



CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS
ÂNIMA EDUCAÇÃO
IASMIM COMUNELLO

ESTUDO DE VIABILIDADE DE COMERCIALIZAÇÃO DE ÁGUA DE REUSO
PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE ESGOTO CLOACAL – Estudo de caso da
estação de tratamento Sarandi

Porto Alegre
2023

IASMIM COMUNELLO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE COMERCIALIZAÇÃO DE ÁGUA DE REUSO
PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE ESGOTO CLOACAL – Estudo de caso da
estação de tratamento Sarandi**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Ritter dos Reis, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. MSc. Carlos Henrique Pereira Assunção Galdino.

Porto Alegre
2023

Dedico este trabalho à minha amada família,
à equipe de projetos do DMAE, ao querido
Professor José Antônio Colvara de Oliveira,
que infelizmente nos deixou neste ano

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Primeiramente, gostaria de expressar minha imensa gratidão aos meus pais e meu irmão. Seu apoio incondicional, amor e incentivo foram fundamentais para trilhar todo o caminho que me trouxe até este momento. Desde o início, vocês estiveram ao meu lado, acreditando em mim e me motivando a dar o meu melhor em cada etapa deste percurso. Agradeço por todas às vezes em que me encorajaram a persistir, mesmo nos momentos mais desafiadores. Vocês foram minha fonte de força e inspiração, sempre me lembrando do meu potencial e me impulsionando a seguir em frente.

Gostaria de estender meus agradecimentos aos engenheiros Adelar e Giordano, do DMAE, que atuaram como meus supervisores durante o estágio e me auxiliaram na busca e obtenção de dados relevantes para a pesquisa. Sua orientação e experiência foram valiosas e contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também à FEPAM e a SEMA pela disponibilidade em fornecer os dados necessários, bem como aos servidores que gentilmente me auxiliaram nesse processo. Sua colaboração e disposição foram de extrema importância para o sucesso desta pesquisa. Expresso minha gratidão à CEASA, que prontamente respondeu às minhas solicitações e forneceu informações relevantes sobre o uso de água em suas operações. Sua contribuição foi fundamental para enriquecer os dados desta pesquisa.

Em especial, gostaria de prestar minha homenagem ao querido Professor José Antônio Colvara de Oliveira, que inicialmente aceitou ser meu orientador neste projeto, e que infelizmente nos deixou neste ano. Sua partida deixou um vazio em nossos corações, mas sua dedicação, sabedoria e mentorias serão sempre lembradas e valorizadas. Agradeço por ter o privilégio de aprender com ele e por deixar um legado de excelência acadêmica, sua sabedoria e ensinamentos foram a base sólida que me permitiu iniciar este trabalho, e honro sua memória ao concluí-lo.

Não posso deixar de agradecer ao Professor Carlos Henrique Galdino, que prontamente se disponibilizou a me ajudar, mesmo ciente do pouco tempo que tínhamos e dos desafios enfrentados ao longo deste semestre. Sua dedicação e suporte foram inestimáveis, e sou grata por sua orientação durante todo o processo.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a Deus por me guiar, fortalecer e conceder as oportunidades necessárias para alcançar meus objetivos. Sua presença constante e amor incondicional foram fundamentais em cada etapa desta jornada.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho, meu sincero agradecimento. Sem a colaboração e apoio de cada um de vocês, esta conquista não seria possível.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso aborda a análise do potencial de reúso da água por empresas localizadas nas proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto Sarandi, considerando sua viabilidade econômica e ambiental. Inicialmente, foi realizado um estudo sobre a importância do reúso da água como alternativa sustentável para o uso racional dos recursos hídricos. Foram levantados dados sobre o volume de efluente tratado pela ETE Sarandi e a necessidade de redução do despejo no rio Gravataí, devido à poluição e às restrições ambientais. Identificaram-se diversas empresas que poderiam utilizar água de reúso, considerando sua localização em um raio de 5 km da ETE Sarandi. Mediante cálculos e estimativas, determinou-se a vazão necessária para cada empresa, levando em conta suas atividades e demandas hídricas específicas. Foi constatado que, ao somar as vazões de todas as empresas analisadas, o volume total corresponderia a uma porcentagem mínima do efluente tratado pela ETE Sarandi. Considerando o potencial de comercialização do efluente tratado, foi discutida a viabilidade econômica dessa prática. Dados foram levantados sobre os custos de transporte da água de reúso e o pagamento mensal de água potável. Verificou-se que, ao descontar esses valores, era possível chegar a uma estimativa de custo para a água de reúso, buscando equipará-la ao valor gasto somente com água potável. Este estudo demonstrou o potencial do reúso da água por empresas próximas à ETE Sarandi, evidenciando sua viabilidade econômica e ambiental. Conclui-se que o incentivo a práticas sustentáveis como o reúso da água pode contribuir para a preservação dos recursos hídricos, a redução da poluição e a promoção de uma gestão mais eficiente dos recursos naturais.

Palavras-chave: ETE. Viabilidade econômica. Recursos Hídricos. Água de reúso. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This final paper addresses the analysis of the potential for water reuse by companies located near the Sarandi Sewage Treatment Plant, considering its economic and environmental feasibility. Initially, a study was conducted on the importance of water reuse as a sustainable alternative for the rational use of water resources. Data on the volume of effluent treated by the Sarandi WWTP and the need to reduce discharge into the Gravataí River due to pollution and environmental restrictions were surveyed. Several companies that could use reuse water were identified, considering their location within a radius of 5 km from the Sarandi WWTP. Through calculations and estimates, the necessary flow rate for each company was determined, considering their activities and specific water demands. It was found that, by adding up the flows of all the companies analyzed, the total volume would correspond to a minimum percentage of the effluent treated by the Sarandi WWTP. Considering the potential for commercialization of the treated effluent, the economic feasibility of this practice was discussed. Data were collected about the transportation costs of reused water and the monthly payment for drinking water. It was verified that, by discounting these values, it was possible to arrive at a cost estimate for reused water, trying to equate it to the amount spent on potable water alone. This study demonstrated the potential of water reuse by companies near the Sarandi WWTP, showing its economic and environmental feasibility. We conclude that the encouragement of sustainable practices such as water reuse can contribute to the preservation of water resources, reducing pollution and promoting a more efficient management of natural resources.

Keywords: WWTP. Economic feasibility. Water resources. Reuse water. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de água no mundo	13
Figura 2: Captação de esgoto	15
Figura 3: Sistema de coleta de esgoto	17
Figura 4: Provérbios Neerlandeses	18
Figura 5: Perigos de infecção por esgotos sanitários	20
Figura 6: Estação de tratamento de esgoto em Porto Alegre	21
Figura 7: Processos de tratamento	22
Figura 8: Decantador com remoção manual	22
Figura 9: Decantador com remoção mecanizada	23
Figura 10: Pontos de captação de afluentes	24
Figura 11: Sistema de captação de água pluvial	25
Figura 12: Fluxograma do trabalho	27
Figura 13: Mapa da bacia hidrográfica do rio Gravataí e os limites das macros unidades de gestão territorial da bacia.	30
Figura 15: Temperatura máxima, média e mínima mensal (°C) no Rio Gravataí.	32
Figura 16: Mapa da ocupação do território da BHG.	33
Figura 17: Imagem aérea da ETE Sarandi	34
Figura 18: Imagem aérea entorno e localização na BHG.	37
Figura 19: Localização das empresas e da ETE na BHG	39
Figura 20: Área de provável uso para agricultura	44
Figura 21: Área empresa "D"	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Ocorrências históricas de drenagem de esgoto	18
Quadro 2: Variáveis básicas e níveis de qualidade do efluente final	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Referências e distâncias das empresas à ETE	40
Tabela 2: Custo mensal por empresa	46
Tabela 3: Comparativo de custos	47

LISTA DE SIGLAS

ETE - Estação de tratamento de esgoto.

DMAE - Departamento municipal de água e esgoto.

ANA – Agência nacional das águas

EEA - Agência Europeia do Ambiente

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

SNIS – Sistema nacional de informação sobre saneamento

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

CEBDS – Conselho empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CEASA – Centrais de abastecimento do Rio Grande do Sul

UASB - Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo

BHG – Bacia hidrográfica do rio Gravataí

SEMA – Secretaria estadual do meio ambiente

EOS - Organização e sistemas

FEPAM – Fundação estadual de proteção ambiental

EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	12
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 ESGOTO CLOACAL	15
2.1.1 Coleta	16
2.1.2 Histórico	17
2.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	20
2.2.1 Estação de tratamento de esgoto em Porto Alegre	20
2.3 PROCESSOS DO TRATAMENTO DE ESGOTO	21
2.4 LEGISLAÇÃO SOBRE ESGOTO SANITÁRIO	23
2.4.1 Conama 430	23
2.5.2 Plano municipal de saneamento básico de Porto Alegre	24
2.6 ÁGUA DE REUSO	25
2.6.1 Definição	25
2.6.2 Legislação sobre água de reuso	26
2.6.3 Comércio aplicado	26
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	28
3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS	29
3.2.1 Definição operacional das variáveis	29
3.3 ÁREA DE ESTUDO	29
3.3.1 Clima e pluviometria	31
3.3.2 Uso do solo	32
3.3.3 Qualidade da água do rio Gravataí	33
3.4 ETE SARANDI	34
3.5 QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO TRATADO	35
3.6 ANÁLISE ECONOMICA DO ESGOTO TRATADO	35
3.6.1 Possíveis compradores do esgoto tratado (comercialização)	36

3.6.2 Valor econômico da água de reuso da ETE Sarandi	37
3.6.3 Cálculo de consumo	38
4 RESULTADOS	39
4.1 ANÁLISE DE CONSUMO	39
4.1.1 Possíveis compradores do esgoto tratado	39
4.1.2 Estimativa de consumo de água de reuso	40
4.2 VALOR ECONÔMICO DA ÁGUA DE REUSO DA ETE SARANDI	46
4.3 POSSÍVEIS BENEFÍCIOS DA COMERCIALIZAÇÃO DA ÁGUA DE REUSO	47
4.3.1 Benefícios econômicos	47
4.3.2 Benefícios a bacia com a redução de vazão que iria para o rio	48
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50

1 INTRODUÇÃO

Não somente no Brasil, mas no mundo por completo a água está se esgotando, pois a água possível de tratamento para consumo é doce, e representa cerca de 3% do total de água mundial, destes 0,9% está disponível em rios e lagos, onde são feitas as captações para tratamento potável. (PENA, 2010). A água utilizada em residências por sua maioria tem o destino das estações de tratamento de esgoto, onde é feito o processo de limpeza, remoção de resíduos sólidos, fungos e bactérias, proporcionando o possível despejamento do esgoto tratado novamente nos rios e lagos. (DMAE, 2020). Nas estações de tratamento do esgoto passa por diversos testes para saber sobre seus graus de qualidade, até que esteja em um correto para retornar aos rios e lagos. Nestas, o esgoto tratado só sai com as condições mínimas favoráveis. (DMAE, 2020)

Um grande problema que vem sendo apresentado é a utilização inadequada da água potável, como solução para este problema, se popularizou o termo “água de reuso” que basicamente consiste em utilizar uma água que já foi útil ou vinda das chuvas, para consumo não potável, como em irrigações e lavagens em geral (OBRACZKA, CAMPOS, 2019). Um principal exemplo de água de reuso que não é a água da chuva, é a das máquinas de lavar roupa, onde seus usuários por vez, armazenam em baldes e galões para posteriormente lavar seus pátios e calçadas (OBRACZKA, CAMPOS, 2019). Usando a ideia da água de reuso, e o problema da escassez de água, chegamos à possibilidade de uso do esgoto tratado como água de reuso, visto que existem diversas áreas, como agricultura e limpeza, que poderiam fazer uso desta água de segunda mão. No estado do Rio de Janeiro foi executado um projeto onde se utilizou o efluente da ETE Alegria, em reuso em áreas urbanas (OBRACZKA, CAMPOS, 2019).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Com o desenrolar dos anos, a escassez de água vem sendo uma pauta bastante discutida no Brasil e no mundo, apesar de que muito se tenta fazer para parar o andamento que estamos nos encaminhando, o futuro é certo, logo faltará água possível de tratamento para consumo humano.

