



Sustentabilidade hídrica no sul de Santa Catarina: avaliação das potencialidades e desafios para o reuso da água



Water sustainability in southern Santa Catarina: an evaluation of potentialities and challenges

- **Data de entrada:**
13/07/2024
- **Data de aprovação:**
20/12/2024

Rodrigo Silva Maestri^{1*} | André Aguiar Battistelli¹ |
Inara Antunes Vieira Willerding¹ | Flávio Rubens Lapolli¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2025.081>

Maestri RS  <https://orcid.org/0009-0008-1378-5034>
Battistelli AA  <https://orcid.org/0000-0003-4951-3272>

Willerding IAV  <https://orcid.org/0000-0002-9078-8828>
Lapolli FR  <https://orcid.org/0000-0002-4789-4019>

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar as potencialidades e desafios da região sul do Estado de Santa Catarina frente à perspectiva do reuso de água não potável. Foram coletados dados quantitativos das Estações de Tratamento de Efluentes e se verificou um potencial para o aumento da disponibilidade de água na RH10/SC em até 8,13% a partir dos efluentes tratados, contribuindo assim para minimizar o déficit hídrico da região. Para verificar a percepção da região frente à perspectiva do reuso de água, foi realizada uma análise SWOT combinada com PESTLE, por meio de um questionário semiestruturado aplicado com as instituições identificadas como partes interessadas. A partir do questionário, foram identificados os aspectos considerados mais relevantes como pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças ao reuso de água na região, que servirão para orientar as iniciativas e ações a serem implantadas no planejamento do reuso de água para a Região Hidrográfica 10 de Santa Catarina.

Palavras-chave: Escassez hídrica. Planejamento regional. Reuso de efluente tratado. Análise SWOT.

Abstract

This study aims to evaluate the potential and challenges in southern Santa Catarina State facing the perspective of the reuse of non-potable water. Quantitative data were collected from effluent treatment plants. Water availability in RH10/SC could increase to up to 8.13% from the treated effluents, thus contributing to minimize the water deficit in the region. To verify the perception of the region against the perspective of water reuse, a SWOT analysis was performed combined with PESTLE by a semi-structured questionnaire applied to the institutions identified as stakeholders. Based on the questionnaire, the aspects considered most relevant were identified as strengths, weaknesses, opportunities, and threats to water reuse in the region that will serve to guide the initiatives and actions to be implemented in planning water reuse for Hydrographic Region 10 in Santa Catarina.

Keywords: Water scarcity. Regional planning. Wastewater Reuse Treated. SWOT Analysis.

¹ Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil.

* **Autor correspondente:** rodrigosmaestri@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Eventos de escassez hídrica estão ocorrendo com mais frequência e intensidade ao redor do mundo, agravados pelas mudanças climáticas, pelo aumento da densidade populacional e pela ampliação do consumo de água. Tal situação tem levado a consequências e impactos prejudiciais à economia, à sociedade e ao meio ambiente, além de riscos à própria saúde da população (Moura *et al.*, 2020). Em Santa Catarina, a situação é igualmente preocupante, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos, a tendência observada nos últimos anos revela um aumento crescente na demanda pela água e a redução de sua disponibilidade. Em termos de balanço hídrico qualitativo, a região hidrográfica 10 (RH10/SC), localizada no sul do estado, é a que apresenta a maior vulnerabilidade, sendo classificada como “insustentável”. A alta demanda de água para a irrigação, principalmente para cultura do arroz, é superior à disponibilidade, indicando a incapacidade de suprir a demanda hídrica da região, além disso, o atendimento a outros usos, tais como a diluição de efluentes, também é considerado um desafio (CERTI, 2017).

Diante desse cenário, visando reverter a situação e evitar o agravamento futuro, faz-se necessária a adoção de alternativas e estratégias a fim de compatibilizar a disponibilidade e as demandas pelo uso de água. Nesse contexto, o reuso de água a partir de efluentes tratados representa uma prática importante não só para minimizar as consequências e impactos da escassez hídrica, mas também, para promover a preservação dos recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental (Mannina; Gulhan; Ni, 2022; Morais; Santos, 2019).

Entretanto, apesar dos diversos benefícios associados ao reuso de água, sua aplicabilidade não é considerada trivial no Brasil, estando condicionada a questões legais, estruturais e de aceitação pública (Cunha *et al.*, 2023). Dessa forma, destaca-se que para o sucesso na implantação do

reuso de água no âmbito regional, uma etapa fundamental consiste no desenvolvimento de um planejamento baseado nas potencialidades e vocações locais, observadas as características e particularidades de cada região e o envolvimento dos atores identificados como partes interessadas.

O planejamento para reutilização da água evolui por meio de etapas, sendo alguns aspectos fundamentais de serem observados: avaliação e gerenciamento de riscos potenciais aos usuários e ao meio ambiente; conhecimento e envolvimento das partes interessadas; e a adoção de estratégias para comunicação, sensibilização e capacitação (Asano; Mills, 1990; EU Water Directors, 2016; U.S. Environmental Protection Agency, 2020).

Nos países desenvolvidos, regulamentos nacionais orientam o reuso de água. A União Europeia, por exemplo, publicou em 2016 o *Guidelines on integrating water reuse into water planning and management in the context of the Water Framework Directive*, estabelecendo as diretrizes e etapas para o desenvolvimento do reuso de água (EU Water Directors, 2016). De acordo com esse documento, o desenvolvimento do planejamento para o reuso de água precisa ser capaz de se adaptar a distintas realidades e, para isso, a avaliação de cenários constitui-se uma etapa fundamental visando o desenvolvimento dos planos.

Nos Estados Unidos, foi publicado em 2020, pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA), o National Water Reuse Action Plan (WRAP), contendo 37 ações e mais de 200 marcos de implantação, resultado de um processo de desenvolvimento que exigiu um envolvimento substancial das partes interessadas, incluindo parceiros federais, associações de água, associações estaduais, parceiros internacionais, governos locais, organizações não governamentais, serviços públicos de água, parceiros da indústria, e universidades. As ações do WRAP tiveram por objetivo impulsionar o progresso na reutilização

no país e abordar as barreiras locais e nacionais em uma série de tópicos, incluindo aspectos técnicos, institucional e financeiro (EPA, 2020).

