



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDRE LIBERATO DE SIQUEIRA E SILVA

**USO DA RADIAÇÃO SOLAR NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS DE
INSEGURANÇA HÍDRICA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

ARARUNA – PB

2025

ALEXANDRE LIBERATO DE SIQUEIRA E SILVA

**USO DA RADIAÇÃO SOLAR NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS DE
INSEGURANÇA HÍDRICA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento urbano.

Orientador: Prof. Dr. Igor Souza Ogata

ARARUNA – PB

2025

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586u Silva, Alexandre Liberato de Siqueira e.

Uso da radiação solar no tratamento de água em áreas de insegurança hídrica [manuscrito] : uma revisão integrativa / Alexandre Liberato de Siqueira e Silva. - 2025.

31 f.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2025.

"Orientação : Prof. Dr. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS".

1. Tratamento de água. 2. Escassez hídrica. 3. Desinfecção. I. Título

21. ed. CDD 363.72

ALEXANDRE LIBERATO DE SIQUEIRA E SILVA

USO DA RADIAÇÃO SOLAR NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS DE
INSEGURANÇA HÍDRICA: Uma revisão integrativa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

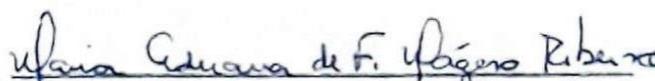
Área de concentração: Saneamento.

Aprovado em: 04/06/2025.

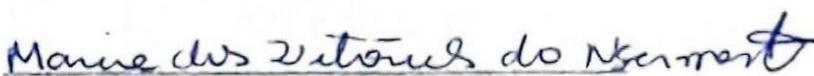
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.ª. Dr.ª. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.ª. Dr.ª. Maria das Vitórias do Nascimento
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*“A mudança não é um convite, é uma
exigência da vida”*

Augusto Cury (2008)

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão integrativa sobre o uso da radiação solar no tratamento de água em áreas de insegurança hídrica, motivado pela problemática global da falta de água potável e da contaminação, que representa uma séria ameaça à saúde pública. Objetivou-se verificar o entendimento da bibliografia sobre a aplicação da radiação solar como solução eficiente e sustentável para o abastecimento de água, analisando a eficácia na inativação de microrganismos e na degradação de contaminantes, comparando diferentes tecnologias e identificando limitações para sua implementação. A metodologia consistiu em uma revisão integrativa exploratória, com busca de trabalhos acadêmicos nas plataformas *Scielo*, *Google Scholar* e *Science Direct* utilizando descritores relevantes, resultando na seleção de nove estudos focados na eficiência microbiológica e aspectos operacionais das técnicas. Os resultados da revisão indicaram que a Desinfecção Solar (SODIS), embora simples e acessível, demonstra eficácia na redução de microrganismos indicadores como *E. coli* em águas de baixa turbidez, com altas taxas de remoção sob condições adequadas de insolação. Contudo, o SODIS convencional limita-se a pequenos volumes e pode ser ineficaz contra microrganismos mais resistentes, como cistos de protozoários. A fotocatalise heterogênea, utilizando dióxido de titânio (TiO_2) ativado por radiação UV ou solar, mostrou ser eficaz na degradação de contaminantes químicos como Cr(VI) , matéria orgânica e fármacos, além de inativar bactérias, com melhor desempenho frequentemente observado sob radiação solar. Processos combinados como UV-Ozônio (UV- O_3) aumentam a eficiência de desinfecção contra formas microbianas resistentes e contribuem para a oxidação de compostos, embora a qualidade da água, como a presença de matéria orgânica, influencie negativamente o processo. O desenvolvimento de sistemas solares em fluxo contínuo e a integração de fotocatalisadores representam avanços que superam as limitações de volume do SODIS e ampliam a capacidade de tratamento para contaminantes emergentes. Apesar dos avanços, desafios como a intermitência solar, a necessidade de pré-tratamento para águas turbulentas e a possibilidade de reativação microbiana pós-tratamento persistem, sendo a aceitação social e a adesão dos usuários fatores críticos para a implementação bem-sucedida em comunidades carentes. Conclui-se que, embora promissoras e de baixo custo para contextos com infraestrutura limitada, as tecnologias de tratamento de água baseadas em radiação solar requerem aprimoramento contínuo para lidar com uma gama mais ampla de contaminantes e garantir a segurança hídrica em larga escala.

Palavras-Chave: SODIS; Escassez hídrica; Desinfecção.

ABSTRACT

This paper presents an integrative review on the use of solar radiation in water treatment in areas of water scarcity, motivated by the global problem of lack of drinking water and contamination, which represents a serious threat to public health. The objective was to verify the understanding of the bibliography on the application of solar radiation as an efficient and sustainable solution for water supply, analyzing its effectiveness in inactivating microorganisms and degrading contaminants, comparing different technologies and identifying limitations for its implementation. The methodology consisted of an exploratory integrative review, with a search for academic papers on the Scielo, Google Scholar and Science Direct platforms using relevant descriptors, resulting in the selection of nine studies focused on the microbiological efficiency and operational aspects of the techniques. The results of the review indicated that Solar Disinfection (SODIS), although simple and accessible, demonstrates effectiveness in reducing indicator microorganisms such as *E. coli* in low turbidity waters, with high removal rates under adequate sunlight conditions. However, conventional SODIS is limited to small volumes and may be ineffective against more resistant microorganisms, such as protozoan cysts. Heterogeneous photocatalysis, using titanium dioxide (TiO_2) activated by UV or solar radiation, has been shown to be effective in degrading chemical contaminants such as Cr(VI), organic matter and pharmaceuticals, in addition to inactivating bacteria, with better performance often observed under solar radiation. Combined processes such as UV-Ozone (UV- O_3) increase disinfection efficiency against resistant microbial forms and contribute to the oxidation of compounds, although water quality, such as the presence of organic matter, negatively influences the process. The development of continuous flow solar systems and the integration of photocatalysts represent advances that overcome the volume limitations of SODIS and expand the treatment capacity for emerging contaminants. Despite the advances, challenges such as solar intermittency, the need for pre-treatment for turbid waters and the possibility of microbial reactivation after treatment persist, with social acceptance and user adherence being critical factors for successful implementation in underserved communities. It is concluded that, although promising and cost-effective for contexts with limited infrastructure, solar radiation-based water treatment technologies require continuous improvement to address a wider range of contaminants and ensure water security on a large scale.