Em Porto Alegre, capital do estado Rio Grande Do Sul, o departamento municipal de água e esgoto (DMAE), teve um projeto de execução de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) na zona norte da cidade, onde a obra não pode ser concluída por a cidade não possuir rede de coleta suficiente na bacia que a estação de tratamento se encontra, e pois, com a conclusão o limite de vazão do rio Gravataí se excederia, a mesma tem em seu projeto inicial seis módulos de tratamento, porém por não existir rede coletora e uma possível sobrecarga no rio responsável por receber o efluente tratado, foi executado somente um dos módulos, reduzindo o número de residências inicialmente proposto para receber tratamento. Na ETE citada, atualmente o esgoto tratado é despejado no rio.

Assim como o proposto anteriormente, a água de reuso está como uma das soluções para o esgoto sanitário tratado em âmbito nacional, proporcionando um avanço nos benefícios para combater as dificuldades do meio ambiente. Dentro das dificuldades éticas e econômicas, busca-se responder a seguinte questão de pesquisa: Existe a possibilidade de revenda, da água tratada do esgoto, para empresas que captam água bruta ao redor da cidade de Porto Alegre?

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo terá como principal atuação, a análise do efluente da ETE Sarandi, localizada na zona norte de Porto Alegre, assim como, o afluente do rio Gravataí.

Engloba uma pesquisa para análise da possibilidade de conclusão do projeto da estação de tratamento, e verificação da qualidade do esgoto tratado para possível revenda de segunda mão, para empresas que possibilitam o uso de água não potável, ou que captam água bruta do rio Gravataí.

Buscando também possíveis compradores e analisando a necessidade das empresas interessadas, possibilitando em um futuro se tornar real a venda da água de reuso para as empresas.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente Trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

Este Trabalho, tem como seu objetivo principal analisar a viabilidade de comercialização da água de reuso, como viabilidade de destinação final do efluente tratado.

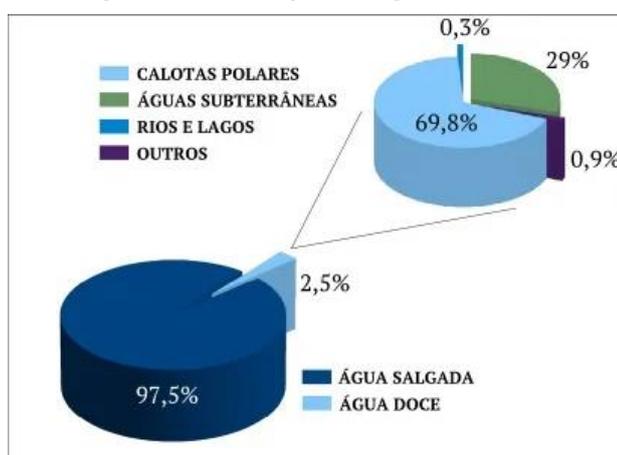
1.3.2 Objetivos específicos

- analisar, a possibilidade de venda da água de reuso.
- indicar potenciais compradores na zona norte de Porto Alegre
- indicar principais uso para a água de reuso.

1.4 JUSTIFICATIVA

O planeta terra, também conhecido por planeta azul, leva este nome por ter grande parte do seu território coberto por água, pensando assim que temos água em abundância, porém cerca de 97,5% da água do planeta é considerada não potável, 2,5% potável, onde destes apenas 0,3% está disponível para consumo. (PENA, 2010)

Figura 1: Distribuição de água no mundo



Fonte: Pena (2010)

Na Europa já encontramos casos de falta de água possível para consumo, o qual foi necessário desenvolver técnicas de estudos para combater a escassez. (EEA, 2018)

Existem muitos problemas relacionados ao saneamento, não somente no Brasil, mas no mundo. Não é dada a devida atenção ao quesito tratamento de esgoto onde nem a metade das residências possuem coleta de esgoto, e as que possuem aproximadamente 50% recebem tratamento, sendo assim, uma grande parte é lançada no corpo hídrico sem tratamento algum.

A falta de tratamento no esgoto causa diversos problemas como a sobrecarga da natureza e se tornando prejudicial aos consumidores a jusante, nesta temática, este Trabalho busca trazer mais comentários e ampliar mais a discussão sobre como utilizar a água residual que sai das estações de tratamento, a qual não deixamos em padrões potáveis, mas em padrões de possível comercialização para fins não potáveis.

O Brasil está se encaminhando para a mesma situação, falta de água. Muito é usado da água própria para consumo humano para fins que poderia ser utilizada uma água não potável. (ANA, 2012)

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo encontra-se a revisão de literatura sobre o esgoto cloacal, água de reuso e as estações de tratamento;

2.1 ESGOTO CLOACAL

Todo o resíduo liberado por moradias, indústrias e comércio, nas pias, ralos e bacias sanitárias, vão para um local apropriado para tratamento, em alguns casos são utilizadas fossas sanitárias postas dentro do próprio terreno, mas estes casos são para quando não é fornecido rede de coleta cloacal na rua da residência. Como o departamento de água do município de Porto Alegre relata no seu site:

Esgoto é o nome que se dá à água após ter sido utilizada em banhos, descargas de vasos sanitários, pias e outros fins. Aqueles originados nas residências formam os esgotos domésticos (cloacal), os despejados pelas fábricas recebem o nome de esgotos industriais e os formados pelas águas das chuvas são os esgotos pluviais. (DMAE, 2020, p. 1)

De acordo com Eddy e Metcalf (2016), o esgoto é a água que anteriormente abasteceu a comunidade, e agora, a partir de seus diversos usos, carrega rejeitos que a torna imprópria para diversos usos. Já Jordão e pessoa (2017) diz que o esgoto é tanto o condutor quando o líquido que escoar por estas tubulações, Mendonça e Mendonça (2017) concorda com a ideia de o esgoto ser uma água já utilizada, e diz ainda, que o esgoto só se torna esgoto pela poluição humana. Na figura 2 temos a representação do processo.

Figura 2: Captação de esgoto



Fonte: DMAE (2020)

2.1.1 Coleta

Os dois tipos de sistema de coleta de esgoto presentes no mundo são: sistema separador absoluto, onde se dá por dois tipos de coleta, o pluvial e o cloacal no Brasil este é o sistema implantado na teoria. O sistema único, é quando a coleta pluvial se mistura com a cloacal. A diferença dos dois sistemas se dá pelo fato de que o esgoto vindo de drenagem vai direto para a foz, sem tipo algum de tratamento, já o esgoto cloacal passa por um tratamento numa unidade específica, que se é chamada de ETE. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999)

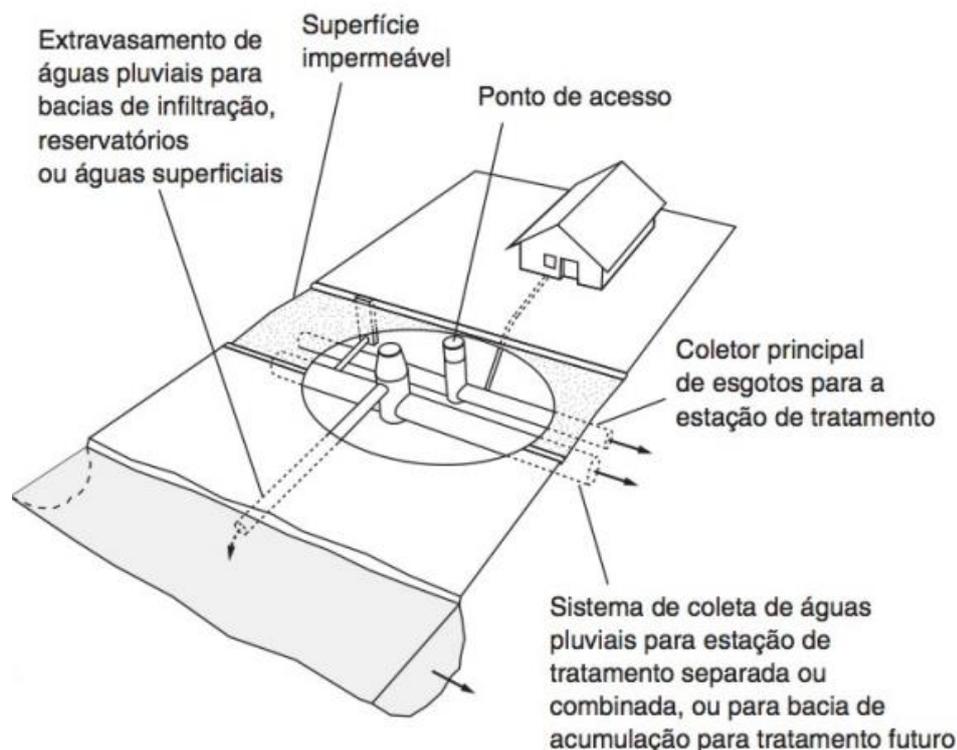
Segundo o DMAE:

O esgoto cloacal é captado das residências - por intermédio de tubulações (canos), que constituem um sistema (rede) coletor de esgoto - para depois ser conduzido, por meio de bombas ou por gravidade, às Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), e posteriormente ser lançado no Lago Guaíba. O esgoto quando não tratado, pode contaminar os alimentos, os animais, o solo e os mananciais hídricos (fontes de abastecimento de água para a população). (DMAE, 2020, P.1)

O ideal, é sempre que todo e qualquer material orgânico sofra um tratamento antes de ser repostado ao ambiente, porém, a exemplo da cidade de Porto Alegre, o DMAE não trata todo o esgoto coletado na capital, onde, 64% da população recebe coleta de esgoto e 81,91% do esgoto coletado é tratado. (SNIS, 2020)

O esgoto tem maneiras de coleta diferenciadas, existe aquela que a água vinda da chuva, se mistura ao esgoto cloacal no sistema de coleta, mas o sistema implantado na atualidade é o separado, como mostra a figura 3 abaixo:

Figura 3: Sistema de coleta de esgoto



Fonte: Eddy e Metcalf (2016)

2.1.2 Histórico

A cloaca máxima é o sistema de esgoto mais antigo do mundo, construída por volta dos anos VI a.c. em Roma tinha como finalidade encaminhar os resíduos até o rio Tibre. Sua construção era dada por um caminho a céu aberto com a finalidade de posteriormente ser coberta, este sistema de coleta se manteve durante todo o período imperial. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999)

O esgotamento sanitário na idade média era muito precário, isto que a população não tomava banho, e quando tomava era uma única vez no ano. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999). Logo surgiu o sistema de “água vai”, onde era comumente jogado os rejeitos pela janela de suas casas, muitas vezes acertando as pessoas que por ali passavam, como mostra a representação de Pieter Bruegel, o velho, na pintura Provérbios Neerlandeses, representada a seguir. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999)

Figura 4: Provérbios Neerlandeses



Fonte: Bruegel (1559)

Anos após começou a se ter privadas internas, que seguiam o mesmo princípio da água vai, mas com a diferença de que seus rejeitos iam por um sistema de água vai, porém, sem a necessidade de alguém fazer o trabalho manual de atirar os dejetos, assim as fezes iam “sozinhas” por meio de queda livre para os rios ao redor. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999)

O tratamento atual se deu entre os anos de 1900 e 1970, com principal função a remoção de resíduos sólidos e flotáveis, levando em vista uma limpeza visual. Logo depois começou a ser feito em prol da saúde, eliminando organismos patogênicos (EDDY e METCALF, 2016). A principal função do tratamento de esgoto historicamente se deu pela eliminação de microrganismos, materiais sólidos e limpeza retirando a turbidez é proveniente de tratamentos químicos, feitos no esgoto. (SCHORR, 2022)

Antes disso, só depois que o homem percebeu os problemas de ter seus dejetos próximos, postos em rios sem nenhuma forma de limpeza, resolveu tomar uma atitude e criar maneiras de afastar os mesmos de suas residências e ambientes de convívio. Principalmente com o surgimento industrial está ação se intensificou. No

quadro 1, informa de forma sucinta algumas datas aproximadas de alguns feitos que ocorreram ao redor do mundo. (SCHORR, 2022)

Quadro 1: Ocorrências históricas de drenagem de esgoto

Período	Ocorrências
3750 a.C.	Construção da galeria de esgotos de Nipur, Índia.
2600 a.C.	Conduto subterrâneo para escoamento de águas servidas em Tell-Asmar, Bagdá.
970 a.C.	Construção de esgoto predial do templo de Salomão, Israel.
514 a.C.	Construção da Cloaca máxima, conduto livre executado com pedras, tendo o diâmetro máximo de 4,30 m e destinado a coletar às águas pluviais e residuais do Fórum e que se tornou o coletor tronco de Roma, Itália.
500 a.C.	Uso de latrinas domésticas na Grécia, ao tempo de Péricles
450 a.C.	Empédocles, tido como o primeiro sanitarista, melhorou as condições da cidade de Selênios, executando obra de drenagem da sua parte baixa, Itália.