Além da regulamentação, o conhecimento da realidade e das potencialidades locais são aspectos fundamentais para adoção do reuso de água em âmbito regional. Nesse contexto, dentre as metodologias e ferramentas utilizadas para avaliação de cenários na construção do planejamento em nível estratégico, também aplicado ao reuso de água, estão as análises *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats* (SWOT) e *Political, Economic, Socio-Cultural, Technological, Environmental e Legal* (PESTLE) (Vardopulos et al., 2021).

Na análise SWOT uma avaliação do ambiente interno é realizada para identificar aspectos considerados como pontos fortes e fracos, e uma avaliação do ambiente externo, identificando as oportunidades e ameaças. Uma matriz de combinação é elaborada, correlacionando as informações e definindo os pontos críticos que demandarão iniciativas e ações específicas para potencializar o sucesso do planejamento (Lozano; Vallés, 2007). Já a análise PESTLE é uma ferramenta que avalia a influência e relação de aspectos externos (políticos, econômicos, socio-culturais, tecnológicos, ambientais e legais) com um determinado negócio, projeto ou empreendimento (Rastogi; Trivedi, 2016).

Estudos desenvolvidos por Pérez e Berbel (2020), Mainali *et al.* (2011), Nourbakhsh, Darvishi e Ebrahimi (2022) e Canaj e Mehmeti (2024) se utilizaram da análise SWOT e PESTLE para avaliação de cenários e potencialidades para o reuso de água em diferentes regiões nos Estados Unidos, Europa e no Irã.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade e desafios da região sul do Estado de Santa Catarina frente a perspectiva do reuso de água não potável visando a sustentabilidade hídrica.

2 METODOLOGIA

O presente estudo envolveu a utilização de uma análise SWOT/PESTLE visando avaliar a percepção local sobre o reuso de água na Região Hidrográfica do Extremo Sul Catarinense (RH10/SC). Para tanto, aplicou-se um questionário semiestruturado com as partes interessadas identificadas na região, incluindo instituições governamentais e não governamentais relacionadas ao saneamento e o manejo de recursos hídricos. Os resultados foram consolidados em uma matriz que destacou aspectos relevantes que orientam a adoção de estratégias para o reuso de água na região.

2.1 Área de Estudo

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi selecionada uma região de estudo que contivesse fatores de indução para o reuso de água no estado de Santa Catarina. Uma investigação foi realizada no contexto do estado a partir das informações do Plano Estadual de Recursos Hídricos, elaborado em 2017.

Conforme o diagnóstico e o prognóstico das regiões hidrográficas apresentados no Plano, em relação ao balanço hídrico qualiquantitativo, foi selecionada a região com a maior vulnerabilidade hídrica. Após a pesquisa realizada, escolheu-se a Região Hidrográfica 10, do extremo sul catarinense (RH10/SC) para o desenvolvimento deste estudo.

A Região Hidrográfica do Extremo Sul Catarinense está localizada no extremo sul de Santa Catarina, abrangendo a área de três bacias hidrográficas, a Bacia Hidrográfica do Urussanga, a Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá e a Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Rio Mampituba. Possui uma área total de aproximadamente 4.992 km², englobando a área total ou parcial de 29 municípios e uma população de 677.030 habitantes. Na Figura 1 é apresentado o mapa de localização da RH10/SC, bem como o limite das bacias hidrográficas que a compõe.



Figura 1 – Localização da RH10/SC e das bacias hidrográficas que a compõe.

Fonte: CERTI (2017).

2.2 Avaliação do Potencial de Produção de Água de Reuso

Nesta etapa, foi avaliada a potencialidade da RH10/SC em cada bacia hidrográfica em termos quantitativos para a produção e disponibilização de água de reuso a partir das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) num cenário atual e num cenário tendencial. Para a estimativa de produção de água de reuso a partir das ETE, foi adotado que 100% da vazão média de esgoto tratado nas ETE será disponibilizada para alguma finalidade de reuso não potável.

Para avaliação do cenário atual, foram obtidas informações a partir das ETE em operação na região. Já para a avaliação de um cenário tendencial, foi considerado que 90% da população total de cada município será atendida com coleta e tratamento de efluentes até 2033, conforme meta de universalização estabelecida na Lei Federal nº 14.026/2020. Para essa estimativa, foi verificada a população total de cada município informada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) e adotada uma vazão sanitária de 160 litros por habitante por dia (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024).

Foram identificadas as seguintes informações para cada município com ETE em operação: entidade responsável pela operação; agência reguladora municipal; índice de coleta e tratamento de efluentes; identificação da ETE; vazão média de operação; corpo receptor dos efluentes tratados; e o nível de tratamento. As informações foram obtidas a partir de pesquisa realizada no Sistema Nacional de Informações Saneamento (SNIS), Atlas Esgoto da Agência Nacional de Águas (ANA), Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), operadoras dos serviços de saneamento municipais, Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) e Agências Reguladoras.

2.3 Avaliação da Percepção Local frente a Perspectiva do Reuso de Água

Para verificar a percepção da região frente a perspectiva do reuso de água, foi realizada uma análise SWOT combinada com PESTLE por meio da aplicação de um questionário eletrônico semiestruturado a um conjunto de instituições locais identificadas como partes interessadas, tendo como base os aspectos observados em estudos e trabalhos realizados em outros países (Canaj; Mehmeti, 2024; Mainali *et al.*, 2011; Nourbakhsh; Darvishi; Ebrahimi, 2022; Pérez; Berbel, 2020). Na Figura 2, é apresentado o fluxograma com as etapas da análise SWOT/PESTLE na RH10/SC.

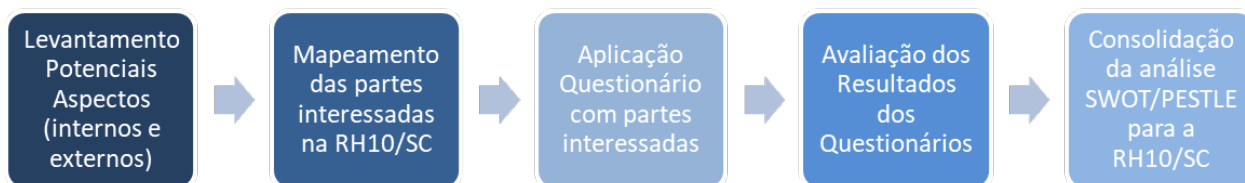


Figura 2 – Etapas da análise SWOT/PESTLE na RH10/SC.