Keywords: SODIS; Water scarcity; Disinfection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Fluxograma indicando procedimento metodológico da pesquisa ----- 13

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação dos estudos, seus objetivos e resultados -----	14
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OMS	Organização Mundial da Saúde
POU	Ponto de uso
SODIS	Solar Disinfection (Desinfecção Solar)
UV-A	Ultravioleta A
SOPAS	Solar Water Pasteurization (Pasteurização Solar da Água)
PET	Garrafas PET
NTU	Unidade de Turbidez Nefelométrica
UV-C	Ultravioleta C
VUV	Ultravioleta de vácuo
UV-O ₃	Ultravioleta combinada com Ozônio
POA	Processo Oxidativo Avançado
TiO ₂	Dióxido de titânio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>A. castellanii</i>	<i>Acanthamoeba castellanii</i>
<i>S. Typhimurium</i>	<i>Salmonella Typhimurium</i>
<i>E. faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
UFC	Unidades formadoras de colônia
SST	Sólidos suspensos totais
SSV	Sólidos suspensos voláteis
DQO	Demanda química de oxigênio
Cr(VI)	Cromo hexavalente
Cr(III)	Cromo trivalente
AgNO ₃	Nitrato de Prata
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
AVL	Amebas de vida livre
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
PAST	Software mencionado
ANOVA	Análise de variância (teste estatístico)
LSD	Teste estatístico mencionado
CT	Coliformes Totais
COD	Carbono orgânico dissolvido
TDH	Tempo de detenção hidráulica
OD	Oxigênio dissolvido
EBA	Esporos de Bactérias Aeróbias
PRISMA 2020	Diretrizes para revisões sistemáticas e meta-análises
HAdV-5	Adenovírus Humano tipo 5
MS2	Vírus bacteriófago
φX174	Vírus bacteriófago
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
NaOH	Hidróxido de Sódio
Na ₂ SO ₄	Sulfato de Sódio
THMs	Trihalometanos
ETEs	Estações de Tratamento de Efluentes
SARS-CoV-2	Coronavírus
UV/UV-O ₃	Combinação UV/UV-Ozônio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO -----	8
	1.1 Objetivo geral-----	11
	1.2 Objetivos específicos-----	11
2	METODOLOGIA -----	12
3	RESULTADOS -----	14
4	DISCUSSÃO -----	20
5	CONCLUSÃO -----	24
	REFERÊNCIAS -----	26

1 INTRODUÇÃO

A problemática da escassez de água potável e a necessidade de garantir a segurança hídrica é um tema de grande relevância, tendo em vista a importância desse recurso para o desenvolvimento humano, dado que a água é reconhecida como um recurso natural vital para a manutenção da vida e para o desenvolvimento socioeconômico (Brasil, 2014).

O acesso à água potável é um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade, especialmente em regiões que sofrem com a escassez hídrica e a baixa qualidade dos recursos hídricos. A contaminação da água por microrganismos patogênicos, além de substâncias químicas, representa uma ameaça significativa à saúde pública, com cerca de 2 milhões de mortes devido ao consumo de água contaminada anualmente. Além disso, a falta de acesso a água potável e saneamento adequado afeta bilhões de pessoas globalmente, com mais de 2 bilhões de pessoas enfrentando a falta de água potável em suas casas (OMS, 2019; OMS, 2022).

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde cerca de 2 bilhões de pessoas utilizam água contaminada, resultando em doenças de veiculação hídrica que resultam em elevada mortalidade e morbidade (OMS, 2019; OMS, 2022). Esse cenário impõe a necessidade de desenvolver tecnologias de baixo custo, inertes ao meio ambiente e de fácil implementação para a desinfecção da água, especialmente em áreas remotas e em situação de emergência, uma vez que a escassez de água em muitas regiões e a contaminação por sólidos dissolvidos e em suspensão, poluentes químicos e microrganismos patogênicos comprometem a saúde pública e o meio ambiente. As doenças de transmissão hídrica representam um risco significativo, especialmente em comunidades sem acesso a sistemas convencionais de tratamento e distribuição de água. Embora processos convencionais de tratamento, como coagulação, floculação, decantação e tratamento biológico, sejam amplamente utilizados, eles nem sempre são totalmente eficazes na eliminação completa de riscos infecciosos e tóxicos. Diante disso, a busca e o aprimoramento de métodos alternativos e complementares de tratamento de água tornam-se essenciais, especialmente para aplicações em pontos de uso (POU) e no tratamento de contaminantes emergentes (Lima, 2021; Chaúque, 2024).

A radiação solar, abundante em muitas partes do mundo, especialmente em regiões intertropicais como o Brasil, apresenta-se como uma fonte de energia promissora para o tratamento de água devido ao seu baixo custo e potencial ambientalmente amigável (Lima, 2021). Diversas técnicas aproveitam essa energia para descontaminação, como a Destilação Solar, técnica que separa a água por evaporação e condensação, utilizando o calor solar.

O método de Desinfecção Solar (SODIS – *Solar Disinfection*) é um método simples e acessível para tratamento microbiológico no POU, aproveitando a ação biocida da radiação UV solar e do calor (Carvajal, 2015). Contudo, a SODIS convencional pode ter limitações na inativação de microrganismos mais resistentes ou internalizados.

A Pasteurização Solar (SOPAS – *Solar Water Pasteurization*), que é um método solar que utiliza predominantemente o componente térmico (radiação infravermelha) do sol para inativar microrganismos.

Além das técnicas puramente solares, processos baseados em oxidação e radiação UV artificial têm grande relevância, como a Ozonização emprega o ozônio (O_3), um forte oxidante, para a desinfecção da água (Santos, 2008).

A Radiação UV Artificial utiliza lâmpadas, como de mercúrio ou LED, para emitir radiação UV, que danifica o material genético (DNA/RNA) dos microrganismos, inibindo sua reprodução (Carvajal, 2015). Este método não gera subprodutos carcinogênicos. Existe também a preocupação com mecanismos de reparo microbiano, como a fotorreativação e a recuperação no escuro.