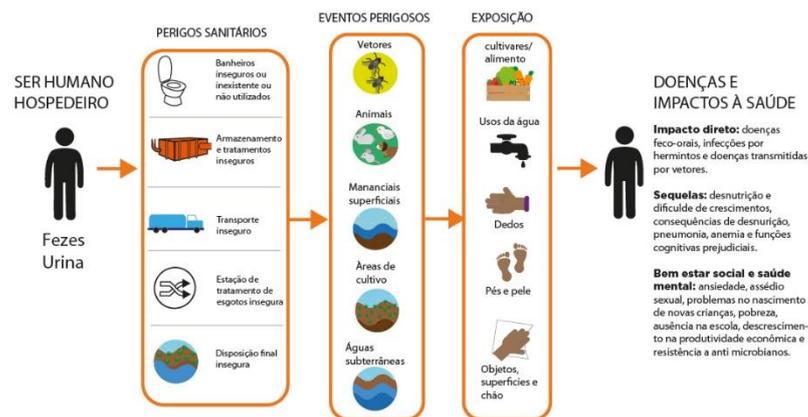
Fonte: Azevedo Neto (1959)

Mas estas construções não objetivavam ainda do tratamento químico do esgoto, somente servia para retirar o líquido de perto dos centros das cidades, jogando para a periferia, rios e lagos. Logo no surgimento de novas indústrias se formou a necessidade de um tratamento semelhante com o que temos hoje. (SCHORR, 2022)

Com o advento da idade contemporânea e a ocorrência da revolução industrial, as cidades foram crescendo e as indústrias idem, trazendo um aumento progressivo destes impactos, incluindo o uso crescente de recursos naturais. (SCHORR, 2022, p. 3)

Também Schorr (2022) nos diz em seu livro que apesar do bom período de águas e rios, alguns corpos superficiais contaminados com efluentes industriais causando inúmeras doenças a população da época, mesmo assim os primeiros sistemas de abastecimento vieram somente no século XX. Na figura 5 há uma representação das proliferações de doenças.

Figura 5: Perigos de infecção por esgotos sanitários



Fonte: Baracho, Bezerra e Scalize (2018)

2.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

No Brasil cerca de 43% da população possui esgoto tratado e outros 12% fazem uso das fossas sépticas, de uso individual. Ou seja, 55% da população tem tratamento adequado, 18% recebem coleta, porém não tratamento, e assim 27% da população não tem nem coleta, nem tratamento no seu esgoto sanitário (ANA, 2017)

Porto alegre não está fora desta curva, cerca de 90% dos moradores recebem coleta do esgoto, porém destes somente 56% é encaminhado para tratamento, o que nos totaliza aproximadamente 62% dos moradores da capital com tratamento adequado de esgoto sanitário. (PREF.POA,2020)

2.2.1 Estação de tratamento de esgoto em Porto Alegre

Na capital do estado do Rio grande do Sul, existe uma empresa municipal responsável pelo saneamento básico da cidade, que se chama DMAE, ou seja, departamento municipal de água e esgoto. O DMAE conta com 9 estações de tratamento, exemplo posto na figura 6, de esgoto ao longo do município, são estes: Arvoredo, Belém Novo, Bosque, Lami, Rubem Berta, São João, Serraria, Chácara das Pedras e Sarandi, o qual é a unidade em que este Trabalho se desenvolver. (DMAE, 2022)

Em Porto Alegre habitam 1,5 milhão de pessoas, destas, 87,7% têm coleta de esgoto cloacal, porém, cerca de 80% das moradias com coleta, recebem tratamento nos seus resíduos antes de ser posto no rio novamente. Um exemplo é a ETE Sarandi, que tem um projeto que prevê o tratamento de um determinado número de moradias, porém não pode ser concluído por falta de redes coletoras e capacidade de vazão no rio Gravataí para receber estes rejeitos. (DMAE, 2022)

Figura 6: Estação de tratamento de esgoto em Porto Alegre

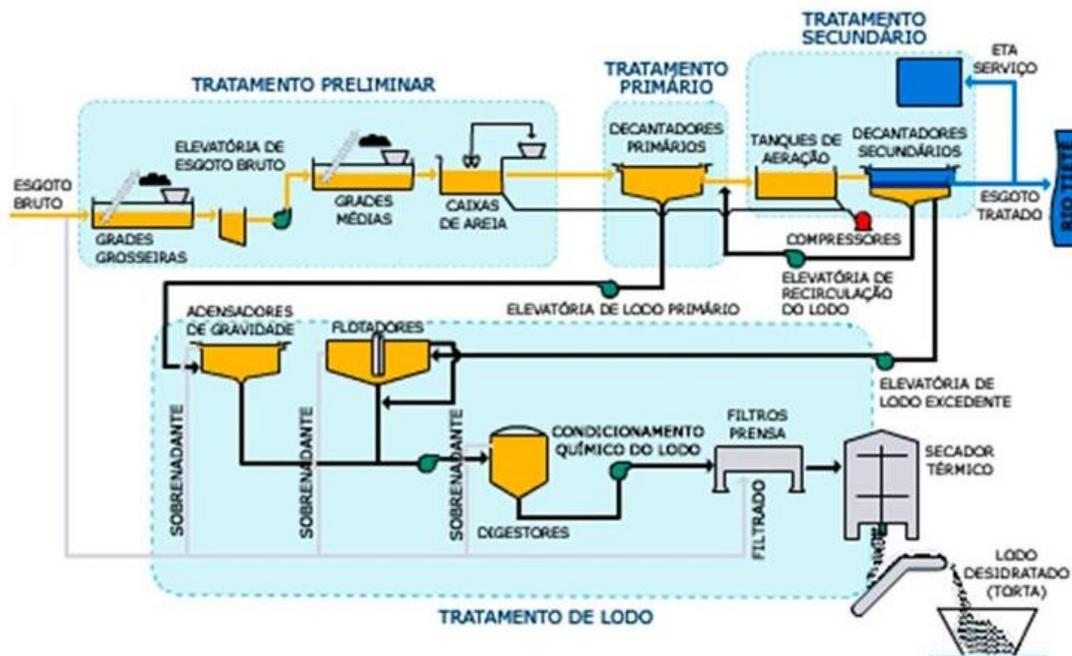


Fonte: DMAE (2020)

2.3 PROCESSOS DO TRATAMENTO DE ESGOTO

O processo de tratamento do esgoto sanitário assim que chega nas estações de tratamento, na fase líquida, inicia pela remoção de sólidos grosseiro, por meio de grades de barras e de peneiras. Na fase de remoção de areia utiliza-se o desareando, projetado para remoção mínima de 95% em massa das partículas com diâmetros superiores a 0,2 mm. Durante a decantação primária, tem um decantador projetado com todos os mínimos por norma, necessários para eficácia, podendo ser um decantador primário com remoção mecanizada de lodo ou com remoção manual, as figuras 7, 8 e 9 detalha os processos. (NBR 12209, 2011)

Figura 7: Processos de tratamento



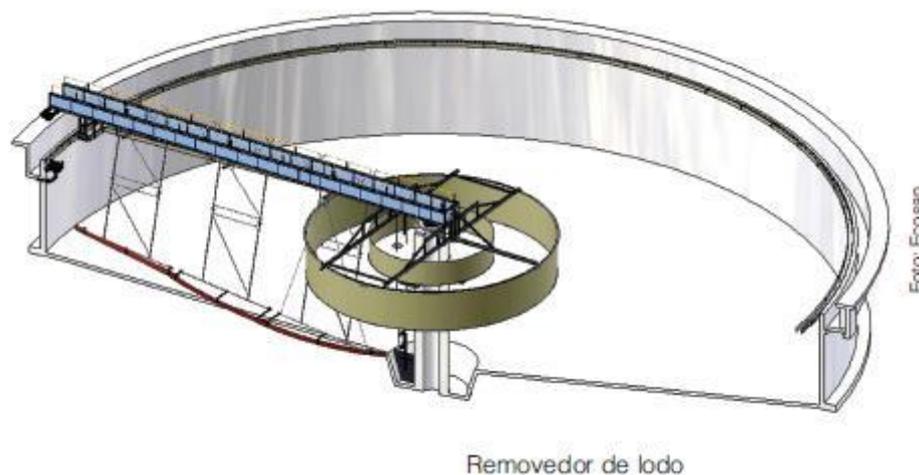
Fonte: Marques (2022)

Figura 8: Decantador com remoção manual



Fonte: BIOSIS (2022)

Figura 9: Decantador com remoção mecanizada



Fonte: Legner (2013)

Tratamento anaeróbio, exemplificado em norma é o do tipo UASB (Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo), este processo só pode ocorrer após a remoção de sólidos grosseiros e areias, pois o processo é lento e requer que o material esteja mais líquido possível. (NBR 12209, 2011)

2.4 LEGISLAÇÃO SOBRE ESGOTO SANITÁRIO

Conforme a lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que até 2020 era a principal lei de diretrizes do saneamento, descreve sobre a necessidade de os serviços públicos prestarem a devida atenção ao saneamento da população.

Em 2020 a lei de nº 14.026 de 15 de julho, entrou em vigor para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico nacional, sendo assim, disponibilizou também a ANA (Agência nacional das águas) a editar normas e referências para o serviço de saneamento.

2.4.1 Conama 430

Segundo a Conama 430 o esgoto tratado, efluentes, devem ter parâmetros mínimos para lançamento, dentre eles estão: PH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40°C, materiais sedimentáveis até 1mL/L em teste de 1 hora, a vazão máxima de lançamento deve ser de até 1,5 vezes a vazão média diária do agente poluídos, óleos

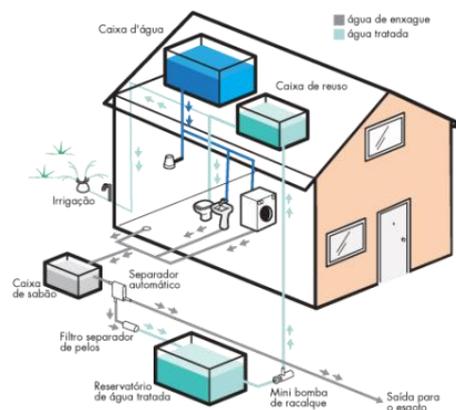
2.6 ÁGUA DE REUSO

2.6.1 Definição

O esgoto sanitário tem seu efluente liberado em rios e lagos, sua vez com o tratamento adequado, porém causa sobrecarga do local de despejo, proporcionando inundações na região em torno, uma ótima solução para tal problema é o reuso da água tratada, para fins não potáveis, como, lavagens de carros, rega de plantas entre outros. (OBRACZKA, CAMPOS, 2019).

