



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Bruna Barcelos dos Santos

Avaliação do potencial de reúso de água para fins urbanos não potáveis a partir do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgotos da Lagoa da Conceição em Florianópolis/SC

Florianópolis
2023

Bruna Barcelos dos Santos

Avaliação do potencial de reúso de água para fins urbanos não potáveis a partir do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgotos da Lagoa da Conceição em Florianópolis/SC

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Maria Elisa Magri, Dra.

Florianópolis

2023

Santos, Bruna Barcelos dos

Avaliação do potencial de reúso de água para fins urbanos não potáveis a partir do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgotos da Lagoa da Conceição em Florianópolis/SC / Bruna Barcelos dos Santos ; orientadora, Maria Elisa Magri, 2023.
76 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Reúso de água. 3. Reúso urbano não potável. 4. Esgoto sanitário. 5. Efluente tratado. I. Magri, Maria Elisa . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Bruna Barcelos dos Santos

Avaliação do potencial de reúso de água para fins urbanos não potáveis a partir do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgotos da Lagoa da Conceição em Florianópolis/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 7 de dezembro de 2023.



Coordenação do Curso

Prof. Bruno Segalla Pizzolatti, Dr.

Banca examinadora



Prof.(a) Maria Elisa Magri, Dra.

Orientadora



Eng^a. Thamires Custódio Jeremias, Ma.
Universidade Federal de Santa Catarina



Eng^o. Fabrício Jacques Vieira, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu o dom da vida, permitindo que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Cláudia e Leonardo, que com todo amor, incentivo e apoio tornaram possível a minha jornada de estudos para a conquista desse sonho, e por serem meus maiores exemplos de dedicação e honestidade. Ao meu irmão, Emanuel, que poupava as práticas de berimbau em casa para que eu tivesse um ambiente de silêncio, valeu brother! Aos familiares que estiverem comigo ao longo dessa jornada e sempre acreditaram no meu potencial.

Ao meu amor, Alisson, por me incentivar, ouvir, aconselhar e tornar esse momento mais leve e feliz. Às minhas amigas, Laura e Karen, que estiveram junto comigo desde o início da graduação, por todas as trocas, risadas, desabafos, perrengues e conquistas, vocês tornaram essa trajetória mais colorida e valiosa. À Ari, que tive o prazer de conviver nesse último ano da graduação. Às minhas amigas, Alessandra e Lohanna, presentes que a mecânica me proporcionou, pela parceria de anos.

À minha orientadora, Prof. Maria Elisa, pelas aulas de saúde ambiental que me inspiraram nesta ideia, pelos aprendizados e direcionamentos que me permitiram realizar este trabalho. Agradeço também a todos os professores, em especial ao Rodrigo Mohedano e ao Pablo Heleno, pelas aulas que me brilhavam os olhos.

À CASAN por fornecer os dados necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, pela excelência em ensino, pesquisa e extensão.

“O homem é parte da natureza e a sua guerra contra a natureza é, inevitavelmente, uma guerra contra si mesmo. Temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos.”

(CARSON, 1962)

RESUMO

O crescimento populacional associado às demandas de consumo por diversos bens e serviços contribuem para o aumento de pressão sobre os recursos naturais, especialmente a água. À medida que as cidades se expandem, a demanda hídrica aumenta e a geração de efluentes também. O reúso de águas residuárias surge como uma alternativa sustentável capaz de preservar a água e amenizar a poluição dos corpos hídricos. O Distrito da Lagoa da Conceição, um dos destinos turísticos mais importantes do município de Florianópolis/SC, vem sofrendo os efeitos da pressão antrópica, que têm deteriorado a qualidade do meio ambiente local. Nesse contexto, o estudo realizado consistiu em avaliar o potencial de oferta e demanda da água de reúso para fins urbanos não potáveis a partir do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Lagoa da Conceição. Adicionalmente, o estudo abordou a viabilidade de implantação do sistema a partir do uso de caminhões pipa. A metodologia envolveu a identificação dos maiores consumidores de água na área de estudo e de áreas verdes para irrigação, com base respectivamente, nos dados fornecidos pela concessionária do setor de saneamento da cidade e do sistema de georreferenciamento da prefeitura, que incorporam o zoneamento da cidade. Para a análise de oferta de água de reúso, quantitativa e qualitativa, recorreu-se aos dados da concessionária dos serviços de saneamento e aos relatórios da agência reguladora do município. Os potenciais consumidores de água de reúso incluem 35 condomínios residenciais, o Floripa *Shopping*, a Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais, 2 unidades prisionais, 1 universidade e 56 áreas verdes. Esses consumidores representam cerca de 35% do volume total do efluente produzido pela ETE. Os resultados qualitativos do efluente indicaram não conformidade com os limites estabelecidos pelas resoluções abordadas para o parâmetro de coliformes termotolerantes e para os parâmetros de DBO_{5,20}, SST e turbidez para a classe mais exigente. A viabilidade de implantação do sistema, através do fornecimento de água de reúso com caminhões pipa, mostrou-se desafiadora logisticamente para atender totalmente à demanda, em virtude do elevado número de veículos necessários. Contudo, revelou-se favorável para o atendimento de demandas específicas menores, com destaque para o uso de veículos com capacidade de 10m³, que se apresentam mais vantajosos em termos de volume fornecido e de custo. Conclui-se que a implementação bem-sucedida do sistema de reúso do efluente tratado da ETE Lagoa

da Conceição demanda aprimoramentos no tratamento para atender às legislações pertinentes e que, apesar das limitações logísticas, o sistema atende à demanda requerida de forma consistente. Destaca-se a necessidade de estudos futuros que contemplem outras alternativas de fornecimento de água de reúso, especialmente para volumes maiores, bem como o uso de modelagem de avaliação de risco para estimativas mais realistas da qualidade do efluente tratado requerido, tendo em vista o padrão altamente restritivo das normas existentes no país.

Palavras-chave: Reúso de água; reúso urbano não potável; esgoto sanitário; efluente tratado; sustentabilidade.

ABSTRACT

Population growth coupled with consumption demands for various goods and services contribute to increased pressure on natural resources, especially water. As cities expand, water demand increases and so does wastewater generation. Wastewater reuse has emerged as a sustainable alternative capable of preserving water and mitigating the pollution of water bodies. The Lagoa da Conceição district, one of the most important tourist destinations in the municipality of Florianópolis/SC, has been suffering the effects of anthropogenic pressure, which has deteriorated the quality of the local environment. In this context, the study consisted of analyzing the potential supply and demand of reuse water for non-potable urban purposes from the treated effluent of the Lagoa da Conceição Wastewater Treatment Plant (WWTP). In addition, the study looked at the feasibility of implementing the system using water trucks. The methodology involved identifying the largest consumers of water in the study area and green areas for irrigation, based respectively on data provided by the city's sanitation concessionaire and the city hall's georeferencing system, which incorporates the city's zoning. For the quantitative and qualitative analysis of the supply of reuse water, we used data from the sanitation services concessionaire and reports from the municipality's regulatory agency. Potential consumers of reuse water include 35 residential condominiums, the Floripa Shopping, the Executive Secretariat for International Affairs, 2 prisons, 1 university and 56 green areas. These consumers represent around 35% of the total volume of effluent produced by the WWTP. The effluent's qualitative results indicated non-compliance with the limits established by the resolutions in question for the thermotolerant coliform parameter and for the BOD_{5,20}, TSS and turbidity parameters for the most demanding class. The feasibility of implementing the system by supplying reuse water with water trucks proved to be logistically challenging in order to fully meet demand, due to the large number of vehicles needed. However, it proved to be favorable for meeting smaller specific demands, especially the use of vehicles with a capacity of 10m³, which are more advantageous in terms of volume supplied and cost. The conclusion is that the successful implementation of the Lagoa da Conceição WWTP treated effluent reuse system requires improvements in treatment to comply with the relevant legislation and that, despite logistical limitations, the system consistently meets the required demand. It is worth highlighting the need for future studies that consider other alternatives for

supplying reuse water, especially for larger volumes, as well as the use of risk assessment modeling for more realistic estimates of the quality of the treated effluent required, given the highly restrictive standards that exist in the country.

Keywords: Water reuse; non-potable urban reuse; sanitary sewage; treated effluent; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de tratamento da ETE Lagoa da Conceição	21
Figura 2 - Fluxograma metodológico	35
Figura 3 - Localização da ETE Lagoa da Conceição	36
Figura 4 - Zoneamento definido pela Lei Complementar nº 739/2023 considerado na área de estudo.....	42
Figura 5 - Mapa georreferenciado dos potenciais consumidores de água de reúso .	55
Figura 6 - Mapa georreferenciado das áreas verdes para irrigação por volume demandado por distrito administrativo	56
Figura 7 - Representação gráfica das concentrações do parâmetro de coliformes termotolerantes medidos na ETE Lagoa da Conceição de 2019 a 2022 relacionada com as exigências das resoluções selecionadas.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais modalidades de reúso de água e aplicações típicas	25
Quadro 2 - Padrões de qualidade para diferentes classes de água de reúso segundo a NBR 13696/97	26
Quadro 3 - Compilação dos limites estabelecidos pelas legislações/normativas brasileiras vigentes no que tange ao reúso de água urbano	28
Quadro 4 - Padrões de qualidade mínimos estabelecidos pela USEPA para reúso urbano	30
Quadro 5 - Destinações possíveis para a água de reúso no exterior	32
Quadro 6 - Áreas definidas pela Lei Complementar nº 739/2023	38
Quadro 7 - Demandas necessárias para os diferentes usos não potáveis	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de amostras analisadas	40
Tabela 2 - Composição da área de estudo segundo zoneamento estabelecido pela Lei Complementar nº 739/2023	42
Tabela 3 - Seleção das unidades consumidoras que detêm os maiores volumes médios de água consumidos	44
Tabela 4 - Volumes associados aos tipos de unidades consumidoras.	45
Tabela 5 - Estimativa de volume não potável de água para a penitenciária e o presídio masculino	47
Tabela 6 - Estimativa de volume não potável de água para o Hospital Universitário	48
Tabela 7 - Estimativa de volume não potável para o Restaurante Universitário da UFSC.....	49
Tabela 8 - Estimativa de volume não potável para a SAI.....	50
Tabela 9 - Estimativa de volume não potável para o CIC	50
Tabela 10 - Identificação de áreas verdes	51
Tabela 11 – Estimativa de volume não potável por bairro para a irrigação de áreas verdes.....	53
Tabela 12 – Potenciais unidades consumidoras de água de reúso	54
Tabela 13 – Quadro resumo das áreas verdes para irrigação separadas por bairros e distritos administrativos	56
Tabela 14 - Avaliação quantitativa da oferta de esgoto tratado.....	57
Tabela 15 - Comparação da qualidade do efluente tratado da ETE Lagoa da Conceição com legislações pertinentes ao reúso não potável urbano	57
Tabela 16 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso - Cenário 1	60
Tabela 17 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso - Cenário 2.....	62
Tabela 18 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso para irrigação de áreas verdes - Cenário 1.....	63
Tabela 19 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso para irrigação de áreas verdes - Cenário 2.....	64
Tabela 20 - Custo do transporte de água em caminhão pipa (base SINAPI - SC) para velocidades distintas.....	64

Tabela 21 - Tarifas do m ³ de água potável praticadas pela CASAN	65
Tabela 22 - Comparação entre os custos de água potável fornecida pela CASAN e o custo estimado do transporte de água em caminhão pipa de 6 m ³	65
Tabela 23 - Comparação entre os custos de água potável fornecida pela CASAN e o custo estimado do transporte de água em caminhão pipa de 10 m ³	66
Tabela 24 - Comparativo entre custos de água de reúso fornecida por caminhão pipa de 6m ³ e água fornecida pelo sistema público (rede) para as diferentes demandas de consumo mensal.....	67
Tabela 25 - Comparativo entre custos de água de reúso fornecida por caminhão pipa de 10m ³ e água fornecida pelo sistema público (rede) para as diferentes demandas de consumo mensal.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ARESC – Agência Reguladora de Serviços Públicos de Santa Catarina

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

ETEs – Estações de Tratamento de Esgoto

EPA – Environment Protection Authority

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LEI – Lagoa de Evapoinfiltração

NBR – Norma brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

PMF – Prefeitura Municipal de Florianópolis

PNMDLC – Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SC – Estado de Santa Catarina

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

SESLC – Sistema de Esgotamento Sanitário da Lagoa da Conceição

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SST – Sólidos Suspensos Totais

UASB – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVOS	19
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivos específicos	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM FLORIANÓPOLIS	20
2.1.1	Sistema de Esgotamento Sanitário da Lagoa da Conceição (SESLC) ... 20	
2.1.1.1	<i>O rompimento da barragem da Lagoa de Evapoinfiltração</i>	22
2.2	REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS	23
2.2.1	Legislação nacional	25
2.2.2	Legislação internacional	29
2.2.3	Aplicação de reúso de água no mundo	30
3	METODOLOGIA	34
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.2	LEVANTAMENTO DAS DEMANDAS DE ÁGUA NA ÁREA DE ESTUDO ...	37
3.2.1	Estimativa de usos não potáveis	39
3.3	SELEÇÃO DOS POTENCIAIS CONSUMIDORES DE ÁGUA DE REÚSO..	39
3.4	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA OFERTA DE ESGOTO TRATADO	39
3.5	LOGÍSTICA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE REÚSO.....	40
4	RESULTADOS	41
4.1	ANÁLISE DA DEMANDA DE ÁGUA NA ÁREA DE ESTUDO.....	41
4.1.1	Composição da área de estudo segundo o zoneamento do plano diretor cidade	41
4.1.2	Análise dos volumes de água consumidos	43
4.2	AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA DE REÚSO PARA FINS URBANOS NÃO POTÁVEIS.....	45
4.2.1	Estimativa de usos não potáveis	45
4.2.1.1	<i>Condomínios residenciais</i>	46
4.2.1.2	<i>Unidades Prisionais</i>	47
4.2.1.3	<i>Hospitais</i>	47

4.2.1.4	<i>Hotéis</i>	48
4.2.1.5	<i>Shopping Centers</i>	48
4.2.1.6	<i>Campus Universitários</i>	49
4.2.1.7	<i>Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais (SAI)</i>	50
4.2.1.8	<i>Centro Integrado de Cultura (CIC)</i>	50
4.2.1.9	<i>Áreas Verdes</i>	51
4.3	SELEÇÃO DOS POTENCIAIS CONSUMIDORES DE ÁGUA DE REÚSO ..	53
4.4	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA OFERTA DE ESGOTO TRATADO	57
4.5	ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE REÚSO POR CAMINHÕES PIPA	60
4.5.1	Unidades consumidoras	60
4.5.2	Áreas verdes para irrigação	63
4.5.3	Estimativa de custo do fornecimento de água de reúso por caminhões pipa	64
5	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado às demandas de consumo por diversos bens e serviços contribuem para o aumento de pressão sobre os recursos naturais, especialmente a água. À medida que as cidades crescem, a demanda hídrica aumenta e a geração de efluentes domésticos também.

Segundo o instituto Trata Brasil (2020), a demanda por água potável no Brasil pode aumentar quase 80% até 2040 diante de mudanças econômicas, demográficas e climáticas. Paralelamente, o problema do lançamento inadequado de esgotos nos corpos hídricos tem comprometido a qualidade das águas brasileiras, podendo vir a afetar a saúde da população e até tornar inviável o atendimento de usos a jusante, especialmente o abastecimento humano (ANA, 2017).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2017), no ano de 2013, cerca de 4 mil toneladas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) geradas diariamente pelos esgotos da população urbana brasileira foram dispostas no meio sem nenhum tipo de tratamento. Essa disposição inadequada de despejos implica na ocorrência do processo de eutrofização. Tal fenômeno pode causar efeitos adversos tanto ao meio ambiente quanto à saúde, como o esgotamento do oxigênio dissolvido na água, a mortandade de peixes, o surgimento de maus odores e a toxicidade de algas (SOUZA *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o saneamento focado em recursos traz uma possível solução para os problemas do saneamento convencional. Dentro desse sistema, os subprodutos gerados, como o lodo, o biogás e o efluente tratado, devem ser reaproveitados, propondo uma mudança acerca de como são encarados os conceitos de “resíduo” e “recursos” (SIMHA; GANESAPILLAI, 2017). Tendo isso em vista, a prática do reúso de águas residuárias destaca-se, pois, além de fomentar um sistema cíclico capaz de recuperar nutrientes e reduzir custos, implica na diminuição de lançamento de carga orgânica e de nutrientes ao meio ambiente, contribuindo com a qualidade do solo e dos corpos hídricos, com o equilíbrio dos ecossistemas e com a redução de riscos à saúde humana.

No município de Florianópolis, a expansão urbana é bastante notável, como evidenciado pelo censo demográfico de 2022, que registrou um total de 537 mil habitantes, representando um aumento de 115 mil pessoas em relação ao censo de 2010, que apontava 421 mil habitantes (IBGE, 2022). Esse incremento populacional

não tem sido acompanhado pelo desenvolvimento adequado de infraestrutura urbana, o que tem resultado em problemas relacionados à mobilidade e ao saneamento básico para a cidade.

No âmbito do esgotamento sanitário, a cidade apresenta dois grandes desafios: a expansão da cobertura e a disposição final dos efluentes tratados (PMF, 2021). A limitação de locais para a disposição final está associada a sensibilidade dos ambientes e segundo a Prefeitura Municipal de Florianópolis (2021, p. 106), “ao fato de que as maiores bacias se situam em regiões contribuintes de corpos de água fechados (lagunas e lagoas), semifechados (baías Norte e Sul), ou que possuam alguma Unidade de Conservação no exutório.”

O Distrito da Lagoa da Conceição, localizado na ilha de Santa Catarina, concentra uma rica diversidade de elementos naturais, incluindo remanescentes da Mata Atlântica, dunas, restingas e uma fauna e flora exuberantes (VAZ, 2008). A região, que abriga um dos sistemas lagunares mais importantes do Brasil (MACHADO, 2019), vem sofrendo os efeitos da pressão antrópica, que têm deteriorado a qualidade do meio ambiente local.