A Radiação UV-Ozônio Combinada aproveita os benefícios da ozonização e da radiação UV em um único processo. A radiação UV, especialmente no espectro VUV, pode gerar ozônio *in situ*, que, combinado com o UV e os radicais hidroxila formados, atua sinergicamente na inativação microbiana e degradação de contaminantes. (Cavalheiro, 2023)

O Tratamento Fotocatalítico (Fotocatálise Heterogênea) é um Processo Oxidativo Avançado (POA) que utiliza um fotocatalisador (comumente dióxido de titânio – TiO_2) ativado por radiação UV ou solar para gerar espécies altamente reativas, como radicais hidroxila ($\bullet OH$) (Lima, 2007). A ativação pela radiação solar torna-o promissor para aplicações sustentáveis. A presença de íons como prata pode aumentar a eficiência ao atuar como aceptores de elétrons

Sendo assim, explorar e aprimorar técnicas alternativas para o tratamento de água, com destaque para aquelas que capitalizam a energia solar e os efeitos sinérgicos, é fundamental para desenvolver soluções de tratamento de água eficazes, de baixo custo e ambientalmente inertes, capazes de atender às necessidades de saúde pública e ambiental, especialmente em contextos de limitação de recursos.

Diante disso, este trabalho propõe uma revisão bibliográfica do tipo integrativa, com o objetivo de verificar o entendimento dos estudos sobre o uso da radiação solar no tratamento de água, avaliando evidências dos diferentes mecanismos de desinfecção e inativação de

microrganismos e às inovações tecnológicas voltadas para a aplicação em larga escala e em sistemas de abastecimento de água.

A relevância deste trabalho reside na importância de avançar na compreensão das técnicas que possam auxiliar na expansão do acesso à água segura e de baixo custo, principalmente em regiões com infraestrutura precária, onde a implementação de sistemas convencionais é inviável ou economicamente desvantajosa. Assim, a integração dos conhecimentos apresentados nos estudos analisados pode contribuir para a formação de um panorama atualizado e fundamentado sobre as possibilidades de uso da radiação solar como ferramenta de tratamento de água.

Para responder a questão sobre a eficiência de tais métodos de desinfecção de água, foram identificados e selecionados trabalhos acadêmicos em três plataformas (*Scielo e Google Scholar e Science Direct*), a partir de palavras-chaves (Radiação solar; SODIS; Tratamento de água; Escassez hídrica; Desinfecção).

A análise integrativa dos nove artigos selecionados para esta revisão permitiu a sistematização das principais abordagens relacionadas ao uso da radiação solar para o tratamento de água, especialmente em contextos de insegurança hídrica. Para tanto, foi considerando dois critérios: (1) Eficiência Microbiológica; (2) Aspectos Operacionais;

A revisão oferece uma visão dos avanços, desafios e potenciais impactos do SODIS e de tecnologias correlatas. A mesma será apresentada neste trabalho, por meio de uma análise individual e comparativa dos trabalhos, levando em consideração as categorias mencionadas.

1.2 Objetivo geral

Verificar o entendimento de bibliografia específica sobre o uso da radiação solar no tratamento de água como solução eficiente e sustentável para o abastecimento de água em áreas com insegurança hídrica.

1.2 Objetivos específicos

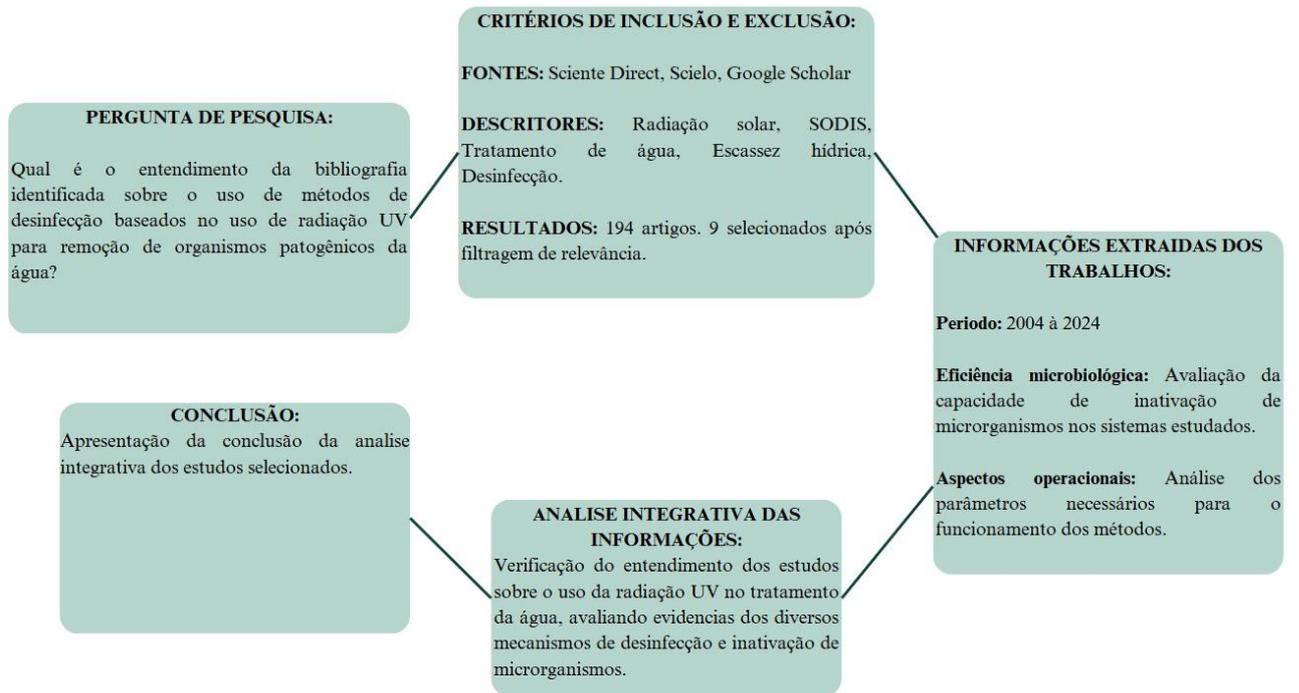
- Analisar a eficácia da radiação ultravioleta na inativação de microrganismos e na degradação de contaminantes.
- Comparar diferentes tecnologias de desinfecção de água que utilizam como princípio a radiação solar, como o método SODIS convencional, sistemas híbridos com fotocatalisadores e reatores UV-ozônio.
- Identificar as limitações e os desafios para a implementação dessas tecnologias em comunidades carentes de infraestrutura adequada.