No Brasil e no mundo já existem aplicações comercializadas do reuso de água da chuva como apresentado na figura 11, principalmente em residências domiciliares, porém existe ainda a possibilidade de utilizar o próprio esgoto sanitário em reutilização, porém não podendo ser feito em domicílio, logo que precisa de um tratamento específico. (OBRACZKA, CAMPOS, 2019).

Figura 11: Sistema de captação de água pluvial



Fonte: EOS (S.I.)

De acordo com o Conselho empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) a água de reuso é um conceito utilizado atualmente para combater a escassez de água no mundo, é uma água utilizável para diversos fins, sendo considerado que se pode utilizar diversas vezes, é o tratamento de efluentes para fins benéficos como: irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis.

A água de reuso vinda de uma estação de tratamento de esgoto, atualmente ficou mais popularizada em usos agrícolas, pois possuem diversos nutrientes possíveis de intensificar a qualidade da produção. (Souza, 2014)

2.6.2 Legislação sobre água de reuso

Em 2020 a câmara dos deputados aprovou um projeto que torna obrigatório o reuso de água proveniente de das chuvas em novas edificações. A lei 2451/20 torna obrigatório que as águas pluviais coletadas por novas edificações sejam reutilizadas, vedado o uso para consumo humano.

Atualmente ainda não se tem uma lei que fale sobre o reuso da água proveniente do esgoto sanitário. (CAMERA DOS DEPUTADOS, 2020)

2.6.3 Comércio aplicado

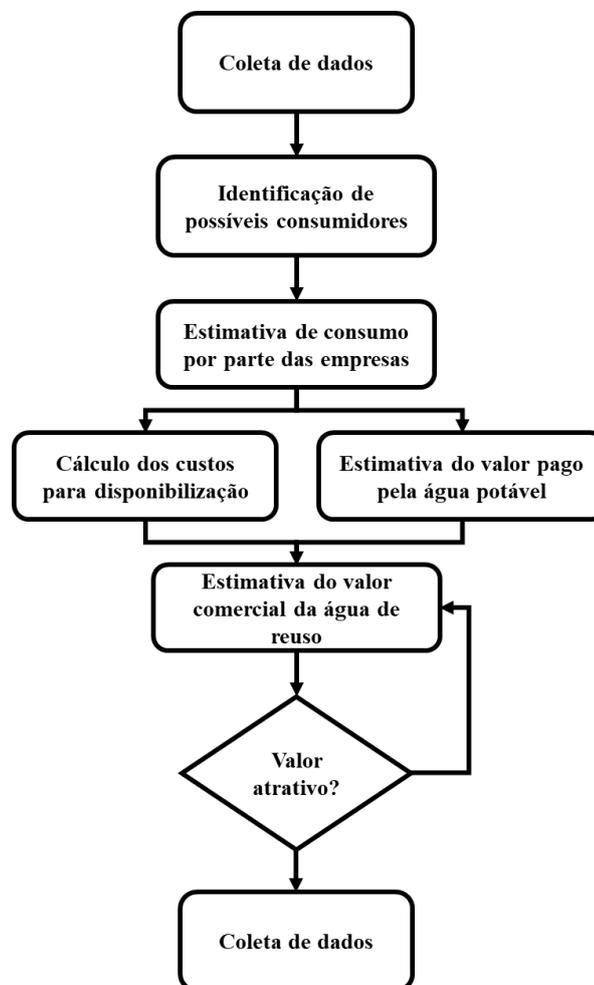
Em são Paulo em 2014 já era assunto as crises sanitárias que o país enfrenta, segundo a Fecomercio SP, em 16 de junho de 2014 o comércio desta água se tornou uma alternativa para solucionar o problema, visto que a ideia principal rodeava em torno do pluvial, a água de reuso seria utilizada em shopping centers ou indústrias, a fim de diminuir o gasto de água potável para fim que não necessitaria ser potável.

Departamentos privados de tratamento de água seriam as soluções emergenciais mais qualificadas para o projeto. (FECOMERCIO)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A proposta metodológica do trabalho consistiu em analisar possíveis compradores para a água de reuso da estação de tratamento Sarandi. Para viabilizar a proposta, se fez necessário realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a comercialização de água de reuso, bem como os possíveis consumidores. Após uma inspeção por imagem de satélite foi possível identificar possíveis compradores para a água de reuso. Com o intuito de compreender a viabilidade de compra, por parte dos possíveis consumidores, foi realizado uma estima do consumo por parte dos compradores, bem como os custos para viabilidade desta comercialização. Ao final, foi estima um cálculo para o valor de comercialização da água de reuso para tornar a proposta viável para os possíveis consumidores. O método empregado encontra-se disposto nos itens abaixo, e de forma resumida no fluxograma da figura 12.

Figura 12: Fluxograma do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Segundo a área do conhecimento, conforme definidas pelo CNPq (2020), este Trabalho se situa na grande área da Engenharia Civil, no ramo da Engenharia Hidráulica, especificamente na área de hidrologia.

Quanto à finalidade, o Trabalho classifica-se como sendo uma pesquisa aplicada, uma vez que, conforme Gil (2010), o tipo de pesquisa assim denominado pretende “Aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica” (GIL, 2010, p. 27). Visto que o problema apresentado é uma questão ambiental, e que este Trabalho é em cima de uma estação de tratamento e um rio específico.

Quanto aos objetivos, enquadra-se esta pesquisa dentro do tipo denominado pesquisa explorativa, pois, tendo em vista o que afirma o mesmo autor, este é o tipo em que “Proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (GIL, 2010, p. 27), o que está em sintonia com o que pretende este Trabalho, uma vez que irá ser desenvolvido estudos referentes as possibilidades de reuso da água tratada do esgoto coletado. Ainda dentro desta subdivisão, a coleta de dados se dará mediante levantamento de campo, descrito por Martins Junior (2008), como “Contato maior com a população pesquisada a fim de verificar a ocorrência de algum fenômeno que estaria influenciando sobre a mesma ou a fim de realizar alguma experiência com a sua participação.” (MARTINS JUNIOR, 2008, p. 259)

Quanto aos métodos empregados, classifica-se a mesma, ainda conforme a subdivisão estabelecida por Gil (2010), referente a natureza dos dados, como uma pesquisa qualitativa, uma vez que nos interessa neste Trabalho as quantidades que serão medidas. Quanto ao ambiente em que os dados serão coletados, o trabalho será de campo, pois se trata de pesquisa onde será coletado dados do rio e da ETE. Quanto ao grau de controle das variáveis, será uma pesquisa experimental, a qual, conforme Gil (2010) é conceituada como “onde cada experimento é constituído de variáveis cujos valores são mantidos constantes e o pesquisador examina a interferência das mesmas em outras variáveis, foco da observação” (GIL, 2010, p. 28).

3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

A coleta de dados se dará por meio de busca em plataformas online e com comunicação direta com órgãos públicos e privados.

3.2.1 Definição operacional das variáveis

- Análise do efluente da ETE Sarandi e comparativo com a qualidade do Rio Gravataí.
- Estudo de pesquisa com potenciais compradores da água de segunda mão.
- Analisar códigos éticos e biológicos para a comercialização do esgoto tratado.

3.3 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Gravataí (BHG) desempenha um papel de destaque na região em estudo, uma vez que abrange a área do projeto e leva o nome do rio em foco. Além disso, a BHG é a principal influência na região em termos de recursos hídricos. Conforme a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam), a BHG está localizada dentro da região hidrográfica do Guaíba, a qual abrange um território composto por 251 municípios. Entre esses municípios está a cidade de Porto Alegre, estes municípios somados representam aproximadamente 60% da população do estado. Essas informações destacam a relevância da BHG não apenas em termos de recursos hídricos, mas também em relação à concentração populacional e à importância socioeconômica da região.

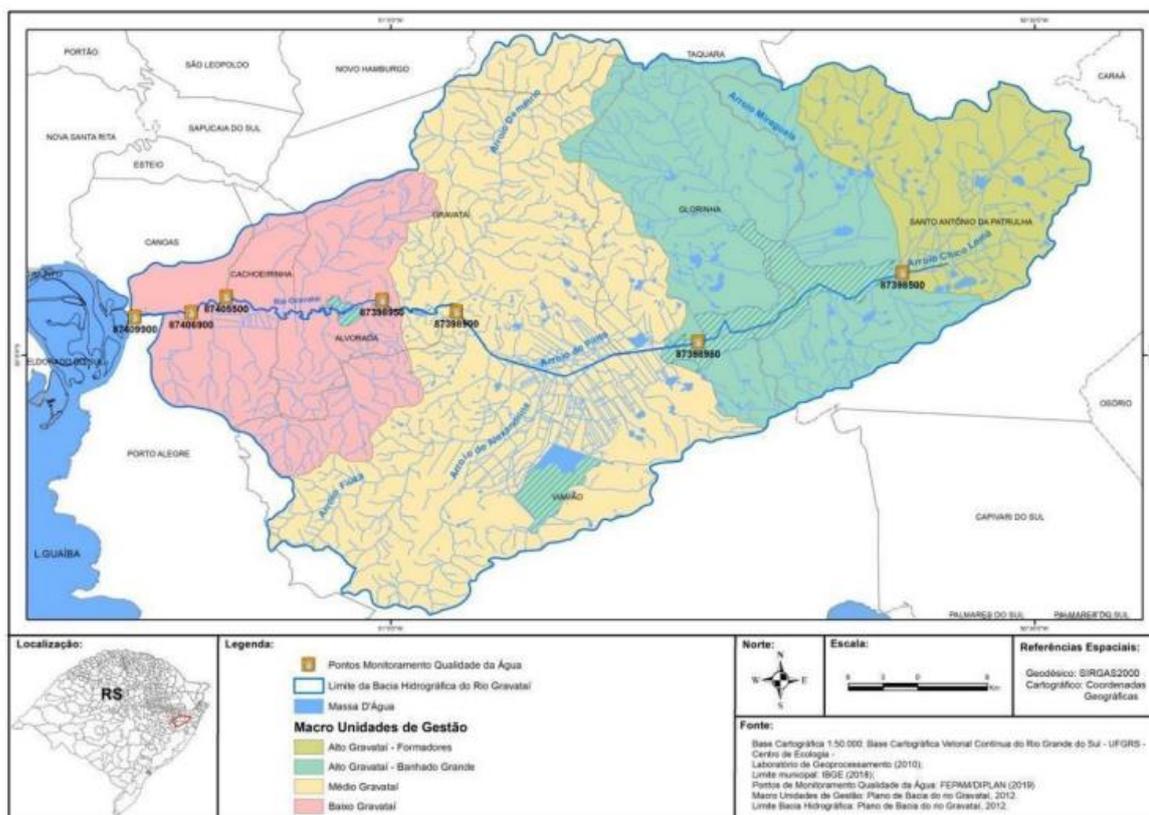
Na região, os setores públicos têm a responsabilidade de fornecer a manutenção e o gerenciamento dos recursos hídricos, incluindo a verificação e o cadastro das captações de água no rio, bem como o monitoramento e a análise da qualidade dos efluentes lançados no rio Gravataí. No entanto, um dos principais problemas enfrentados na região é a falta de cuidado por parte do setor de gerenciamento público e a conscientização da população em relação aos cuidados necessários.

Devido a essa falta de cuidado e conscientização, muitas vezes ocorre o descarte incorreto de resíduos pela população. Isso resulta na contaminação da água do rio, tornando-a suja e de qualidade duvidosa. Essa poluição hídrica representa um

desafio significativo para a região, afetando tanto o meio ambiente quanto a saúde pública.