2.3.1 Etapa 1 – Levantamento de potenciais aspectos com influência na prática do reuso regional

Para avaliação dos potenciais aspectos com influência na prática do reuso regional na RH10/SC, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica em que se verificou os aspectos usualmente observados em estudos e pesquisas realizadas em outros países sobre a avaliação regional para o reuso de água.

2.3.2 Etapa 2 – Identificação das partes interessadas

Para identificação das partes interessadas ou *stakeholders* na RH10/SC, foi realizado um levantamento das instituições governamentais e não governamentais relacionadas ao saneamento e ao manejo de recursos hídricos que atuam na região e que tenham potencial relação com o reuso de água. Os seguintes critérios foram con-

siderados para a seleção das instituições: possuir competência legal e/ou institucional relacionada à gestão de recursos hídricos e saneamento; possuir competência de regulamentação e/ou fiscalização; responsabilidade pelo planejamento de recursos hídricos e saneamento; promover pesquisa e inovação na região; responsável pela operação e implantação do esgotamento sanitário; e ser representante dos setores usuários de água. Para cada instituição, foi verificado o setor, a abrangência de atuação e realizado o cadastramento de seus representantes para convite a participação na pesquisa.

2.3.3 Etapa 3 – Aplicação de questionário com as partes interessadas

A participação das instituições identificadas como partes interessadas na análise do cenário da RH10/

SC ocorreu mediante o preenchimento de um questionário eletrônico semiestruturado elaborado e encaminhado pelo autor. O questionário foi estruturado a partir dos aspectos verificados em estudos realizados em outros países considerados como pontos fortes, pontos fracos, ameaças e oportunidades na Etapa 1. Foram atribuídas pelas partes interessadas notas para cada aspecto em uma escala de 5 cinco pontos, sendo: (1 ponto) aspecto sem relevância, (2 pontos) aspecto pouco relevante, (3 pontos) aspecto razoavelmente relevante, (4 pontos) aspecto relevante e (5 pontos) aspecto muito relevante.

2.3.4 Etapa 4 – Avaliação dos resultados dos questionários

Os resultados dos questionários foram avaliados em dois conjuntos conforme método utilizado por Lapolli (2022): num primeiro conjunto (CJ1), foi verificado o percentual dos aspectos considerados sem relevância e pouco relevantes em relação ao total. Em outro conjunto (CJ2) foi verificado o percentual dos aspectos considerados como razoavelmente relevante, relevante ou muito relevante em relação ao total.

2.3.5 Etapa 5 – Consolidação da análise SWOT/PESTLE para a RH10/SC

A partir dos resultados obtidos na Etapa 4, foi elaborada uma matriz SWOT/PESTLE para a RH10/SC, considerando somente os aspectos avaliados como relevantes pela maioria das partes interessadas, ou seja, que no primeiro conjunto (CJ1) apresentaram resultado superior a 50% do conjunto das respostas dos questionários.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação Quantitativa do Potencial de Produção de Água de Reuso

3.1.1 Potencialidade para produção de água de reuso para o cenário atual

Na avaliação da potencialidade da RH10/SC para a produção de água de reuso no cenário atual, foi

verificado que dos 29 municípios que compõem a região, somente 7 possuem infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos em operação: Araranguá, Criciúma, Forquilha, Içara, Sombrio, Turvo e Urussanga. A partir das vazões médias verificadas em cada ETE se obteve o potencial de produção de água de reuso de 267 L/s em toda a região.

O maior potencial foi verificado na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, onde são gerados 259 L/s de efluentes tratados em virtude dessa bacia concentrar o maior número de municípios com ETE em operação e por abranger os municípios de Criciúma, Araranguá e Içara que sozinhos concentram cerca de 52% da população total da RH10/SC. Nas Bacias Hidrográficas do Rio Urussanga e Afluentes do Rio Mampituba a produção de efluentes tratados foi de 5 L/s e 3 L/s, respectivamente.

3.1.2 Potencialidade para produção de água de reuso para o cenário tendencial

Para a avaliação da potencialidade da RH10/SC para a produção de água de reuso num cenário tendencial, foi considerado que 90% da população dos municípios será atendida com coleta e tratamento de efluentes e estimadas as vazões médias de efluente tratado. Dessa forma, o potencial de produção de efluentes tratados para o cenário tendencial foi de 1.105 L/s para toda a região.

Assim como no cenário atual, a Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá é a com maior produção de efluente tratado com 791 L/s, o que representa cerca de 71% da vazão total produzida na RH10/SC. Nas Bacias Hidrográficas do Rio Urussanga e Afluentes do Rio Mampituba, a vazão de efluente tratado foi de 146 L/s e 169 L/s, respectivamente.

Considerando que a disponibilidade hídrica da RH10/SC a partir dos mananciais de água superficial é de 16.300 L/s, conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC)

(CETI, 2017), e das vazões potenciais de produção de água de reuso obtidas para a região, se verificou a possibilidade de aumento da disponibilidade de água na região em até 8,13% considerando o cenário tendencial.

3.2 Avaliação da percepção local frente a perspectiva do reuso de água

3.2.1 Etapa 1 – Verificação dos potenciais aspectos com influência na prática do reuso regional

A partir da revisão bibliográfica realizada e os achados de Pérez e Berbel (2020), Mainali *et al.* (2011), Nourbakhsh, Darvishi e Ebrahimi (2022) e Canaj e Mehmeti (2024), foram identificados 7 (sete) aspectos considerados como pontos fortes, 12 (doze) aspectos como pontos fracos, 10 (dez) aspectos como oportunidades e 12 (doze)

aspectos como ameaças. Esses aspectos foram utilizados no desenvolvimento das etapas subsequentes para a análise SWOT/PESTLE.

3.2.2 Etapa 2 – Identificação das partes interessadas

O envolvimento das partes relacionadas que atuam na região da pesquisa foi parte fundamental deste trabalho para o conhecimento do cenário da RH10/SC frente à perspectiva do reuso de água. Após pesquisas na região, foram identificadas e cadastradas 16 instituições de diferentes setores e nível de atuação que foram convidadas a participar deste trabalho. Entre as instituições foram identificadas Agências Reguladoras de Saneamento, Operadores de Saneamento, Comitê de Bacia Hidrográfica, Órgão do Governo Estadual, Órgão do Governo Municipal, Órgão Ambiental e Indústria (Tabela 1).

Tabela 1 – Instituições identificadas como partes interessadas na RH10/SC.

