18,9
ETE Cidade Jardim	5 - 10 km	14	62,5	7,0	69,5
ETE Cidade Jardim	10 - 15 km	32	1,8	68,9	70,7
ETE Cidade Jardim	Total	52	64,3	94,8	159,1
ETE Elói Mendes	0 - 5 km	3	0,0	0,0	0,0
ETE Elói Mendes	5 - 10 km	8	0,0	2,8	2,8
ETE Elói Mendes	10 - 15 km	25	0,0	61,1	61,1
ETE Elói Mendes	Total	36	0,0	63,9	63,9
ETE Gonçalves - Sede	0 - 5 km	2	0,0	1,2	1,2
ETE Gonçalves - Sede	5 - 10 km	2	0,0	0,2	0,2
ETE Gonçalves - Sede	10 - 15 km	1	1,1	0,0	1,1
ETE Gonçalves - Sede	Total	5	1,1	1,3	2,4
ETE No 5	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE No 5	5 - 10 km	1	0,0	0,1	0,1
ETE No 5	10 - 15 km	5	0,0	1,0	1,0
ETE No 5	Total	6	0,0	1,1	1,1
ETE Nova - Borda da Mata	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE Nova - Borda da Mata	5 - 10 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE Nova - Borda da Mata	10 - 15 km	6	0,0	1,1	1,1
ETE Nova - Borda da Mata	Total	6	0,0	1,1	1,1
ETE Paraguaçu	0 - 5 km	3	0,0	25,6	25,6
ETE Paraguaçu	5 - 10 km	5	0,0	3,1	3,1
ETE Paraguaçu	10 - 15 km	10	0,0	2,0	2,0
ETE Paraguaçu	Total	18	0,0	30,6	30,6
ETE Pedralva	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE Pedralva	5 - 10 km	0	0,0	0,0	0,0

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Outorgas			
		Quantidade (un.)	Vazão de Indústria (L/s)	Vazão de Irrigação (L/s)	Vazão outorgada total (L/s)
ETE Pedralva	10 - 15 km	4	0,0	0,6	0,6
ETE Pedralva	Total	4	0,0	0,6	0,6
ETE Principal de Borda da Mata	0 - 5 km	0	0,0	0,0	0,0
ETE Principal de Borda da Mata	5 - 10 km	1	0,0	0,1	0,1
ETE Principal de Borda da Mata	10 - 15 km	8	0,0	1,2	1,2
ETE Principal de Borda da Mata	Total	9	0,0	1,3	1,3
ETE Santa Rita do Sapucaí	0 - 5 km	1	0,0	0,0	0,0
ETE Santa Rita do Sapucaí	5 - 10 km	8	1,8	6,1	7,9
ETE Santa Rita do Sapucaí	10 - 15 km	16	0,0	31,9	31,9
ETE Santa Rita do Sapucaí	Total	25	1,8	38,0	39,8
ETE Sapucaí	0 - 5 km	7	113,3	0,0	113,3
ETE Sapucaí	5 - 10 km	6	27,8	2,3	30,1
ETE Sapucaí	10 - 15 km	4	0,0	22,3	22,3
ETE Sapucaí	Total	17	141,1	24,7	165,8
ETE Sapucaí Mirim	0 - 5 km	1	0,0	1,9	1,9
ETE Sapucaí Mirim	5 - 10 km	23	62,5	22,8	85,3
ETE Sapucaí Mirim	10 - 15 km	24	1,8	55,9	57,7
ETE Sapucaí Mirim	Total	48	64,3	80,6	144,9
ETE Sede	0 - 5 km	1	0,0	1,2	1,2
ETE Sede	5 - 10 km	2	0,0	0,4	0,4
ETE Sede	10 - 15 km	3	0,0	0,2	0,2
ETE Sede	Total	6	0,0	1,8	1,8

Fonte: elaboração própria.

Tabela 47 – Informações de oferta, demanda por tipologia nos raios de distância das ETEs e indicação do percentual de atendimento (%) das demandas – GD5