A bacia hidrográfica do rio Gravataí (BHG) abrange uma área aproximada de 2 mil km² e inclui nove municípios em seu território. Entre esses municípios estão Porto Alegre, Canoas, Alvorada, Gravataí, entre outros. Dentro dessa área, a BHG é dividida em quatro macros unidades de gestão, conforme ilustrado na figura 13. Essas unidades de gestão são definidas com base em critérios específicos, como características geográficas, hidrológicas e administrativas, a fim de facilitar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos na região.

Figura 13: Mapa da bacia hidrográfica do rio Gravataí e os limites das macros unidades de gestão territorial da bacia.



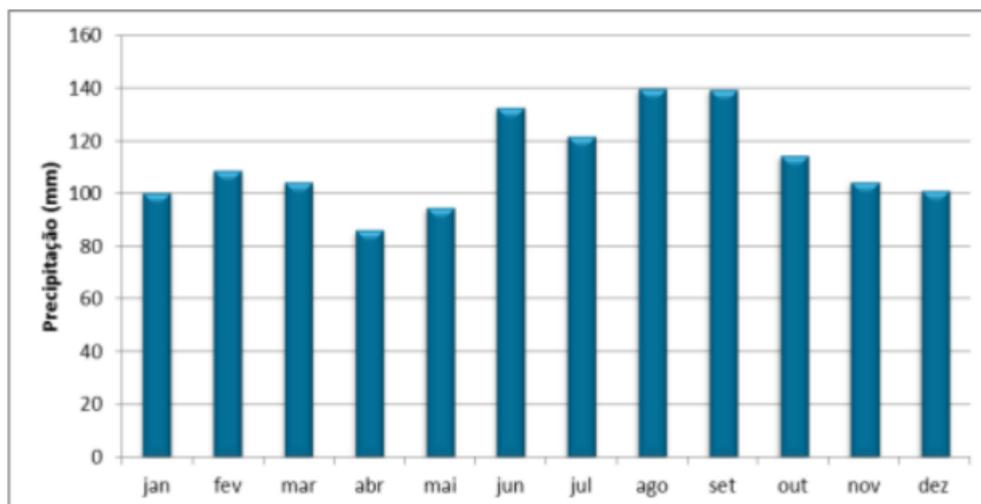
Fonte: FEPAM, abril 2021

3.3.1 Clima e pluviometria

Na bacia hidrográfica do rio Gravataí, localizada na região metropolitana, é observado um clima subtropical III, conforme descrito por Rossato (2002). Esse tipo de clima é caracterizado por invernos frios e verões quentes, além de apresentar uma maior densidade de chuvas durante o inverno. Essas condições climáticas influenciam diretamente nos padrões de precipitação e na disponibilidade de recursos hídricos na região.

Com base nas informações fornecidas pelo comitê de gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Gravataí, a precipitação média mensal nessa região é de aproximadamente 1347,4 mm ao longo do ano (SEMA, 2012). Conforme ilustrado na figura abaixo, é possível observar que os maiores picos de chuvas ocorrem nos meses mais frios, o que corrobora com as características do clima local mencionado anteriormente. Essa distribuição sazonal da precipitação é um indicativo do padrão climático da região e possui impactos significativos no ciclo hidrológico e na disponibilidade de água na bacia hidrográfica do rio Gravataí.

Figura 14: Precipitação média mensal do Rio Gravataí

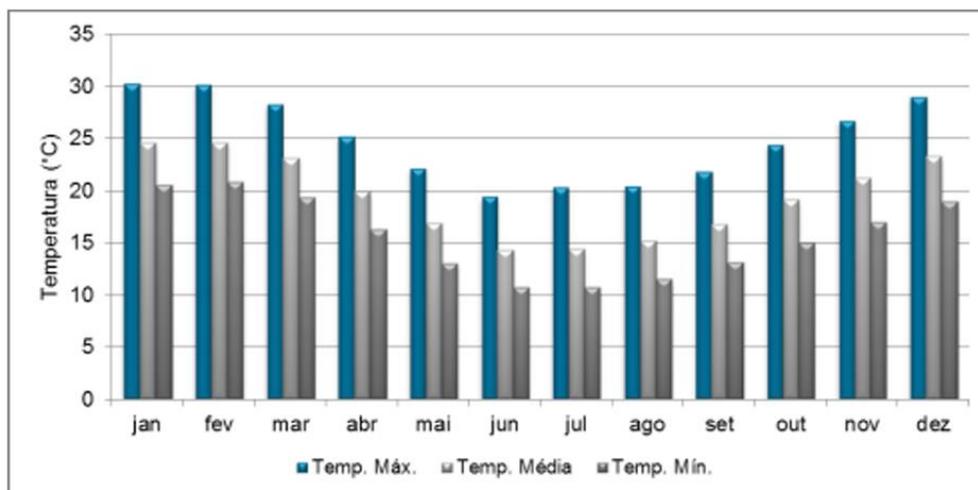


Fonte: SEMA, 2012

Geralmente, no clima subtropical, como descrito anteriormente, os invernos são caracterizados por temperaturas mais frias, enquanto os verões tendem a ser mais quentes. Essa variação sazonal de temperatura afeta os padrões climáticos, influenciando os níveis de precipitação e o comportamento hidrológico na bacia

hidrográfica do rio Gravataí, na figura 15 é apresentado em gráfico a variação da temperatura no decorrer do ano.

Figura 15: Temperatura máxima, média e mínima mensal (°C) no Rio Gravataí.



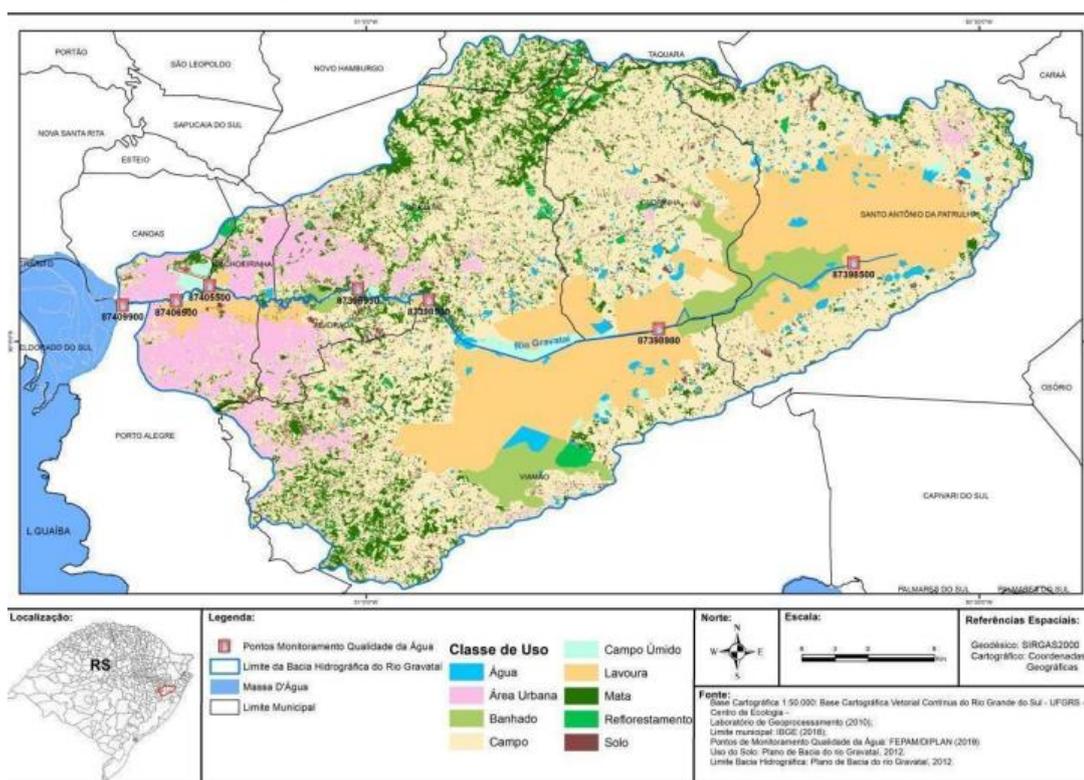
Fonte: SEMA, 2012

3.3.2 Uso do solo

Conforme a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental) em 2021, o uso do território no entorno da bacia hidrográfica está dividido em nove classes principais. Essas classes, juntamente com suas respectivas porcentagens de cobertura, são as seguintes: campos (50,81%), lavouras (19,98%), mata nativa (11,12%), áreas urbanas (7,65%), banhados (3,96%), reservatórios de água (2,04%), campos úmidos (1,06%), solo descoberto (2,43%) e área de reflorestamento (0,89%). A figura 16, representa essa distribuição de uso do território na região.

Destaca-se que a classe com a maior extensão em quilômetros quadrados na bacia hidrográfica é a classe 1 (Campos), que corresponde a 1025 km² do total da área da bacia. Isso indica uma ampla presença de campos nessa região, seguidos pelas lavouras, mata nativa e outras categorias de uso do território. Essa distribuição é importante para compreender a cobertura vegetal, a ocupação urbana e as atividades agrícolas na bacia hidrográfica do rio Gravataí.

Figura 16: Mapa da ocupação do território da BHG.



Fonte: FEPAM, abril 2021

3.3.3 Qualidade da água do rio Gravataí

Dentro da bacia hidrográfica do rio Gravataí (BHG), existem sete postos de monitoramento de água, conforme ilustrado na figura 12. Esses postos estão estrategicamente localizados nas regiões do alto, médio e baixo Gravataí, a fim de abranger diferentes trechos da bacia e obter informações abrangentes sobre a qualidade da água.

Em particular, a região do baixo Gravataí conta com quatro pontos de monitoramento específicos. Esses pontos foram selecionados devido à sua importância na análise da qualidade da água nessa área específica da bacia hidrográfica. Monitorar esses locais permite uma avaliação mais precisa dos impactos e das condições da água ao longo do curso inferior do rio Gravataí.

Esses postos de monitoramento desempenham um papel fundamental na coleta de dados sobre a qualidade da água, incluindo parâmetros físicos, químicos e biológicos. Essas informações são essenciais para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, a identificação de problemas ambientais e a tomada de decisões relacionadas à proteção e preservação da bacia hidrográfica do rio Gravataí.

3.4 ETE SARANDI

A estação de tratamento de esgoto Sarandi, localizada na Av. Fernando Ferrari, 4000, no bairro Sarandi em Porto Alegre - RS, foi inicialmente projetada em 2009 com a proposta de construir seis módulos de tratamento de esgoto. Cada um desses módulos tinha uma característica de vazão média de 136 litros por segundo e uma vazão máxima de 203 litros por segundo. No entanto, atualmente, apenas um desses módulos foi concluído, conforme ilustrado na figura 17.

Embora o projeto original tenha previsto a construção de todos os seis módulos, somente um deles foi implementado até o momento. É importante destacar que a estação de tratamento de esgoto Sarandi desempenha um papel fundamental no tratamento e no saneamento da região, contribuindo para a melhoria da qualidade da água e a preservação do meio ambiente.

Figura 17: Imagem aérea da ETE Sarandi



Fonte: Google Maps 2023

A falta de conclusão dos demais módulos da estação de tratamento de esgoto Sarandi, conforme a equipe interna do DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgotos), pode ser atribuída à limitação da capacidade de vazão do rio. Se a vazão atual do rio não suporta receber uma maior quantidade de efluente, isso pode ter levado à decisão de adiar a construção dos módulos restantes.

É importante considerar a capacidade de suporte do corpo hídrico receptor ao receber efluentes tratados. Garantir que a vazão do rio seja adequada para receber o

efluente tratado é fundamental para evitar impactos negativos na qualidade da água e no ecossistema aquático.

3.5 QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO TRATADO

Conforme o projeto da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), gentilmente disponibilizado pela equipe interna do Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre, é possível visualizar, por meio do quadro 2, uma série de informações relevantes, incluindo a estimativa populacional destinada a ser tratada por módulo, além de outros dados pertinentes ao empreendimento.

