


CONTAMINAÇÃO EM AMBIENTES AQUÁTICOS E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO
CONTAMINATION IN AQUATIC ENVIRONMENTS AND TREATMENT TECHNOLOGIES <https://doi.org/10.63330/aurumpub.030-009>**Bruna de Jesus Souza**

Graduanda em Farmácia
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: b.brunadejesussouza@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5985-2948>

Cintia Stefhany Ripke Ferreira

Doutoranda em Química
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: cintiastefhany@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1055-6558>

Marina Melliny Guimarães de Freitas

Doutoranda em Ciência de Alimentos
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: marinamav3@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2225-8913>

Bruno Henrique Figueiredo Saqueti

Doutor em Ciência de Alimentos
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: bruno_saqueti@outlook.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1118-4605>

Catharina Buranello

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: buranellocatharina@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4862-7852>

Aline Fernanda Souza Lima

Graduanda em Farmácia
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: ra133453@uem.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9002-702X>

Carla Micaela Ripke Ferreira

Bacharel em Agronomia
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: carlripke@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6606-0116>



Marjorie Caroline Miura

Graduanda em Farmácia

Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Paraná

E-mail: Marjoriemiura460@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2334-1320>

Victoria de Sousa Gaspar

Graduanda em Farmácia

Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Paraná

E-mail: victoriagaspar1212@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6375-2717>

Oscar Oliveira Santos

Doutor em Química

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: oosjunior@uem.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-8480>

RESUMO

Antidepressivos são fármacos amplamente prescritos destinados ao tratamento de transtornos mentais, atuando na regulação do humor e da atividade neuroquímica. Dentre os antidepressivos mais consumidos se destaca o cloridrato de venlafaxina, pertencente à classe dos inibidores de recaptação de serotonina e noradrenalina (IRSN). Após a administração, esse composto e seus metabólitos podem ser eliminados por diferentes vias antrópicas em sua forma não metabolizada ou biologicamente ativa, alcançando águas residuais. A eficiência limitada dos métodos convencionais atuais de tratamento de água e efluentes contribui para a persistência deste fármaco no ambiente, o que o classifica como contaminante emergente, com potencial toxicidade para a biota aquática e riscos para a saúde humana. Diante desse cenário, o capítulo discute e revisa as principais técnicas de tratamento aplicáveis à remoção e degradação da venlafaxina em matrizes aquosas, com destaque para processos de adsorção, filtração por membranas, processos de oxidação avançada e em destaque o uso de radiação ultravioleta, isolada ou associada a agentes oxidantes, evidenciando a necessidade de avanços tecnológicos para uma remoção mais eficiente de contaminantes emergentes em corpos hídricos.

Palavras-chave: Tratamentos emergentes; Contaminação hídrica; Radiação ultravioleta.

ABSTRACT

Antidepressants are widely prescribed drugs used to treat mental disorders, acting to regulate mood and neurochemical activity. Among the most commonly used antidepressants is venlafaxine hydrochloride, which belongs to the class of serotonin and norepinephrine reuptake inhibitors (SNRIs). After administration, this compound and its metabolites can be eliminated by different anthropogenic pathways in their unmetabolized or biologically active form, reaching wastewater. The limited efficiency of current conventional water and wastewater treatment methods contributes to the persistence of this drug in the environment, classifying it as an emerging contaminant with potential toxicity to aquatic biota and risks to human health. Given this scenario, the chapter discusses and reviews the main treatment techniques applicable to the removal and degradation of venlafaxine in aqueous matrices, with emphasis on adsorption processes, membrane filtration, advanced oxidation processes, and the use of ultraviolet radiation, either alone or in combination with oxidizing agents, highlighting the need for technological advances for more efficient removal of emerging contaminants in water bodies.

Keywords: Emerging treatments; Water contamination; Ultraviolet radiation.