Diante deste cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de reúso urbano não potável do esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Lagoa da Conceição em Florianópolis/SC, considerando critérios quantitativos, a fim identificar as localidades com maior demanda por água para usos menos nobres, bem como qualitativos, permitindo averiguar se o efluente produzido atende aos padrões indicados para esta modalidade de reúso.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de reúso do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Lagoa da Conceição em Florianópolis/SC para fins urbanos não potáveis.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar os maiores consumidores de água na área de estudo e quantificar suas respectivas demandas por água não potável;

- Caracterizar os potenciais consumidores de água de reúso para fins não potáveis, considerando a localização, o tipo de unidade consumidora, a demanda e distância até a ETE Lagoa da Conceição;
- Avaliar os aspectos qualitativos e quantitativos do efluente final da ETE Lagoa da Conceição;
- Prospectar o reúso do efluente final da ETE Lagoa da Conceição, considerando a viabilidade logística e financeira de implantação do sistema através do fornecimento de água de reúso por caminhões pipa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM FLORIANÓPOLIS

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2022), o índice de atendimento total da população brasileira por redes de esgoto em 2021 alcançou 55,8%, enquanto o atendimento urbano chegou a 64,1%. Na região Sul, verificou-se o terceiro maior índice de atendimento total, atingindo 48,4%, ficando atrás das regiões Sudeste e Centro-Oeste. Em Santa Catarina, o índice de atendimento urbano variou entre 20% e 40%.

No município de Florianópolis, o índice de atendimento total foi de 68,3% (BRASIL, 2022). O sistema de esgotamento sanitário da cidade é composto por 10 Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Dessas, 8 são operadas pela concessionária dos serviços, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN). As duas restantes são operadas, respectivamente, por um empreendedor privado (SES do Balneário de Jurerê Internacional) e por uma entidade pública federal (SES da Base Aérea). Além disso, o sistema também conta com sistemas terceirizados em lote (PMF, 2021).

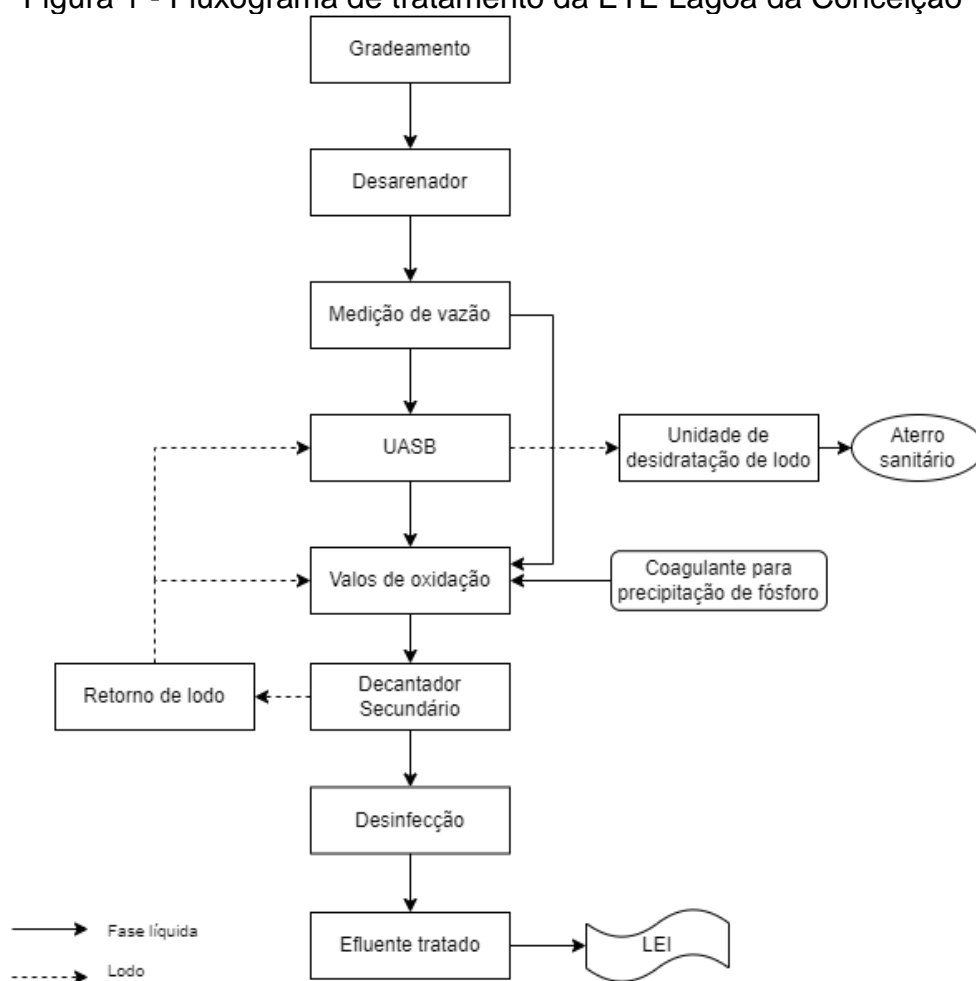
2.1.1 Sistema de Esgotamento Sanitário da Lagoa da Conceição (SESLC)

Operado pela concessionária dos serviços, no SESLC, o processo de tratamento do efluente é composto pelas etapas principais de (i) tratamento preliminar, com gradeamento, desarenador e calha Parshall; (ii) tratamento secundário, constituído de um reator do tipo UASB seguido de dois valos de oxidação; (iii) decantador secundário e sistema de retorno de lodo; (iv) sistema de desinfecção mediante a utilização de cloro liquefeito; (v) unidade de desidratação de lodo por meio

de centrífuga e (vi) sistema de recalque do efluente tratado para posterior disposição final em uma Lagoa de Evapoinfiltração (LEI) (FILHO, 2021).

Em 2022, o sistema foi adaptado para depurar o esgoto em sistema terciário. Além da implantação de um novo conjunto de aeradores a fim de otimizar a remoção de nitrogênio, a melhoria na ETE contou também com a adoção do sistema de precipitação química para remoção de fósforo (CASAN, 2022a). A Figura 1 apresenta o fluxograma de tratamento do SESLC.

Figura 1 - Fluxograma de tratamento da ETE Lagoa da Conceição



Fonte: Adaptado de PMF (2021).

A tecnologia dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente de manta de lodo (UASB), é amplamente aplicada no Brasil e apresenta vantagens como operação simplificada, menor produção de lodo, quando comparados com os processos aeróbios, produção de biogás e satisfatória eficiência de remoção de DBO e de Demanda Química de Oxigênio (DQO), alcançando de 65% a 75% (MORAIS; GUANDIQUE, 2015). No entanto, é importante destacar algumas desvantagens desse sistema, como a insatisfatória remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos.

Têm-se como unidade subsequente aos reatores UASB, os valos de oxidação. Essa tecnologia possui os mesmos princípios básicos dos sistemas de lodos ativados por aeração prolongada, apresenta uma eficiência de remoção de DBO em torno de 98% e de nitrogênio em torno de 70% (COSTA, 2019).

A combinação dos reatores anaeróbios e aeróbios, pode aproveitar as vantagens de ambos os sistemas, resultando em um efluente final de maior qualidade. Como o objetivo do tratamento na ETE Lagoa da Conceição é também o de remoção de nitrogênio, o reator UASB recebe uma parcela do esgoto bruto afluente à ETE, enquanto o restante é encaminhado para a fase complementar aeróbia com nitrificação e desnitrificação, de modo a se ter matéria orgânica suficiente para a desnitrificação. Nesse caso, de acordo com Além Sobrinho e Jordão (2001), a grande vantagem do uso do reator UASB é a de receber e estabilizar o lodo gerado no tratamento complementar.

A remoção de fósforo é feita por precipitação química, a partir da adição de um coagulante a montante dos valos de oxidação. Além Sobrinho e Jordão (2001), abordam que a remoção de fósforo em ETE com o uso de reator UASB somente é efetiva se forem utilizados produtos químicos, uma vez que na remoção biológica de fósforo o uso de reator UASB não é recomendável, pois aumenta a relação P/DBO do afluente ao sistema biológico para remoção de fósforo, prejudicando seu desempenho.

O efluente final, após desinfecção, é encaminhado para uma lagoa de evapoinfiltração localizada em uma área de dunas, no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). O processo de evapoinfiltração visa o retorno do efluente tratado para a natureza tanto pela infiltração na subsuperfície, onde chega o lençol freático, como pela evaporação diretamente à atmosfera (CASAN, 2023). Essa prática é tecnicamente correta e preferível ao lançamento direto e contínuo dos efluentes em corpos naturais, porém, é de fundamental importância que haja o monitoramento da qualidade das águas e da estabilidade de barragens associadas a fim de evitar efeitos indesejáveis e imprevistos (UFSC, 2021).

2.1.1.1 O rompimento da barragem da Lagoa de Evapoinfiltração

Em janeiro de 2021, a barragem da lagoa de evapoinfiltração rompeu-se após fortes chuvas atingirem a região, registrando um total de 422,3 milímetros, quando a

média esperada era de 138,6 milímetros. Esse evento causou danos significativos aos moradores e ao meio ambiente (CASAN, 2022b).

Após o ocorrido, estudos conduzidos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na Lagoa da Conceição, indicaram que uma quantidade elevada de nitrogênio inorgânico dissolvido e fósforo total foi despejada na laguna, juntamente com uma alta carga de sólidos suspensos totais. Os pesquisadores também destacaram a extrema sensibilidade do ecossistema local à entrada de matéria orgânica e nutrientes, principalmente tratando-se de um ambiente que já apresentava sintomas de eutrofização (UFSC, 2021).

Como medida emergencial para evitar novos rompimentos, um sistema de bombeamento foi instalado para escoar o excesso de efluente para outra área de dunas, também dentro do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC) (CASAN, 2021a). O PNMDLC, instituído pela Lei Municipal nº 10.388/2018, tem como objetivos contribuir para a manutenção da biodiversidade e garantir condições para a preservação e a restauração dos ecossistemas. Portanto, a disposição de efluentes, mesmo que tratados, nestes ambientes não é uma prática adequada.

É neste contexto que se destaca uma das motivações para o reúso das águas residuárias: a proteção ambiental. A prática apresenta-se como uma alternativa de redução do lançamento de nutrientes no meio ambiente.

2.2 REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS

Segundo a USEPA (2012), os fatores que impulsionam a reutilização das águas residuárias tratadas concentram-se em três categorias: 1) urbanização e escassez do abastecimento de água; 2) utilização eficiente dos recursos e 3) proteção ambiental e da saúde pública.

A Resolução nº 54 de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) define água de reúso como “água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas”. Desse modo, o reúso de águas residuárias, ou seja, aquelas que derivam de diversos processos e possuem graus variados de impureza, apresenta-se como uma solução promissora para aplicação em fins nos quais não são necessários padrões de potabilidade (SOUZA; PACHECO; SANTOS, 2022).

O reúso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta, resultante de ações planejadas ou não. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nº 13.969/97 (ABNT, 1997), o que difere os reúsos indiretos planejado e não planejado é o tratamento do efluente. Na primeira modalidade a água utilizada em atividades humanas é descarregada no meio ambiente e, após diluição, retorna a ser usada de maneira não intencional. Por outro lado, no reúso indireto planejado, o efluente é tratado antes de ser depositado no meio ambiente, passando por diluição e podendo ser reutilizado por outra atividade a jusante, de maneira controlada.

O reúso indireto é amplamente verificado no Brasil, acontecendo de forma involuntária e não planejada. Isso ocorre porque a captação de água para abastecimento geralmente acontece em corpos hídricos que receberam o lançamento de efluentes sanitários de cidades a montante, sem um controle efetivo das descargas de efluentes ao longo do percurso (OBRACZKA, 2018 apud FARIA, 2020).

O CNRH nº 54/2005, define o reúso direto como o uso planejado da água de reúso, onde a mesma é conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos.

As principais modalidades e aplicações típicas do reúso, consideradas a nível mundial, são para fins potáveis do tipo direto ou indireto e para fins não potáveis como o reúso agrícola, urbano, industrial, recarga de aquífero e melhorias ambientais e recreacionais (BRASIL, 2016), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais modalidades de reúso de água e aplicações típicas

Modalidades típicas de reúso de água		Aplicações típicas
Não potável	Reúso agrícola	Irrigação para produção agrícola (culturas forrageiras, hortaliças, vinhas, etc.); Florestas plantadas.
	Reúso urbano	Irrigação paisagística (parques, cemitérios, escolas, centros comerciais, residências, rodoviárias); Sistemas de ar condicionado; Bacias sanitárias em grandes edifícios; Desobstrução de rede de esgoto; Sistema de combate a incêndio; Construção civil; Lavagem de veículos.
	Reúso industrial	Torres de resfriamento; Caldeiras; Processo; Construção civil.
	Melhorias ambientais e recreacionais	Aquicultura; Lagoas; Manutenção de vazão de cursos de águas; Melhoria de banhado.
	Recarga de aquífero	Controle de intrusão de cunhas salinas; Controle de subsidência; Recarga de aquífero (não potável).
Potável	Reúso potável indireto	Uso para suplementar fontes de água potável (corpos hídricos superficiais ou subterrâneos).
	Reúso potável direto	Abastecimento direto da rede de água bruta ou água tratada.

Fonte: BRASIL (2016).

Cecato (2023), aborda que a disseminação desse tipo de prática é prejudicada, principalmente, pela falta de regulação, conhecimento técnico e compreensão pública. Segundo o autor, no cenário global, os esforços mais notáveis para suprir essa necessidade encontram-se nos documentos da OMS, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e da Austrália (EPA), bem como nas legislações individuais de países europeus. Esses documentos enfatizam a importância da formulação de políticas que explorem o potencial do reúso de forma a assegurar a proteção da saúde pública, enquanto também fornecem orientações técnicas e metodológicas.

2.2.1 Legislação nacional

O Brasil carece de uma normatização específica que regulamente o reúso de águas, o que dificulta a prática no país. O documento de referência nacional mais relevante é a NBR 13969/97, que dita as classes de água de reúso conforme o seu uso final e o contato com o usuário. Os padrões de qualidade determinados pela NBR 13969/97 são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Padrões de qualidade para diferentes classes de água de reúso segundo a NBR 13696/97

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	6 a 8	-	-	-
Sólidos Suspensos Totais (SST) (mg/L)	<200	-	-	-
Cloro residual (mg/L)	0,5 a 1,5	> 0,5	-	-
Turbidez (NTU)	< 5	< 5	< 10	-
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	< 200	< 500	< 500	< 5000
Principais aplicações	Usos de contato direto com o usuário, como lavagem de carros e chafarizes.	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins.	Descarga de vasos sanitários.	Irrigação ¹ de pomares, cereais, forragens, pastagens.

¹Oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L: as aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Fonte: ABNT (1997).

Contudo, ao examinar as regulamentações vigentes no país, destaca-se em âmbito nacional, a Resolução nº54/2005 e a Resolução nº121/2010 do CNRH. A primeira estabelece as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, enquanto a segunda define as diretrizes e critérios para o reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. Além destas, a Lei 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico, aborda de forma repetitiva o termo “reúso”, incentivando a utilização dos efluentes sanitários tratados em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública. Entretanto, a ausência de instrumentos legais atualizados e respaldados por embasamento científico que regulem a prática do reúso no Brasil, acaba por impossibilitar sua efetivação (CECATO, 2023).

Na esfera estadual, observa-se a publicação de recentes legislações. De maneira geral, essas legislações abordam o reúso para fins urbanos, ambientais, industriais, agrícolas e florestais. Algumas delas, como as resoluções CONSEMA do Estado do Rio Grande do Sul nº 419/2020, a Conjunta SES/SIMA nº 01 de 13/02/2020 do Estado de São Paulo e a CERH nº 122/2023, estabelecem diferentes categorias para a água de reúso, considerando sua qualidade e finalidade de aplicação. A classe de acesso irrestrito (classe A) refere-se à aplicação da água de reúso não potável em locais onde não há restrição quanto ao acesso da população, diferente da classe de

acesso restrito (classe B) onde o acesso de pessoas ao local de destinação da água de reúso é limitado.

Nessas regulamentações, a água de reúso destinada a fins urbanos engloba modalidades como (a) irrigação paisagística; (b) lavagem de espaços públicos e privados; (c) construção civil; (d) desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos; (e) lavagem de veículos e f) combate a incêndio. O Quadro 3 reúne um compilado das principais normativas e regulamentações em vigor em diferentes estados brasileiros para a prática de reúso urbano.