2 METODOLOGIA

Este trabalho se enquadra no gênero teórico, uma vez que está voltado para entender a compreensão de estudos sobre o tema. A pesquisa tem objetivo exploratório, cuja característica é proporcionar ao pesquisador mais informações sobre o assunto, em geral, a partir de pesquisas bibliográficas (Prodanov; Freitas, 2013). A técnica utilizada foi Revisão Integrativa de trabalhos de pesquisa que abordam a questão do uso de desinfecção solar. A abordagem integrativa consiste na construção de uma análise da literatura selecionada, contribuindo para discussões sobre métodos e resultados de pesquisas que respondam a uma determinada questão. (Souza; Silva; Carvalho, 2010.) O desenvolvimento deste trabalho seguiu conforme o fluxograma apresentado na figura 1: fluxograma: procedimento metodológico.

O processo metodológico utilizado requer o cumprimento das seguintes etapas: (1) **Identificação do tema e pergunta de pesquisa.** O tema deste trabalho diz respeito a desinfecção da água para consumo humano, especialmente em localidades onde há escassez de recursos hídricos. E a questão que se busca responder é “Qual é o entendimento da bibliografia identificada sobre o uso de métodos de desinfecção baseados no uso de radiação UV para remoção de organismos patogênicos da água?” (2) **Critério de Inclusão e Exclusão dos artigos.** A coleta de dados foi realizada entre julho e outubro de 2024, nas plataformas *Science Direct*, *Scielo* e *Google Scholar*, por meio de 5 descritores: Radiação solar; SODIS; Tratamento de água; Escassez hídrica; Desinfecção. A busca inicial resultou em 194 artigos, distribuídos da seguinte forma: 92 no *Google Acadêmico*; 39 da *Science Direct* e 63 do *Scielo*, abrangendo publicações nacionais. Após uma filtragem com base em títulos, resumos, palavras-chave e relevância temática, o número de trabalhos foi reduzido para 9. Esses trabalhos em formatos diversos, como artigos, dissertações e teses forma o corpus de pesquisa, que foram analisadas para o desenvolvimento do trabalho. (3) **Definição das informações a serem extraídas dos estudos**, nas quais foram definidas por categorias: a) **Eficiência Microbiológica** - Avaliação da capacidade de inativação de microrganismos (bactérias, vírus, protozoários) nos diferentes sistemas estudados. b) **Aspectos Operacionais** - Análise dos parâmetros necessários para o funcionamento dos métodos (tempo de exposição, temperatura, intensidade solar, características da água como turbidez, etc.). (4) **Apresentação da revisão** que consiste na síntese do conhecimento adquirido no processo de pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma indicando procedimento metodológico da pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor.

3 RESULTADOS

A partir desta seção serão apresentados os resultados, iniciando por uma apresentação dos trabalhos analisados. O quadro apresentado abaixo, identificado como quadro 1, visa fornecer uma identificação dos estudos, incluindo nomes dos autores, o título completo do trabalho, e a forma como os nomes dos autores são citados neste trabalho.

Quadro 1 – identificação dos estudos, seus objetivos e resultados.

Citação:	Objetivos:	Título do trabalho:	Resultados:
Cordeiro, 2004	Avaliar o desempenho da fotocatalise empregando TiO ₂ /UV na descontaminação de águas contendo <i>Escherichia coli</i> e <i>Pseudomonas sp</i> como bactérias-modelo; Avaliar a inativação, partindo-se de diferentes concentrações bacterianas, submetidas à variação do teor do catalisador TiO ₂ , em diferentes intensidades luminosas e tempos de exposição à irradiação UV.	Inativação por oxidação fotocatalítica de <i>Escherichia coli</i> e <i>Pseudomonas sp</i> .	A fotocatalise empregando TiO ₂ /UV demonstrou desempenho na descontaminação de águas contendo <i>Escherichia coli</i> e <i>Pseudomonas sp</i> .; Com lâmpada de menor intensidade luminosa, taxas de sobrevivência desprezíveis foram detectadas, mas a maior potência da lâmpada resultou em maior atividade bactericida; As menores concentrações finais de células viáveis foram obtidas a partir das menores concentrações celulares iniciais, e a eficiência foi influenciada pela intensidade luminosa, tempo de irradiação e concentração de TiO ₂ .
Amaral, 2006	Verificar a eficácia da utilização da radiação solar na desinfecção de água de poços rasos	Uso da radiação solar na desinfecção da água de poços rasos.	A radiação solar foi eficaz na desinfecção da água de poços rasos.

	<p>contaminadas naturalmente por microrganismos indicadores;</p> <p>Verificar a possível existência do recrescimento bacteriano após a desinfecção.</p>		<p>Após 12 horas de exposição ao sol, foram obtidas reduções de 98,2% nos microrganismos mesófilos, 99,9% nos coliformes totais e 100% em <i>E. coli</i>;</p> <p>Houve ausência de recrescimento de <i>E. coli</i> após 72 horas de armazenamento após 12 horas de exposição solar;</p> <p>As diferenças nos números de <i>E. coli</i> nas amostras expostas ao sol e nos controles (sombra) foram estatisticamente significativas a partir de 2 horas de exposição.</p>
<p>Pascoal, 2007</p>	<p>Investigar a remoção quantitativa de Cr(VI) (em quantidade elevada) e de matéria orgânica em amostras sintéticas representativas de efluentes de curtume, fazendo uso da fotocatalise heterogênea;</p> <p>Propor uma alternativa de polimento final para efluentes líquidos provenientes de curtumes, utilizando radiação ultravioleta proveniente do sol e lâmpadas germicidas, com TiO₂ imobilizado.</p>	<p>Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume.</p>	<p>Os experimentos com radiação UV-solar apresentaram melhor rendimento na remoção de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) do que com radiação UV-artificial;</p> <p>Concluíram que a fotocatalise heterogênea pode ser aplicada no polimento final de efluentes industriais com concentrações significativas de matéria orgânica e Cr(VI), com melhor desempenho quando a fonte luminosa é o sol</p>
<p>Santos, 2008</p>	<p>Maximizar o efeito do tratamento fotocatalítico, utilizando o potencial para drenagem eletrônica</p>	<p>Desinfecção de águas pelo processo fotocatalítico utilizando eletrodos térmicos de dióxido de titânio para inativação de</p>	<p>Bactérias <i>E. coli</i> foram mortas rapidamente e mostraram-se mais sensíveis ao tratamento do que as <i>S. aureus</i>;</p>