Quadro 2: Variáveis básicas e níveis de qualidade do efluente final
Considerados para dimensionamento das unidades

Item	Dados Estimados
População de projeto por módulo	50.000 hab
Numero de módulos na implantação inicial	2 módulos no tratamento preliminar 1 módulo no tratamento secundário (biológico) 2 módulos no tratamento do lodo e desinfecção 2 módulos na tancagem de químicos
Numero de módulos no final da implantação	6 módulos
Vazão esgoto sanitário (média diária) por módulo	133 L/s ou 11.491,2 m ³ /d
Vazão esgoto sanitário (máxima horária) por módulo	203 L/s ou 730,3 m ³ /h
Esgoto bruto	DBO ₅ = 234,96mg/L SS = 226,26 mg/L Coliformes fecais = 10 ⁷ org / 100 mL NTK = 60 mg/L NH ₃ = 39 mg/L P _T = 8 mg/L
Efluente final	DBO ₅ < 40 mg/L DQO < 150 mg/L SS < 50 mg/L Coliformes termotolerantes = 10 ³ org / 100 mL ou 99% de eficiência de remoção Nitrogênio amoniacal < 20 mg/L P _T < 1 mg/L ou 75% de eficiência de remoção

Fonte: Documento interno DMAE

3.6 ANÁLISE ECONÔMICA DO ESGOTO TRATADO

A situação atual do despejo do efluente proveniente do esgoto cloacal nos córregos e rios apresenta desafios significativos devido à crescente poluição desses corpos d'água. Essa prática está se tornando cada vez mais inviável, uma vez que a capacidade de regeneração da água no meio hídrico é afetada por mudanças climáticas e pelo excesso de poluição. (ANA, 2010)

As mudanças climáticas, como variações nos padrões de chuva e aumento das temperaturas, exercem um impacto negativo na qualidade da água dos rios e córregos. Além disso, o despejo de efluentes de esgoto, que contêm substâncias químicas e materiais orgânicos, contribui para o aumento da poluição desses corpos d'água. (ANA, 2010)

A Agência Nacional de Águas (ANA), ressalta a importância de repensar as práticas de despejo de efluentes e buscar alternativas mais sustentáveis para o tratamento e destinação adequada desses resíduos. É necessário adotar medidas efetivas para reduzir a poluição hídrica, promover a conscientização ambiental e implementar sistemas de tratamento de esgoto mais avançados e eficientes. (ANA, 2010)

3.6.1 Possíveis compradores do esgoto tratado (comercialização)

Ao analisarmos a cidade de Porto Alegre e considerando o âmbito do estudo em questão, é viável identificar uma diversidade de empresas localizadas em um raio de 5 km da ETE Sarandi que apresentam um potencial interessante para adotar o uso de águas de reuso em suas atividades. Essa conclusão é embasada em dados e informações que demonstram a proximidade geográfica entre essas empresas e a ETE Sarandi, sugerindo uma possível conexão entre elas.

No que se refere à figura 18, é possível observar a representação gráfica da localização da região, proporcionando uma visualização mais clara da sua posição em relação à BHG. Essa figura pode servir como referência visual para compreender a distribuição geográfica das empresas e como elas se relacionam com a infraestrutura de tratamento de esgoto.

Figura 18: Imagem aérea entorno e localização na BHG.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6.2 Valor econômico da água de reuso da ETE Sarandi

A busca por dados econômicos relacionados ao valor da água de reuso na ETE Sarandi tem um caráter teórico, uma vez que ainda não há uma comercialização efetiva desse recurso proveniente da ETE em estudo. No entanto, é possível encontrar artigos, trabalhos e relatórios que abordam o potencial valor econômico da água de reuso em outras estações de tratamento pelo Brasil.

Essas fontes de informação fornecem opiniões e análises sobre a viabilidade econômica do reuso de água em diferentes contextos e setores. Elas abordam aspectos como os custos de tratamento, os benefícios ambientais e econômicos associados ao reuso, além dos modelos de negócio adotados para a comercialização desse recurso.

Embora esses estudos possam fornecer uma base teórica importante para entender o potencial valor econômico da água de reuso, é necessário considerar que cada estação de tratamento e cada localidade possuem características específicas

que podem influenciar o contexto econômico do reuso de água. Portanto, para projetos futuros, é fundamental adaptar esses dados teóricos à realidade da ETE em estudo e realizar análises mais aprofundadas e específicas para obter informações econômicas mais precisas e relevantes.

3.6.3 Cálculo de consumo

Para os cálculos de consumo de água, foram aplicadas fórmulas básicas de conversão de metros cúbicos (m³) para litros (L), levando em consideração as unidades de medida adequadas. Além disso, foram utilizadas fórmulas de conversão de tempo para estimar o consumo ao longo de determinado período, conforme apresentado na equação 1, onde “X” e “Y” representa o volume em m³/mês e o volume em L/s, respectivamente. Na equação 2, onde “Z” representa a porcentagem final do comparativo, empregamos o cálculo de porcentagem para determinar a proporção de cada empresa em relação ao total de consumo da ETE Sarandi, permitindo uma análise mais precisa da distribuição dos consumos entre os diferentes setores envolvidos.

$$\frac{X [m^3/mês]}{2592000 [s/mês]} * 1000 [L/m^3] = Y L/s \quad (1)$$

$$\frac{Y}{Q_{ete}} * 100 = Z \% \quad (2)$$

4 RESULTADOS

Neste capítulo estão dispostos os resultados obtidos com a implementação da metodologia. Para uma melhor interpretação dos resultados se faz necessário a leitura do capítulo 3, o qual traz a metodologia aplicada no trabalho. Por motivo de confidencialidade não foi exposto o nome das empresas citadas como possíveis compradoras da água de reuso, onde no item 4.1.1 foi utilizado letras e a descrição da atividade comercial para identificá-las.

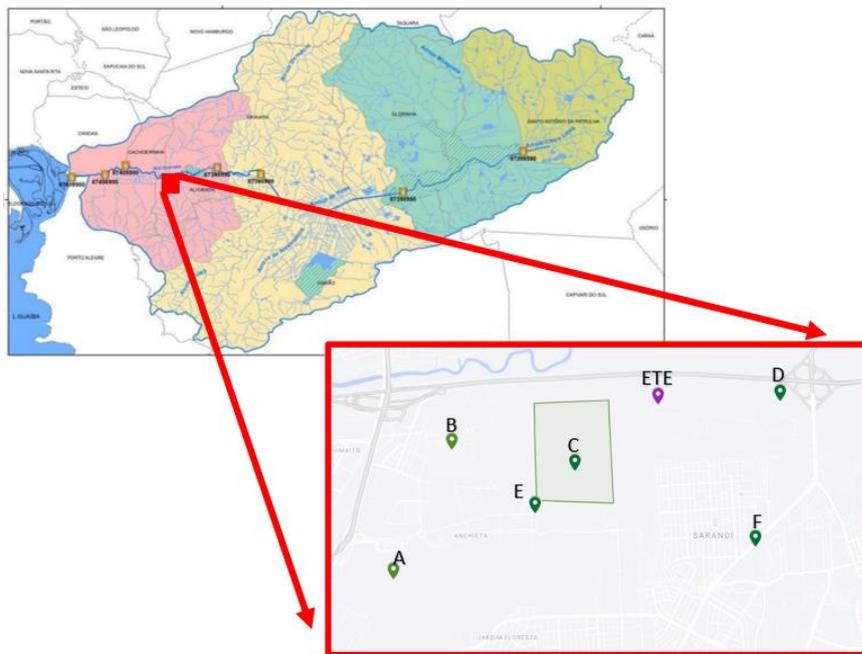
4.1 ANÁLISE DE CONSUMO

Após receber indicativos por parte de algumas empresas e adotar parâmetros de qualidade ou indicadores, foram realizadas análises e quantificações dos dados de consumo. Para aquelas empresas em que não foi possível obter dados próprios, foram utilizadas referências ou informações integradas a partir de fontes confiáveis. Esse processo permitiu uma avaliação abrangente e detalhada dos padrões de consumo das empresas em questão, conforme cálculos detalhados nos itens abaixo.

4.1.1 Possíveis compradores do esgoto tratado

Na pesquisa desenvolvida ao redor da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), foram identificadas empresas que poderiam potencialmente utilizar água não potável para diversos fins internos, mais especificamente para fins não potáveis. Conforme ilustrado na Figura 19, é possível verificar a localização dessas empresas em relação à BHG e à própria ETE. Com base nessa análise espacial, é possível avaliar a viabilidade e a praticidade de fornecer o efluente tratado para o uso dessas empresas, considerando a proximidade geográfica entre elas e a ETE. A escolha pela proximidade se deu pela possibilidade de comercialização da água de reuso por meio de caminhões pipa, uma vez que uma rede de tubulações poderia inviabilizar a proposta.

Conforme a tabela 1, que apresenta as distâncias estimadas das empresas possíveis compradoras da água de reuso a ETE Sarandi, se pode identificar que a maior distância é a empresa “A” e a mais próxima à empresa “C”, com 4,22 km e 1,5 km, respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 1: Referências e distâncias das empresas à ETE

REFERÊNCIA	EMPRESA	DISTÂNCIA DA ETE
A	Aeroporto	4.22 Km
B	Comércio de frutas e verduras	2.94 km
C	Agricultura	1.5 Km
D	Fábrica de refrigerantes	1.7 km
E	Lavagem	2.3 km
F	Lavagem	2.42 km

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2 Estimativa de consumo de água de reuso

Durante o processo de pesquisa, as empresas “A” e “D” não forneceram dados sobre seus consumos de água. Da mesma forma, não foi possível entrar em contato com as empresas “C”, “E” e “F” para obter informações específicas sobre seus consumos. Nessas situações, para fins de análise, foram atribuídos valores estimados com base em referências e dados disponíveis de empresas similares. É importante ressaltar que esses valores utilizados são uma aproximação, podendo haver uma variação nos consumos reais.

A empresa de comércio de frutas e verduras, “B”, informou por Email, conforme pedido no apêndice A sobre seus dados de uso de água, comentou sobre e sua fonte de abastecimento ser por meio do DMAE, desta recebe cerca de 7.312m³ por mês,

além de possuir pontos próprios para captação de água de chuva, que usa para irrigação de algumas produções internas da empresa.

Levando em conta o consumo da empresa é de 7.312m³ por mês, o equivalente a uma vazão equivalente a 2,78l/s, (equação 3) o que se torna cerca de 2,1% (equação 4) da produção de efluente de um módulo da ETE, como mostra as equações a seguir, isto se considerado que todo o consumo da empresa seja para fins não potáveis, como irrigação, lavagem de piso, uso em bacias sanitárias entre outros fins.

$$\frac{7.312m^3/mês}{2592000 s/mês} * 1000 = 2,78L/s \quad (3)$$

$$\frac{2,78}{133} * 100 = 2,1\% \quad (4)$$

A empresa "B" está localizada a uma distância de aproximadamente 2,9 km da ETE Sarandi, o que pode ser considerado uma curta distância. Essa proximidade geográfica permite que a empresa tenha viabilidade para ser abastecida por meio de uma rede própria de distribuição de água de reuso ou por meio do transporte de caminhões-pipa. Ambas as opções possibilitam o fornecimento contínuo e adequado de água não potável para as necessidades internas da empresa, como irrigação e outros usos específicos. Essa proximidade oferece uma vantagem logística que pode contribuir para a utilização sustentável e econômica dos recursos hídricos na região.

A empresa "A" não autorizou o compartilhamento de seus dados de consumo de água. Portanto, com base em estudos anteriores, estima-se que o consumo médio dessa empresa seja de 8 a 15 litros por dia por passageiro (Calijuri *et al.*, 2007). Isso equivale a uma vazão estimada de 0,00017 litros por segundo por passageiro, segundo a equação 5.