Quadro 3 - Compilação dos limites estabelecidos pelas legislações/normativas brasileiras vigentes no que tange ao reúso de água urbano

Legislações/ Normativas		Parâmetros						
		Coliformes Termotolerantes ou E. Coli	Ovos de helmintos	pH	Cloro residual	Condutividade elétrica	DBO _{5,20}	Turbidez
Resolução COEMA do Estado do Ceará N°02 de 02/02/2017		Até 5000 CT/100mL	até 1 ovo/L	6 a 8,5	-	até 3000µS/cm	-	-
NBR 16783/2019 - Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações		≤ 200 NMP/100mL	-	6 a 9	Mín. 0,5 mg/L Máx. 5,0mg/L Recomendável Mín. 0,5 mg/L Máx. 2,0 mg/L	≤ 3200 µS/cm	≤20 mg/L	≤ 5 NTU
Resolução CONSEMA do Estado do Rio Grande do Sul n° 419/2020	Classe A (acesso irrestrito)	<200 NPM/100mL	< 1 ovo/L	-	< 1mg/L	< 3000 µS/cm	-	-
	Classe B (acesso restrito)	<10 ³ NMP/100mL	Não se aplica				-	-
Resolução Conjunta SES/SIMA n° 01 de 13/02/2020 do Estado de São Paulo	Classe A (acesso irrestrito)	Não detectável	<1 ovo/L	6 a 9	≥ 1 mg/L	≤ 700 µS/cm	≤10 mg/L	≤ 2 NTU
	Classe B (acesso restrito)	≤ 200 UFC/100mL	1 ovo/L				≤ 3000 µS/cm	≤30 mg/L
Deliberação Normativa CERH -MG n° 65 de 18/06/2020	Amplio	≤ 1 x 10 ³ NMP/100mL	≤1 ovo/L	6 a 9	-	-	-	-
	Limitado	≤ 1 x 10 ⁴ NMP/100mL					-	-
Resolução n° 005 de 09/05/22 do Distrito Federal		≤200 NPM/100mL	-	6 a 9	Mín. 0,5 mg/L Máx. 5 mg/L	≤ 3.200 µS/cm	≤ 20 mg/L	≤ 5 NTU
Resolução CERH-PR n° 122/2023	Classe A (acesso irrestrito)	200 UFC/100mL	< 1 ovo/L	6 a 9	Mín. 0,5 mg/L Máx. 2mg/ L	3200 µS/cm	-	-
	Classe B (acesso restrito)	1000 UFC/100mL					-	-

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

2.2.2 Legislação internacional

As publicações da Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA) e da Organização Mundial de Saúde (OMS) são frequentemente utilizadas como referência na elaboração de implantação de sistemas de reúso (FARIA, 2020).

A publicação mais recente da USEPA de 2012, intitulada “*Guidelines for Water Reuse*” (ou “Diretrizes para o reúso de água”) oferece uma série de informações sobre a reutilização da água. O documento aborda critérios de qualidade da água para reúso, divulga tecnologias de tratamento e compartilha experiências globais em reutilização de água. Nos Estados Unidos da América, a USEPA define essas diretrizes e padrões como valores gerais a serem adotados como referência pelos estados. Contudo, os estados americanos possuem autonomia para criação de seus próprios regulamentos, como é o caso da Califórnia. Esse estado é considerado um dos mais avançados quanto ao reúso de águas residuais, sua legislação (*Water Recycling Criteria*) estabelece parâmetros ainda mais rigorosos do que os da esfera federal para determinadas modalidades (OBRACZKA *et al.*, 2019).

Os padrões de qualidade para reúso urbano sugeridos pela USEPA (2012), conforme apresentados no Quadro 4 são subdivididos em duas categorias: “irrestrito” e “restrito”. Na categoria “irrestrito” o reúso não potável é aplicado em áreas municipais onde o acesso da população não é controlado, exigindo assim, um elevado grau de tratamento. Do contrário, na categoria “restrito”, a exposição pública à água de reúso é controlada, portanto, os requisitos de tratamento podem não ser tão rigorosos (USEPA, 2012).

Quadro 4 - Padrões de qualidade mínimos estabelecidos pela USEPA para reúso urbano

Tipo de reúso urbano	Tratamento	Padrões de qualidade	Distância de precaução
Irrestrito	Secundário Filtração Desinfecção	6,0 < pH <9,0	15 m de poços de água potável e 30 m quando localizado em solo poroso
		DBO ≤ 10mg/L	
		Turbidez ≤ 2 NTU	
		Coliformes fecais não detectáveis	
		Cloro residual mínimo = 1 mg/L Cl ₂	
Restrito	Secundário Desinfecção	6,0 < pH <9,0	90 m de poços de água potável e 30 m para áreas acessíveis ao público
		DBO ≤ 30 mg/L	
		SST ≤ 30 mg/L	
		Coliformes fecais ≤ 200 NMP/100mL	
		Cloro residual mínimo = 1 mg/L Cl ₂	

Fonte: USEPA (2012).

As diretrizes da OMS são predominantemente voltadas para o reúso agrícola, com uma abordagem limitada ao reúso urbano. Elas sugerem padrões apenas para a irrigação de parques e jardins, estabelecendo valores para coliformes termotolerantes de < 200 NMP /100mL e para ovos de helmintos de < 1ovo/L (WHO, 1989).

2.2.3 Aplicação de reúso de água no mundo

Diversos países utilizam da água de reúso há décadas, e esta prática desempenha uma importante função socioambiental e econômica. Há países que reutilizam águas residuárias para fins potáveis, ou que, para seu melhor reaproveitamento, construíram sistemas específicos (OBRACZKA *et al.*, 2017). Em geral, os países com mais iniciativas no tema são aqueles motivados pela escassez hídrica e a necessidade (BALASSIANO, 2018).

Em Israel, 80% da água destinada à agricultura provém de sistemas de reúso (JORDÃO E SANTOS, 2015 apud OBRACZKA *et al.*, 2019). Na Namíbia o reúso potável direto apresenta o principal caso de sucesso no mundo com essa modalidade de reúso, operado desde 1968 (ANGELAKIS *et al.*, 2018).

Os Estados Unidos da América é o país que em 2008 mais utilizava água de reúso no mundo, com 7,6 milhões m³/d. Na Flórida, cerca de 2,5 milhões m³/d de efluentes foram reutilizados em 2010, sendo a maior parcela desse volume destinado

para irrigação e paisagismo. Na Califórnia, 2,44 milhões m³/d foram reutilizados em 2009, o estado tem em operação desde a década de 1990 uma unidade de reciclagem e atende diferentes tipologias de reúso incluindo usos agrícolas, industriais, irrigação e paisagem e reabastecimento de aquíferos (BRASIL, 2016).

A nível mundial, a aplicação de água de reúso para fins agrícolas, representa a maior parcela de iniciativas de reúso (52%, incluindo-se irrigação paisagística), seguida de reúso para fins industriais (19%), melhorias ambientais (8%), usos urbanos não potáveis (8%), usos recreacionais (7%), recarga de aquíferos subterrâneos (2%) e reúso potável indireto (2%) (LAUTZE *et al.*, 2014).

O Quadro 5 compila vários usos permitidos ou possíveis para águas de reúso de acordo com a legislação vigente em estados dos Estados Unidos, países membros da União Europeia e na Austrália (Oceania).

Quadro 5 - Destinações possíveis para a água de reúso no exterior

País/Estado		Destinações previstas para a água de reúso
Estados Unidos	Arizona	Irrigação, processos industriais, recarga de aquíferos e pequenos usos em lagos urbanos, fontes e restauração de áreas pantanosas.
	Nevada	Irrigação de campos de golfe, utilização em parques e recreação, recarga do aquífero.
	Colorado	Processos industriais evaporativos e não evaporativos, manutenção de estradas e construção, irrigação paisagística, utilização em zoológicos, irrigação na agricultura para tipos não comestíveis e silvicultura, água para lavagem, lavanderias comerciais, lavagem de veículos, proteção contra incêndio não residencial.
	Califórnia	Irrigação, uso comercial e industrial (resfriamento), energia geotérmica, barreira contra intrusão de água do mar, recarga do aquífero, restauração de sistemas naturais. Potabilização direta e indireta.
	Washington, Oregon e Idaho	Irrigação, resfriamento na produção de eletricidade, limpeza de ruas, recarga do aquífero, processos comerciais e industriais, restauração de áreas pantanosas.
	Flórida	Irrigação de áreas residenciais, campos de golfe, parques e agricultura (com restrições), resfriamento em indústrias, recuperação de áreas pantanosas e recarga do aquífero.
União Européia	França	Irrigação de canteiros, campos de golfe, cereais e jardins. Resfriamento industrial.
	Alemanha	Agricultura
	Grécia	Abastecimento de regiões com problemas de escassez e agricultura.
	Itália	Agricultura e uso industrial
	Portugal	Irrigação, construção de rodovias e lavagem de veículos.
	Reino Unido	Irrigação, lavagem de veículos, resfriamento industrial.
	Espanha	Uso industrial. Abastecimento de regiões com problemas de escassez e agricultura.
Oceania	Austrália	Irrigação de jardins, paisagem, cultivos de alimentos e campos esportivos. Aplicação de água de reúso não potável em ambientes municipais onde o acesso é controlado ou restrito por barreiras. Descarga de vasos sanitários e máquina de lavar roupas.

Fonte: OBRACZKA *et al.* (2019)

No Brasil, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) iniciou de forma pioneira a produção de água de reúso a partir de 1998, transformando uma ETE convencional em uma estação para a produção de água de reúso. Atualmente, são produzidos, em média, 502 litros de água por segundo, para

fornecimento interno ou externo, podendo ser utilizados para diversas finalidades, como: limpeza de pátios ou galerias de águas pluviais; assentamento de poeira em obras de execução de aterros e terraplanagem; preparação e cura de concreto não-estrutural em canteiros de obra, e para estabelecer umidade ótima em compactação e solos; desobstrução de rede de esgotos e águas pluviais; geração de energia e refrigeração de equipamentos em diversos processos industriais (SABESP, 2023).

A SABESP, em parceria com o setor privado, criou o Aquapolo Ambiental, que é o maior empreendimento para a produção de água de reúso industrial na América do Sul e quinto maior do mundo. O Aquapolo, utiliza parte do esgoto tratado proveniente da ETE ABC para produzir água de reúso destinada ao Polo Petroquímico da Região do Grande ABC, sendo essa água transportada por uma extensa rede de aproximadamente 17 km (SABESP, 2023).

A Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) também adotou iniciativas de reúso de efluentes em algumas de suas ETEs, como é o caso das unidades Penha, Alegria e Deodoro, que possuem instalações-piloto de reúso de água. Apesar do grande potencial para reúso das três ETEs, menos de 1% da vazão dos efluentes tratados são reaproveitados como água de reúso (OBRACZKA *et al.*, 2019). As águas regeneradas nessas estações são utilizadas basicamente para fins urbanos, como a lavagem de vias públicas e feiras, a lavagem de veículos e equipamentos, a irrigação de áreas verdes e a desobstrução de redes (FARIA, 2020).

Em comparação a outras nações ao redor do mundo, o Brasil está em atraso na sistematização da prática de reúso de água. A prática no país, caracteriza-se como uma área de conhecimento em desenvolvimento, que requer capacitação em todos os níveis, desde os responsáveis pela tomada de decisões até os operadores (produtores e consumidores) dos sistemas, passando pela sociedade civil, que é diretamente afetada pelos projetos de reúso de água (SANTOS *et al.*, 2021).

Os principais desafios relacionados à prática de reúso de água no Brasil segundo Santos *et al.* (2021), são os seguintes:

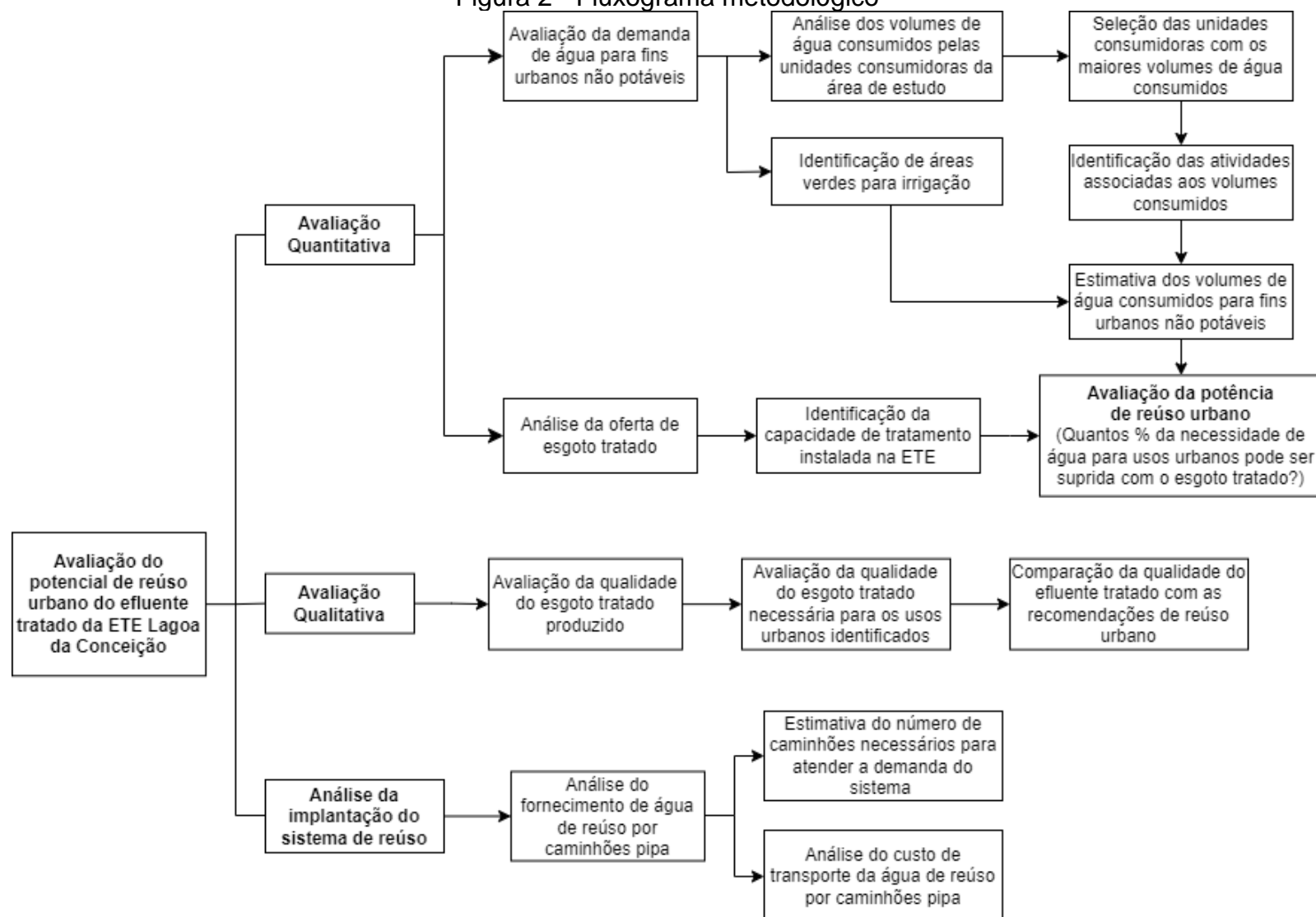
- i. baixos índices de atendimento aos serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitários, que resultam na produção limitada de água de reúso;
- ii. baixa qualidade operacional das ETEs, dificultando a obtenção do desempenho desejado;

- iii. cultura histórica de percepção de abundância de água, levando à falta de cuidado dos utilizadores em relação ao reúso e ao uso racional da água, e contribuindo para a rejeição psicológica do produto de reúso;
- iv. ausência de regulamentação federal que estabeleça padrões para o reúso de água para diferentes fins;
- v. entraves burocráticos para o desenvolvimento e financiamento de projetos específicos para este fim;
- vi. falta de estudos técnico-científicos de viabilidade de implantação de projetos de reúso de água e ausência de formação de recursos humanos capacitados para lidar com esses projetos;
- vii. falta de segurança em relação aos riscos epidemiológicos inerentes à prática de reúso de água, devido às dificuldades na aplicação de metodologias de avaliação de risco microbiológico;
- viii. utilização de dados estimados em vez de dados reais para cálculos de potencialidades, devido à falta de transparência das operadoras de água e esgoto.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos considerou dados quantitativos, a fim de identificar localidades com maior demanda por água para fins urbanos, bem como qualitativos, permitindo avaliar a concentração de patógenos no efluente produzido pela ETE, verificando se a qualidade do efluente atende aos padrões sugeridos/estabelecidos nacional e internacionalmente para a modalidade de reúso urbano. Os itens a seguir contém o detalhamento do fluxograma metodológico apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma metodológico



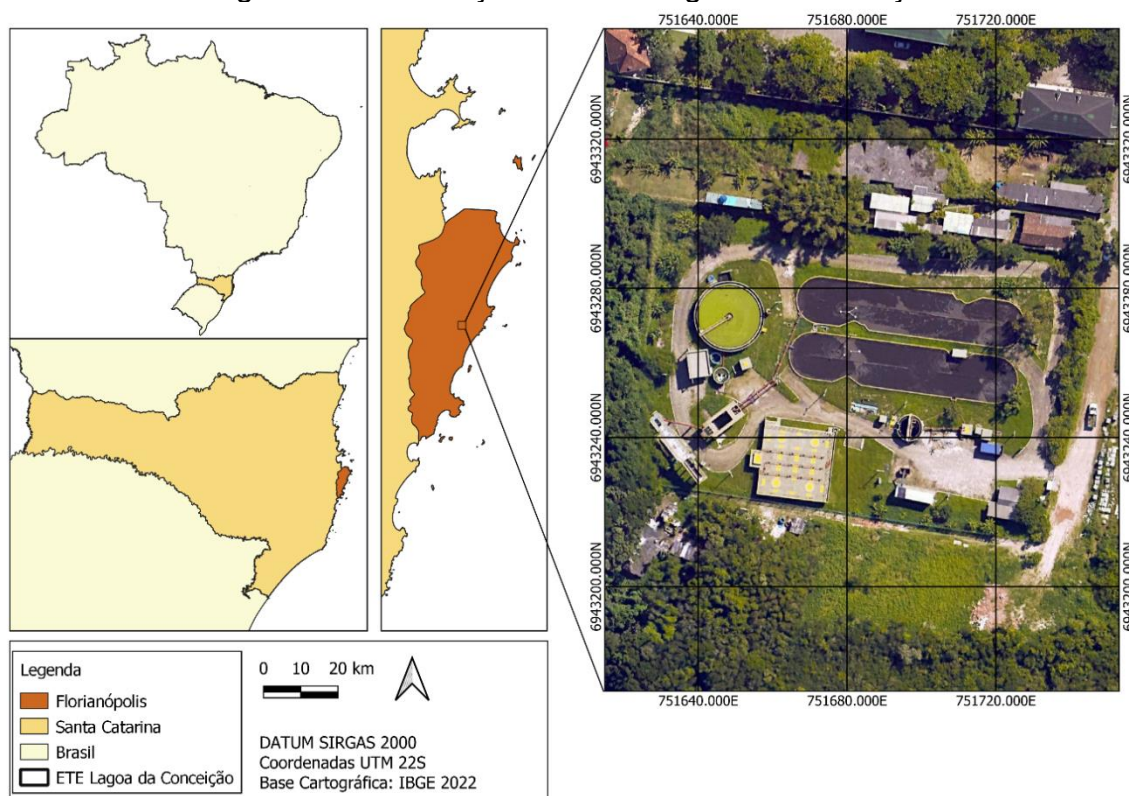
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Lagoa da Conceição foi inaugurada em 1988 e está localizada ao leste da Ilha de Santa Catarina mais especificamente na Avenida das Rendeiras, no bairro Dunas da Lagoa. Inicialmente, sua capacidade hidráulica foi dimensionada para uma vazão média de 5,72 L/s, atendendo a uma população de cerca de 3.880 habitantes. Para atender ao incremento populacional e a ampliação da cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgotos, a ETE passou por adequações, as quais permitiram o aumento de sua capacidade para o atendimento de 36.000 habitantes, o equivalente a uma vazão média de 50 L/s (CASAN, 2021b).