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Oferta		Demanda - outorgas					
				Indústria		Irrigação		Total	
		Eficiência de remoção de DBO (%)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	% de atendimento	Vazão de (L/s)	% de atendimento	Vazão (L/s)	% de atendimento
ETE Carvalhópolis	0 - 5 km	73%	3	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Carvalhópolis	5 - 10 km	73%	3	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Carvalhópolis	10 - 15 km	73%	3	0,0	0,0%	72,3	4%	72,3	4%
ETE Carvalhópolis	Total	73%	3	0,0	0,0%	72,3	4%	72,3	4%
ETE Cidade Jardim	0 - 5 km	65%	64,2	0,0	0,0%	18,9	>100%	18,9	>100%
ETE Cidade Jardim	5 - 10 km	65%	64,2	62,5	>100%	7,0	>100%	69,5	92%
ETE Cidade Jardim	10 - 15 km	65%	64,2	1,8	>100%	68,9	93%	70,7	91%
ETE Cidade Jardim	Total	65%	64,2	64,3	99,8%	94,8	68%	159,1	40%
ETE Elói Mendes	0 - 5 km	78%	3	0,0	0,0%	0,0	>100%	0,0	>100%
ETE Elói Mendes	5 - 10 km	78%	3	0,0	0,0%	2,8	>100%	2,8	>100%
ETE Elói Mendes	10 - 15 km	78%	3	0,0	0,0%	61,1	5%	61,1	5%
ETE Elói Mendes	Total	78%	3	0,0	0,0%	63,9	5%	63,9	5%
ETE Gonçalves - Sede	0 - 5 km	87%	64,2	0,0	0,0%	1,2	>100%	1,2	>100%
ETE Gonçalves - Sede	5 - 10 km	87%	64,2	0,0	0,0%	0,2	>100%	0,2	>100%
ETE Gonçalves - Sede	10 - 15 km	87%	64,2	1,1	>100%	0,0	0%	1,1	>100%
ETE Gonçalves - Sede	Total	87%	64,2	1,1	>100%	1,3	>100%	2,4	>100%
ETE No 5	0 - 5 km	71%	3	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE No 5	5 - 10 km	71%	3	0,0	0,0%	0,1	>100%	0,1	>100%
ETE No 5	10 - 15 km	71%	3	0,0	0,0%	1,0	>100%	1,0	>100%
ETE No 5	Total	71%	3	0,0	0,0%	1,1	>100%	1,1	>100%
ETE Nova - Borda da Mata	0 - 5 km	80%	64,2	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Nova - Borda da Mata	5 - 10 km	80%	64,2	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Nova - Borda da Mata	10 - 15 km	80%	64,2	0,0	0,0%	1,1	>100%	1,1	>100%
ETE Nova - Borda da Mata	Total	80%	64,2	0,0	0,0%	1,1	>100%	1,1	>100%
ETE Paranguaçu	0 - 5 km	78%	3	0,0	0,0%	25,6	12%	25,6	12%
ETE Paranguaçu	5 - 10 km	78%	3	0,0	0,0%	3,1	97%	3,1	97%
ETE Paranguaçu	10 - 15 km	78%	3	0,0	0,0%	2,0	>100%	2,0	>100%
ETE Paranguaçu	Total	78%	3	0,0	0,0%	30,6	10%	30,6	10%
ETE Pedralva	0 - 5 km	89%	64,2	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Pedralva	5 - 10 km	89%	64,2	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Pedralva	10 - 15 km	89%	64,2	0,0	0,0%	0,6	>100%	0,6	>100%

Nome ETE	Raio de distância da ETE	Oferta		Demanda - outorgas					
		Eficiência de remoção de DBO (%)	Vazão (L/s)	Indústria		Irrigação		Total	
				Vazão (L/s)	% de atendimento	Vazão de (L/s)	% de atendimento	Vazão (L/s)	% de atendimento
ETE Pedralva	Total	89%	64,2	0,0	0,0%	0,6	>100%	0,6	>100%
ETE Principal de Borda da Mata	0 - 5 km	85%	3	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Principal de Borda da Mata	5 - 10 km	85%	3	0,0	0,0%	0,1	>100%	0,1	>100%
ETE Principal de Borda da Mata	10 - 15 km	85%	3	0,0	0,0%	1,2	>100%	1,2	>100%
ETE Principal de Borda da Mata	Total	85%	3	0,0	0,0%	1,3	>100%	1,3	>100%
ETE Santa Rita do Sapucaí	0 - 5 km	65%	64,2	0,0	0,0%	0,0	0%	0,0	0%
ETE Santa Rita do Sapucaí	5 - 10 km	65%	64,2	1,8	>100%	6,1	>100%	7,9	>100%
ETE Santa Rita do Sapucaí	10 - 15 km	65%	64,2	0,0	0,0%	31,9	>100%	31,9	>100%
ETE Santa Rita do Sapucaí	Total	65%	64,2	1,8	>100%	38,0	>100%	39,8	>100%
ETE Sapucaí	0 - 5 km	65%	3	113,3	2,6%	0,0	0%	113,3	3%
ETE Sapucaí	5 - 10 km	65%	3	27,8	10,8%	2,3	>100%	30,1	10%
ETE Sapucaí	10 - 15 km	65%	3	0,0	0,0%	22,3	13%	22,3	13%
ETE Sapucaí	Total	65%	3	141,1	2,1%	24,7	12%	165,8	2%
ETE Sapucaí Mirim	0 - 5 km	71%	64,2	0,0	0,0%	1,9	>100%	1,9	>100%
ETE Sapucaí Mirim	5 - 10 km	71%	64,2	62,5	>100%	22,8	>100%	85,3	75%
ETE Sapucaí Mirim	10 - 15 km	71%	64,2	1,8	>100%	55,9	>100%	57,7	>100%
ETE Sapucaí Mirim	Total	71%	64,2	64,3	99,8%	80,6	80%	144,9	44%
ETE Sede	0 - 5 km	60%	3	0,0	0,0%	1,2	>100%	1,2	>100%
ETE Sede	5 - 10 km	60%	3	0,0	0,0%	0,4	>100%	0,4	>100%
ETE Sede	10 - 15 km	60%	3	0,0	0,0%	0,2	>100%	0,2	>100%
ETE Sede	Total	60%	3	0,0	0,0%	1,8	>100%	1,8	>100%