Conforme Comunello (2021), em 2019, aproximadamente 8.314.013 pessoas circularam pelo aeroporto, o que equivale a uma média diária de 22.779 pessoas. Levando em consideração esses dados, é possível calcular a vazão necessária para atender a demanda da empresa "A", segundo a equação 6, obtendo um valor de 3,87 litros por segundo. Essas estimativas fornecem uma base para compreender a vazão necessária para atender ao consumo de água da empresa "A". No entanto, é

importante ressaltar que esses valores são aproximados, uma vez que não foram obtidos dados específicos da empresa em questão. Atribuindo estes dados ao aeroporto presente na zona norte da cidade de Porto Alegre, chegasse à visão de que somente para abastecimento de vasos sanitários e lavatórios do aeroporto, característica do consumo por pessoa estimado no artigo, temos que seria 2,9% (equação 7) do efluente tratado vindo da ETE, como apresentado nos cálculos a seguir:

$$\frac{15L/dia}{86400 s/dia} = 0,00017L/s \quad (5)$$

$$0,00017 * 10000 = 3,87 L/s \quad (6)$$

$$\frac{3,87}{133} * 100 = 2,9\% \quad (7)$$

A empresa "A" está localizada a uma distância de aproximadamente 4,22 km da estação de tratamento de esgoto. Caso a empresa decida se tornar um comprador de água tratada, existem duas opções viáveis para o abastecimento: o transporte por caminhões pipa ou o uso de uma rede própria de distribuição. No caso do transporte por caminhões pipa, a água tratada seria carregada nos caminhões na estação de tratamento e transportada até a empresa "A" para suprir suas necessidades de consumo. Esse método permite flexibilidade e agilidade no fornecimento de água, porém, necessita a construção de um reservatório para acumular essa água, separadamente da água em padrões potáveis. A outra opção seria a empresa "A" investir na construção de uma rede própria de distribuição de água de reuso. Isso envolveria a instalação de tubulações e infraestrutura necessárias para levar a água diretamente da estação de tratamento até a empresa. Essa opção oferece maior controle sobre o abastecimento e elimina a dependência dos caminhões pipa, porém exige um maior custo inicial. Ambas as opções podem ser viáveis para atender à demanda de água da empresa "A" e garantir um abastecimento confiável e adequado. A escolha entre elas dependerá de diversos fatores, como custos, disponibilidade de recursos e infraestrutura existente.

Por meio da utilização de imagens obtidas por satélite e da aplicação de filtros para extrair informações relevantes, foi viabilizada a análise de dois potenciais

consumidores de água, estabelecimentos de lavagem automotiva localizados, em média, a uma distância de 2,4 km da estação de tratamento de esgoto em estudo. Com base em INTESA, constatou-se que a lavagem de um carro consome, em média, 60 litros de água (INTESA, 2014). Portanto, se considerado a lavagem de 60 carros (INTESA, 2014) por semana, o consumo semanal de água atingiria a marca de 3.600 litros, que conforme a equação 8, por dia é equivalente a 514,28 L/dia, já na equação 9, tem-se um valor mensal de 15428,57 L/mês. Ao atribuir os valores mencionados às lavagens automotivas descritas na tabela 1, identificadas como "E" e "F", é possível calcular a vazão necessária para abastecer um ponto de lavagem automotiva. Com base nos cálculos realizados na equação 10 a seguir, foi determinado que essa vazão é de 0,00587 litros por segundo (L/s).

$$\frac{3600L}{7dias} = 514,28 L/dia \quad (8)$$

$$514,28 * 30 = 15428,57 L/mês \quad (9)$$

$$\frac{15428,57L/mês}{2.592.000 s/mês} = 0,00587 L/s \quad (10)$$

Após atribuir a vazão específica a cada empresa e realizar a soma dessas vazões, constatamos que o volume resultante corresponde a uma proporção aproximada de 0,009% em relação ao volume total de efluente tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em estudo. Conforme apresentado na equação 11:

$$\frac{2 * 0,00587}{133} * 100 = 0,009\% \quad (11)$$

Na região do bairro Sarandi, além das empresas mencionadas, pode-se identificar algumas plantações, empresa "C", que se mostram como potenciais consumidores de água de reuso. Segundo dados da EMBRAPA, em lavouras de arroz irrigado, o consumo de água é estimado em 50m³ por dia por hectare. Realizando os cálculos correspondentes, obtém-se uma vazão aproximada de 0,6 litros por segundo por hectare, conforme demonstrado nas equações 12 e 13. Na figura 20, é apresentada uma representação das áreas de cultivo abrangendo cerca de 30 hectares próximos à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em estudo. Com base nesses dados, estima-se que essas plantações consumam aproximadamente 18 litros

por segundo do efluente tratado, o que corresponde a cerca de 13% da vazão total da ETE, conforme indicado pela equação 14 e pela equação 15. Esses cálculos reforçam a relevância das atividades agrícolas como consumidoras de água de reuso proveniente do tratamento de esgoto, ressaltando a importância de considerar essas áreas de cultivo no contexto do uso sustentável dos recursos hídricos e na gestão eficiente do efluente tratado.

$$\frac{50m^3/dia}{86400 s/dia} = 0,000579m^3/s \quad (12)$$

$$0,000579 * 1000 = 0,6 L/s \quad (13)$$

$$30 * 0,6 = 18 L/s \quad (14)$$

$$\frac{18}{133} * 100 = 13\% \quad (15)$$

Figura 20: Área de provável uso para agricultura



Fonte: Elaborado pelo autor

A empresa "D" não forneceu informações sobre seu consumo de água, porém, como se trata de uma indústria, foi realizado um estudo utilizando imagens de satélite

para estimar o volume de água utilizado na lavagem dos pisos externos da empresa. Através da análise da Figura 21, foi identificada uma área de aproximadamente 0,1 km² que pode ser sujeita à lavagem. De acordo com informações do Leite (2014), estima-se que sejam gastos cerca de 3,6 litros de água por metro quadrado na lavagem dos pisos. Aplicando essa estimativa na área de 0,1 km², tem-se um consumo de aproximadamente 360.000 litros de água (equação 16). Considerando que a lavagem dos pisos seja realizada uma vez por semana, o consumo diário seria de aproximadamente 51.428,57 litros (equação 17), o que equivale a uma vazão de 0,6 litros por segundo (equação 18). Somando-se essa vazão com as vazões atribuídas às demais empresas, constata-se que a empresa "D" representa aproximadamente 0,45% do volume total de efluente tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em estudo (equação 19). Essa análise demonstra a relevância do consumo de água da empresa "D" em relação ao efluente tratado pela ETE em estudo.

É importante ressaltar que as empresas mencionadas não podem simplesmente interromper o uso de água potável, uma vez que ela é essencial para atividades de higiene e consumo humano. A utilização de água não potável, como água de reuso, pode ser uma estratégia eficiente para reduzir a demanda de água potável em determinados processos industriais, irrigação de áreas verdes, lavagem de veículos, entre outros usos não relacionados ao consumo humano direto. Essa prática permite preservar os recursos hídricos de qualidade superior, como a água potável, para usos prioritários e essenciais à vida.

$$100000 * 3,6 = 360000 \text{ L/semana} \quad (16)$$

$$\frac{360000}{7} = 51428,57 \text{ L/dia} \quad (17)$$

$$\frac{1851428,57}{86400} = 0,6 \text{ L/s} \quad (18)$$

$$\frac{0,6}{133} * 100 = 0,45\% \quad (19)$$

Figura 21: Área empresa "D"



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 VALOR ECONÔMICO DA ÁGUA DE REUSO DA ETE SARANDI

Considerando os custos associados ao transporte do efluente tratado até as instalações das empresas, especificamente utilizando caminhões pipa, verificou-se, por meio de pesquisas em sites de locação de equipamentos, que o custo mensal é de R\$15.000 para um caminhão vazio, com capacidade de até 10m³. Com base nesses dados, a Tabela 2 apresenta uma estimativa dos gastos para cada empresa, levando em consideração a adoção de um contrato unitário em que as empresas compartilhem proporcionalmente o uso do mesmo caminhão ao longo do mês, e que apenas um caminhão seja suficiente para suprir a necessidade de todas as empresas envolvidas.

Tabela 2: Custo mensal por empresa

EMPRESA	m ³ /mês	CAMINHÕES	% de uso	CUSTO
A	2340,6	234,06	15,320%	R\$ 2.297,94
B	1681,4	168,14	11,005%	R\$ 1.650,75
C	10886,4	1088,64	71,253%	R\$ 10.687,96
D	362,9	36,29	2,375%	R\$ 356,28
E	3,6	0,36	0,024%	R\$ 3,53
F	3,6	0,36	0,024%	R\$ 3,53

Fonte: Elaborado pelo autor

É importante ressaltar que, atualmente, o transporte de água potável por meio de caminhões pipa já está incorporado no custo do fornecimento de água. Uma opção para reduzir o custo para as empresas é que o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) inclua o custo do transporte no preço da água de reuso, oferecendo um serviço completo e viabilizando sua comercialização como um pacote integrado.

4.3 POSSÍVEIS BENEFÍCIOS DA COMERCIALIZAÇÃO DA ÁGUA DE REUSO

Dentre os inúmeros e significativos benefícios decorrentes da comercialização da água de reuso, destacam-se, os impactos positivos tanto no âmbito ambiental quanto no econômico.

4.3.1 Benefícios econômicos

Ao realizar uma análise comparativa entre o custo por metro cúbico (m³) referente ao transporte da água de reuso e os valores correspondentes às taxas estabelecidas pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), constata-se uma diferença substancial. Conforme informações disponibilizadas pelo DMAE, a taxa para uso comercial é fixada em R\$5,27 por m³, no entanto, é importante mencionar que existe uma taxa mínima de R\$67,90 aplicada para consumos de até 10m³ destinados a fins comerciais. Já no caso das indústrias, o valor estabelecido é de R\$179,90 para um limite de até 20m³. (DMAE, 2022)

Na tabela 3, é possível verificar os custos de transporte da água de reuso, em comparativo com o gasto mensal da empresa com o DMAE para a água potável.

Tabela 3: Comparativo de custos

EMPRESA	m ³ /mês	R\$ TRANSPORTE	R\$ DMAE
A	2340,576	R\$ 2.297,94	R\$ 12.409,34
B	1681,344	R\$ 1.650,75	R\$ 8.935,18
C	10886,4	R\$ 10.687,96	R\$ 57.445,83
D	362,88	R\$ 356,28	R\$ 1.986,88
E	3,550176	R\$ 3,53	R\$ 179,90
F	3,550176	R\$ 3,53	R\$ 179,90

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste trabalho foi proposto que todo o consumo dito acima seja para fins não potáveis, logo, as empresas continuariam recebendo água potável para consumo e

higiene pessoal. Considerando os valores obtidos, podemos chegar numa estimativa para o custo da água de reuso, se descontarmos os valores de transporte e outorga que o DMAE paga para lançar o efluente no leito do rio, conforme a equação 20, temos uma fórmula para quantificar o custo da água de reuso nestes, levando em conta de que o gasto para a empresa adquirir a água de reuso, seja no mínimo igualada ao gasto somente com água potável.

$$\text{\$ } \mathit{Ág. Reuso} = \text{\$ } \mathit{Ág. DMAE} - \text{\$ } \mathit{Transporte} - \text{\$ } \mathit{Autorga de lançamento} \quad (20)$$

É válido lembrar que o DMAE atualmente arca com custos relacionados ao lançamento do efluente tratado no rio Gravataí, por meio de taxas e outorgas estabelecidas pelo órgão regulamentador. No entanto, ao considerar a possibilidade de comercialização da água de reuso, o DMAE poderia enfrentar uma mudança nesse cenário, resultando em possíveis descontos associados.