N.	Instituição	Setor	Abrangência
1	Consórcio Intermunicipal de Saneamento Ambiental (CISAM/SUL)	Agência Reguladora	Regional
2	Agência Reguladora Intermunicipal (ARIS)	Agência Reguladora	Regional
3	Agência Reguladora de Serviços Públicos de Santa Catarina (ARESC)	Agência Reguladora	Regional
4	Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC)	Indústria	Regional
5	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN)	Empresas Operadoras de Saneamento	Regional
6	Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAMAÉ) – Araranguá	Empresas Operadoras de Saneamento	Municipal
7	SAMAÉ – Urussanga	Empresas Operadoras de Saneamento	Municipal
8	Sombrio Saneamento – Sombrio	Empresas Operadoras de Saneamento	Municipal
9	Comitê Bacia Hidrográfica Rio Urussanga e Rio Mampituba	Comitê de Bacia Hidrográfica	Regional
10	Comitê Bacia Hidrográfica Rio Araranguá	Comitê de Bacia Hidrográfica	Regional
11	Secretaria do Meio Ambiente e Economia Verde (SEMAE)	Governo Estadual	Regional
12	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)	Governo Estadual	Regional
13	-	Especialista em Recursos Hídricos	Regional
14	-	Especialista em Tratamento de Efluentes	Regional
15	Instituto do Meio Ambiente (IMA)	Órgão Ambiental	Regional
16	Prefeitura de Forquilha	Governo Municipal	Municipal
17	Prefeitura de Criciúma	Governo Municipal	Municipal
18	Federação Catarinense dos Municípios (FECAM)	Governo Municipal	Regional

3.2.3 Etapa 3 – Aplicação de questionário com as partes interessadas

A participação das 16 instituições identificadas como partes interessadas ocorreu por meio de uma pesquisa quantitativa aplicada por meio de um questionário eletrônico semiestruturado. Além das instituições que atuam na região, também foi convidado um especialista em recursos hídricos e um especialista em tratamento de efluentes e reuso de água, com conhecimento sobre a região, sendo um total de 18 questionários encaminhados. Na Tabela 2, são apresentados os setores de atuação das instituições identificadas como partes relacionadas e o número de questionários respondidos.

Tabela 2 – Respostas obtidas no questionário de avaliação do cenário da RH10/SC.

Setor	Questionários Respondidos
Agência Reguladora Saneamento	3
Operadoras de Saneamento	1
Comitê de Bacia Hidrográfica	2
Governo Estadual	5
Governo Municipal	3
Órgão Ambiental	1
Indústria	1
Especialista	2
Total	18

3.2.4 Etapa 4 – Avaliação dos resultados dos questionários

Após a aplicação dos questionários com as partes interessadas, foram obtidas 18 respostas e verificado a relevância de cada aspecto avaliado como Ponto Forte, Ponto Fraco, Oportunidade e Ameaças, sob a perspectiva da RH10/SC.

Pontos Fortes

Na Figura 3 são apresentados os aspectos que foram considerados relevantes para a realidade da RH10/SC.

A contribuição do reuso para a manutenção das atividades econômicas (100% de relevância), conscientização ambiental (100%) e a disponibilidade de água nos mananciais (88,89%) destacaram-se como principais pontos fortes. Esses resultados sugerem que o reuso é amplamente visto como uma prática benéfica para a sustentabilidade econômica e ambiental, fortalecendo a aceitação e apoio à sua implantação.

Já o aspecto S6 “*Existe na região a preocupação social, do setor empresarial e da classe política com a escassez de água e busca de alternativas*” foi avaliado com pouca relevância por 50% das partes interessadas, enquanto outros 50% das partes interessadas consideraram esse aspecto relevante. Tal resultado chama atenção pelo fato de que mesmo a região sofrendo com as consequências da escassez hídrica, em especial nos últimos anos, devido aos períodos de estiagem, essa não foi a percepção da maioria das instituições.

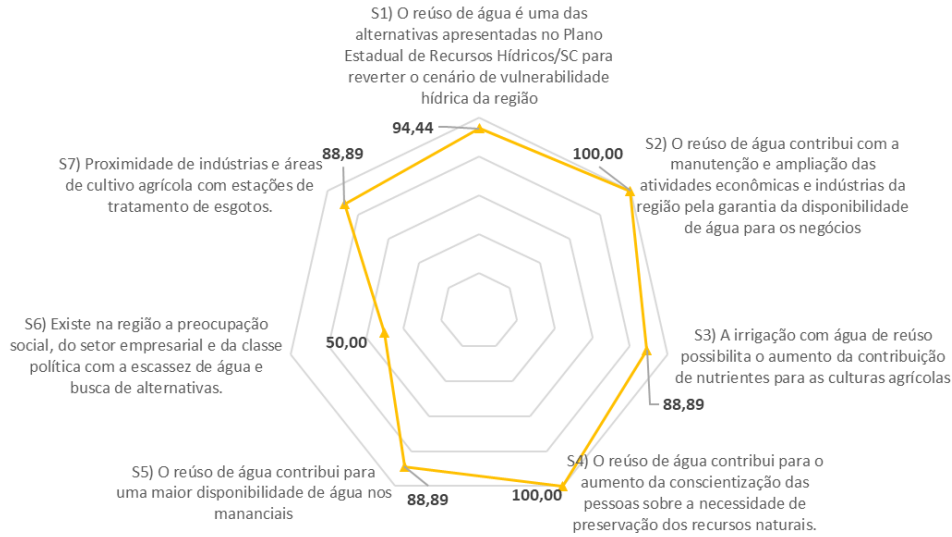


Figura 3 – Pontos Fortes para o reúso de água na RH10/SC.

A conscientização pública sobre o problema da escassez de água, o potencial do reúso de água e os benefícios sociais, ambientais e econômicos associados foram, também, identificados como pontos forte na análise SWOT realizada por Mainali *et al.* (2011) e Canaj e

Mehmeti (2024) em estudos realizados na Austrália e Itália.

Pontos Fracos

Na Figura 4 são apresentados os aspectos que foram considerados relevantes para a realidade da RH10/SC.