Fonte: elaboração própria.

Quadro 26 – Indicação de relação ao reúso de água nas legislações e instrumentos de gestão para a região de cada ETE – GD5

ETE	Plano Estadual de Recursos Hídricos	Plano Estadual de Saneamento Básico	Plano de bacia hidrográfica	Legislação Estadual	Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)	Legislação Municipal
ETE Sapucaí Mirim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
ETE Elói Mendes	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Gonçalves - Sede	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Sede	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Sapucaí	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Pedralva	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE No 5	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Nova - Borda da Mata	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Principal de Borda da Mata	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Cidade Jardim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
ETE Santa Rita do Sapucaí	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Carvalhópolis	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
ETE Paraguaçu	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não

Fonte: elaboração própria

Tabela 48 – Enquadramento e resultados da matriz de avaliação das ETEs (parte 1) – GD5

Critérios	Subcritérios	Peso global	ETE Sapucaí Mirim	ETE Elói Mendes	ETE Gonçalves - Sede	ETE Sede	ETE Sapucaí	ETE Pedralva	ETE No 5
Eficiência de tratamento	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	0,341			x			x	
	Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	0,14	x	x			x		x
	Faixa 3 – eficiência menor que 60%	0,057				x			
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	0,16	x				x		
	Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	0,088	x						
	Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	0,049	x	x					
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Mais de 50% dos instrumentos	0,104	x						
	50% dos instrumentos	0,043		x	x	x	x	x	x
	Sem instrumentos	0,017							
		Σ pesos	0,541	0,232	0,384	0,100	0,343	0,384	0,183
		Potencial de reúso	Alto	Médio	Médio	Baixo	Médio	Médio	Baixo

Fonte: elaboração própria.

Tabela 49 – Enquadramento e resultados da matriz de avaliação das ETEs (parte 2) – GD5

Critérios	Subcritérios	Peso global	ETE Nova - Borda da Mata	ETE Principal de Borda da Mata	ETE Cidade Jardim	ETE Santa Rita do Sapucaí	ETE Carvalhópolis	ETE Paraguaçu
Eficiência de tratamento	Faixa 1 – eficiência maior que 80%	0,341	x	x				
	Faixa 2 – eficiência entre 60% e 80%	0,14			x	x	x	x
	Faixa 3 – eficiência menor que 60%	0,057						
Número de usuários em relação a ETE e atendimento das demandas	Maior % da vazão no raio de 0 – 5 km	0,16				x		x
	Maior % da vazão no raio de 5 – 10 km	0,088				x		
	Maior % da vazão no raio de 10 – 15 km	0,049			x	x	x	
Região com instrumentos de gestão relacionados ao reúso de água	Mais de 50% dos instrumentos	0,104			x			
	50% dos instrumentos	0,043	x	x		x	x	x
	Sem instrumentos	0,017						
		Σ pesos	0,384	0,384	0,293	0,480	0,232	0,343
		Potencial de reúso	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio

Fonte: elaboração própria.