4.3.2 Benefícios a bacia com a redução de vazão que iria para o rio

O rio Gravataí apresenta atualmente uma vazão de referência de 3,74 m³/s, o que corresponde a 3.740 litros por segundo. No entanto, devido ao lançamento de efluentes por diversas empresas, além do DMAE, diretamente no leito do rio, é necessário reduzir essa carga poluidora, conforme apontado pela FEPAM (2020). A diminuição do despejo de efluentes no rio é essencial para preservar a qualidade da água e garantir a sustentabilidade desse importante recurso hídrico. Medidas e ações efetivas devem ser implementadas para controlar e reduzir o impacto dos efluentes industriais e domésticos no rio Gravataí, visando a sua preservação e a promoção de um ambiente saudável para a flora, fauna e comunidades que dependem desse recurso.

A comercialização do efluente tratado visando reuso pode resultar em uma redução significativa efluente despejado, especialmente levando em consideração as empresas mencionadas neste trabalho. A estimativa é de que, apenas com essas empresas, seja possível reduzir aproximadamente 25,25 L/s da vazão do da ETE em estudo. Embora essa redução inicial possa parecer relativamente pequena, é importante ressaltar que essa economia pode ser ampliada ao incentivar mais empresas a adotarem práticas sustentáveis de reuso de água. À medida que mais

empresas se engajarem nesse processo, o potencial de economia de água aumentará significativamente, resultando em benefícios ambientais e econômicos ainda maiores.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em conclusão, o trabalho realizado apresentou uma análise sobre o potencial de utilização da água de reuso por empresas localizadas nas proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Sarandi, em Porto Alegre. Considerando as distâncias entre as empresas e a ETE, bem como as estimativas de consumo de água para cada uma delas, sendo possível identificar oportunidades de uso sustentável e econômico da água de reuso.

Ao atribuir vazões para cada empresa e somá-las, constatou-se que o volume total correspondia a uma pequena porcentagem do efluente tratado pela ETE Sarandi. No entanto, destacou-se a importância de iniciar esse processo de reuso, pois, além de promover a sustentabilidade hídrica, poderia incentivar outras empresas a adotarem práticas semelhantes.

O estudo também ressaltou que a comercialização da água de reuso exigiria uma avaliação cuidadosa dos custos envolvidos. Embora as empresas citadas não tenham fornecido dados precisos sobre seus consumos, estimativas foram realizadas com base em informações disponíveis. Adicionalmente, a necessidade de transportar a água de reuso e os possíveis custos associados ao DMAE foram mencionados, ressaltando a importância de considerar os aspectos financeiros e regulatórios antes de implementar totalmente o reuso da água.

Em suma, a pesquisa demonstrou que a utilização da água de reuso pode ser uma solução viável e sustentável para atender às demandas não potáveis das empresas. Ao reduzir a dependência de água potável e incentivar a preservação dos recursos hídricos, o reuso da água pode contribuir para a conservação do meio ambiente e a mitigação dos impactos da escassez de água. No entanto, é fundamental, em trabalhos futuros, realizar estudos mais aprofundados e considerar as condições específicas de cada empresa e contexto local antes de implementar medidas de reuso da água em larga escala. Além disso, é importante destacar que o trabalho realizado trouxe à tona a necessidade de conscientização e engajamento por parte das empresas e da sociedade em relação à importância do reuso da água. A escassez de recursos hídricos e os impactos das mudanças climáticas exigem a adoção de práticas mais sustentáveis e eficientes na gestão dos recursos naturais.

Através da análise das distâncias entre as empresas e a ETE Sarandi, foi possível identificar as oportunidades de implementação de sistemas de reuso de água. No entanto, é fundamental ressaltar a importância de considerar aspectos técnicos, operacionais e regulatórios para garantir a viabilidade e o sucesso dessas iniciativas. É necessário avaliar a qualidade da água de reuso, os custos de tratamento e transporte, além de garantir a conformidade com as regulamentações locais e nacionais, ficando também para sugestões futuras.

O estudo também evidenciou a importância da colaboração entre o setor público e o setor privado para promover o reuso da água. A parceria entre as empresas e o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) pode impulsionar a implementação de projetos de reuso, compartilhar conhecimentos e recursos, e desenvolver estratégias conjuntas para enfrentar os desafios relacionados à gestão hídrica. Diante dos resultados obtidos, recomenda-se a continuidade das pesquisas e estudos nessa área, a fim de aprimorar as técnicas de reuso da água, buscar soluções inovadoras e identificar novas oportunidades de aplicação. O reuso da água é uma estratégia promissora para enfrentar os desafios da escassez hídrica e promover a sustentabilidade ambiental e econômica.

Em resumo, o trabalho realizado trouxe percepções relevantes sobre o potencial do reuso da água pelas empresas próximas à ETE Sarandi, ou seja, a possibilidade de venda desta água. Com uma abordagem consciente e sustentável, é possível reduzir a demanda por água potável e promover a preservação dos recursos hídricos. O comércio da água de reuso não só representa uma solução viável, mas também uma oportunidade de transformação para alcançar um futuro mais sustentável e resiliente em relação à gestão dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos: desafios para a gestão 2010**. Agência Nacional de Águas. Brasília.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da Qualidade das Águas do Brasil 2012**. Agência Nacional de Águas. Brasília, p. 264. 2012. (ISBN 978-85-8210-007-3).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Esgotos depuração das bacias hidrográficas, 2017**. Disponível em: < <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 13 de abril de 2023.

AZEVEDO NETO, J. M. **Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil**. 33ª. ed. São Paulo: SABESP, 1959.

BARACHO, R. O., Bezerra, N.R., e Scalize. P. S.; Universidade Federal de Goiás - UFG. **Saneamento e saúde ambiental**. Publica Ciar, 2018. Disponível em: <https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/saneamento-e-saude-ambiental/modulos/5_modulo_saneamento/03-2.html>. Acesso em: 27 outubro 2022.

BRUEGEL, Pieter. **Provérbios Neerlandeses, 1559**. Museus Estatais de Berlin.

BIOSIS. **Removedor de lodo submerso fornecido pela BIOSIS, 2022**. BIOSIS. Disponível em: <<https://biosis.eco.br/post-removedor-de-lodo-submerso/>>. Acesso em: 10 Novembro 2022.

BRASIL ESCOLA. **Distribuição de água, 2015**. Disponível em: <<https://s3.static.brasescola.uol.com.br/img/2015/02/distribuicao-da-agua.jpg>>. Acesso em: 15 set. 2022.

CÂMERA DOS DEPUTADOS, **PL 2451/2020**. Disponível em: < <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2251907>> Acesso em: 13 de abril de 2023.

CALIJURI, MARIA. CAMPRAIA, ARNALDO. ALVES, HENRIQUE. PASQUALINI, LIANA. GIRONDOLI, LUDMILA. SANTOS, MAURO. **Reuso de água no Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins, MG, 2007**. XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS- SÃO PAULO, 2007

CONAMA 430, **Resolução CONAMA nº 430 de 13/05/2011**, Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>> Acesso em: 13 de abril de 2023.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. **Dmae 60 anos: vanguarda do saneamento no país**. Revista ECOS, Porto Alegre, maio 2022. 42.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. **Informações esgoto cloacal, 2020.** Prefeitura de Porto Alegre. Disponível em: <<https://prefeitura.poa.br/dmae/informacoes-esgoto-cloacal>>. Acesso em: 27 Outubro 2022.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. **Correção da tarifa de água e esgotos do Dmae entra em vigor.** Prefeitura de Porto Alegre. Disponível em: <<https://prefeitura.poa.br/dmae/noticias/correcao-da-tarifa-de-agua-e-esgotos-do-dmae-entra-em-vigor>>. Acesso em: 21 maio 2023.

EDDY e METCALF. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos.** 5ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

EOS, ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS. **Formas de reuso de água,** S.I. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/formas-de-reuso-de-agua/>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY -EEA. **Utilização da água na Europa - A quantidade e a qualidade enfrentam grandes desafios.** 2018.

FECOMERCIO SP, 2014. **Reuso da água é alternativa do comércio para crise em São Paulo.** Disponível em: < <https://www.fecomercio.com.br/noticia/reuso-da-agua-e-alternativa-do-comercio-para-crise-em-sao-paulo>> Acesso em: 13 de abril de 2023.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (FEPAM), 2021. **Qualidade da água superficial na bacia hidrográfica do rio Gravataí.** Porto Alegre: FEPAM 2021.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (FEPAM), 2020. **Boletim de Estiagem da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.** Porto Alegre: FEPAM 2020.

FUSATI, TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES. **Tratamento de Esgoto: Benefícios para o Saneamento e Economia de Recursos.** Fossati ambiental, 2019. Disponível em: < <https://fusatiambiental.com.br/tratamento-de-esgoto-beneficios-para-o-saneamento-e-economia-de-recursos/>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

GARCIA, É. N. D. A., MORENO, A. A. C. e FERNANDES, A. L. V. F. **A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil.** Periódico eletrônico fórum ambiental da Alta Paulista, 19 dez. 2015. 235-249.

LEITE, ISABELA. **Como economizar água limpando piso, banheiro e cozinha com máquina a vapor.** 2014. G1.globo. São Paulo 2014 Disponível em:< g1.globo.com> Acesso em: 28 mai. 2023.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 8º. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2017.

KLUSENER, JOÃO JÚLIO. **Adaptação de redes coletoras de águas pluviais para sistemas coletores unitários utilizando o Sistema de Coleta, Transporte e Tratamento de Esgotos Sanitários de Rosário do Sul – RS como objeto de pesquisa.** Manancial repositório digital da UFSM, Santa Maria. 2004.

LEGNER, C. **Sistema de decantação.** Revista TAE, Sabto André, n. 13, junho/julho 2013.

MARQUES, F. **etapas do processo de tratamento de efluentes, 2022.** Aquasolution. Disponível em: <<https://acquablog.aquasolution.com/etapas-do-processo-de-tratamento-de-efluentes/>>. Acesso em: 10 novembro 2022.

MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. **Sistemas sustentáveis de esgoto.** 2ª. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

NBR 12209. **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários.** ABNT. 2011.

OBRACZKA, et al. **Aproveitamento de efluente tratado proveniente da ETE alegria para reuso em áreas urbanas.** Congresso Brasileiro de engenharia sanitaria e ambiental, Rio de Janeiro, 2019. 16.

COMUNELLO, PATRICIA. **Aeroporto de Porto Alegre transportou quase 5 milhões de passageiros a menos em 2020, 2021** Jornal do comércio, Porto Alegre, 2021. Disponível em: < <https://www.jornaldocomercio.com> < Acesso em: 28 mai. 2023

PENA, M. R. A. **Distribuição da água no mundo.** Brasil Escola, 2010. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 14 set. 2022.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BASICO (PMSB). **Volume 3 – programas, participação social e indicadores.** Dezembro de 2015.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Estudo para qualificar saneamento básico tem a primeira etapa concluída, 2020.** Disponível em: < <https://prefeitura.poa.br/smpe/noticias/estudo-para-qualificar-saneamento-basico-tem-primeira-etapa-concluida>> Acesso em 13 de abril de 2023.

ROSSATO, M. S. **O registro da precipitação sul-rio-grandense a partir de estudos paleoclimáticos na América do Sul Tropical.** 2002. 80 f.: il. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2002.

SCHORR, A. D. S. **Tratamento de agua e efluentes.** Rio de Janeiro: Freitas Bastos Editora, 2022.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. **Diário Oficial do Estado**. Diário oficial RS, 2020. Disponível em: <<https://www.diariooficial.rs.gov.br/diario?td=DOE&dt=2020-03-10&pg=101>>. Acesso em: 14 set. 2022.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - SEMA. **Relatório final, 2012**. Disponível em: < <https://sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai> >.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Esgotamento Sanitário, 2020**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e tratamento de esgoto sanitário**. 2ª. ed. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1999.