Atualmente, a ETE tem operado com uma vazão média que oscila entre 30 e 35 L/s atendendo uma população de aproximadamente 10.300 pessoas (CASAN, 2021b) que abrangem os bairros Dunas da Lagoa, Retiro da Lagoa, Canto da Lagoa e Lagoa da Conceição, totalizando cerca de 2.777 ligações prediais (PMF, 2021). A Figura 3 apresenta o mapa de localização da ETE.

Figura 3 - Localização da ETE Lagoa da Conceição



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A área de abrangência desse estudo englobou um raio de 10 km a partir da ETE Lagoa da Conceição. Essa escolha está em conformidade com a recomendação das pesquisas realizadas por Obraczka *et al.* (2019), as quais indicaram que o fornecimento de água de reúso por caminhões pipa pode ser economicamente vantajoso para fins urbanos, irrigação e outras destinações não potáveis dentro dessa distância.

3.2 LEVANTAMENTO DAS DEMANDAS DE ÁGUA NA ÁREA DE ESTUDO

A identificação dos potenciais consumidores de água de reúso teve início com a análise das demandas de água na área de estudo. Para tanto, foram utilizados os dados de volumes de água consumidos pelas unidades consumidoras da região, os quais foram fornecidos pela concessionária dos serviços de saneamento do município. Esses dados abrangem o período de junho de 2022 a junho de 2023 e incluem 44.129 unidades consumidoras.

Além disso, o estudo também levou em consideração o zoneamento estabelecido pelo plano diretor da cidade, conforme definido pela Lei Complementar nº 739/2023. Nesse sentido, foram utilizados os dados do sistema de georreferenciamento da Prefeitura de Florianópolis (PMF, 2023), que possibilitaram a identificação das áreas predominantes definidas pelo zoneamento na área de estudo, bem como as atividades associadas a essas áreas. O Quadro 6 apresenta as áreas definidas pelo plano diretor da cidade, bem como suas respectivas descrições.

No contexto do zoneamento, uma análise foi realizada nas Áreas Verdes de Lazer (AVL), consideradas como possíveis locais de consumo de água de reúso para irrigação. Nesse processo, foram identificadas uma a uma, registrando suas dimensões e a localização por bairros. O estudo foi realizado no *software* QGIS.

Quadro 6 - Áreas definidas pela Lei Complementar nº 739/2023

Categoria	Área	Sigla	Descrição
Macro áreas de usos não urbanos, com a função de abrigar e desenvolver a biodiversidade.	Área de Preservação Permanente	APP	Zonas com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.
Macro áreas de transição, as quais permitem usos urbanos de baixa densidade.	Área de Preservação com Uso Limitado de Encosta	APLE	Onde predominam as declividades entre 30% e 46,6 %, bem como as áreas situadas acima da cota 100 que já não estejam abrangidas pelas APPs.
	Área de Preservação com Uso Limitado de Planície	APLP	Planícies que se caracterizam por serem formadas por depósitos sedimentares predominantemente arenosos e areno-argilosos oriundos de ambientes marinhos, lacustres, eólicos, fluviais, leques aluviais, e colúvio-eluviais
	Área Residencial Rural	ARR	Onde coexistem usos urbanos e rurais de pequeno porte suportados por uma estrutura viária e fundiária rural.
	Área de Urbanização Especial	AUE	Grandes áreas urbanizáveis a partir de planos específicos de urbanização.
Macro áreas de usos urbanos, destinadas prioritariamente às funções da cidade.	Área Residencial Predominante	ARP	Uso preferencial de moradias, onde se admitem pequenos serviços e comércios vicinais.
	Área Residencial Mista	ARM	Predominância da função residencial, complementada por usos comerciais e de serviços.
	Área Mista de Serviço	AMS	De alta densidade, complexidade e miscigenação, segundo o tipo de serviço urbano.
	Área Mista Central	AMC	De alta densidade, complexidade e miscigenação, destinada a usos residenciais, comerciais e de serviços.
	Área Turística Residencial	ATR	Área cujo uso deverá priorizar o usufruto por parte de visitantes e residentes.
	Área Turística e de Lazer	ATL	Destinadas ao uso coletivo público e voltadas para atividades de lazer, turismo e hospedagem de baixo impacto ambiental.
	Área Comunitária Institucional	ACI	Destinadas a todos os equipamentos comunitários ou aos usos institucionais.
	Área Verde de Lazer	AVL	Espaços urbanos ao ar livre de uso e domínio público que se destinam à prática de atividades de lazer e recreação.
	Área Residencial Cultural	ARC	Áreas de desenvolvimento urbano peculiar, derivadas de formas de assentamentos culturais.
	Área de Parque Tecnológico	APT	Demarcam os parques tecnológicos existentes.
	Zonas Especiais de Interesse Social	ZEIS	Destinadas para moradia de interesse social.

Fonte: Adaptado de FLORIANÓPOLIS (2014).

3.2.1 Estimativa de usos não potáveis

Uma vez identificadas as unidades consumidoras que detêm os maiores volumes de água consumida, fez-se uma análise mais minuciosa acerca das atividades associadas a esses consumos, com o objetivo de identificar e estimar os usos urbanos não potáveis.

As estimativas foram realizadas com base em revisões bibliográficas, que permitiram o conhecimento das demandas de água para os diferentes usos, assim como os percentuais associados ao consumo nos diferentes tipos de unidades consumidoras.

3.3 SELEÇÃO DOS POTENCIAIS CONSUMIDORES DE ÁGUA DE REÚSO

Após estimar os volumes de água não potável para os diversos consumidores da área de estudo, o estudo avançou para a seleção dos potenciais consumidores de água de reúso. Essa seleção considerou as maiores demandas de água para usos não potáveis identificadas na estimativa.

Nesta etapa, foram também analisadas as distâncias entre os consumidores e a ETE. Para efetuar essa análise, utilizou-se a ferramenta “*Online Routing Mapper*” do *software* QGIS, a qual possibilitou o desenvolvimento de rotas com valores fiéis a realidade.

3.4 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA OFERTA DE ESGOTO TRATADO

A avaliação da oferta de esgoto tratado foi baseada em dois principais pilares: oferta quantitativa e oferta qualitativa. Esses pilares foram escolhidos tendo em vista a necessidade de avaliar se a quantidade de esgoto produzido é suficiente para as demandas urbanas consideradas, bem como se possui qualidade adequada.

Para a avaliação quantitativa considerou-se a vazão média da ETE, que é de 35 L/s. Quanto à avaliação da oferta qualitativa, foram utilizados dados fornecidos pela CASAN e dados dos relatórios da agência reguladora do município, a Agência de Regulação de Serviços Públicos de Santa Catarina (ARESC).

Os dados fornecidos pela CASAN contemplaram o parâmetro de coliformes termotolerantes e abrangeram o período de 2019 a 2022, totalizando 107 amostras. Para completar a avaliação qualitativa, utilizou-se dos dados dos relatórios da ARESC,

que englobaram os parâmetros de demanda bioquímica de oxigênio, sólidos suspensos totais, pH e turbidez. Essas informações foram coletadas nos anos 2017, 2018, 2020, 2021 e 2022 e totalizaram 11 amostras durante esse período. A Tabela 1 apresenta a quantidade de amostras analisadas pelas diferentes entidades, nos períodos citados.

Tabela 1 - Quantidade de amostras analisadas

Fonte	Parâmetro	Período						Total
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	
CASAN	Coliformes termotolerantes	-	-	26	28	29	24	107
ARESC	DBO ₅ , SST, pH e Turbidez	2	2	-	1	5	1	11

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.5 LOGÍSTICA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE REÚSO

Esta etapa teve como objetivo avaliar a viabilidade de implantação do sistema de reúso, considerando o fornecimento da água de reúso por caminhões pipa. Para isso, realizou-se uma estimativa do número de caminhões necessários para suprir a demanda do sistema. Essa estimativa levou em consideração caminhões com capacidade de 6 e 10 m³, bem como o período de funcionamento da ETE de 8 horas por dia, durante 22 dias por mês. Além disso, o cálculo do tempo de deslocamento dos veículos foi realizado com base em uma distância média de 10km e uma velocidade média de 20km/h para os trajetos de ida e volta. Cabe ressaltar, que esses critérios foram estabelecidos com uma margem de segurança, uma vez que o tráfego na cidade pode variar significativamente dependendo da hora do dia.

O estudo também incluiu uma análise do custo do transporte da água de reúso por caminhões pipa, sendo este comparado ao custo da água potável fornecida pela rede pública. A metodologia utilizada nessa avaliação baseou-se na pesquisa conduzida por Obraczka *et al.* (2019). Tendo isso em vista, utilizou-se como base o preço de transporte de água potável em caminhões pipa com capacidades de 6 m³ (item 5747) e 10m³ (item 53831), a partir dos dados do Sistema Nacional de índices da Construção Civil (SINAPI - SC) (2023), e os dados das tarifas de água potável aplicadas no município pela concessionária atuante.

4 RESULTADOS

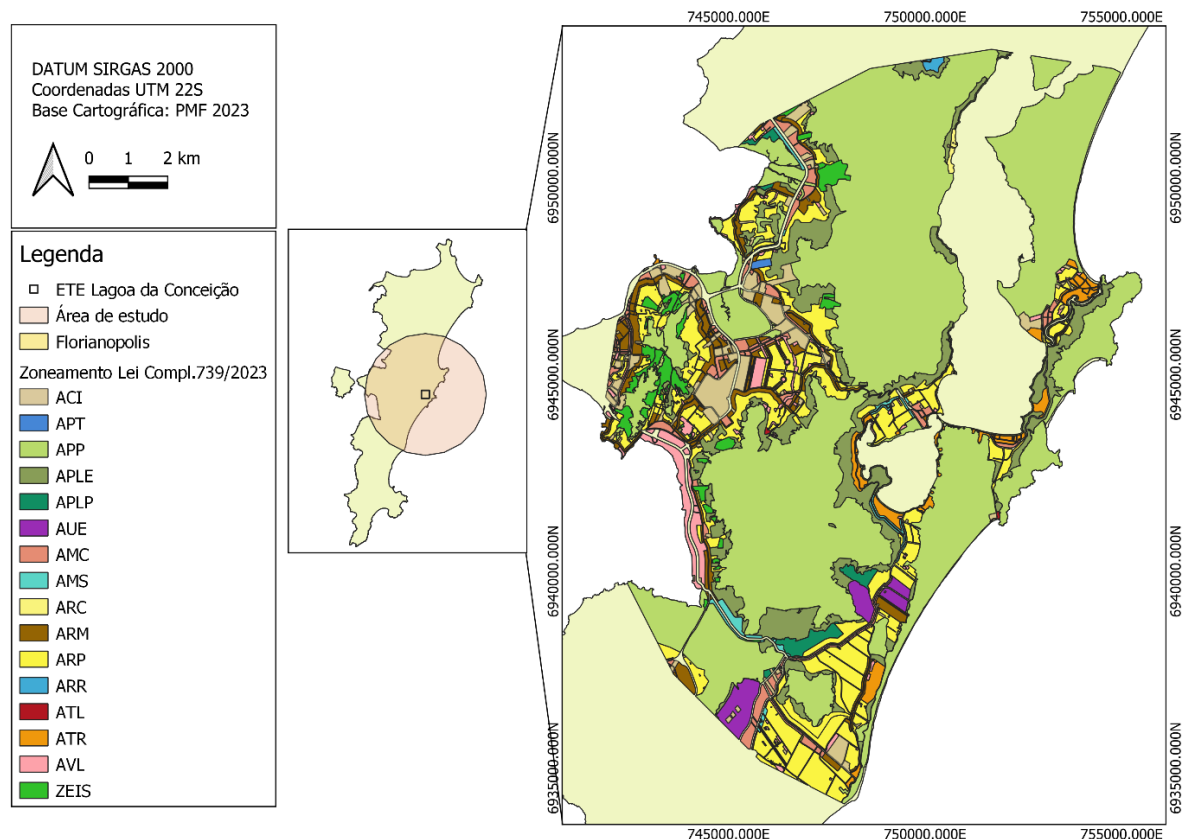
4.1 ANÁLISE DA DEMANDA DE ÁGUA NA ÁREA DE ESTUDO

A análise da demanda de água na área de estudo teve como objetivo identificar os maiores consumidores e as atividades associadas a essas demandas. Para isso, foi realizada uma análise das áreas definidas pelo plano diretor da cidade, a fim de compreender as atividades predominantes na região e identificar áreas verdes, como parques, praças e campos. Paralelamente, os dados de volumes de água consumidos, fornecidos pela CASAN, foram analisados para quantificar as demandas. Os itens a seguir apresentam os resultados dessa análise.

4.1.1 Composição da área de estudo segundo o zoneamento do plano diretor cidade

A Figura 4 e a Tabela 2 apresentam o percentual de abrangência das respectivas áreas estabelecidas pelo zoneamento do plano diretor da cidade na área de estudo. Em termos gerais, verificou-se que a maior parcela da área é composta de Áreas de Preservação Permanente (APPs), contemplando 59% da área. A segunda maior predominância na região consiste em Áreas Residenciais Predominantes (ARPs), que totalizam 12,93%.

Figura 4 - Zoneamento definido pela Lei Complementar nº 739/2023 considerado na área de estudo



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 2 - Composição da área de estudo segundo zoneamento estabelecido pela Lei Complementar nº 739/2023

Áreas definidas pela Lei Complementar nº 739/2023	Abrangência na área de estudo (%)
Área de Preservação Permanente – APP	59,00
Área Residencial Predominante – ARP	12,93
Área de Preservação Uso Limitado – Encosta – APLE	9,92
Área Residencial Mista – ARM	3,72
Área Comunitária Institucional – ACI	3,41
Área Mista Central – AMC	2,49
Área Verde de Lazer – AVL	2,05
Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS	1,95
Área Turística Residencial – ATR	1,49
Área de Urbanização Especial – AUE	1,30
Área de Preservação Uso Limitado – Planície - APLP	0,80
Área Mista Serviços – AMS	0,63
Área Residencial Rural – ARR	0,11
Área Residencial Cultural – ARC	0,10
Área de Parque Tecnológico – APT	0,08
Área Turística de Lazer – ATL	0,03

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme abordado no Quadro 6, as áreas delimitadas são categorizadas em três macro áreas: de usos não urbanos, de usos urbanos e de transição, que

representam na região de estudo, respectivamente, 59%, 28,88% e 12,12% de área. Destaca-se que as áreas de uso urbano, de maior relevância para o presente estudo, representam o segundo maior percentual de abrangência e são compostas principalmente por edificações residenciais.

Além das áreas residenciais, é importante ressaltar as áreas verdes destinadas ao lazer, que abrangem 2,05% de área e também são objeto de estudo neste trabalho, uma vez que representam possíveis locais para a prática de irrigação.

4.1.2 Análise dos volumes de água consumidos

Após a análise dos dados de volumes de água consumidos pelas unidades consumidoras da área de estudo, do período de junho de 2022 a junho de 2023, constatou-se que 9.248 unidades consumidoras não apresentaram registros de consumo ou tiveram volumes iguais a zero durante todo o período de abrangência. Portanto, a área de estudo compreende um total de 34.881 unidades consumidoras que detêm um valor médio de consumo superior a zero.

Ao examinar os volumes médios mensais consumidos, verificou-se o seguinte: 78,53% das unidades consumidoras têm volume médio consumido igual ou inferior a 20m³; 17,99% registraram um volume médio entre 20m³ e 100m³; 3,31% possuem volume médio entre 100m³ e 1000m³ e 0,17% têm um volume médio superior a 1000m³, sendo que este último grupo consiste em um total de 59 unidades consumidoras.

Diante desse contexto e considerando que o presente estudo parte da premissa de identificar grandes consumidores de água, procedeu-se com a análise das 59 unidades consumidoras que possuem os maiores volumes de água consumidos. Dentre essas unidades, foi possível localizar com maior precisão 48 delas, identificadas quanto ao tipo de edificação. A Tabela 3 exibe os volumes médios mensais das unidades consumidoras identificadas, que englobam diversos tipos de edificações como, residenciais, de serviço de hospedagem, comerciais, de ensino, de serviço de saúde e especiais (incluindo a penitenciária e o presídio).