Referências

- AGESAN-RS. Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento. **Estrutura tarifária**. Rio Grande do Sul. AGESAN, 2023. Disponível em: <https://www.corsan.com.br/upload/arquivos/202207/01113823-agesan-2022-2023-tabela-tarifaria.pdf>. Acesso em 05 fev. 2023.
- ALMEIDA, GIOVANA, JOSÉ VIEIRA, ALFEU SÁ MARQUES, ASHER KIPERSTOK, AND ALBERTO CARDOSO. "Estimating the Potential Water Reuse Based on Fuzzy Reasoning." **Journal of Environmental Management** 128 (2013): 883-92.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas esgotos: despolição de bacias hidrográficas**. Brasília, DF. ANA, 2017a. Disponível em <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em 05 jul. 2022.
- _____. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. Brasília, DF: ANA, 2017b. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua/aguanaindustria_usoeficientestecnicos.pdf. Acesso em 02 jul. 2022.
- _____. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília, DF. ANA, 2019. Disponível em <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>. Acesso em 02 jul. 2022.
- _____. **Atlas esgotos: atualização da base de dados de estações de tratamento de esgotos no Brasil**. Brasília, DF. ANA, 2020. Disponível em <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01>. Acesso em 05 jul. 2022.
- _____. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: ANA, 2021a. Disponível em <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0>. Acesso em 02 jul. 2022.
- _____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil**. Brasília, DF. ANA, 2021b. Disponível em <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>. Acesso em 02 jul. 2022.
- _____. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília, DF: ANA, 2021c. Disponível em <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>. Acesso em 02 ago. 2022.

_____. **Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UEPGRH)**, ANA, 2014. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/b0dd7cfd-5c47-410d-bae9-3df6e9a6dfef>. Acesso em 03 dez. 2022

_____. **Outorgas Emitidas**. ANA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/outorga/outorgas-emitidas>. Acesso em 01 mar. 2023.

ANGELAKIS, A. N.; ASANO, T.; BAHRI, A.; JIMENEZ, B. E.; TCHOBANOGLOUS G. Water Reuse: From ancient to modern times and the future. **Frontiers Environmental Science**, v.6, n. 26, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2018.00026/full>. Acesso em 03 jan. de 2024.

AQUAPOLO. Informações sobre a produção de água de reuso, [s.d.]. São Paulo. Disponível em <http://www.aquapolo.com.br/processo-producao/>. Acesso em 14 de nov. 2022.

ARAÚJO, B. M.; SANTOS, A. S. P.; SOUZA, F. P. Comparativo econômico entre o custo estimado do reuso do efluente de ETE para fins industriais não potáveis e o valor da água potável para a região sudeste do Brasil. **Perspectiva Online: exatas & eng.**, Campos dos Goytacazes, 17 (07) 51 – 61 – 2017. Disponível em https://ojs3.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/index. Acesso em 11 de ago. 2022.

ARAÚJO, B. M.; PEREIRA SANTOS, A.; ARAÚJO DE MENDONÇA LIMA, M.; RODRIGUES AYRIMORAES SOARES, S.; ALBERTO PERDIGÃO, C.; CARVALHO DE MELO, M. Avaliação do potencial de reuso de efluentes de ETE em áreas irrigadas da bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu com vistas a universalização. **Revista Augustus**, v. 24, n. 49, p. 179-191, 17 dez. 2019. Disponível em: <https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/469>. Acesso em 03 mai. 2023.

ARSAE-MG. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. **Resolução nº 173, de 24 de novembro de 2022**. ARSAE, 2023. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/tarifas/>. Acesso em 03 mar. 2023.

ASANO, T. Water from (waste) water – the dependable water resource. **Water Science and Technology**. IWA Publishing. v. 45. n 8. p 23-33 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro. ABNT, 2009.

_____. **NBR 16782: Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes**. Rio de Janeiro. ABNT, 2019a.

_____. **NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações**. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. ABNT, 2019b.

BAHIA. O CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CONERH. **Resolução nº. 75, de 29 de julho de 2010**. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/RESOLU%C3%87%C3%83O%20n%C2%BA%2075.pdf>. Acesso em 08 de out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.026, 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as Leis nº 9.984/2020, nº 10.768/2003, nº 11.107/2005, nº 11.445/2007, nº 12.305/2010, nº 13.089/2015, nº 13.5029/2017. Diário Oficial da União, Brasília, 15 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em 25 out. 2021.

CDP. **Global Water Report 2020**. A wave of change - The role of companies in building a water-secure world. CDP, 2020. Disponível em: <https://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2020>. Acesso em 25 out. 2021.

CEARÁ. SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução COEMA nº02, de 02 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as portarias. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2019/09/COEMA-02-2017.pdf>. Acesso em 08 de out. 2022.

CEBDS. Conselho Empresarial para o desenvolvimento Sustentável. **Água de Reúso: Oportunidades e Riscos para o Setor Empresarial**. CEBDS, 2022. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/agua-de-reuso-oportunidades-e-riscos-para-o-setor-empresarial/#.ZAT4FBXMI2w>. Acesso em 21 out. 2022.