	<p>e conseqüente redução na recombinação entre lacunas e elétrons;</p> <p>Testar variações do eletrodo térmico de Ti/ TiO₂ utilizado durante o processo, a fim de verificar uma melhor eficiência sobre a inativação de <i>Escherichia coli</i> e <i>Staphylococcus aureus</i>;</p> <p>Buscar um tratamento que, além de eficiente, seja econômico e não apresente riscos para manipulações, nem necessidade de adição de substâncias químicas como coadjuvantes.</p>	<p><i>Escherichia coli</i> e <i>Staphylococcus aureus</i>.</p>	<p>A fotocatalise com o eletrodo dopado com AgNO₃ foi a mais eficiente para <i>E. coli</i>, eliminando 100% das colônias em 10 minutos;</p> <p>Para <i>S. aureus</i>, apenas a fotocatalise utilizando o eletrodo dopado com AgNO₃ eliminou totalmente as colônias ao final de 60 minutos;</p> <p>Houve indícios de reativação de microrganismos após o tratamento, sugerindo falta de efeito residual</p>
Carvajal, 2015	<p>Avaliar a eficiência da técnica de desinfecção SODIS em amostras de água de drenagem – chuva, água de poço freático, e água de manancial superficial;</p> <p>Verificar a influência das variáveis temperatura e intensidade de radiação solar UV com a inativação de <i>E. Coli</i> e coliformes totais na técnica SODIS;</p> <p>Avaliar a ocorrência ou não do processo de reativação dos microrganismos durante o</p>	<p>Desinfecção solar da água: avaliação da técnica “SODIS” aplicada a águas de chuva, poço e manancial superficial, nas condições climáticas de verão na região de Porto Alegre, RS.</p>	<p>A técnica SODIS foi avaliada na inativação de <i>Escherichia coli</i> e coliformes totais em águas de chuva, poço freático e manancial superficial;</p> <p>A exposição ao sol (SODIS) foi eficaz na redução de coliformes totais e <i>E. coli</i> nas três fontes de água;</p> <p>As menores eficiências ocorreram em amostras de reservatório, sugerindo que a maior turbidez e cor, assim como menor radiação solar, influenciaram negativamente;</p>

	período de armazenamento da água desinfetada com SODIS;		
Cháuque, 2020	<p>Projetar e construir um sistema de desinfecção solar de água em fluxo contínuo constituído de aparatos de aquecimento e de concentração e redirecionamento de radiação UV solar;</p> <p>Avaliar a eficácia do sistema de desinfecção solar de água em fluxo contínuo na inativação de cistos de <i>Acanthamoeba castellanii</i> e de bactérias, <i>Escherichia coli</i>, <i>Salmonella Typhimurium</i>, <i>Enterococcus faecalis</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i>;</p> <p>Comparar a taxa de inativação de cistos e de bactérias nas diferentes formas de tratamento, em função de diferentes tempos de exposição e índices de turbidez, a fim de estabelecer as melhores condições operacionais do sistema.</p>	<p>Desenvolvimento e avaliação de um sistema de desinfecção solar de água em fluxo contínuo na inativação de cistos de <i>acanthamoeba castellanii</i> e de bactérias.</p>	<p>Desenvolveu um sistema de desinfecção solar em fluxo contínuo utilizando o efeito sinérgico do calor e UV para inativar cistos de <i>Acanthamoeba castellanii</i> e bactérias (<i>E. coli</i>, <i>S. Typhimurium</i>, <i>E. faecalis</i>, <i>P. aeruginosa</i>);</p> <p>Houve inativação efetiva dos cistos com o tratamento Calor + UV em água de baixa turbidez mesmo sem tempo de contato adicional;</p> <p>Os cistos se mostraram mais resistentes que as bactérias;</p> <p>O sistema alcançou uma produtividade de 240 a 360 L/dia operando por 8 horas, com potencial para uso em abastecimento em larga escala</p>
Cavalheiro, 2023	<p>Desenvolver reator UV-Ozônio a ser aplicado como tecnologia no ponto-de-uso (POU);</p> <p>Analisar a inativação de coliformes totais, <i>E. coli</i> e esporos de bactérias aeróbias após a desinfecção por UV e conjugada UV – Ozônio;</p>	<p>Tecnologia de ponto-de-uso (POU) para desinfecção de água para consumo humano: reator uv-ozônio.</p>	<p>Desenvolveu e avaliou um reator UV-Ozônio em escala de bancada para desinfecção de água superficial;</p> <p>Na desinfecção, o processo UV-O₃ foi mais eficaz na inativação de EBA do que apenas UV.</p>

	<p>Avaliar a fotoreativação e recuperação no escuro dos microrganismos em duas doses diferentes.</p>		<p>Observou-se recuperação de CT e <i>E. coli</i> em fotorreativação e recuperação no escuro com o tratamento apenas por UV. O ozônio pareceu ter um efeito residual que inibiu a recuperação microbiana em comparação com apenas UV.</p>
<p>Chauíque, 2024</p>	<p>Determinar a prevalência de amebas de vida livre nos corpos de água usados para recreação; Discutir as possibilidades e consequências da interação entre amebas de vida livre e vírus patogênicos incluindo <i>Sars-Cov-2</i>; Realizar revisão crítica sobre a necessidade, os avanços necessários, e desafios por superar para utilizar as tecnologias de desinfecção solar como alternativa para o abastecimento público de água potável em larga escala; Revisar a literatura científica e patentearia sobre as possibilidades para o futuro no desenvolvimento de sistemas de desinfecção solar de água, aplicáveis no abastecimento em larga escala;</p>	<p>Avanços na garantia de água segura: explorando métodos alternativos com foco na inativação de bactérias, protozoários, e degradação fotocatalítica de fármacos e agrotóxicos por meio da radiação solar.</p>	<p>A tese compilou vários estudos sobre métodos alternativos para garantia de água segura utilizando radiação solar; Uma revisão sistemática e meta-análise mostrou alta prevalência global de amebas de vida livre (AVL) em águas recreativas (44,34%); Uma revisão sistemática concluiu que sistemas SODIS em fluxo contínuo ou intermitente de grande vazão podem ser usados para abastecimento público em larga escala a baixo custo; O estudo experimental mostrou que a SODIS convencional (24h) sob forte insolação não inativou cistos de <i>A. castellanii</i> e <i>P. aeruginosa</i> internalizadas, indicando que a água deve ser consumida em até três dias; O sistema de SODIS em fluxo contínuo desenvolvido inativou cistos de <i>A. castellanii</i> e esporos de <i>Bacillus</i></p>