Tabela 3 - Seleção das unidades consumidoras que detêm os maiores volumes médios de água consumidos

Localização		Volume médio consumido (m³/mês)	Tipo de unidade consumidora
Latitude	Longitude		
-27.578366759	-48.52647913	12879,69	Penitenciária
-27.596793333333334	-48.5187237	6292,23	Hospital Universitário
-27.60280374	-48.50205456	4322,92	Condomínio Residencial
-27.55489967	-48.49778253	3298,00	Floripa <i>Shopping</i>
-27.67329314	-48.48368868	3153,85	Condomínio Residencial
-27.54590708	-48.497216333333335	2690,15	Condomínio Residencial
-27.57639588	-48.5070784	2616,16	Condomínio Residencial
-27.578619435	-48.509981215	2529,31	Hotel
-27.578317345	-48.50801398	2462,84	Condomínio Residencial
-27.581076145	-48.526604695	2445,08	Condomínio Residencial
-27.57821053	-48.508652705	2418,69	Condomínio Residencial
-27.57802429	-48.5090261	2048,00	Hospital
-27.57602585	-48.5077822	2023,15	Condomínio Residencial
-27.59230863	-48.5186	2016,46	Condomínio Residencial
-27.6809069	-48.48403924	1948,08	Condomínio Residencial
-27.585816975	-48.497115483333335	1892,92	Condomínio Residencial
-27.59212642	-48.51768293	1852,08	Condomínio Residencial
-27.67840071	-48.483521116666665	1785,54	Condomínio Residencial
-27.56612145	-48.51570211166667	1680,62	Condomínio Residencial
-27.591873333333332	-48.49219999	1655,69	Condomínio Residencial
-27.584974385	-48.49717072	1584,23	Condomínio Residencial
-27.57753479	-48.527040335	1575,69	Presídio Masculino
-27.586518579	-48.50288526	1575,00	Universidade do Estado de Santa Catarina
-27.573986261666665	-48.514198678333335	1557,00	Hospital
-27.57859099	-48.51100439	1520,31	Condomínio Residencial
-27.60641892	-48.53361333333334	1498,92	Condomínio Residencial
-27.540493764	-48.501291666666674	1470,46	Secretaria Executiva de assuntos internacionais
-27.603143099	-48.52105497	1445,92	Restaurante Universitário - UFSC
-27.57621047	-48.50747662	1418,23	Condomínio Residencial
-27.602483429	-48.52659849	1395,46	Condomínio Residencial
-27.57989035	-48.51129334	1333,77	Condomínio Residencial
-27.57631544	-48.5072006	1279,46	Condomínio Residencial
-27.671901666666667	-48.4831889	1267,85	Condomínio Residencial
-27.584914795	-48.497231925	1257,46	Condomínio Residencial
-27.590371538333335	-48.5019149	1176,92	Condomínio Residencial
-27.586887798333335	-48.496916	1163,38	Condomínio Residencial
-27.555716	-48.49754200000001	1149,08	Condomínio Residencial
-27.577525189	-48.52690482333334	1143,92	Centro Integrado de Cultura (CIC)
-27.592766731666668	-48.491577500000007	1123,85	Condomínio Residencial
-27.602059853333333	-48.50438988	1120,77	Condomínio Residencial
-27.6042275	-48.50087719	1094,23	Condomínio Residencial
-27.55180148	-48.49896191	1085,38	Hotel
-27.5830979	-48.50021326	1057,62	Condomínio Residencial
-27.57522232	-48.53118965	1054,92	Condomínio Residencial
-27.58679945	-48.496881945	1054,31	Condomínio Residencial
-27.66458217	-48.48080429	1021,69	Condomínio Residencial
-27.59671952	-48.52356883	1014,77	Hotel
-27.66569	-48.4812028	1004,09	Condomínio Residencial

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A Penitenciária de Florianópolis registrou o maior volume médio de água consumido, com o valor de 12.879,69 m³ ao mês, o que representa quase o dobro do volume consumido pelo segundo maior consumidor de água na área de estudo, o Hospital Universitário.

A Tabela 4 apresenta um compilado dos volumes consumidos associados aos grupos de unidades consumidoras, categorizadas conforme os tipos de atividades. Os condomínios residenciais lideram o consumo de água na área de estudo, representando 61,09 % do total. Esse dado está alinhado com a proporção de áreas residenciais identificadas na composição da área de estudo segundo o zoneamento do plano diretor cidade.

Tabela 4 - Volumes associados aos tipos de unidades consumidoras.

Unidades Consumidoras	Volume médio consumido (m ³ /mês)	Contribuição (%)	Número de unidades
Condomínios residenciais	59540,78	61,09	35
Penitenciária e presídio masculino	14455,38	14,83	1
Hospitais	9897,23	10,16	3
Hotéis	4629,46	4,75	3
Shopping	3298,00	3,38	1
Universidades	3020,92	3,10	2
Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais	1470,46	1,51	1
Centro Integrado de Cultura (CIC)	1143,92	1,17	1
Volume total (m ³ /mês)	97456,17	100,00	48

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Com base nos volumes totais identificados, o estudo avançou com a estimativa de volumes não potáveis para cada tipo de unidade consumidora mencionada.

4.2 AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA DE REÚSO PARA FINS URBANOS NÃO POTÁVEIS

4.2.1 Estimativa de usos não potáveis

O Quadro 7 apresenta os usos urbanos não potáveis considerados neste trabalho, juntamente com as demandas atribuídas a esses usos e os consumidores para os quais tais usos são aplicados.

Quadro 7 - Demandas necessárias para os diferentes usos não potáveis

Usos urbanos selecionados	Demanda			Consumidores para aplicação
	Valor	Unidade	Fonte	
Rega de Jardins	0,3	L/m ² x dia	CHEUNG et. al (2009)	1
Descarga de bacias sanitárias	6,8	L/ descarga		5,6,7,8
Irrigação de áreas verdes	1,5	L/ m ² x dia	SABESP (2017)	3,8,9
Lavagem de áreas internas e externas	2,0	L/m ² x dia	TOMAZ (2000)	1,2,3,4,5,6,7,8
Lavagem de veículos	250	L/dia x veículo		1,7

Legenda: 1 -Condomínios residenciais. 2 -Penitenciária e presídio. 3 -Hospitais. 4- Hotéis. 5- *Shopping Center*. 6- Universidades. 7- Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais. 8- Centro Integrado de Cultura. 9- Áreas Verdes.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os tópicos a seguir detalham o estudo realizado para quantificação dos volumes de água utilizados para fins não potáveis nos estabelecimentos identificados.

4.2.1.1 *Condomínios residenciais*

Nos edifícios residenciais, o consumo de água engloba tanto usos internos quanto os externos. As principais atividades de uso interno incluem limpeza e higiene, enquanto o externo está relacionado à irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e manutenção de piscinas. Estudos demonstram que, dentro de uma residência, a maior parcela de consumo concentra-se na descarga dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos, em média 40% do total de água, destinados aos usos não potáveis (GONÇALVES *et al.*, 2009). Em relação aos consumos externos, Costa e Mota (2022) apontam um percentual de 30,6% do total.

Tendo em vista as referências citadas, para a estimativa do volume de água não potável nos condomínios residenciais identificados, foram considerados apenas os usos externos aos apartamentos, como a lavagem de áreas externas, a lavagem de veículos e a rega de jardins e gramados. Neste contexto, adotou-se que 30% do total de água consumida em condomínios residenciais é destinado a usos não potáveis.

4.2.1.2 Unidades Prisionais

Nas unidades prisionais, a gestão da água é um dos aspectos mais dispendiosos. Os fatores de maior influência no consumo incluem as características climáticas da região, o estado de conservação das instalações hidráulicas e os hábitos dos detentos reclusos na unidade. Estudos realizados por Mota *et al.* (2021), identificaram que o uso de água é principalmente destinado à higiene pessoal dos reclusos e agentes prisionais, à limpeza das celas e pátio, além do uso para lavanderia e preparação de alimentos (quando a unidade não opta pelo fornecimento de refeição por empresas terceirizadas).

Para estimar o consumo de água não potável nessas unidades, considerou-se os usos destinados à limpeza das celas e pátios. Desse modo, foi delimitado um polígono no *software* QGIS a fim de obter as áreas de abrangência da penitenciária e do presídio masculino. Com base na extensão da área e dos valores de frequência e de demanda adotados para a atividade de lavagem, foi possível calcular o volume total de água necessário para fins não potáveis (Tabela 5).

Tabela 5 - Estimativa de volume não potável de água para a penitenciária e o presídio masculino

Usos não potáveis	Frequência	Área (m ²)	Demanda (L/m ² x dia)	Demanda mensal (m ³)	
Lavagem de áreas internas	Refeitório Celas	Diária 1 vez por semana	24475,59	2,0 ¹	1664,34
Lavagem de áreas externas	Pátios	1 vez por semana			

¹Conforme referência abordada no Quadro 7.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.2.1.3 Hospitais

Nos hospitais, o volume de água consumido pode variar de acordo com diversos fatores, como o número de leitos, os serviços gerais prestados pelo hospital (como cozinha e lavanderia), disponibilidade de água, fatores climáticos, culturais e geográficos (VELICCHI *et al.*, 2010 apud BUONO, 2018). As principais demandas de água no ambiente hospitalar se devem às atividades de lavanderia, cozinha e higienização de materiais (GOMES; BITTAR; FERNANDES, 2016).

Tendo em vista que os hospitais têm um elevado rigor quanto à higienização dos ambientes, a estimativa de usos não potáveis de água se restringiu a áreas e

ambientes externos aos hospitais. Para o Hospital Universitário (HU), foram consideradas as áreas verdes, como jardins e campos de futebol, além do edifício de salão de festas e da Associação dos Servidores do HU. Já nos casos dos hospitais SOS Córdio e Vilson Pedro Kleinubing, não foram identificadas áreas externas com potencial de demanda para usos não potáveis de água, desse modo, ambos os hospitais foram desconsiderados do estudo. A Tabela 6 exibe a estimativa de volume de água não potável para usos externos ao Hospital Universitário.

Tabela 6 - Estimativa de volume não potável de água para o Hospital Universitário

Usos não potáveis		Frequência	Área (m ²)	Demanda (L/m ² x dia)	Demanda mensal total (m ³)
Lavagem de áreas	Salão de festas/ Edifício da Associação	1 vez por semana	1486,61	2,0 ¹	101,12
Irrigação de áreas verdes	Campos e jardins	2 vezes por semana	7435,52	1,5 ¹	

¹Conforme referência abordada no Quadro 7.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.2.1.4 Hotéis

No setor hoteleiro, o consumo de água pode variar de acordo com o tamanho do estabelecimento e as comodidades oferecidas. Estudos conduzidos por Nascimento e Sant'ana (2014), indicaram que a maior parte do consumo ocorre dentro dos quartos para usos dos hóspedes (49%), seguida pelo consumo por parte dos funcionários (26%). Na sequência, destacam-se os usos para limpeza (12%), lavanderia (7%), cozinha (5%) e irrigação de jardins (1%). Com base nessas informações, foram considerados para o presente trabalho os percentuais destinados à limpeza e irrigação de jardins, totalizando 13% de volume não potável, o que corresponde a um volume total de cerca de 602 m³ mensais para os três hotéis identificados na área de estudo.

4.2.1.5 Shopping Centers

Em *shopping centers* o consumo de água também pode variar de acordo com o porte do empreendimento e das atividades oferecidas. Os maiores volumes nesses estabelecimentos são atribuídos às atividades da praça de alimentação, banheiros, limpezas em geral e sistemas de ar condicionado (SANTO; SANCHEZ, 2001). Para a estimativa de usos não potáveis, utilizou-se como referência os estudos realizados

por Santo e Sanchez (2001), que indicam que 32% do volume total de água destina-se ao uso público (uso de banheiros) e lavagens em geral. Esse percentual corresponde a um volume aproximado de 1055 m³ mensais para o *shopping* identificado na área de estudo.

4.2.1.6 Campus Universitários

Nas universidades, os usos de água podem variar dependendo do ambiente utilizado. Neste estudo, foram considerados os edifícios de salas de aula da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e o restaurante universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É importante ressaltar que essas considerações foram determinadas com base nas coordenadas geográficas das unidades consumidoras correspondentes.

Para os edifícios de salas de aula, utilizou-se as informações provenientes de pesquisas realizadas por Estrada *et al.* (2021), que apontaram os seguintes percentuais médios de usos finais de água: 60,39% para bacias sanitárias, 20,96% para torneiras de lavatório, 12,08% para mictórios, 4,98% para bebedouros e 1,59% para torneiras de limpeza. Desse modo, ao considerar as bacias sanitárias, os mictórios e as torneiras de limpeza, obtém-se um total de 74,06% de volume de água destinado a fins não potáveis. Esse percentual corresponde a um volume de 1166 m³ mensais.

Para o restaurante universitário, levou-se em consideração os seguintes usos existentes: cozinha, bebedouros e lavagem das instalações. Nesse contexto, para a estimativa do volume de água não potável, considerou-se apenas o uso destinado a lavagem das instalações. Com base na área abrangida pelo restaurante e nos valores de frequência e demanda adotados para a atividade de lavagem, calculou-se o volume de água correspondente (Tabela 7).

Tabela 7 - Estimativa de volume não potável para o Restaurante Universitário da UFSC

Usos não potáveis	Frequência	Área (m ²)	Demanda (L/m ² x dia)	Demanda mensal total (m ³)
Lavagem de áreas	Diária	2045,77	2,0 ¹	122,75

¹Conforme referência abordada no Quadro 7.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.2.1.7 Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais (SAI)

Para estimativa de volume não potável consumido na Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais (SAI), utilizou-se como referência os estudos conduzidos por Kammers e Ghisi (2005), que avaliaram os usos finais de água em dez edifícios públicos de Florianópolis. O consumo nesses estabelecimentos ficou distribuído da seguinte maneira: os vasos sanitários representam 47,7% do total, seguido dos mictórios com 30,6% e a limpeza, rega de jardins e lavação de carros com 4,9%. A Tabela 8 exibe o resultado da quantificação de volume não potável para a SAI segundo os percentuais adotados.

Tabela 8 - Estimativa de volume não potável para a SAI

Usos não potáveis	Demanda (%)	Demanda mensal (m ³)	Demanda mensal total (m ³)
Descarga de bacias sanitárias	47,7	701,40942	1223,42
Descarga de mictórios	30,6	449,96076	
Limpeza, rega de jardins e lavação de carros	4,9	72,05254	

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.2.1.8 Centro Integrado de Cultura (CIC)

As demandas de água nos edifícios teatrais podem variar de acordo com o número de eventos realizados no local e a quantidade de público presente durante esses eventos. Para a estimativa de volume não potável consumido no Centro Integrado de Cultura (CIC), foram considerados os usos destinados à lavagem de áreas e à irrigação de jardins. Os resultados estimados para esses fins estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativa de volume não potável para o CIC

Usos não potáveis	Frequência	Área (m ²)	Demanda (L/m ² x dia)	Demanda mensal total (m ³)
Lavagem de áreas internas	2 vezes por semana	9756,70	2,0 ¹	219,47
Irrigação de gramado/jardim		5279,93	1,5 ¹	

¹Conforme referência abordada no Quadro 7.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.2.1.9 Áreas Verdes

A Tabela 10 apresenta as 56 áreas verdes localizadas na área de estudo, suas respectivas descrições, dimensões e bairros de localização. As áreas compreendem parques, praças e campos de lazer.

Tabela 10 - Identificação de áreas verdes

(continua)

Descrição	Localização		Área (m ²)	Bairro
	Latitude	Longitude		
Parque cultural do Campeche	-27,68056	-48,489217	47392,95	Campeche
Área Verde ¹	-27,662753	-48,479269	17924,15	
Área Verde ¹	-27,665476	-48,480198	10303,94	
Área Verde ¹	-27,671543	-48,482264	2572,46	
Parquinho público sem nome	-27,68118	-48,506708	3640,33	
Sociedade Esportiva Campinas	-27,672777	-48,484573	6835,35	
Campo do CEEL FIESC	-27,66664	-48,480139	3003,38	
Parquinho público sem nome	-27,688999	-48,489423	2154,72	
Campo da Associação BRDE	-27,619911	-48,478784	2250,77	Canto da Lagoa
Praça Getúlio Vargas	-27,59306	-48,546645	12517,75	Centro
Praça Tancredo Neves	-27,601566	-48,547795	20749,41	
Praça Olívio Amorim	-27,594977	-48,544705	1809,23	
Praça/Parque linear Córrego Grande	-27,601884	-48,502136	23078,82	Córrego Grande
Praça Padre José da Anchieta	-27,597642	-48,503613	9160,54	
Praça Cons.Com. Jardim Anchieta	-27,596715	-48,506875	4478,55	
Área Verde ¹	-27,599777	-48,506572	709,21	
Parque Mun. do Córrego Grande	-27,596278	-48,510154	207484,93	
Parque linear Córrego Grande	-27,603701	-48,504212	10647,75	
Praça Contador Marcus Carvalho	-27,596154	-48,512057	5591,28	
Praça da Comunidade	-27,603256	-48,50048	6701,64	
Praça Breno Pinheiro Valadares	-27,593674	-48,502765	9187,24	
Praça Edison Pereira do Nascimento	-27,604957	-48,503134	1516,88	
Campo Cons. Com. Córrego Grande	-27,6006455	-48,5040741	4652,02	
Horto Comunitário Córrego Grande	-27,603732	-48,49986	3884,21	
Campo da Costeira	-27,627816	-48,525424	21158,06	Costeira do Pirajubaé
Praça caiçara	-27,5883359	-48,4961385	7448,00	Itacorubi
Área verde ¹	-27,595608	-48,496705	2853,14	
Área Verde ¹	-27,590533	-48,494668	3572,29	
Parque da Língua	-27,589418	-48,50079	9731,29	
Praça da FIESC	-27,591753	-48,494167	2604,19	
Parque São Jorge	-27,58877	-48,496642	4899,50	
Campo do Paula Ramos FC	-27,586112	-48,506579	6528,67	
Campo da UDESC	-27,585882	-48,507965	2345,59	
Praça Ver. Miguel Ângelo Sedrez	-27,594354	-48,496879	7954,73	
Jardim Botânico	-27,5798275	-48,5086324	19000,00	
Campo APAER	-27,583509	-48,506094	1971,24	

Tabela 10 - Identificação de áreas verdes

Descrição	Localização		Área (m ²)	Bairro
	Latitude	Longitude		
Pomar do Village	-27,606495	-48,474924	1624,55	Lagoa da Conceição
Pracinha Lagoa da Conceição	-27,604688	-48,464111	318,00	
Parquinho Condomínio Saulo Ramos	-27,607709	-48,47899	6923,96	
Praça de pouso para vôo livre	-27,602361	-48,47365	7494,35	
Praça da Lagoa Bento Silverio	-27,604027	-48,464363	6108,59	
Campo Santa Cruz do Retiro	-27,614774	-48,449723	6263,70	
Campo sem nome	-27,610327	-48,459824	7464,95	
Lagoa late Clube	-27,6091899	-48,4768732	6084,28	
Lagoa late Clube	-27,608104	-48,4758	2498,36	
Complexo esportivo do Palmeirinhas	-27,628719	-48,472843	5997,52	Porto da Lagoa
Praça Barra da Lagoa	-27,5732613	-48,431459	7116,55	Barra da Lagoa
Campo Barrense FC	-27,5798613	-48,4324002	6812,63	
Área Verde ¹	-27,640246	-48,471547	4447,17	Rio Tavares
Área Verde ¹	-27,637538	-48,471417	3328,53	
Campo Cruz de Malta	-27,643771	-48,474939	7302,96	
Praça de Esportes Aldo Silva	-27,611761	-48,53228	134735,85	Saco dos limões
Praça sem nome	-27,5572993	-48,4955187	5082,56	Monte Verde
Praça Maria Teresa Kock	-27,588873	-48,510302	7778,56	Santa Mônica
Praça da Polícia	-27,591352	-48,50883	19303,24	
Praça João Di Bernardi	-27,589285	-48,505163	7375,05	

Legenda 1: Compreendem áreas de vegetação. Não se enquadram nos demais grupos (praças, parques e campos).