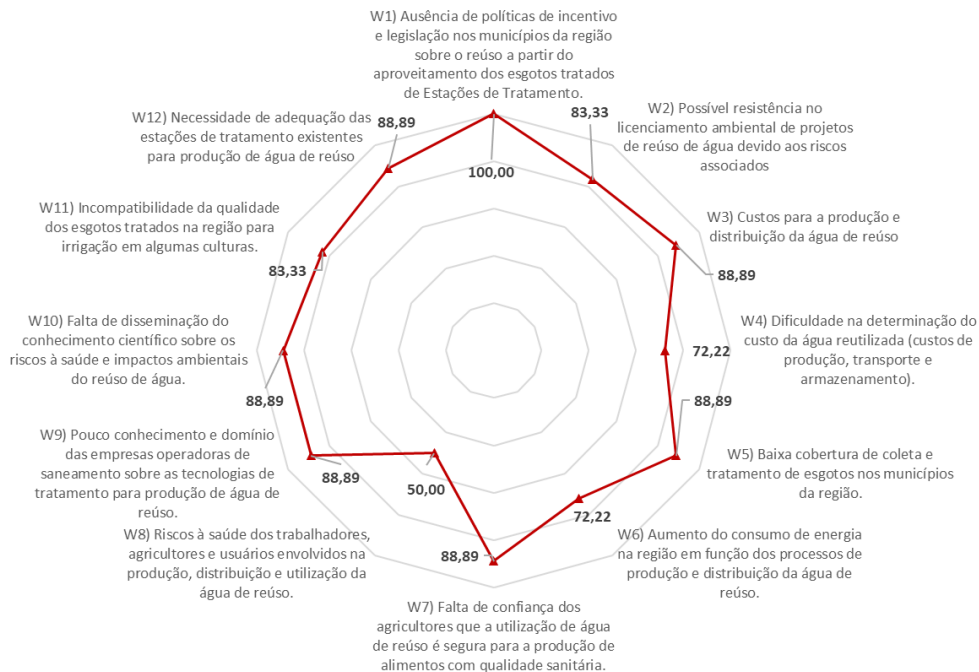


Figura 4 – Pontos Fracos para o reúso de água na RH10/SC.

A falta de políticas de incentivo e legislação sobre reuso foi unanimemente considerada relevante (100%), assim como a baixa cobertura de esgoto e o custo elevado para produção e distribuição da água de reuso. A ausência de regulamentação e o alto custo são obstáculos significativos que devem ser abordados para viabilizar o reuso de água. Esses resultados enfatizam a necessidade de políticas de incentivo e suporte financeiro para superar os desafios operacionais e regulatórios.

O aspecto W8 “Riscos à saúde dos trabalhadores, agricultores e usuários envolvidos na produção, distribuição e utilização da água de reuso”, foi avaliado com pouca relevância por 50% das partes interessadas, enquanto outros 50% das partes interessadas consideraram esse aspecto relevante. Esse resultado chama atenção pela baixa percepção de riscos à saúde dos trabalhadores pela utilização da água de reuso o que, de certa forma, evidencia a confiança das partes interessadas para a adoção dessa boa prática.

Nazari *et al.* (2018), em um estudo envolvendo a análise SWOT/PESTLE para avaliação do reuso da água no Irã, também observaram resultados semelhantes. De acordo com esses autores, a ausência de instituições voltadas à gestão do setor, bem como a regulamentação e fiscalização escassas, são considerados pontos fracos relevantes no contexto do reuso da água.

Os resultados apresentados por Pérez e Berbel (2020), na utilização da análise SWOT para análise da percepção sobre o reuso agrícola em oito países da União Europeia (EU), também indicaram como pontos fracos o elevado custo percebido da água de reuso para os agricultores, a percepção de risco sanitário para as culturas irrigadas pelos consumidores e a necessidade de implantação do quadro regulamentar global.

Oportunidades

Na Figura 5 são apresentados os aspectos considerados como Oportunidades pelas partes interessadas.

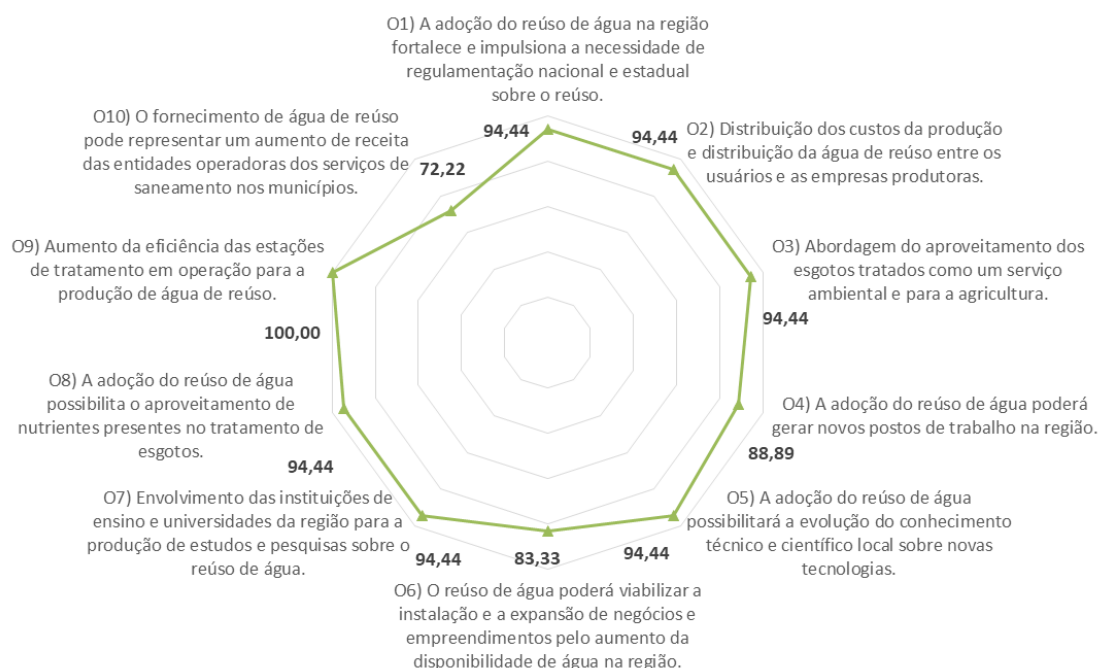


Figura 5 – Oportunidades para o reuso de água na RH10/SC.

As oportunidades refletem o potencial de melhoria do suporte institucional e de desenvolvimento tecnológico e científico, fundamentais para o avanço do reúso de água na região. Essas oportunidades podem ser exploradas para garantir a adoção do reúso de forma eficiente e sustentável.