COMITESINOS. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, 2013. Disponível em <http://www.comitesinos.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>. Acesso em 03 nov. 2021.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. 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. Brasília, DF, 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 05 jan. 2023

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (Brasil). **Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial**. Brasília, DF: CNI, 2017. 44 p. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/50/2b/502b9bab-e4e9-458d-a19c-743ce08b021a/reuso_de_efluentes_1_1.pdf. Acesso em: 20 jun. 2022.

_____. **Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no estado do Rio de Janeiro**, Brasília, DF: CNI, 2019a. 105 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/8/reuso-de-efluentes-para-abastecimento-industrial-avaliacao-da-oferta-e-da-demanda-no-estado-do-rio-de-janeiro/>. Acesso em 20 jul. 2022.

_____. **Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no estado da Paraíba** Brasília, DF: CNI, 2019b. 98 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2020/10/reuso-de-efluentes-para-abastecimento-industrial-avaliacao-da-oferta-e-da-demanda-no-estado-da-paraiba/>. Acesso em 20 jul. 2022.

_____. **Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no estado de Pernambuco**. Brasília, DF: CNI, 2019c. 122 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/3/reuso-de-efluentes-para-abastecimento-industrial-avaliacao-da-oferta-e-da-demanda-no-estado-de-pernambuco/>. Acesso em 20 jul. 2022.

____. **Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no estado do Ceará.** Brasília, DF: CNI, 2019d. 14 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/3/reuso-de-efluentes-para-abastecimento-industrial/>. Acesso em 20 jun. 2022.

____. **Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no estado do Espírito Santo.** Brasília, DF: CNI, 2019d. 100 p. <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/10/reuso-de-efluentes-para-abastecimento-industrial-avaliacao-da-oferta-da-oferta-e-da-demanda-no-estado-do-espírito-santo/>. Acesso em 20 jun. 2022.

____. **Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no estado do Rio Grande do Norte.** Brasília, DF: CNI, 2019e. 106 p. <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/3/reuso-de-efluentes-para-abastecimento-industrial-avaliacao-da-oferta-e-da-demanda-no-estado-do-rio-grande-do-norte/>. Acesso em 20 jun. 2022.

____. **Reúso de efluentes para abastecimento industrial: avaliação da oferta e da demanda no Estado do Maranhão,** Brasília, DF: CNI, 2020. 125 p. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2021/3/reuso-de-efluentes-para-abastecimento-industrial-avaliacao-da-oferta-e-da-demanda-no-estado-do-maranhao-2052/>. Acesso em 20 jul. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução n° 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. CNRH, 2005. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução n° 121, de 16 de dezembro de 2010.** Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005. CNRH, 2010. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20121.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

CRUVINEL, K. A. da S.; MACIEL, L. A.; MACIEL, H. A.; JUNIOR, K. J. da S.; GONÇALVES, R. F. Reúso de água a partir de efluentes de estações de tratamento de esgotos para irrigação de pastagens na bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 126–140, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43856>. Acesso em: 7 jun. 2022.

ELLIS, SEAN F.; SAVCHENKO, OLESYA M.; MESSER, KENT D. What's in a Name? Branding Reclaimed **Water**. **Environmental Research** **172** (2019): 384-93.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO S.A. (EMBASA). **Estudo de avaliação das potencialidades de reúso de efluentes sanitário tratado no Estado da Bahia**. Salvador, 2021. Disponível em: <https://www.embasa.ba.gov.br/index.php/conteudo-multimedia/publicacoes/livros/3547-estudo-de-avaliacao-das-potencialidades-de-reuso-de-efluentes-sanitario-tratado-no-estado-da-bahia>. Acesso em 13 mai. 2022.

FARIA, A. A. de. **Análise do potencial de reúso de água para fins não potáveis a partir do efluente tratado de Estações de Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2020. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – Rio Grande do Sul. **Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 2011 Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp. Acesso em 01 nov. 2021.

FUKASAWA, B. N. **Proposta de elementos de suporte à decisão no planejamento de reúso de água**. São Paulo, 2021. 221 p. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-27032021-114711/es.php>. Acesso em 14 abr. 2022

GASS, S. I.; RAPSCÁK, T. Singular value decomposition in AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 154, n. 3, p. 573-584, 2004.

GUAN, Y. K.; S. TOH. From zero to hero: NEWater wins public confidence in Singapore. **In Water sensitive cities**, edited by C. Howe and C. Mitchell, 2012, 139–146. London: IWA Publishing.

GUO, T. *et al.*, Review of cost versus scale: Water and Wastewater treatment and reuse processes. **Water Science and technology.**, v. 69, n. 2, p. 223-234, 2014.