			<i>altitudinis</i> , com produtividade de 240-360 L/dia, tendo potencial para abastecimento em escala comunitária;
Lima, 2024	Elaborar um estudo para tratar efluentes do fármaco oxitetraciclina, através de fotocatalise heterogênea ativada por dióxido de titânio, assistido por UV natural, em meios oxigenados por processos de agitação e aeração.	Tratamento de efluente contaminado por fármacos, utilizando fotocatalise heterogênea ativada por TiO ₂ / radiação solar.	O estudo utilizou fotocatalise heterogênea ativada por TiO ₂ e radiação solar UV natural para tratar efluentes contendo o fármaco oxitetraciclina; O processo demonstrou ser um método eficiente para degradar 20 mg/l de oxitetraciclina; Foram obtidas taxas de degradação da oxitetraciclina que atingiram a máxima de 99,21%;

Fonte: Elaborada pelo autor.

4 DISCUSSÃO

Os estudos selecionados exploram diversas tecnologias para garantir a segurança da água, com foco especial em métodos alternativos de baixo custo e que utilizam a radiação solar. As principais abordagens apresentadas incluem a desinfecção solar da água (SODIS), que utiliza as propriedades biocidas da radiação UV e do calor do sol para inativar microrganismos. É uma técnica de baixo custo e fácil acesso, especialmente relevante em regiões com alta insolação.

O estudo de Carvajal (2015) demonstrou a eficácia do SODIS convencional em garrafas PET na redução de coliformes totais e *E. coli* em águas de chuva, poço e manancial superficial sob condições de verão em Porto Alegre. As reduções foram frequentemente acima de 99,9%.

O trabalho de Amaral (2006) também confirmou a eficiência do SODIS em garrafas PET para desinfecção de água de poços rasos, com reduções significativas de microrganismos mesófilos, coliformes totais e *E. coli* após 12 horas de exposição. Lima (2020) e Chaúque (2024) mencionam o SODIS e sua aplicação em sistemas aprimorados, incluindo concentradores e o uso de nanofluidos para aumentar a eficiência. Chaúque (2024) destaca as melhorias na saúde pública resultantes do uso consistente do SODIS, como a redução no risco de diarreia. Uma limitação do SODIS convencional é o baixo volume de água tratada, uma vez que o processo é restrito a pequenos recipientes, como garrafas plásticas de até dois litros, a intermitência da radiação solar, a influência da turbidez, e a recalcitrância de certos microrganismos.

Estes estudos também trazem foco no processo de fotocatalise heterogênea, cujo método envolve o uso de um catalisador semicondutor, como o dióxido de titânio (TiO_2), ativado por radiação UV ou solar para gerar espécies oxidantes, como radicais hidroxila, que degradam contaminantes e inativam microrganismos. Lima (2007) aplicou a fotocatalise com TiO_2 fixado em placa para tratar efluentes de curtume, demonstrando a remoção de cromo hexavalente e matéria orgânica. Os resultados indicaram que a radiação solar foi mais eficiente que a radiação UV artificial para este fim. A turbidez elevada foi identificada como um fator negativo para a penetração da luz e eficiência do processo.

Santos (2008) testou a fotocatalise com eletrodos térmicos de TiO_2 ativados por luz UV-A para inativar *E. coli* e *S. aureus*. O estudo mostrou que o processo é eficaz e que a dopagem do eletrodo com íons prata aumentou significativamente a eficiência, levando à desinfecção total de *E. coli* em 10 minutos. *S. aureus* se mostrou mais resistente, requerendo o eletrodo dopado para desinfecção total. As bactérias Gram-negativas foram mais sensíveis.

Cordeiro (2004) avaliou a atividade bactericida do TiO_2/UV contra *E. coli* e *Pseudomonas sp.* A eficiência aumentou com a redução da concentração celular inicial, o aumento da intensidade luminosa, o tempo de exposição UV e a concentração de TiO_2 até 1 mg/ml. *E. coli* mostrou maior resistência que *Pseudomonas sp.* A matéria orgânica pode reduzir a eficiência ao competir pelos radicais hidroxila.

Cháuque (2024) integrou TiO_2 como fotocatalisador em um sistema SODIS para degradar simultaneamente fármacos e agrotóxicos. O sistema demonstrou potencial para degradação química rápida. Lima (2020) também menciona a integração de nanofluidos contendo nano TiO_2 com radiação solar para melhorar a eficiência da purificação. Estes estudos concluíram que a fotocatalise é eficaz contra compostos recalcitrantes e permite a destruição do poluente. O fotocatalisador pode ser reaproveitado, após sua recuperação através de métodos como sedimentação, centrifugação e filtração, estendendo sua atividade.

Em relação à destilação solar, técnica simples que utiliza o calor solar para evaporar a água, separando-a de substâncias inorgânicas e microrganismos patogênicos, conforme abordado por Lima (2020) e Lima (2021), em situações onde a aplicação da destilação solar buscava a potabilização e desinfecção de águas. O estudo de Nascimento *et al.* (2018), citado por Lima (2020), demonstrou 100% de remoção de coliformes totais e *E. coli* e 99,98% de remoção de HAdV-5 após destilação solar. A destilação solar é eficaz na separação física de contaminantes, mas pode ter menor produtividade em comparação com outros métodos dependendo do modelo do destilador.

Quanto ao uso da radiação UV artificial e combinada (UV- O_3), que utiliza lâmpadas UV para inativação microbiana, por vezes combinada com a geração de ozônio, Santos (2008) utilizou luz UV-A artificial em conjunto com eletrodos de TiO_2 . Apenas a luz UV-A de baixa potência não inviabilizou as bactérias. Cordeiro (2004) utilizou lâmpadas UV germicidas de 254 nm e de vapor de mercúrio. A maior potência da lâmpada resultou em maior eficiência bactericida.