Os aspectos avaliados como Oportunidades para a realidade da RH10/SC foram considerados relevantes. A regulamentação nacional e estadual sobre reúso (94,44%) e o envolvimento de instituições de ensino para promover estudos e pesquisa sobre o tema (94,44%) foram oportunidades de destaque.

Winker *et al.* (2020) identificaram a qualidade dos efluentes tratados nas ETE e a proteção ambiental como aspectos vistos como oportunidades na

análise SWOT realizada em um estudo piloto para aplicação da água de reúso na Alemanha.

A preocupação com a escassez de água e o menor custo da água de reúso em relação à água potável também foi identificado como uma oportunidade no estudo realizado por Canaj e Mehmeti (2024) na análise SWOT, realizada para o reúso na região da Apúlia no Sul de Itália.

Nesse momento, no Brasil vem se discutindo uma reforma tributária que poderá impactar no aumento dos custos da água potável, fator esse que poderá impulsionar e contribuir para a ampliação do reúso de água no país.

Ameaças

Na Figura 6 são apresentados os aspectos que foram avaliados como ameaças pelas partes interessadas.

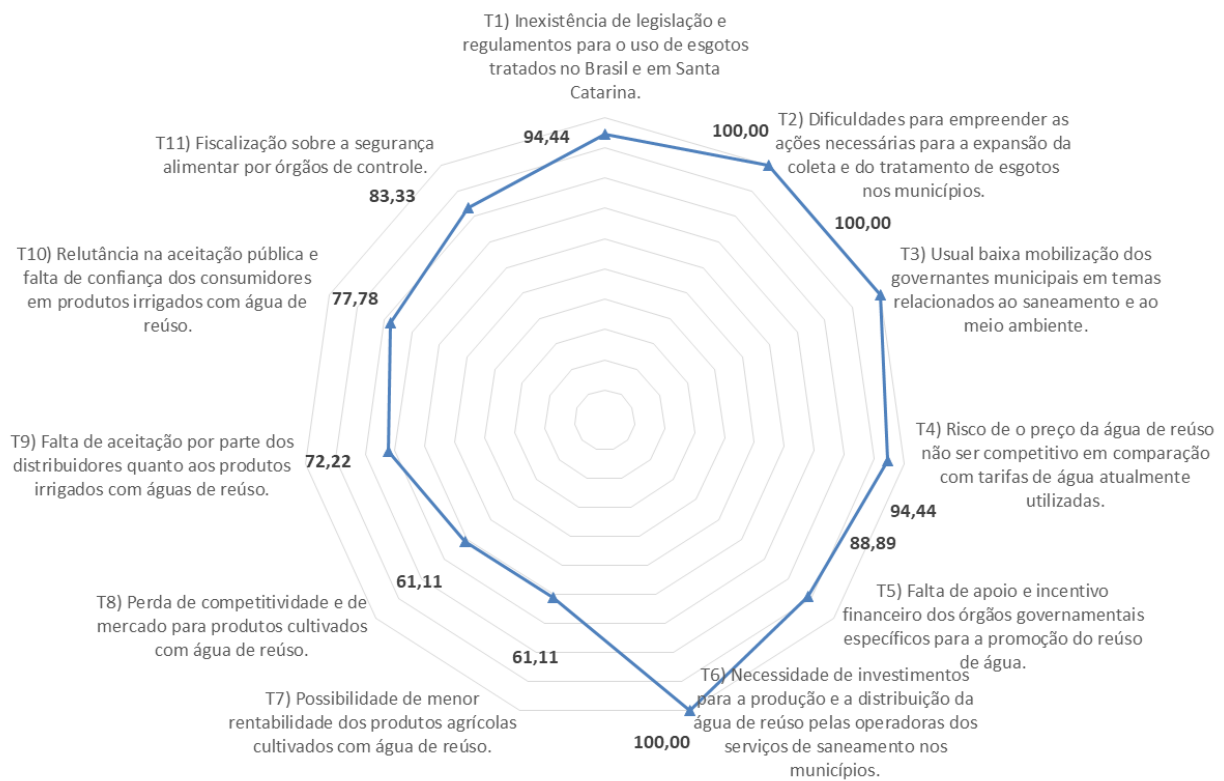


Figura 6 – Ameaças ao reúso de água na RH10/SC.

A falta de legislação (94,44%), a baixa mobilização política em temas de saneamento (100%) e a necessidade de investimento em infraestrutura foram vistas como ameaças relevantes. Historicamente na região, o saneamento não vem sendo colocado como prioridade pelos governantes municipais e, somado a isso, a insuficiência de recursos públicos para obras de saneamento explicam a baixa cobertura de esgotamento sanitário da região.

A ausência de um suporte regulatório forte, somada ao desafio financeiro e à resistência pública ao uso de produtos irrigados com água de reuso, são ameaças significativas. Isso ressalta a importância de envolver políticas públicas e esforços para ampliar a aceitação da prática entre a população.

Somente o aspecto T12 “Impacto na produtividade do solo e no rendimento de culturas irrigadas com água de reuso”, que foi avaliado como pouco relevante.

Mainali *et al.* (2011), Nourbakhsh, Darvishi e Ebrahimi (2022) e Pérez e Berbel (2020) utilizaram a análise SWOT para auxiliar na identificação dos aspectos críticos para a implementação bem-sucedida da reutilização de água em diferentes países, verificaram como ameaças, a desconfiança da população em relação à qualidade da

água e preocupações com questões de saúde que criam um ambiente de desconfiança e resistência à utilização da água de reuso.

3.2.5 Etapa 5 – Consolidação da análise SWOT/PESTLE para a RH10/SC

Sob as perspectivas da análise PESTLE para a RH10/SC, não se verificou nenhum ponto forte ou ameaça associados sob a perspectiva tecnológica, sendo as perspectivas econômica e ambiental as que apresentaram mais aspectos como pontos fortes.

As perspectivas econômicas e tecnológicas apresentaram maior número de aspectos considerados como pontos fracos. Por outro lado, a perspectiva econômica foi a que apresentou maiores aspectos associados como oportunidades, muito em relação ao potencial que o reuso de água tem em contribuir com o desenvolvimento socioeconômico da região. Já os aspectos identificados como ameaça foram considerados mais relevantes sobre a perspectiva política e econômica.