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para a estimativa do volume necessário para a irrigação dessas áreas, foi adotado o valor de 1,5 L/m² por dia. Esse valor teve como referência a faixa de volume de 1,0 a 2,0 L/m² por dia, recomendada pela Norma Técnica da Sabesp NTS 181 (2017) para a irrigação de jardins. Além disso, o estudo considerou a frequência de rega de duas vezes por semana, especialmente durante o período de verão. A Tabela 11 apresenta o resultado das demandas de água para irrigação de áreas verdes, separadas por bairros.

Tabela 11 – Estimativa de volume não potável por bairro para a irrigação de áreas verdes

Bairro	Áreas verdes (m ²)	Demanda total (m ³ /mês)
Córrego Grande	287093,04	3445,12
Saco dos limões	134735,85	1616,83
Campeche	93827,28	1125,93
Itacorubi	68908,63	826,90
Lagoa da Conceição	44780,74	537,37
Centro	35076,39	420,92
Santa Mônica	34456,85	413,48
Costeira do Pirajubaé	21158,06	253,90
Rio Tavares	15078,66	180,94
Barra da Lagoa	13929,18	167,15
Porto da Lagoa	5997,52	71,97
Monte Verde	5082,56	60,99
Canto da Lagoa	2250,77	27,01
Total	762375,52	9148,51

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.3 SELEÇÃO DOS POTENCIAIS CONSUMIDORES DE ÁGUA DE REÚSO

A seleção dos potenciais consumidores de água de reúso levou em consideração as maiores demandas de água para usos não potáveis identificadas. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 12 e Tabela 13, bem como na Figura 5 e Figura 6.

Na Tabela 12 e na Figura 5, estão apresentadas as unidades consumidoras selecionadas. Destaca-se que a maior demanda é referente à penitenciária e ao presídio masculino, com aproximadamente 1664 m³ mensais, para uma distância de 11,9 km. Os consumidores mais distantes são a Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais e o Floripa Shopping, localizados a respectivamente, 14,96 km e 13,72 km da ETE. No grupo dos condomínios residenciais, observa-se que a maior distância é de 14,53 km, para uma demanda de 807 m³ mensais e o maior volume listado, é de aproximadamente 1297 m³ mensais, compreendendo uma distância de 8,6 km. No conjunto, as unidades consumidoras selecionadas somam um volume total mensal de 22.971,80 m³.

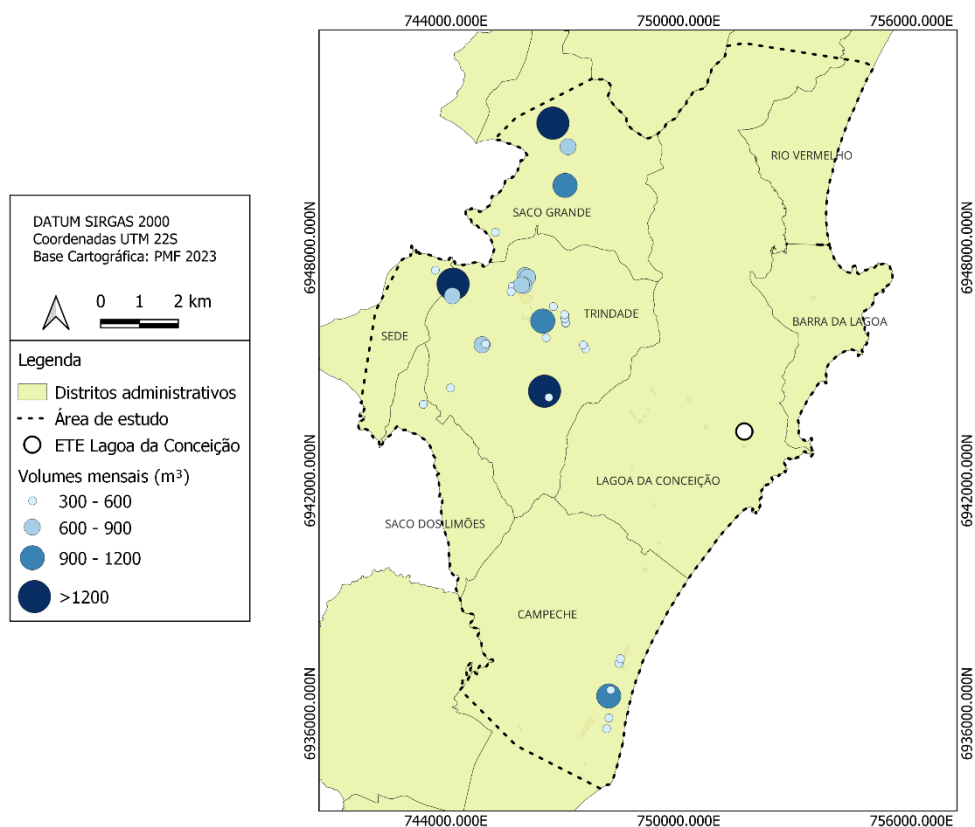
É relevante destacar que, embora as unidades estejam dentro do raio de abrangência de 10 km estabelecido para a área de estudo, os valores superiores obtidos nas distâncias entre os consumidores e a ETE referem-se aos itinerários que conectam ambos os locais.

Tabela 12 – Potenciais unidades consumidoras de água de reúso

Unidade consumidora	Localização		Demanda não potável (m³/mês)	Distância até a ETE (km)
	Latitude	Longitude		
Condomínios residenciais	-27.60280317	-48.50206063	1296,88	8,60
	-27.67329314	-48.48368868	946,15	10,21
	-27.54590708	-48.497216333333335	807,05	14,53
	-27.57639879	-48.5070928	784,85	10,54
	-27.57831884	-48.508005933333333	738,85	9,33
	-27.581076145	-48.526604695	733,52	12,04
	-27.5781731	-48.5086261	725,61	9,40
	-27.57602585	-48.5077822	606,95	10,45
	-27.59230863	-48.5186	604,94	10,71
	-27.6809069	-48.48403924	584,42	11,21
	-27.585816975	-48.4971154833333335	567,88	7,85
	-27.59212642	-48.51768293	555,62	10,60
	-27.67840071	-48.483521116666665	535,66	10,81
	-27.56612145	-48.51570211166667	504,18	11,39
	-27.591873333333332	-48.49219999	496,71	7,30
	-27.584974385	-48.49717072	475,27	7,94
	-27.57859099	-48.51100439	456,09	9,72
	-27.60641892	-48.533613333333334	449,68	13,60
	-27.57621047	-48.50747662	425,47	10,51
	-27.602483429	-48.52659849	418,64	11,98
	-27.57989035	-48.51129334	400,13	9,91
	-27.57631544	-48.5072006	383,84	10,51
	-27.671901666666667	-48.4831889	380,35	10,13
	-27.584914795	-48.497231925	377,24	7,95
	-27.590371538333335	-48.5019149	353,08	8,22
	-27.586887798333335	-48.496916	349,02	7,71
	-27.555765795	-48.497542300000005	344,72	13,77
	-27.592766731666668	-48.491577500000007	337,15	7,46
	-27.602059853333333	-48.50438988	336,23	8,57
	-27.6042275	-48.50087719	328,27	8,64
-27.5830979	-48.50021326	317,28	8,62	
-27.57522232	-48.53118965	316,48	12,53	
-27.58679945	-48.496881945	316,29	7,74	
-27.66458217	-48.48080429	306,51	9,22	
-27.66569	-48.4812028	301,23	9,31	
Penitenciária e presídio masculino	-27.578366759	-48.52647913	1664,34	11,93
Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais	-27.540493764	-48.501291666666674	1223,42	14,96
Universidade do Estado de Santa Catarina	-27.5856059	-48.5030976	1166,45	8,43
Floripa Shopping	-27.55489967	-48.49778253	1055,36	13,72

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 5 - Mapa georreferenciado dos potenciais consumidores de água de reúso



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na Tabela 13 e na Figura 6, estão apresentadas as áreas verdes identificadas, organizadas por bairros e agrupadas por distritos administrativos. Florianópolis é dividida em 18 distritos administrativos, e a área de estudo abrange a totalidade de 3 deles: Trindade, Barra da Lagoa e Saco dos Limões, além de cobrir parcialmente outros 5: Lagoa da Conceição, Campeche, Rio Vermelho, Saco Grande e Sede.

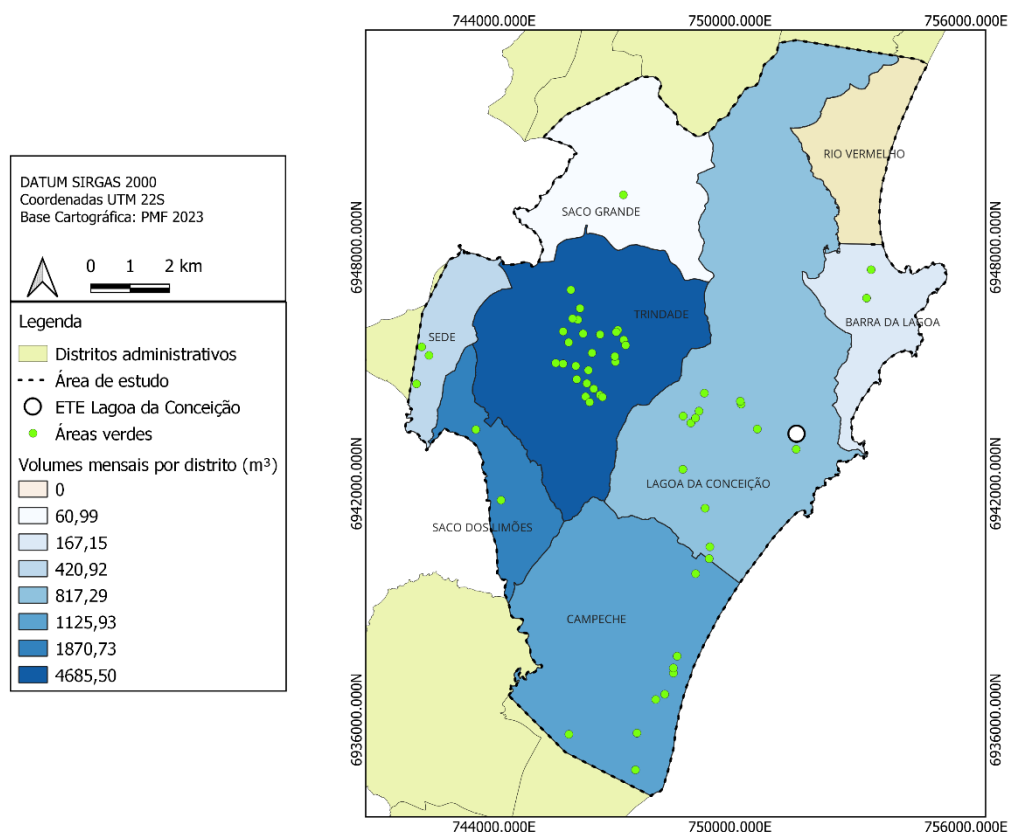
O distrito Trindade concentra a maior demanda mensal entre os distritos com 4685,50 m³. Destaca-se que a maior demanda de irrigação é referente as áreas verdes do bairro Córrego Grande, que incluem 7 praças, 2 parques, 1 campo de futebol e 1 horto comunitário. Além disso, os bairros Lagoa da Conceição, Porto da Lagoa, Rio Tavares e Canto da Lagoa, que englobam o distrito Lagoa da Conceição, contemplam uma distância inferior a 8 km da ETE, favorecendo o transporte e a distribuição de aproximadamente 817 m³ mensais de água de reúso. Os distritos Saco dos Limões, Sede e Saco Grande apresentam as maiores distâncias em relação à ETE, superando 13 km. As áreas verdes selecionadas totalizam um volume mensal para irrigação de 9148,51 m³.

Tabela 13 – Quadro resumo das áreas verdes para irrigação separadas por bairros e distritos administrativos

Bairro	Demanda total (m ³ /mês)	Distância até a ETE (km)	Distritos administrativos
Lagoa da Conceição	537,37	3,6	Lagoa da Conceição
Porto da Lagoa	71,97	4,73	
Rio Tavares	180,94	6,36	
Canto da Lagoa	27,01	7,14	
Barra da Lagoa	167,15	5,85	Barra da Lagoa
Itacorubi	826,90	7,98	Trindade
Santa Mônica	413,48	9,23	
Córrego Grande	3445,12	9,85	
Campeche	1125,93	10,51	Campeche
Saco dos limões	1616,83	13,83	Saco dos Limões
Costeira do Pirajubáé	253,90	16,21	
Centro	420,92	16,46	Sede
Monte Verde	60,99	14,02	Saco Grande

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 6 - Mapa georreferenciado das áreas verdes para irrigação por volume demandado por distrito administrativo



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.4 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DA OFERTA DE ESGOTO TRATADO

A Tabela 14 compara a demanda total do sistema, incluindo as unidades consumidoras e as áreas verdes para irrigação, com o volume médio de efluente produzido pela ETE Lagoa da Conceição. O sistema de reúso atende à demanda requerida de forma consistente, que representa 35% do total de efluente produzido.

Tabela 14 - Avaliação quantitativa da oferta de esgoto tratado

Demanda total do sistema (m³/mês)	Produção de efluente tratado (m³/mês)	Potencial de reúso (%)
32120,31	91980	35

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A Tabela 15 possibilita a análise da qualidade do efluente da ETE Lagoa da Conceição em comparação com as legislações utilizadas como referência para o reúso urbano não potável neste estudo: a Resolução CERH N° 122/23 do Estado do Paraná, a Resolução Conjunta do Estado de São Paulo SES/SIMA N° 01/2020 e as diretrizes para reúso elaboradas pela USEPA (2012). Conforme abordado na revisão bibliográfica, a categoria de acesso irrestrito, ou classe A, refere-se à aplicação da água de reúso em locais onde não há restrição quanto ao acesso da população, diferente da categoria de acesso restrito, ou classe B, que se aplica para áreas onde o acesso de pessoas ao local de destinação da água de reúso é limitado ou controlado.