HESPANHOL, I. Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. **Revista USP**, [S. l.], n. 106, p. 79- 94, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/109120>. Acesso em: 3 set. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)**. IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/metodos-e-classificacoes/classificacoes-e-listas-estatisticas/9078-classificacao-nacional-de-atividades-economicas.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 09 jun. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 12 jun. 2022.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí – Compatibilização**. Minas Gerais. IGAM, 2010. Disponível em <https://www.cbhsapucaia.org.br/>. Acesso em 08 abr. 2022.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Mapas e Bases Cartográficas**. IGAM, 2021. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/mapas-e-bases-cartograficas>. Acesso em 09 jun. 2022.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Consulta de decisão de outorgas de direito de uso**. IGAM, 2023. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/outorga/-consulta-de-decisao-de-outorgas-de-direito-de-uso>. Acesso em 07 fev. 2023.

Infosanbas. **Informações contextualizadas sobre saneamento no Brasil**. Departamento de Engenharia de Saúde Pública (DENSP) - FUNASA, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) - UFMG e Cooperativa EITA. 2023. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/>. Acesso em: 07 nov. de 2023.

IRdA. Instituto Reúso de Água. **Porcentagem de reúso de água no mundo**. Produção de Dados, 2023. Disponível em: <https://reusodeagua.org/producao-de-dados/?v=19d3326f3137>. Acesso em: 10 jan. de 2024

KOG, YUE CHOONG. Water Reclamation and Reuse in Singapore. **Journal of Environmental Engineering** (New York, N.Y.), 2020, Vol.146 (4). Web.

LAURINDO e LOURES. Aplicação de métodos multicritérios para apoio na tomada de decisão de investimentos em serviços tecnológicos oferecidos para a indústria nacional. **XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. “A Engenharia de Produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil”. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018.

LAUTZE, J. *et al.*, **Global experiences in water reuse**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2014. Disponível em: https://www.iwmi.cgiar.org/Publications/wle/rrr/resource_recovery_and_reuse-series_4.pdf. Acesso em 14 de nov. de 2022.

Leis Municipais. Plataforma de gerenciamento e consulta de leis da América Latina. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/sistema-leis>. Acesso em: 08 abr. de 2022.

LIMA, M.; DE ARAUJO B. M.; SOARES, S. R. A.; SANTOS, A. S. P. VIEIRA, J. M. P. Water reuse potential for irrigation in Brazilian hydrographic regions. **Water Supply**, 2021. Disponível em: <https://iwaponline.com/ws/article/21/6/2799/77798/Water-reuse-potential-for-irrigation-in-Brazilian>. Acesso em 14 de set. de 2022.

MANCUSO et al., **Reúso de água potável como estratégia para a escassez**. Santana de Parnaíba, São Paulo: Manole – 1 edição, 2021.

MCIDADES – MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa de Desenvolvimento do Setor Águas. Elaboração de proposta de plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. **Produto I – Plano de Trabalho Ajustado**. Brasília: MMA/MCidades, 2016. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSN/SA/interaguas/reuso/produto1_plano_de_trabalho.pdf. Acesso em 07 nov. 2021.

_____. Programa de Desenvolvimento do Setor Águas – Interáguas. Elaboração de proposta de plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. **Produto III – Critérios de qualidade de água**. Brasília: MMA/MCidades, 2017a.

_____. Programa de Desenvolvimento do Setor Águas – Interáguas. Elaboração de proposta de plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil.

Produto IV – Avaliação do Potencial de Reúso. Brasília: MMA/MCidades, 2017b. Disponível em <https://antigo.mdr.gov.br/saneamento/projeto-interaguas/projeto-reuso>. Acesso em 20 out. 2021.

MEJIA M.; MELO M. C.; SANTOS A. S. P. **Reuso.** Águas do Brasil, 2020. Disponível em: <https://aguasdobrasil.org/artigo/reuso/> . Acesso em 05 fev. 2023.

MELO, M. C.; SANTOS, A. S. P.; SANTOS, N. A. P.; ARAUJO, B. M.; OLIVEIRA, J. R. S.; CAMPOS, A. R. Evaluation of potential use of domestic treated effluents or irrigation in areas subject to conflicts over water use in Paracatu River Basin. **Caminhos da Geografia (UFU. Online)**, v. 21, p. 52-63, 2020. Disponível em <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/50442>. Acesso em 27 de out. 2021.

MELO, M. C. de; DA FONSECA, M.; CASTRO, L. A.; RIBEIRO, R. B.; MACHADO, F. L. V. AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO POTENCIAL DE REÚSO NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 141 - 157, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43743>. Acesso em: 7 jun. 2022.