1 INTRODUÇÃO

Os transtornos mentais (TM) constituem um grupo de condições clínicas amplamente disseminadas e potencialmente incapacitantes. Clinicamente, podem ser caracterizados como transtornos de humor crônicos e recorrentes, que se manifestam por meio de um espectro sintomatológico complexo e abrange afetos negativos persistentes, como tristeza, culpa e pessimismo, além de alterações no apetite, dificuldades de concentração, redução da libido e aumento da irritabilidade, podendo impactar de forma substancial o funcionamento social, ocupacional e emocional do indivíduo (Ribeiro et al., 2014).

Segundo Leão *et al.* (2021) o tratamento dos transtornos mentais frequentemente envolve o uso de medicamentos psicotrópicos, os quais desempenham papel central na redução da sintomatologia e na melhoria da funcionalidade dos pacientes, sendo amplamente prescritos à população. Entre os tratamentos disponíveis, encontram-se os antidepressivos, dos quais a venlafaxina destaca-se como um dos mais utilizados. Este fármaco pertence à classe dos inibidores da recaptação de serotonina e noradrenalina (IRSN) (Valenzuela et al., 2023).

Entretanto, após a administração, a venlafaxina é extensamente metabolizada no organismo humano, tanto o fármaco original quanto seus metabólitos são excretados predominantemente pela via renal, sendo eliminados pela urina em formas parcialmente inalteradas ou conjugadas. Como consequência, essas substâncias podem alcançar os sistemas de esgotamento sanitário e, posteriormente, os corpos hídricos, uma vez que os sistemas convencionais de tratamento de esgoto e de água são ineficazes na remoção completa de compostos farmacêuticos (Khute; Jangde, 2023).

Deste modo, a presença da venlafaxina e de seus metabólitos tem sido relatada em ambientes aquáticos, levantando preocupações quanto à contaminação da água e aos potenciais efeitos ecotoxicológicos sobre organismos aquáticos, bem como ao risco de exposição crônica da população humana por meio da água destinada ao consumo. Este cenário reforça a necessidade de aprimoramento das tecnologias de tratamento de efluentes e do uso racional de medicamentos, bem como do descarte adequado de resíduos farmacêuticos (Best et al., 2014; Formagini et al., 2025).

Técnicas de tratamento em corpos hídricos se tornam essenciais, pois, a água constitui um recurso fundamental para a sobrevivência humana. De um modo geral, os tratamentos têm como finalidade assegurar a qualidade e prevenir complicações à saúde quando associados à ingestão de uma água imprópria (Sharma; Bhattacharya, 2017).

Nesse contexto, existem inúmeros tratamentos amplamente aceitos por órgãos regulamentadores devido à alta capacidade desinfetante e de degradação (Demirduz et al., 2022). Dentre eles, é possível citar as técnicas de adsorção, filtração por membrana, processos de oxidação avançada, e o processamento emergente de radiação ultravioleta. Destaca-se a técnica de radiação ultravioleta (UV) por seu caráter não-térmico, sua elevada eficiência germicida, baixo custo, sendo uma estratégia interessante a ser estudada que



está se tornando um processamento de desinfecção com crescimento acelerado para o tratamento de águas (Cardoso et al., 2025; Ferreira et al., 2025; Montazeri; Hejazi; Taghipour, 2025).

2 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma revisão bibliográfica narrativa acerca dos contaminantes emergentes, com foco na venlafaxina e nos métodos de degradação e remoção desse composto de águas residuais. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão de trabalhos previamente descritos na literatura, utilizando-se uma abordagem metodológica qualitativa como descrito por Pereira et al. (2018), em bases de dados eletrônicas como *Google Scholar*, *PubMed* e *ScienceDirect*. As palavras-chave utilizadas foram: *venlafaxine*, *antidepressants in water*, *water treatment*, *ultraviolet radiation for water treatment* e *advanced oxidation processes*. Foram incluídos estudos publicados entre 2012 e 2025 (últimos treze anos), nos idiomas português e inglês, considerados relevantes para o tema em estudo. Como critério de exclusão, adotou-se a incompatibilidade dos trabalhos com o assunto abordado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MÉTODOS DE TRATAMENTO

3.1.1 Adsorção

A adsorção é um processo físico-químico no qual íons ou moléculas (adsorvato) são absorvidos por um componente presente no meio (adsorvente) em que está inserido. É reconhecida uma ampla variedade de adsorventes, como as nanopartículas de óxido metálico e carvão ativado (Lin et al., 2024; Noornama et al., 2024).