A partir da verificação e avaliação dos resultados obtidos, os aspectos considerados relevantes pelas partes interessadas compõem a matriz SWOT/PESTEL para a RH10/SC. A Tabela 3 apresenta os Pontos Fortes e Pontos Fracos analisados no contexto do ambiente interno da RH10/SC.

Tabela 3 – Matriz SWOT/PESTLE do ambiente interno da RH10/SC.

SWOT/PESTEL	AMBIENTE INTERNO	
	PONTOS FORTES	PORTOS FRACOS
ASPECTOS POLÍTICOS	S1) O reuso de água é uma das alternativas apresentadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos/SC para reverter o cenário de vulnerabilidade hídrica da região.	W1) Ausência de políticas de incentivo e legislação nos municípios da região sobre o reuso a partir do aproveitamento dos esgotos tratados de Estações de Tratamento.
		W2) Possível resistência no licenciamento ambiental de projetos de reuso de água devido aos riscos associados.
ASPECTOS ECONÔMICOS	S2) O reuso de água contribui com a manutenção e ampliação das atividades econômicas e indústrias da região pela garantia da disponibilidade de água para os negócios.	W3) Custos para a produção e distribuição da água de reuso.
	S7) Proximidade de indústrias e áreas de cultivo agrícola com estações de tratamento de esgotos.	W4) Dificuldade na determinação do custo da água reutilizada (custos de produção, transporte e armazenamento).
		W6) Aumento do consumo de energia na região em função dos processos de produção e distribuição da água de reuso.

Tabela 3 – Continuação...

SWOT/PESTEL	AMBIENTE INTERNO	
	PONTOS FORTES	PORTOS FRACOS
ASPECTOS SOCIAIS	S4) O reúso de água contribui para o aumento da conscientização das pessoas sobre a necessidade de preservação dos recursos naturais.	W7) Falta de confiança dos agricultores que a utilização de água de reúso é segura para a produção de alimentos com qualidade sanitária.
ASPECTOS TECNOLÓGICOS	-	W9) Pouco conhecimento e domínio das empresas operadoras de saneamento sobre as tecnologias de tratamento para produção de água de reúso.
		W11) Incompatibilidade da qualidade dos efluentes tratados na região para irrigação em algumas culturas.
		W12) Necessidade de adequação das estações de tratamento existentes para produção de água de reúso.
ASPECTOS AMBIENTAIS	S3) A irrigação com água de reúso possibilita o aumento da contribuição de nutrientes para as culturas agrícolas.	W5) Baixa cobertura de coleta e tratamento de efluentes nos municípios da região.
	S5) O reúso de água contribui para uma maior disponibilidade de água nos mananciais.	W10) Falta de disseminação do conhecimento científico sobre os riscos à saúde e impactos ambientais do reúso de água.

Como pontos fortes, o estudo destaca a importância do reúso de água para a sustentabilidade ambiental e econômica. Aspectos como a proximidade de áreas agrícolas e industriais das Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) e a contribuição para a conscientização ambiental são vantagens que podem facilitar a implantação do reúso.

Entre os pontos fracos, obstáculos importantes foram identificados, especialmente no que tange

à falta de políticas locais de incentivo e regulamentação, e os custos envolvidos na produção e distribuição de água de reúso. Também é notória a falta de confiança na segurança da água de reúso por parte dos agricultores e a baixa cobertura de infraestrutura de saneamento.

As Oportunidades e Ameaças analisadas no contexto do ambiente externo da RH10/SC estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz SWOT/PESTLE do ambiente externo da RH10/SC.

SWOT/PESTEL	AMBIENTE EXTERNO	
	OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
ASPECTOS POLÍTICOS	O1) A adoção do reúso de água na região fortalece e impulsiona a necessidade de regulamentação nacional e estadual sobre o reúso.	T1) Inexistência de legislação e regulamentos para o uso de efluentes tratados no Brasil e em Santa Catarina.
		T2) Dificuldades para empreender as ações necessárias para a expansão da coleta e tratamento de efluentes nos municípios.
		T3) Usual baixa mobilização dos governantes municipais em temas relacionados ao saneamento e meio ambiente.
		T11) Fiscalização sobre a segurança alimentar por órgãos de controle.
ASPECTOS ECONÔMICOS	O2) Distribuição dos custos da produção e distribuição da água de reúso entre os usuários e as empresas produtoras.	T4) Risco de o preço da água de reúso não ser competitivo em comparação com tarifas de água atualmente utilizadas.
	O3) Abordagem do aproveitamento dos efluentes tratados como um serviço ambiental e para a agricultura.	T5) Falta de apoio e incentivo financeiro dos órgãos governamentais específicos para a promoção do reúso de água.
	O6) O reúso de água poderá viabilizar a instalação e expansão de negócios e empreendimentos pelo aumento da disponibilidade de água na região.	T6) Necessidade de investimentos para a produção e distribuição da água de reúso pelas operadoras dos serviços de saneamento nos municípios.
	O10) O fornecimento de água de reúso pode representar no aumento de receita das entidades operadoras dos serviços de saneamento nos municípios.	T7) Possibilidade de menor rentabilidade dos produtos agrícolas cultivados com água de reúso. T8) Perda de competitividade e mercado de produtos cultivados com água de reúso.

Tabela 4 – Continuação...

SWOT/PESTEL	AMBIENTE EXTERNO	
	OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
ASPECTOS SOCIAIS	O4) A adoção do reúso de água poderá gerar novos postos de trabalho na região.	T9) Falta de aceitação de produtos irrigados com águas de reúso pelos distribuidores.
	O7) Envolvimento das instituições de ensino e universidades da região para a produção de estudos e pesquisas sobre o reúso de água.	T10) Relutância na aceitação pública e falta de confiança dos consumidores com produtos irrigados com água de reúso.
ASPECTOS TECNOLÓGICOS	O5) A adoção do reúso de água possibilitará a evolução do conhecimento técnico e científico local sobre novas tecnologias.	
ASPECTOS AMBIENTAIS	O8) A adoção do reúso de água possibilita o aproveitamento de nutrientes presentes no tratamento de esgotos.	
	O9) Aumento da eficiência das estações de tratamento em operação para a produção de água de reúso.	

A análise identificou oportunidades de fortalecimento das regulamentações, ampliação do conhecimento científico e geração de empregos. Essas oportunidades sugerem que, com os investimentos e apoios necessários, o reúso de água pode se tornar uma prática economicamente vantajosa e ambientalmente benéfica para a região.