METCALF & EDDY. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos.** Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. - 5 ed. - Porto Alegre : AMGH, 2016.

MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CERH. **Deliberação Normativa 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. CERH, 2020. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>. Acesso em 08 de out. 2022.

MINAS GERAIS. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CERH. **Deliberação Normativa nº 68, de 22 de Março de 2021.** Estabelece critérios e normas gerais sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (CRH) em bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53592>. Acesso em 03 de mar. 2023.

MORUZZI, R. B. Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. **OLAM - Ciência & Tecnologia**, Rio Claro, SP, Brasil – Vol. 8, N.3, P. 271, 2008. ISSN: 1982- 7784. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/109120>. Acesso em: 3 set. 2022.

PAOLI, G. DEL. D4.5 **Financing solutions for water reuse schemes**. DEMOWARE, 2016.

PARANÁ. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CERH/PR. **Resolução CERH nº122, de 19 de junho de 2023**. Estabelece diretrizes e critérios gerais para reúso de água no Estado do Paraná. Disponível em: https://www.aen.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-07/1007resolucaoreuso_2.pdf. Acesso em: 05 jan. de 2024.

PERH-MG. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais - Resumo Executivo**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam). Mina Gerais, 2011. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/2600>. Acesso em: 09 ago. de 2023.

PERH-RS. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/perh>. Acesso em: 11 ago. de 2022.

PESB-MG. **Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais**. Grupo de trabalho intergovernamental (GTI) – decreto nº 46.775/ 2015. Minas Gerais, 2022. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/5302-produtos>. Acesso em 03 ago. 2023.

PLANESAN-RS. **Plano Estadual de Saneamento do Rio Grande do Sul**. Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento / Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA). Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/planesan>. Acesso em: 23 abr. de 2023.

PROLAGOS. **Estação de tratamento de Água de Reúso (ETAR)**, 2015. Disponível em: <https://www.prolagos.com.br/esgotamento-sanitario>. Acesso em 4 de set. 2022.

PRÓ-SINOS. Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. **Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Relatório da

atividade 3.3 – Síntese da situação atual dos Recursos Hídricos – Meta 3 – Diagnóstico da Bacia do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2014. Disponível em: <http://www.prosinos.rs.gov.br/downloads/Meta%203%20-%20Ativ.%203.3%20-%20Situa%C3%A7%C3%A3o%20Rec.%20H%C3%ADdricos.pdf>. Acesso em 04 de nov. 2021.

RIO DE JANEIRO. Secretaria do Estado do Ambiente e Sustentabilidade. **Panorama geral das oportunidades de reúso para fins industriais no Estado do Rio de Janeiro a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgotos / SEAS.** – Rio de Janeiro: SEAS: UERJ, 2022. 102 p. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/Livro_Panorama_Reuso_da_Agua.pdf. Acesso em 04 de ago. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - CONSEMA. **Resolução n° 419 de 2020.** Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul. CONSEMA, 2020. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202006/24135755-419-2020-estabelece-criterios-e-procedimentos-para-a-utilizacao-de-agua-de-reuso.pdf>. Acesso em 03 de ago. 2022.

RODRÍGUEZ, S. **Toma Decisión Multicriteria con AHP, ANP Y Lógica Difusa.** Universidad Nacional de Colombia, 2008.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process.** New York: McGraw-Hill International, 1980.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Reuso para uso não potável.** 6º Seminário sobre Tecnologias Limpas. Porto Alegre, 10 de Junho de 2015. Sabesp, 2015.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. M.; RAMOS, L. T. A.; PEREIRA, C. B.; SOARES, S. R. A.; MELO, M. C. Capacidade de reúso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. **Semioses (Rio de Janeiro)**, v. 12, p. 16-33, 2018. Disponível em <https://revistas.unisiam.edu.br/index.php/semioses/article/view/133>. Acesso em 02 de nov. 2021.

SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. Reúso de água para o desenvolvimento sustentável: Aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 8, p. 50-68, 2020. Disponível em

https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/70764/1/3206-gesta_jvieira_2020-1.pdf. Acesso em 03 nov. 2021.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. DE M.; SILVA JUNIOR, L. C. S. DA; AVELAR, P. DA S.; ARAUJO, B. M. DE; GONÇALVES, R. F.; VIEIRA, J. M. P. Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 01 – Terminologia e conceitos de base. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 9, n.2, p. 1 a 17, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43709>. Acesso em 10 de out. 2021.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. DE M.; SILVA JUNIOR, L. C. S. DA; AVELAR, P. DA S.; ARAUJO, B. M. DE; GONÇALVES, R. F.; VIEIRA, J. M. P. Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 01 – Terminologia e conceitos de base. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 9, n.2, p. 1 a 17, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43709>. Acesso em 10 de out. 2021.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. Nota Técnica 2 - Aspectos legais relacionados ao reúso de águas como diretriz de institucionalização da prática no Brasil. **RESA**, v. 2, n.3, p. 15-27, 2022. Disponível em: https://abes-dn.org.br/pdf/ESA_NT_V2n3_DOI_compressed.pdf. Acesso em: 3 nov. 2023.