Entretanto, a eficiência do método depende de variáveis como o pH, a porosidade, o grupo químico presente na superfície do adsorvente e a área superficial livre (Mousazadehgavan et al., 2024). Baseando-se nas forças intermoleculares geradas entre a molécula e/ou íon e o adsorvente, a adsorção pode ser química ou física. Na adsorção química há formação de novas ligações químicas, geralmente irreversíveis, sendo as principais, as ligações covalentes, interações eletrostáticas e interações de dipolo. Por sua vez, na adsorção física, ocorrem interações fracas, como as ligações de hidrogênio, forças de Van der Waals e atrações eletrostáticas (Lin et al., 2024).

3.1.2 Filtração por membrana

A filtração por membrana consiste em um processo amplamente utilizado no tratamento de água para mitigação ou diminuição da quantidade de partículas e/ou resíduos químicos ou biológicos, como bactérias, vírus, parasitas e produtos farmacêuticos, inclusive os antidepressivos (Mao, 2016; Martínez et al., 2023). As membranas aparecem como itens indispensáveis para atingir uma separação meticulosa,

configurando-se como respostas flexíveis e interessantes para variados empregos na indústria. Destacam-se, na tecnologia de membranas, as membranas de cerâmica e de polímero (Omar et al., 2024).

As membranas cerâmicas geralmente possuem valores maiores devido ao seu custo de produção e das matérias-primas, oferecendo diferentes vantagens, como por exemplo, resistência térmica e química, maior estabilidade frente a solventes orgânicos, tornando-as mais adequadas para aplicações mais rigorosas. As cerâmicas, normalmente, são produzidas a partir de materiais inorgânicos como a sílica (SiO_2), o titânio (TiO_2), a alumina (Al_2O_3) e a zircônia (ZrO_2) (Omar et al., 2024). As membranas poliméricas, por outro lado, atuam na eliminação de macromoléculas e partículas carregadas dissolvidas, sendo utilizadas em processos como tratamento de água salina e retirada de resíduos orgânicos e inorgânicos de efluentes (Seah et al., 2024).

Dentre as principais vantagens deste método estão incluídas a não necessidade de compostos químicos, pouca geração de resíduos, grande eficiência e a não formação de produtos de reações nocivos. Contudo, têm-se também certas desvantagens, uma vez que, se torna necessária a adição de uma etapa para deteriorar o resíduo da água (Martínez et al., 2023).

3.1.3 Processos de Oxidação Avançada

Processos de oxidação avançada (POA) são processos químicos pelos quais resíduos presentes na água são oxidados por meio de radicais hidroxila, gerando produtos menos nocivos ou de fácil manejo (Martínez et al., 2023). Os POAs compreendem duas etapas elementares, a síntese de fortes oxidantes e, logo após, a reação dos mesmos com agentes orgânicos encontrados na água (Dhamorikar et al., 2024).

Moléculas oxidantes de alta reatividade, como por exemplo, os radicais hidroxila, são eficientes para deteriorar resíduos orgânicos presentes em água. O grupo hidroxila possui apenas um elétron em sua camada de valência, portanto, busca se estabilizar por adição ao composto ou por retirada de um elétron do mesmo. Por ser considerado um oxidante não seletivo, forte e reativo é apto para a deterioração de diferentes resíduos orgânicos (Dhamorikar et al., 2024).