Tabela 15 - Comparação da qualidade do efluente tratado da ETE Lagoa da Conceição com legislações pertinentes ao reúso não potável urbano

Parâmetro	ETE Lagoa da Conceição		Res. CERH 122/23		Res. SES/SIMA 01/20		USEPA 2012	
	CASAN	ARESC	Classe A	Classe B	Classe A	Classe B	Irrestrito	Restrito
Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)	6,05E+05	4,73E+04	200	1000	Não detectável	≤ 200	Não detectável	≤ 200
DBO _{5,20} (mg/L)	-	21,05	-	-	≤ 10	≤ 30	≤ 10	≤ 30
SST (mg/L)	-	23,56	-	-	≤ 2	≤ 30	-	≤ 30
pH	-	7,29	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Turbidez (NTU)	-	18,803			≤ 2	-	≤ 2	-

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

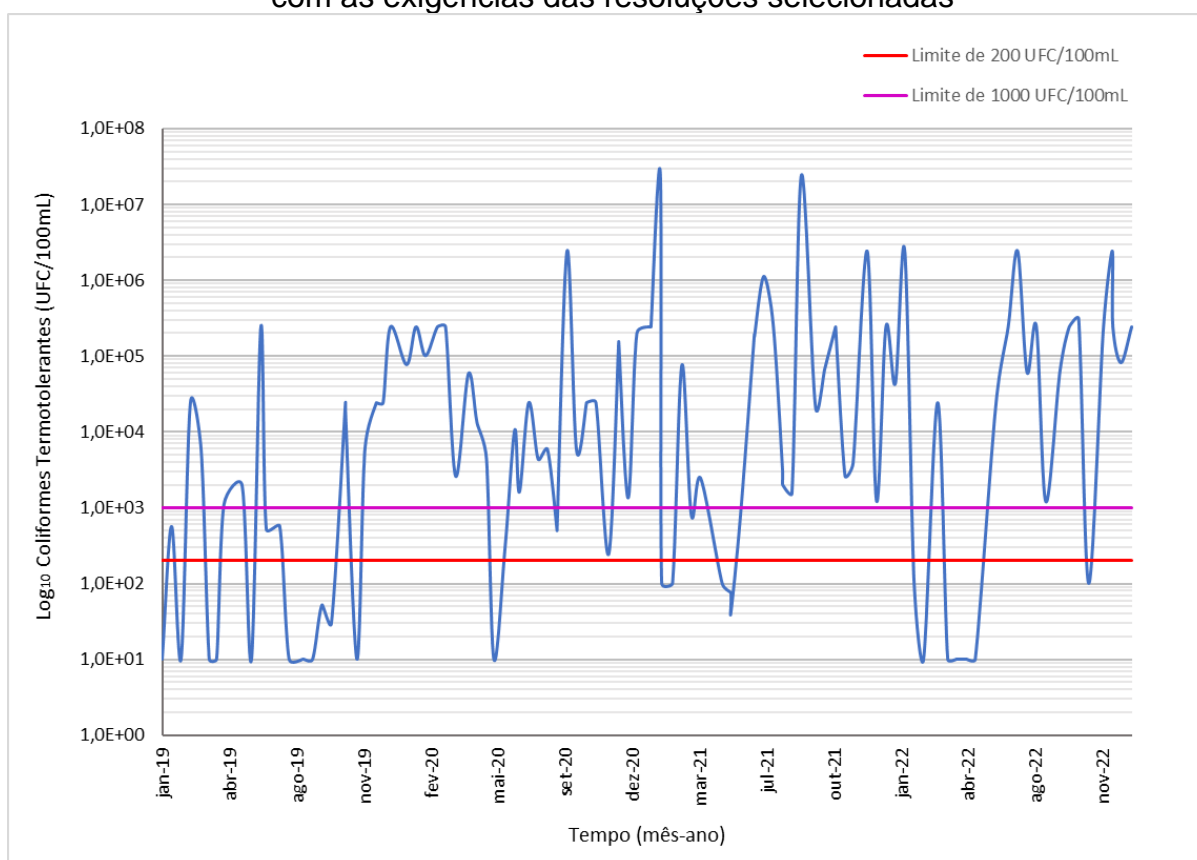
O valor médio de pH apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pelas legislações abordadas, atendendo as Resoluções para a classe mais exigente, bem como os padrões da USEPA (2012) para usos irrestritos e restritos. Os valores médios dos parâmetros $DBO_{5,20}$ e SST atendem os limites estabelecidos pela Resolução SES/SIMA nº01/20 para a classe B, assim como a USEPA (2012) para usos restritos.

O valor médio de turbidez apresentou-se muito superior aos limites estabelecidos pela Resolução SES/SIMA nº 01/20 para classe A e pela USEPA (2012) para uso irrestrito, não atendendo tais legislações para essas modalidades.

O valor médio de coliformes termotolerantes, tanto nos dados fornecidos pela CASAN quanto nos retirados dos relatórios da agência reguladora, mostrou-se significativamente acima dos limites estabelecidos por todas as legislações abordadas. Por apresentar um maior número de amostras, será considerado para este estudo o valor médio obtido pelos dados da CASAN. Tendo isso em vista, para atender a classe B da Resolução CERH nº 122/23, sendo esta, menos exigente para esse parâmetro quando comparada as demais, seria necessário a diminuição de 3 logs.

A Figura 7 exibe o gráfico das concentrações de coliformes termotolerantes ao longo do período analisado, de janeiro de 2019 a dezembro de 2022. Apesar dos valores ultrapassarem os limites estabelecidos pelas legislações abordadas na maior parte do tempo, existem períodos em que se apresentam abaixo desses limites. Destacam-se os maiores intervalos contínuos, registrados de julho a setembro de 2019 (5 amostras) e de março a maio de 2022 (4 amostras), nos quais as concentrações ficam abaixo dos limites de 200 UFC/100mL e 1000 UFC/100mL.

Figura 7 - Representação gráfica das concentrações do parâmetro de coliformes termotolerantes medidos na ETE Lagoa da Conceição de 2019 a 2022 relacionada com as exigências das resoluções selecionadas



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Cabe ressaltar, que o parâmetro de coliformes termotolerantes não é exigido pelas legislações vigentes referentes aos padrões de lançamento do efluente sanitário, sendo este regulamentado pela legislação que aborda acerca da qualidade do corpo receptor do efluente tratado, a Resolução CONAMA n° 396/2008. Essa resolução estabelece um limite de concentração inferior a 1000 UFC/100 mL.

Ademais, é pertinente abordar também a Resolução CONAMA n° 274/2000, que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Essa resolução classifica como satisfatórias as águas destinadas à balneabilidade que apresentem o valor máximo de 1000 coliformes termotolerantes ou 800 *Escherichia coli* ou 100 Enterococos em 100 mL de amostra, em pelo menos 80% das análises de cinco semanas consecutivas. Esses padrões são direcionados a águas destinadas à recreação de contato primário, como natação e mergulho, onde há a possibilidade de ingestão de água. Tendo isso em vista, pode parecer excessivo o estabelecimento de limites tão rígidos para o parâmetro de coliformes termotolerantes nas legislações pertinentes ao reúso das águas, uma vez que o contato com a água de reúso tende a

ser mais limitado e com menor grau de exposição, se comparado às atividades de natação e mergulho.

Diante dos resultados, verifica-se que, em termos qualitativos do efluente, a implantação do sistema de reúso proposto demandaria a adaptação da ETE para atender às exigências das legislações utilizadas como referência. Essa adequação estaria focada principalmente na desinfecção do efluente que, de acordo com a bibliografia, que já é conduzida na ETE, cabendo ser aprimorada.

4.5 ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE REÚSO POR CAMINHÕES PIPA

Para a implantação do sistema de fornecimento de água de reúso, foram analisadas separadamente as unidades consumidoras das áreas verdes para irrigação.

4.5.1 Unidades consumidoras

A faixa de consumo mensal para os potenciais consumidores varia entre 300 m³/mês e cerca de 1700 m³/mês, com uma demanda total mensal de 22.971,80 m³. As distâncias entre os consumidores e a ETE variam de 7,3 km a 15 km. Para analisar o fornecimento de água por caminhões pipa, foram considerados 2 cenários: 1) o fornecimento da demanda total mensal e 2) o fornecimento para demandas menores, de consumidores selecionados.

A Tabela 16 apresenta as informações para o cenário 1. O número de cargas refere-se à quantidade de vezes que o caminhão deve ser abastecido com água de reúso. Para suprir a demanda total são necessários, operando simultaneamente, 35 caminhões pipa de 6 m³ ou 26 caminhões pipa de 10 m³.

Tabela 16 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso - Cenário 1

Parâmetros	Caminhão A	Caminhão B
Capacidade (m ³)	6	10
Tempo de enchimento (min)	20	30
Tempo de esvaziamento (min)	20	30
Tempo de deslocamento (min)	60	60
Nº de cargas	5	4
Nº de caminhões pipa necessários	35	26
Volume total atendido (m ³ /dia)	1044,17	1044,17

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A partir desse resultado, infere-se que atender toda a demanda por caminhões pipa seria desafiador, especialmente em termos logísticos, uma vez que é necessário um número elevado de veículos. Além disso, a ETE teria que dispor de um sistema de carregamento de vários caminhões simultaneamente e de uma área de estacionamento que permitisse a movimentação desses veículos. Ressalta-se também que, embora tenha sido estabelecida uma margem de segurança no tempo de deslocamento, as condições de tráfego da cidade podem ser um fator complicador para o número de viagens diárias necessárias.

Diante desse contexto e tendo em vista que o número de caminhões necessários diminui à medida que a vazão demandada reduz, uma outra opção seria o atendimento de demandas específicas menores, que são tratadas pelo cenário 2. Desse modo, estão apresentadas na Tabela 17 as estimativas do número de caminhões necessários para o abastecimento das diferentes demandas consideradas.

É notável a redução expressiva no número de caminhões, destacando a vantagem do fornecimento por caminhões de 10 m³. Caminhões com essa capacidade demandam menos viagens à ETE para carregamento e conseguem suprir uma demanda maior do que a necessária, para a maior parte dos consumidores. Como resultado, as vazões excedentes têm a possibilidade de serem armazenadas nos locais de consumo, contribuindo para a diminuição da frequência mensal de fornecimento.

Tabela 17 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso - Cenário 2

Unidade consumidora	Volume demandado		Caminhões pipa de 6 m ³			Caminhões pipa de 10 m ³			Frequência de fornecimento
	Valor	Unidade	Quantidade	Nº de cargas na ETE	Volume fornecido (m ³)	Quantidade	Nº de cargas na ETE	Volume fornecido (m ³)	
Penitenciária e presídio masculino	75,65	m ³ /dia	3	5	90,0	2	4	80,0	Diária
Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais	55,61	m ³ /dia	2	5	60,0	2	4	80,0	Diária
UDESC	53,02	m ³ /dia	2	5	60,0	2	4	80,0	Diária
Floripa Shopping	47,97	m ³ /dia	2	5	60,0	2	4	80,0	Diária
Condomínio residencial de maior consumo registrado	58,95	m ³ /dia	2	5	60,0	2	4	80,0	Diária
Condomínios residenciais com demandas mensais de até 320 m ³	40,0	m ³ /semana	2	5	60,0	1	4	40,0	2x por semana

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.5.2 Áreas verdes para irrigação

O consumo mensal para a irrigação das áreas verdes varia entre 61m³ e 4685m³ por distrito administrativo, com uma demanda total de 9.148,51m³. As distâncias médias entre os distritos e a ETE variam de aproximadamente 5km a 16km. Para analisar o fornecimento de água por caminhões pipa, foram considerados 2 cenários: 1) o fornecimento do volume total por semana; 2) o fornecimento do volume total por semana para as áreas verdes abrangidas pelos distritos Lagoa da Conceição, Barra da Lagoa, Trindade e Campeche.

A Tabela 18 apresenta os dados para o cenário 1, no qual considera-se a demanda total semanal para irrigação das áreas verdes. Para suprir essa demanda, é necessária a operação simultânea de 16 caminhões pipa de 6 m³ ou 12 caminhões pipa de 10 m³. Isso significa a atuação simultânea diária de cerca de 3 caminhões de 6m³ ou de 2 caminhões de 10m³, os quais podem ser alocados para diferentes distritos em dias distintos da semana.

Tabela 18 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso para irrigação de áreas verdes - Cenário 1

Parâmetros	Caminhão A	Caminhão B
Capacidade (m ³)	6	10
Tempo de enchimento (min)	20	30
Tempo de esvaziamento (min)	20	30
Tempo de deslocamento (min)	60	60
Nº de cargas por semana	24	20
Nº de caminhões necessários por semana	16	12
Volume total atendido (m ³ /semana)	2287,13	2287,13

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O cenário 2 considera os distritos mais próximos da ETE, com uma distância máxima de 11 km, são eles: Lagoa da Conceição, Barra da Lagoa, Trindade e Campeche. Para suprir a demanda semanal desses distritos, é necessária a operação simultânea de 12 caminhões pipa de 6 m³ ou 8 caminhões pipa de 10 m³ (Tabela 19). Isso significa a atuação simultânea diária de cerca de 2 caminhões de 6m³ ou de 10m³, os quais, seguindo a mesma lógica do cenário 1, podem ser alocados para os diferentes distritos em dias distintos da semana.

Tabela 19 - Estimativa do quantitativo de caminhões pipa para fornecimento de água de reúso para irrigação de áreas verdes - Cenário 2

Parâmetros	Caminhão A	Caminhão B
Capacidade (m ³)	6	10
Tempo de enchimento (min)	20	30
Tempo de esvaziamento (min)	20	30
Tempo de deslocamento (min)	60	60
Nº de cargas por semana	24	20
Nº de caminhões necessários por semana	12	8
Volume total (m³/semana)	1698,97	1698,97

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Diante desses cenários, observa-se que a irrigação de áreas mais próximas à ETE é mais vantajosa, uma vez que são necessários um menor número de caminhões pipa para atendimento das demandas.

É importante abordar também que a irrigação de praças e áreas públicas em Florianópolis são atribuições da Fundação Municipal do Meio Ambiente (FLORAM) e que essas atividades são sazonais, sendo mais frequentes no período de verão (CASAN, 2015).

4.5.3 Estimativa de custo do fornecimento de água de reúso por caminhões pipa

Os resultados do custo de transporte, obtidos com base no Sistema Nacional de Índices da Construção Civil (SINAPI - SC) (2023), são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Custo do transporte de água em caminhão pipa (base SINAPI - SC) para velocidades distintas

Capacidade do caminhão pipa (m ³)	Custo de transporte SINAPI (R\$/m ³ xh)	Custo de transporte SINAPI (R\$/m ³ xkm) para v=10 km/h	Custo de transporte SINAPI (R\$/m ³ xkm) para v=20 km/h	Custo de transporte SINAPI (R\$/m ³ xkm) para v=30 km/h
6	26,39	2,64	1,32	0,88
10	19,26	1,93	0,96	0,64

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As informações referentes às tarifas de água potável praticadas pela concessionária atuante no município (CASAN) são apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 - Tarifas do m³ de água potável praticadas pela CASAN

Categoria de usuários	Consumo (m ³ /mês)	Tarifa (R\$/mês)	Tarifa fixa (R\$/mês)
Residencial	1-10	2,48	37,31
	11-25	1,53	
	26-50	15,41	
	51-999999	19,39	
Pública	1-10	5,49	37,31
	11-999999	15,41	
Comercial	1-10	5,49	37,31
	11-50	15,41	
	51-999999	19,39	

Fonte: CASAN (2023).

Os resultados da comparação entre a tarifa praticada pela CASAN, que se refere ao m³ de água para as diferentes categorias de usuários, e o custo do m³ de água de reúso em caminhões pipa de 6 e 10 m³ estão detalhados na Tabela 22 e Tabela 23. Foram consideradas distâncias nominais, entre 5 e 17 km, que compreendem as distâncias entre o gerador e os consumidores identificados para os diferentes cenários, considerando diferentes velocidades médias de transporte (10km/h, 20km/h e 30km/h, respectivamente). Cabe ressaltar que foi adotada a tarifa da água potável da faixa mais elevada para as três categorias de usuários, tendo em vista que as demandas identificadas no presente estudo se enquadram nessas faixas.

Tabela 22 - Comparação entre os custos de água potável fornecida pela CASAN e o custo estimado do transporte de água em caminhão pipa de 6 m³

Distância entre gerador e consumidor (km)	Custo de água potável (R\$/m ³)			Custo estimado de transporte de água de reúso (R\$/m ³)		
	Residencial	Pública	Comercial	v = 10 km/h	v = 20 km/h	v = 30 km/h
5	19,39	15,41	19,39	13,19	6,60	4,40
7	19,39	15,41	19,39	18,47	9,23	6,16
8	19,39	15,41	19,39	21,11	10,55	7,04
10	19,39	15,41	19,39	26,39	13,19	8,80
12	19,39	15,41	19,39	31,66	15,83	10,55
15	19,39	15,41	19,39	39,58	19,79	13,19
17	19,39	15,41	19,39	44,85	22,43	14,95

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 23 - Comparação entre os custos de água potável fornecida pela CASAN e o custo estimado do transporte de água em caminhão pipa de 10 m³

Distância entre gerador e consumidor (km)	Custo de água potável (R\$/m ³)			Custo estimado de transporte de água de reúso (R\$/m ³)		
	Residencial	Pública	Comercial	v = 10 km/h	v = 20 km/h	v = 30 km/h
5	19,39	15,41	19,39	9,63	4,82	3,21
7	19,39	15,41	19,39	13,48	6,74	4,49
8	19,39	15,41	19,39	15,41	7,71	5,14
10	19,39	15,41	19,39	19,26	9,63	6,42
12	19,39	15,41	19,39	23,12	11,56	7,71
15	19,39	15,41	19,39	28,89	14,45	9,63
17	19,39	15,41	19,39	32,75	16,37	10,92

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Com base nos custos identificados, adotou-se a seguinte abordagem: para a velocidade de 10 km/h, considerou-se uma distância de 5 km; para a velocidade de 20 km/h, utilizou-se uma distância de 10 km; e, para a velocidade de 30 km/h, a distância adotada foi de 17 km. Essas combinações refletem os cenários economicamente mais vantajosos para o custo de transporte da água de reúso.

Foram então comparados os custos de transporte obtidos com a utilização de água potável fornecida pela CASAN via sistema convencional (tubulação). Para a comparação, adotou-se uma faixa de consumo mensal variando entre 300 m³/mês e 4000 m³/mês, que compreende as demandas para atendimento às unidades consumidoras e para irrigação das áreas verdes.

Os resultados, apresentados na Tabela 24 e Tabela 25, indicaram que a utilização de um caminhão pipa é economicamente vantajosa. Os custos de transporte, quando comparados com os custos de fornecimento de água potável pela rede pública, são menores, e essa diferença aumenta consideravelmente com as maiores demandas. Destaca-se uma vantagem menor para os consumidores da categoria “pública”, uma vez que suas tarifas são menores comparadas as demais categorias. Além disso, observa-se também a maior vantagem econômica com o uso de caminhões com capacidade de 10m³, que apresentaram custos menores quando comparados aos de capacidade de 6 m³.