Cavalheiro (2023) desenvolveu e avaliou um reator POU UV- O_3 , gerando ozônio a partir de uma lâmpada UV (com emissão em 185 nm e 254 nm). O reator UV- O_3 apresentou maior eficiência de desinfecção para coliformes totais, *E. coli* e esporos de bactérias aeróbias em comparação ao tratamento apenas com radiação UV. O efeito sinérgico da UV e do ozônio foi destacado. A presença de matéria orgânica (COD) interferiu na eficiência, principalmente no tratamento UV- O_3 . A radiação UV sozinha foi mais eficiente na inibição da fotorreativação e recuperação no escuro para *E. coli* e coliformes totais.

Quando comparados a eficácia e fatores influentes, conclui-se que, dentre os estudos que abordaram a inativação de bactérias indicadoras (*E. coli*, coliformes totais), bactérias

patogênicas (*Salmonella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Legionella*), protozoários (*Acanthamoeba cysts*, *Giardia*, *Cryptosporidium*), esporos bacterianos (*Bacillus*, esporos de bactérias aeróbias), e vírus (Adenovírus, coliphages, *Sars-Cov-2*, MS2, ϕ X174). A resistência varia entre os grupos, sendo geralmente esporos > cistos > bactérias > vírus. O SODIS convencional pode não ser eficaz contra cistos resistentes. A fotocatalise e UV-O₃ demonstraram eficácia contra uma gama variada, incluindo formas mais resistentes.

Examinadas as capacidades das abordagens em remover contaminantes químicos, a fotocatalise com TiO₂ demonstrou ser eficaz na remoção de cromo hexavalente e matéria orgânica em efluentes e na degradação de fármacos e agrotóxicos. O UV-O₃ também contribui para a oxidação de compostos orgânicos.

Observada a influência da qualidade da água na eficácia do tratamento, a turbidez foi um fator limitante significativo para o SODIS e para a fotocatalise/UV, pois reduz a penetração da luz. A matéria orgânica (COD, DQO) também interfere na eficiência da fotocatalise e UV-O₃, consumindo os oxidantes. A temperatura pode aumentar a taxa de inativação no SODIS e influenciar a decomposição do ozônio e a formação de radicais hidroxila na fotocatalise/UV-O₃. O pH também influencia a eficácia da fotocatalise e UV-O₃, pois afeta a carga superficial do catalisador, a ionização dos poluentes e a geração de espécies reativas, reduzindo a taxa de degradação dos contaminantes.

Analisado o recrescimento Bacteriano, alguns estudos com SODIS convencional e fotocatalise apontaram a possibilidade de recrescimento ou reativação bacteriana após o tratamento, sugerindo a necessidade de estudos de pós-tratamento. O UV sozinho no estudo de Cavalheiro (2023) foi mais eficaz em inibir a reativação do que o UV-O₃.

Em relação à cinética da desinfecção, o estudo de Carvajal (2015) utilizou a Lei de Chick para modelar o decaimento de coliformes totais e *E. coli* no SODIS. Cavalheiro (2023) testou modelos de Chick, Chick-Watson e Hom para desinfecção UV e UV-O₃, concluindo que o modelo de Chick se ajustou melhor aos dados de inativação UV. A cinética da fotocatalise heterogênea seguiu o modelo de Langmuir-Hinshelwood, mostrando reações de pseudo-primeira ordem.

Observando o modelo de Sistemas e escalabilidade descritos pelos autores, os estudos apresentam modelos variados, desde o SODIS convencional em garrafas PET, até sistemas de fluxo contínuo, com concentradores solares (parabólicos, Fresnel, V-trough) e reatores específicos (tubulares, de placa plana, UV-O₃)

Sistemas aprimorados de SODIS e fotocatalise em fluxo contínuo visam superar a limitação do volume de tratamento do SODIS convencional. A integração de calor e UV, UV

e nanomateriais (fototérmicos e fotocatalíticos) em sistemas SODIS pode ser explorada para acelerar o processo e aumentar a produtividade, com potencial para abastecimento em larga escala. O reator UV-O₃ foi projetado como uma tecnologia de ponto-de-uso (POU), indicando uma aplicação em menor escala para tratamento descentralizado.

Com isso, apesar dos avanços, desafios como a intermitência solar, a necessidade de pré-tratamento para redução da turbidez, a resistência de certos microrganismos e a possível reativação pós-tratamento persistem. A aceitação social e a adesão do usuário são cruciais para o sucesso das tecnologias POU de baixo custo (Cháuque, 2024). Barreiras e facilitadores psicossociais, promocionais e tecnológicos foram identificados como determinantes. O treinamento adequado dos usuários e a doação das tecnologias, combinados com alta adesão, foram preditores de sucesso para intervenções baseadas em POU de baixo custo (Cháuque, 2024)

A percepção para futuros estudos pós-tratamento, especificamente em relação à desinfecção de água por processos fotocatalíticos, indica a necessidade de novas pesquisas para verificar os efeitos de reativação de microrganismos posteriormente ao tratamento como foi sugerido para a fotocatalise (Santos, 2008) e observada no estudo de Cavalheiro (2023) para UV e UV-O₃. Além disso, o desenvolvimento de sistemas mais eficientes e produtivos, a otimização da integração de diferentes mecanismos, como calor, UV e fotocatalise, a exploração de novos materiais e a automação são áreas de pesquisa contínua (Cháuque, 2024).

5 CONCLUSÃO

Em síntese, a revisão bibliográfica dos estudos demonstrou um esforço contínuo para desenvolver e aprimorar métodos de tratamento de água acessíveis e eficazes, com um forte enfoque na utilização da energia solar e em processos oxidativos avançados como a fotocatalise e UV-O₃. Embora o SODIS convencional seja uma base importante devido à sua simplicidade, a pesquisa aponta para a necessidade de sistemas mais robustos, de maior produtividade e capazes de lidar com uma gama mais ampla de contaminantes, tanto microbiológicos quanto químicos emergentes. A comparação revela que diferentes tecnologias podem ser mais adequadas para diferentes tipos de água e contaminantes, e que a combinação de abordagens e a consideração dos fatores contextuais e sociais são essenciais para o sucesso na garantia de água segura, especialmente em comunidades sem acesso a sistemas centralizados.

Ainda, com base na análise integrativa dos estudos presentes nesse trabalho, são recomendações que se apresentam como propostas para trabalhos futuros no campo da purificação e desinfecção de água o desenvolvimento de estudo de longo prazo sobre a reativação microbiana, tendo em vista que a investigação dos fatores relacionados a reativação de microrganismos após o tratamento fotocatalítico, especialmente em períodos superiores a 24 horas, é fundamental para desenvolver métodos que mitiguem este fenômeno. Assim como, entender os mecanismos de recuperação bacteriana, como a resistência ou fontes de nutrientes pós-tratamento, é fundamental para garantir a segurança da água e desenvolver estratégias de pós-tratamento, se necessário.