A ausência de legislação específica, somada a dificuldades financeiras e à resistência da população em aceitar produtos cultivados com água de reúso, foram ameaças que podem limitar a adoção e a expansão dessa prática.

4 CONCLUSÕES

Ainda que a adoção do reúso de água a partir das Estações de Tratamento de Efluentes já seja reconhecida como uma boa prática e uma alternativa para minimizar os efeitos adversos da escassez hídrica, é fundamental que a sua adoção seja realizada de forma planejada e segura.

Um maior potencial para a produção de água de reúso na RH10/SC foi verificado para o cenário tendencial em virtude do baixo índice de coleta e tratamento de efluentes na região (37%), observado no cenário atual e pela necessidade de os municípios alcançarem a universalização da coleta e tratamento de esgotos até 2033 conforme a legislação nacional. Em ambos os cenários a Bacia

do Rio Araranguá foi a que mostrou maior potencial por concentrar os municípios mais populosos da região.

A análise SWOT/PESTLE realizada para a avaliação da percepção local frente a perspectiva do reúso de água, possibilitou o conhecimento dos aspectos considerados mais relevantes no contexto dos ambientes internos e externos da RH10/SC pelas partes interessadas.

Embora existam barreiras consideráveis para o reúso de água na região, como lacunas legislativas e desafios financeiros, há um cenário promissor para a sua implantação. O fortalecimento da regulamentação e o engajamento das partes interessadas locais, incluindo governos e universidades, são essenciais para superar os pontos fracos e ameaças identificados.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o envolvimento das partes interessadas e o uso de conceitos, ferramentas e métodos apropriados são fundamentais para um melhor conhecimento das características regionais e são determinantes para a avaliação da potencialidade regional para o reúso de água.

Em complementação a análise realizada, recomenda-se realizar estudos complementares para avaliação de alternativas técnicas e logísticas

para a distribuição da água de reúso e um estudo de viabilidade econômico-financeira e tarifário.

As metodologias utilizadas nesta pesquisa que já foram aplicadas em países desenvolvidos também se revelaram adequadas para aplicação em outras regiões em países ainda em desenvolvimento, com carência de infraestrutura de saneamento e escassez de recursos hídricos, como em algumas regiões do Brasil.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Maestri RS; **Metodologia:** Maestri RS, Willerding IAV, Lapolli FR; **Investigação:** Maestri RS; **Redação – Primeira versão:** Maestri RS, Lapolli FR, Battistelli AA; **Redação – Revisão & Edição:** Maestri RS, Lapolli FR, Battistelli AA; **Supervisão:** Lapolli FR, Willerding IAV.

6 REFERÊNCIAS

Asano, T.; Mills, R. A. Planning and analysis for water reuse projects. **Management & Operations – Journal AWWA**, Denver, v. 82, n. 1, p. 38-47, 1990. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1990.tb06904.x>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 17076 – Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

CANAJ, K.; MEHMETI, A. Unveiling drivers and barriers in advancing agricultural wastewater reuse in Southern Italy: A SWOT analysis informed by stakeholder insights. **Cleaner Water**, Amsterdam, v. 1, p. 1-9, 2024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clwat.2024.100008>

CERTI. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina – PERH/SC**. Florianópolis: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável; Governo do Estado de Santa Catarina, 2017.

CUNHA, G. K. G.; PEREIRA, S. F.; ARAUJO, A. S.; SANTOS, S. L.; TINOCO, J. D. Overview sobre a estrutura legal e administrativa do reúso no Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, v. 71, n. 241, p. 173-184, 2023.

EU WATER DIRECTORS. **Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive and The Floods Directive**: Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the Context of the WFD. Amsterdam: WFD Reporting Guidance, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2022**. Brasília, DF: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 3 mar. 2024.

Lapolli, P. C. **Estratégias para a concepção de competências essenciais à luz do sistemismo no contexto da indústria 4.0**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

LOZANO, M.; VALLÉS, J. An analysis of the implementation of an environmental management system in a local public administration. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 82, n. 4, p. 495-511, 2007.

MAINALI, B.; NGO, H. H.; GUO, W. S.; PAM, T. T. N.; WANG, X. C.; JONSTHON, A. SWOT analysis to assist identification of the critical factors for the successful implementation of water reuse schemes. **Desalination and Water Treatment**, [S. l.], v. 32, n. 1-3, p. 297-306, 2011.

MANNINA, G.; GULHAN, H.; NI, B. J. Water reuse from wastewater treatment: The transition towards circular economy in the water sector. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 363, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127951>

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019.

MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L. E.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; SOTERO-MARTINS, A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 791-808, 2020.

NAZARI, B.; LIAGHAT, A.; AKBARI, M. R.; KESHAVARZ, M. Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 208, p. 7-18, 2018.

Nourbakhsh, S. A.; Darvishi, H.; Ebrahimi, H. Analysis of domestic wastewater recycling methods for agricultural and irrigation uses using combined SWOT-QSPM model, Case study: Sabzevar city Treatment Plant. **Iran-Water Resources Research**, Teerã, v. 18, n. 1, p. 1-17, 2022.

Pérez, E. M.; Berbel, J. Analysis of barriers and opportunities for reclaimed wastewater use for agriculture in Europe. **Water**, [S. l.], v. 12, n. 8, p. 1-14, 2020.

Rastogi, N.; Trivedi, D. M. Pestle technique – a tool to identify external risks in construction projects. **International Research Journal of Engineering Technology**, [s. l.], v. 3, p. 384-388, 2016.

United States Environmental Protection Agency – EPA. **National Water Reuse Action Plan**. v. 1. Washington, DC: EPA, 2020.

VARDOPOULOS, I.; TSILIKA, E.; SARANTAKOU, E.; ZORPAS, A. A.; SALVATI, L.; TSARTAS, P. An integrated SWOT-PESTLE-AHP model assessing sustainability in adaptive reuse projects. **Applied Sciences**, Basileia, v. 11, n. 15, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11157134>

WINKER, M.; FISCHER, M.; BLIEDUNG, A.; BÜRGOW, G.; GERMER, J.; MOHR, M.; NINK, A.; SCHMITT, B.; WIELAND, A.; DOCKHORN, T. Water reuse in hydroponic systems: a realistic future scenario for Germany? Facts and evidence gained during a transdisciplinary research project. **Journal of Water Reuse and Desalination**, London, v. 10, n. 4, p. 363-379, 2020.