SÃO PAULO. SECRETÁRIA DA SAÚDE E DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. **Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01, de 13 de fevereiro de 2020**. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. Disponível em: https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_estadual/leg_est_resolucoes/Resol-cjta-SES-SIMA-01-2020_Processo-ssrh-90-2016_reuso-de-agua-nao-potavel_fins_urbano_ETE.pdf. Acesso em 08 de out. 2022.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Dados gerais das Bacias Hidrográficas**. SEMA, 2020. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em 01 de nov. 2021.

____. **G020 - Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. SEMA, 2021a. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>. Acesso em 01 de nov. 2021.

____. **Boletim Especial Estiagem 2019/2021**. SEMA, 2021b. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202107/19175009-boletim-especial-2021-publicado.pdf>. Acesso em 04 de nov. 2021.

____. **Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul – SIOUT**. SEMA, 2023. Disponível em: <http://www.siout.rs.gov.br/>. Acesso em 04 de set. 2022.

SILVA, F. J. A.; SOUZA, R. O. AHP na seleção de caminhões coletores-compactadores de resíduos sólidos. **Acta Scientiarum. Technology**, vol. 33, n. 3, p. 259-264, 2011. DOI: 10.4025/actascitechnol.v33i3.8353

SILVA JUNIOR, L. C. S. DA; LIMA, M. A. DE M.; AVELAR, P. DA S.; SANTOS, A. S. P.; SOARES, S. R. A.; GONÇALVES, R. F.; VIEIRA, J. M. P. 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**, v. 9, n.2, p. 36–54, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/43711>. Acesso em 10 de out. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Tabelas de Insumos e Composições**. Ripo Grande do Sul. SINAPI, 2023a. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648. Acesso em 10 fev. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Tabelas de Insumos e Composições**. Mina Gerais. SINAPI, 2023b. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648. Acesso em 10 fev. 2023.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNS/MDR). **Série histórica**. SNIS, 2022. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em 05 fev. 2023.

SUBTIL, EDUARDO LUCAS, RAPHAEL RODRIGUES, IVANILDO HESPANHOL, AND JOSÉ CARLOS MIERZWA. "Water Reuse Potential at Heavy-duty Vehicles Washing Facilities – The Mass Balance Approach for Conservative Contaminants." **Journal of Cleaner Production** **166** (2017): 1226-234.

TEIXEIRA, A., MATIAS, L., NOAL, R. MORETTI, E. Qual a melhor definição de SIG. **Fator GIS**, Curitiba, n.11, p.20-24. 1995.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, 2017: Águas residuais: o recurso inexplorado, fatos e números**. UNESCO, 2017. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247553_por?posInSet=6&queryId=ce4c21e0-1a00-40d2-bd83-8b1a3e3e7c2c. Acesso em 14 de nov. 2022.

UM, E.; PEREYRA-ROJAS, M. Practical decision marking: an introduction to the Analytic Hierarchy Process (AHP) using super decisions V2. **Nova Iorque: Springer International Publishing**, 2017.

U.S. EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for Water Reuse 2012**. Washington D.C.: U.S. EPA, 2012.

VARGAS, R. Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. **PMI Global Congress**, North America, Washington–DC – EUA, 22p. 2010.

VASSALLE, L.; DÍEZ-MONTERO, R.; MACHADO, A.T.R.; MOREIRA, C.; FERRER, I.; MOTA, C.R.; PASSOS, F. Upflow anaerobic sludge blanket in microalgae-based sewage treatment: Co-digestion for improving biogas production. **Bioresource Technology**, v. 300, p. 122677, 2020. Netherlands, 2017. Disponível em: <https://bacwa.org/wp-content/uploads/2017/04/BACWA-AECOM-March-17th-2017-Nereda-Demonstration-Opportunity-3.pdf>. Acesso em 03 fev. 2022.

VILAS, C. **Análise da Aplicação de Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MMAD) na Gestão de Recursos Hídricos**. Repositório CPRM, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. 472 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuais, v. 1).

WHO. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.