Tabela 24 - Comparativo entre custos de água de reúso fornecida por caminhão pipa de 6m³ e água fornecida pelo sistema público (rede) para as diferentes demandas de consumo mensal

Consumo mensal (m ³ /mês)	Custo utilizando água da rede da CASAN (R\$/mês)			Custo de transporte por caminhão pipa de 6 m ³ (R\$)		
	Residencial	Pública	Comercial	Distância de 5 km (v=10km/h)	Distância de 10 km (v=20km/h)	Distância de 17 km (v=30km/h)
300	5.854,31	4.660,31	5.854,31	3.957,75	3.957,75	4.485,45
400	7.793,31	6.201,31	7.793,31	5.277,00	5.277,00	5.980,60
500	9.732,31	7.742,31	9.732,31	6.596,25	6.596,25	7.475,75
600	11.671,31	9.283,31	11.671,31	7.915,50	7.915,50	8.970,90
700	13.610,31	10.824,31	13.610,31	9.234,75	9.234,75	10.466,05
800	15.549,31	12.365,31	15.549,31	10.554,00	10.554,00	11.961,20
1000	19.427,31	15.447,31	19.427,31	13.192,50	13.192,50	14.951,50
2000	38.817,31	30.857,31	38.817,31	26.385,00	26.385,00	29.903,00
3000	58.207,31	46.267,31	58.207,31	39.577,50	39.577,50	44.854,50
4000	77.597,31	61.677,31	77.597,31	52.770,00	52.770,00	59.806,00

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 25 - Comparativo entre custos de água de reúso fornecida por caminhão pipa de 10m³ e água fornecida pelo sistema público (rede) para as diferentes demandas de consumo mensal

Consumo mensal (m ³ /mês)	Custo utilizando água da rede da CASAN (R\$/mês)			Custo de transporte por caminhão pipa de 10 m ³ (R\$)		
	Residencial	Pública	Comercial	Distância de 5 km (v=10km/h)	Distância de 10 km (v=20km/h)	Distância de 17 km (v=30km/h)
300	5.854,31	4.660,31	5.854,31	2.889,45	2.889,45	3.274,71
400	7.793,31	6.201,31	7.793,31	3.852,60	3.852,60	4.366,28
500	9.732,31	7.742,31	9.732,31	4.815,75	4.815,75	5.457,85
600	11.671,31	9.283,31	11.671,31	5.778,90	5.778,90	6.549,42
700	13.610,31	10.824,31	13.610,31	6.742,05	6.742,05	7.640,99
800	15.549,31	12.365,31	15.549,31	7.705,20	7.705,20	8.732,56
1000	19.427,31	15.447,31	19.427,31	9.631,50	9.631,50	10.915,70
2000	38.817,31	30.857,31	38.817,31	19.263,00	19.263,00	21.831,40
3000	58.207,31	46.267,31	58.207,31	28.894,50	28.894,50	32.747,10
4000	77.597,31	61.677,31	77.597,31	38.526,00	38.526,00	43.662,80

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

5 CONCLUSÃO

O estudo do potencial de reúso do esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Lagoa da Conceição para fins não potáveis urbanos teve como intuito gerar mais conhecimento sobre a temática, propondo uma solução que contribuísse para a economia de água tratada e oferecesse uma alternativa para o deságue do efluente tratado, o qual é uma problemática atual da cidade.

Dentre os potenciais consumidores de água de reúso identificados neste estudo estão 35 condomínios residenciais, 1 edifício comercial, o Floripa *Shopping*, 4 edifícios públicos, a Secretaria Executiva de Assuntos Internacionais, as unidades prisionais e a universidade e 56 áreas verdes. Esses potenciais consumidores totalizam um volume de 32.120 m³ mensais, o que representa cerca de 35% do efluente produzido pela ETE Lagoa da Conceição.

Em relação à qualidade do efluente produzido, infere-se a necessidade de tratamento adicional, uma vez que o mesmo não apresenta conformidade com os limites estabelecidos pelas resoluções abordadas para o parâmetro de coliformes termotolerantes e para os parâmetros de DBO_{5,20}, SST e turbidez para a classe mais exigente. Nessa abordagem, é importante destacar a carência de uma legislação federal/estadual mais específica sobre o tema. Sugere-se que estudos futuros possam contemplar o uso de modelagem de avaliação de risco para estimativas mais realistas da qualidade do efluente tratado requerido, tendo em vista o padrão altamente restritivo das normas existentes no país.

A análise de prospecção do sistema, com o fornecimento de água de reúso por caminhões pipa, revelou desafios logísticos para atender completamente à demanda, devido ao elevado número de veículos necessários. Contudo, o atendimento de demandas específicas menores mostrou-se favorável, com destaque para o uso de caminhões com capacidade de 10m³, que se apresentam mais vantajosos em termos de volume fornecido e de custo. Ademais, além dos caminhões pipa, o sistema de reúso pode integrar outras alternativas de fornecimento, como as redes de distribuição. Essa opção não foi contemplada na presente pesquisa devido à sua abrangência, no entanto, sugere-se que investigações futuras considerem essa modalidade de implantação, especialmente para atender a demandas maiores.

Sugere-se também que novos estudos possam contemplar as demais ETES de Florianópolis como potenciais geradoras de água de reúso, de modo que o sistema seja avaliado em escala municipal. Dessa forma, seria possível agrupar os consumidores de água de reúso com base em suas proximidades dos locais de geração, tornando a logística de implantação do sistema mais eficiente. Além disso, recomenda-se que novas investigações incluam a análise da aceitabilidade do uso de efluente tratado pela população e pelas unidades consumidoras.

Por fim, ressalta-se a importância do investimento em soluções de saneamento mais sustentáveis para a ilha de Florianópolis. Esses investimentos não

só contribuem significativamente para a qualidade ambiental da cidade, um elemento-chave em sua atratividade turística e no conseqüente ganho econômico, mas também desempenham um papel fundamental na promoção da saúde e qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro. 1997.
- ALÉM SOBRINHO, P; JORDÃO, E.P. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – uma análise crítica**. Cap. 9. In: Chernicharo, C.A.L. (coordenador). Pós-tratamento de efluentes anaeróbios. FINEP/PROSAB, Rio de Janeiro, 2001. 544p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO – ANA (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: ANA, 2017.
- 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.
- BALASSIANO, M. **Análise da aplicação de reúso de águas servidas: estudo de caso do Caxias Shopping**. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <<http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024168.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- BRASIL. Consórcio CH2M Hill BV/CH2M Hill do Brasil. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. **Produto II – Experiências de reúso (RP01A): Relatório técnico sobre o levantamento e descrição de experiências nacionais e internacionais relevantes sobre reúso de água**. Interáguas Programa de Desenvolvimento do Setor Água, 2016. Disponível em: < https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/projeto-interaguas/produto2_experiencias_de_reuso.pdf > Acesso em: 10 set. 2023.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. 24. ed. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional: SNS, 2022.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf> > Acesso em: 28 ago. 2023.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 396, de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/res39608.pdf>> Acesso em: 28 ago. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução CNRH nº54, 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. Disponível em: < <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>> Acesso em 28 ago. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução CNRH nº121, 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. Disponível em: < <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20121.pdf>> Acesso em 29 ago. 2023.

BRASÍLIA. **Resolução nº005, de 09 de maio de 2022**. Estabelece diretrizes para o aproveitamento ou reúso de água não potável em edificações no Distrito Federal. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/legislacao/Res_ADASA/2022/Resolucao05_09052022.pdf> Acesso em: 10 ago. 2023.

BUONO, L. N. **Diagnóstico de uso de água no hospital universitário de Londrina: estudo de caso**. Tese (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

CECATO, L. D. **Avaliação do potencial de suprimento hídrico para fins agrícolas a partir do esgoto tratado no estado de SC**. 2023. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2023.

CEARÁ. **Resolução COEMA nº 02, de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as portarias Semace nº154, de 22 de julho de 2002 e nº111, de 05 de abril de 2011, e altera a portaria Semace nº151, de 25 de novembro de 2002. Disponível em: <<https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2019/09/COEMA-02-2017.pdf>> Acesso em: 10 ago. 2023.

COSTA, T. H. S.; MOTA, F. S. B. **Análise quantitativa de águas cinza em um condomínio residencial**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 27, n. 2, p. 413–421, abr. 2022. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/esa/a/Jg63d5wnN6Wr94BpqqNRgGP/?format=pdf>> Acesso em: 10 set. 2023.

COSTA, V. L. de J. **Desempenho da ETE da UFS Eficiência da ETE da EFS na remoção de matéria orgânica**. 2019. Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2019.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Esclarecimento sobre o sistema emergencial de bombeamento na lagoa artificial**. Casan Notícias, 2021a. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/esclarecimento-sobre-o-sistema-emergencial-de-bombeamento-na-lagoa-artificial#0>> Acesso em: 15 set. 2023.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Estudo de concepção para disposição de efluentes no solo: Sistema de Esgotamento Sanitário da Lagoa da Conceição – Florianópolis/SC.** Florianópolis, 2021b.

Disponível em:

<http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/06_01_2022_10.25.59.b0e14dc12ae65b974a984ebc9ee67710.pdf> Acesso em: 16 set. 2023.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Casan investe em melhorias no sistema de saneamento da Lagoa da Conceição.**

Casan Notícias, 2022a. Disponível em:

<<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-investe-em-melhorias-no-sistema-de-saneamento-da-lagoa-da-conceicao-3#0>> Acesso em: 26 ago. 2023.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Lagoa da Conceição: um ano após acidente, 95% das famílias estão indenizadas por danos materiais.** Casan Notícias, 2022b. Disponível em:

<<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/lagoa-da-conceicao-um-ano-apos-acidente-95-das-familias-estao-indenizadas-por-danos-materiais#0>> Acesso em: 26 ago. 2023.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **O que é uma lagoa de evapoinfiltração.** 2023. Disponível em:

<<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/lagoa-da-conceicao-2#0>> Acesso em: 15 set. 2023.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Proposta de água de reúso – ETE Insular.** 2015. Disponível em: <

https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/09_07_2015_11.20.14.e0da4054fa84362ecea6cad695b2e876.pdf> Acesso em: 10 set. 2023.

CHEUNG, P.B; KIPERSTOK, A; COHIM, E; ALVES, W, C; PHILIPPI, L, S; ZANELLA, L; ABE, N; GOMES, H, P; SILVA, B, C; PERTEL, M; GONÇALVES, R, F. **Consumo de água.** Cap. 2. In: GONÇALVES, R.F (Coordenador). Uso racional de água e energia. FINEP/PROSAB, Rio de Janeiro, 2009. 352 p. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/prosab/produtos>> Acesso em: 20 set. 2023.

MOTA, S. S.; FAVA, D. F.; JESUS, J. M. H. Diagnóstico do consumo de água em unidades socioeducativa e de ressocialização e proposta de intervenção visando à sustentabilidade. **Revista DAE**, v. 69, n. 231, p. 6–25, 28 jun. 2021.

ESTRADA, A. V.; KALBUSCH, A; HENNING, E. **Usos finais de água em um edifício de um campus universitário.** XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. Porto Alegre: ANTAC, 2021. Disponível em: <

<https://eventos.antac.org.br/index.php/sispred/article/view/1069>> Acesso em: 15 set. 2023.

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 Esgotos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2020. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:

<<https://www.bdt.d.uerj.br:8443/handle/1/16611>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

GOMES, A.; BITTAR, O.; FERNANDES, A. **Sustentabilidade na Saúde – Água e seu Consumo**. Revista de Gestão em Sistemas de Saúde, v. 5, n. 1, p. 76–85, 1 jun. 2016.

FILHO, S. S. F. **Diagnóstico e proposição de melhorias operacionais para a Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários da Lagoa da Conceição**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2021. Disponível em:

<http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_07_2021_17.14.57.d28fddf2498a3f4e6cb5cf6079c8c59b.pdf> Acesso em: 02 set. 2023.

FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar N° 482, de 17 de janeiro de 2014**. Institui o Plano Diretor de Urbanismo do município de Florianópolis que dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano, o plano de uso e ocupação, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão. Florianópolis, 2014.

FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar N° 739, de 4 de maio de 2023**. Altera a Lei Complementar N° 482, de 2014 (Plano Diretor de Florianópolis) e consolida seu processo de revisão. Florianópolis, 2023.

GONÇALVES, R.F; JORDÃO, E.P; JANUZZI, G. **Introdução**. Cap .1. In: GONÇALVES, R.F (Coordenador). Uso racional de água e energia. FINEP/PROSAB, Rio de Janeiro, 2009. 352 p. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/prosab/produtos>> Acesso em: 20 set. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Demanda futura por água tratada nas cidades brasileiras – 2017 a 2040**. 2020. Disponível em: < https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Demanda_futura_por_agua_-_Instituto_Trata_Brasil_-_26-08-2020a.pdf> Acesso em: 15 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>> Acesso em: 15 set. 2023.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. **Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 75–90, 2008. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3681>>. Acesso em: 29 out. 2023.

LAUTZE, J.; STANDER, E.; DRECHSEL, P.; DA SILVA, A. K.; KERAITA, B. **Global experiences in water reuse** International Water Management Institute (IWMI). CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE), 2014. Disponível em: <https://www.iwmi.cgiar.org/Publications/wle/rrr/resource_recovery_and_reuse-series_4.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MORAIS, L.C; GUANDIQUE, M. E. G. Reservatórios em metrópoles e tratamento de seus efluentes. In: POMPÊO, M; MOSCHINI-CARLOS, V; NISHIMURA, P. Y; SILVA, S. C; DOVAL, J. C. L (Orgs.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. p. 421- 433. Disponível em:<<https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/35/32/139>> Acesso em: 25 ago. 2023.

MACHADO, M. A. **Avaliação da influência do crescimento populacional na balneabilidade da Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2019. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/204370>> Acesso em: 15 set. 2023.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH-MG nº 65, de 18 de junho de 2020**. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>> Acesso em: 10. Ago. 2023.

NASCIMENTO, E. A. A.; SANT'ANA, D. Caracterização dos Usos-Finais do Consumo de Água em Edificações do Setor Hoteleiro de Brasília. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 3, n. 2, p. 156–167, 30 dez. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/40656>> Acesso em 14. Set.2023.

OBRACZKA, M.; CAMPOS, A. M. S.; SILVA, D. do R.; ALVES, S. R.; FERREIRA, G. S. **Estado da arte e perspectivas de reúso de efluente de tratamento secundário de esgotos sanitários na região metropolitana do Rio de Janeiro**. Congresso ABES FENASAN 2017. São Paulo. 2017. Disponível em: <<https://saneamentobasico.com.br/acervo-tecnico/estudo-reuso-efluente-tratamento-secundario/>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

OBRACZKA, M.; SILVA, D. do R.; CAMPOS, A. de S.; MURICY, B. Reuso de efluentes de tratamento secundário como alternativa de fonte de abastecimento de água no município do Rio de Janeiro. **Sistemas & Gestão**, v. 14, n. 3, p. 291–309, 8 out. 2019.

OBRACZKA, M.; CAMPOS, A. M S.; FARIA, A. A.; SILVA, D. R. **Aproveitamento de efluente tratado proveniente da ETE Alegria para reúso em áreas urbanas**. Congresso ABES 2019. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/01/efluente-ete-reuso-areas-urbanas.pdf>> Acesso em: 15 out. 2023.

PMF. Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico - Versão

Final. Florianópolis: Prefeitura Municipal de Florianópolis. 2021. Disponível em: <https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/05_04_2022_11.50.56.a6d0cb8eb0ca6e77f9eb77a9dd8cbe40.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS (PMF). **Geoportal.** Florianópolis, 2023. Disponível em: <<https://geo.pmf.sc.gov.br/>> Acesso em: 10 ago. 2023.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. de M.; SILVA JUNIOR, L. C. S. da; AVELAR, P. da S.; ARAUJO, B. M. de; GONÇALVES ^[OBJ], 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**, p. 1–17, 15 set. 2021.

PARANÁ. **Resolução CERH N°122, de 19 de junho de 2023.** Estabelece diretrizes e critérios 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: 20 ago. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA n° 419 de 13/02/2020. **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.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=390050>> Acesso em: 10 ago.2023.

SÃO PAULO. Resolução conjunta SES/SIMA - N°1, 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: 19 ago. 2023.

SOUZA, B. R. de; PACHECO, C. S. G. R.; SANTOS, R. P. dos. **Reúso de águas residuárias: uma breve revisão de literatura** *Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente: avanços, retrocessos e novas perspectivas - Volume 2.* Editora Científica Digital, 2022.

SOUZA, C. L. de; SANTOS, A. B dos; SILVA, M. E. R. da; AQUINO, S. F de. **Aspectos qualitativos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas.** Cap. 3. In: SANTOS, A. B dos (coordenador). Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais. FINEP/PROSAB, Fortaleza, 2019. 812 p.

SANTO, G. D. E.; SANCHEZ, J. G. **Caracterização do Uso da Água Em Shopping Centers da Região Metropolitana de São Paulo.** 21 ° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo: ABES Trabalhos Técnicos. 2001. p. 1-11.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Água de reúso**. 2023. Disponível em: <<https://www.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=569>> Acesso em: 13 set. 2023.

SABESP. **Norma técnica Sabesp NTS 181**. Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação. São Paulo, 2017.

SIMHA, P.; GANESAPILLAI, M. **Ecological Sanitation and nutrient recovery from human urine: How far have we come? A review**. Sustainable Environment Research, p. 107-116, 2017.

SINAPI. **Custo Referente a Composições Analítico**. Santa Catarina, setembro de 2023.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Comercial Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2000.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Guidelines for water reuse**. U.S. Washington, DC: EPA. 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Pesquisadores da UFSC emitem relatório sobre desastre ecológico na Lagoa da Conceição**. Notícias da UFSC, 2021. Disponível em: <<https://noticias.ufsc.br/2021/02/pesquisadores-da-ufsc-emitem-relatorio-sobre-desastre-ecologico-na-lagoa-da-conceicao/>> Acesso em: 26 ago. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Nota técnica sobre o rompimento da barragem da CASAN**. Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2021/01/Nota-tecnica-impactos-e-a%C3%A7%C3%B5es-necessarias-de-mitiga%C3%A7%C3%A3o-e-restaura%C3%A7%C3%A3o-da-lagoa-da-cocnei%C3%A7%C3%A3o-e-sistema-de-dunas_UFSC-2.pdf> Acesso em: 26 ago. 2023.

VAZ, M. C. **Lagoa da Conceição: a metamorfose de uma paisagem**. 2008. Dissertação (Mestrado em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/91058>> Acesso em: 01 ago. 2023.

WHO – World Health Organization. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Technical Report series, Genebra: n. 778, 1989.