A otimização da estabilidade de eletrodos fotocatalíticos, dando continuidade a pesquisa sobre a aprimoramento de parâmetros como a espessura do filme de TiO₂ e a concentração de dopantes, como os íons prata, para maximizar a eficiência fotocatalítica. Assim como investigar a estabilidade e longevidade dos eletrodos e dos materiais em geral, avaliando a possível lixiviação de componentes, como a prata, para a água tratada ao longo do tempo e seus impactos na saúde.

A escalabilidade e viabilidade econômica, para possibilitar o desenvolvimento de protótipos em escala maior para destilação solar e fotocatalise, visando a aplicação em comunidades e regiões, e não apenas em laboratório. Além de pesquisar e implementar soluções de baixo custo para a fabricação de destiladores solares e reatores fotocatalíticos, incluindo o uso de materiais acessíveis e otimização de designs para maximizar a relação custo-benefício.

Explorar a combinação de tecnologias como a integração da fotocatalise com a destilação solar e outros métodos de tratamento, como filtração ou tratamento biológico, para

criar sistemas híbridos mais eficientes e robustos. Por exemplo, a fotocatalise poderia atuar na pré-desinfecção para reduzir a carga microbiana ou na degradação de matéria orgânica, otimizando o desempenho de etapas subsequentes.

A pesquisa com base no tratamento de contaminantes emergentes e matrizes complexas, a fim de ampliar os estudos para incluir uma variedade mais ampla de contaminantes emergentes, como outros fármacos, pesticidas e microplásticos, em diferentes concentrações e condições, que são cada vez mais presentes nas fontes de água. Além de realizar experimentos com amostras de água reais que variam em turbidez, pH, matéria orgânica dissolvida e diversidade microbiana, visto que isso fornecerá dados mais representativos da eficácia em condições de campo.

A integração com os planos de segurança da água (PSA) da OMS, buscando desenvolver diretrizes e protocolos específicos para a incorporação de tecnologias de destilação solar e fotocatalise nos PSAs, especialmente para abastecimentos de água em pequena escala e uso doméstico, identificar os indicadores de desempenho mais adequados para o monitoramento da eficácia dessas tecnologias dentro do contexto dos PSAs, facilitando a verificação da qualidade da água e a tomada de decisões.

O desenvolvimento de modelagem e previsão de desempenho, através da utilização de modelos computacionais para prever o comportamento dos sistemas sob diferentes condições climáticas, como irradiância solar e temperatura, e características da água, buscando aperfeiçoar o design e a operação de unidades em diversas regiões geográficas.

E estudar os fatores que influenciam a aceitação e a adoção dessas tecnologias pela população, desenvolvendo estratégias de comunicação e educação eficazes para promover o uso correto e a manutenção dos sistemas. Tendo em vista que a aceitação pela sociedade é vital para que as inovações se traduzam em benefícios reais de saúde pública. Além disso, a pesquisa contínua e colaborativa, alinhada com as diretrizes de saúde pública e focada na sustentabilidade, tem papel fundamental para aprimorar e expandir a aplicação dessas tecnologias na garantia de água potável segura para todos.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A.; NUNES, A. P.; CASTANIA, J.; LORENZON, C. S.; BARROS, L. S.S.; NADER FILHO, A. **USO DA RADIAÇÃO SOLAR NA DESINFECÇÃO DA ÁGUA DE POÇOS RASOS**. *Arq. Inst. Biol.*, Jaboticabal, v.73, n.1, p.45-50, 2006.

CAVALHEIRO, A. L. **TECNOLOGIA DE PONTO-DE-USO (POU) PARA DESINFECÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: Reator UV-ozônio**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2023.

CHAÚQUE, B. J. M. **AVANÇOS NA GARANTIA DE ÁGUA SEGURA: explorando métodos alternativos com foco na inativação de microrganismos e degradação fotocatalítica de fármacos e agrotóxicos por meio da radiação solar**. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2024.

CHAÚQUE, B. J. M. **DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE DESINFECÇÃO SOLAR DE ÁGUA EM FLUXO CONTÍNUO NA INATIVAÇÃO DE CISTOS DE ACANTHAMOEBA CASTELLANII E DE BACTÉRIAS**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2020.

CARVAJAL, R. A. R. **DESINFECÇÃO SOLAR DA ÁGUA: avaliação da técnica “SODIS” aplicada a águas de chuva, poço e manancial superficial, nas condições climáticas de verão na região de Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

World Health Organization. **GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: fourth edition incorporating the first and second addenda**. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA IGO. ISBN 978-92-4-004506-4

World Health Organization. **SAFE WATER, BETTER HEALTH. 2019 update**. Geneva: World Health Organization; 2019. Licence: CC BY-NC-SA IGO. ISBN 978-92-4-151689-1

PASCOAL, S. A.; LIMA, C. A. P.; SOUSA, J. T.; LIMA, G. G. C.; VIEIRA, F. F. **APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO UV ARTIFICIAL E SOLAR NO TRATAMENTO FOTOCATALÍTICO DE EFLUENTES DE CURTUME**. *Quim. Nova*, v. 30, n. 5, p. 1082-1087, 2007.1

CORDEIRO, A. C. S.; LEITE, S. G. F.; DEZOTTI, M. **INATIVAÇÃO POR OXIDAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE Escherichia coli E Pseudomonas sp**. *Quim. Nova*, v. 27, n. 5, p. 689-694, 2004

SILVA, L.; LIMA, G. D.; LIMA, C. A. **TRATAMENTO DE EFLUENTE CONTAMINADO POR FARMACOS, UTILIZANDO FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA ATIVADA POR TiO₂/ RADIAÇÃO SOLAR**. *Geographia Opportuno Tempore*, Londona, v. 10, n. 1, e50526, 2024. Disponível em: DOI: 10.5433/got.2024.v10.50526.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTIFICO: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed.** Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Recurso eletrônico. Disponível em: www.feevale.br/editora.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. **REVISÃO INTEGRATIVA: o que é e como fazer.** *Einstein (São Paulo)*, São Paulo, v. 8, n. 1 Pt 1, p. 102–106, 2010.