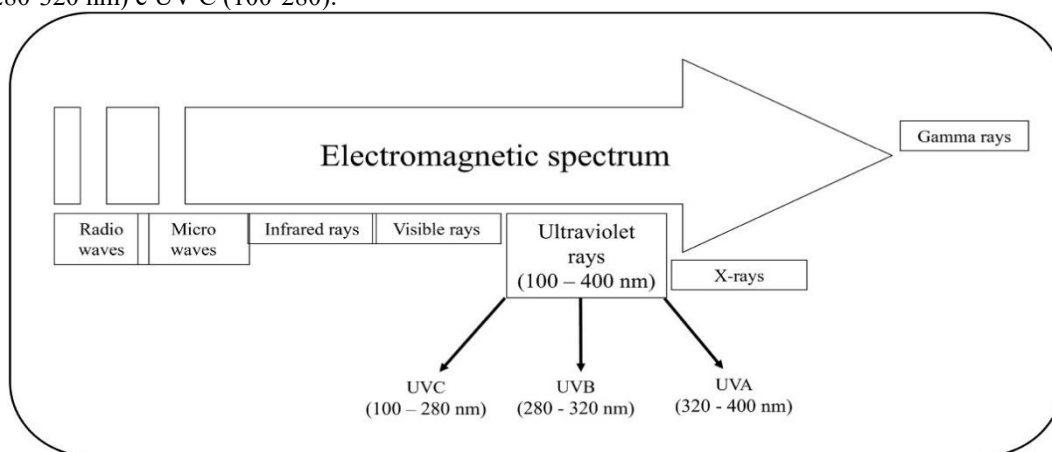
A depender do mecanismo utilizado para introduzir os radicais hidroxila, têm-se processos de POA distintos, a exemplo, a química de Fenton, por meio da reação com peróxido de hidrogênio e sulfato ferroso, a oxidação eletroquímica, a sonólise, que utiliza irradiação ultrassônica para produzir radicais hidroxila, e a ozonização com participação de O_3 , sendo um dos processos mais relatados entre os POAs (Dhamorikar et al., 2024; Martínez et al., 2023).

Dentre as principais vantagens desse método, observam-se a estabilidade química elevada, grande eficiência oxidativa, não gerar poluentes derivados e alta capacidade para tratar diversos contaminantes. Paralelamente, os altos custos operacionais, uso energético exacerbado, bem como o uso de produtos químicos complementares são desvantagens citadas (Dhamorikar et al., 2024).

3.1.4 Radiação Ultravioleta

O tratamento com radiação UV é um processo de fotodegradação, em que se utiliza a radiação ultravioleta como fonte energética para clivagem de moléculas de Poluentes contidos em água, transformando-os, geralmente, em compostos menos agressivos (Martínez et al., 2023). A Figura 1 abaixo, descreve dentro do espectro eletromagnético a faixa de radiação ultravioleta com suas subdivisões em UV-A (320 a 400 nm), UV-B (280-320 nm) e UV-C (100-280). Isto torna-se fundamental no tratamento de águas e efluentes, pois, em especial na região de 254 nm em UV-C encontra-se o máximo de eficiência germicida ideal para inativação bacteriana indesejável em matriz de água potável (Bigi et al., 2023; Ochoa-Velasco et al., 2020).

Figura 1. Espectro eletromagnético destacando a região de comprimento de onda UV e suas subdivisões em UV-A (320 a 400 nm), UV-B (280-320 nm) e UV-C (100-280).



Fonte: Adaptado de Saha et al. (2024).

Nesse contexto, a radiação ultravioleta é um método que tem se popularizado para a purificação eficiente da água por baixa formação de subprodutos, de maneira que em forma avançada pode ser empregado para deterioração de micropoluentes através de foto-oxidação ou fotólise (Demissie et al., 2023; Sun et al., 2023).

Já em sua forma avançada, a radiação ultravioleta é associada a processos de oxidação avançada (UV-POAs), no qual a mesma é vinculada a oxidantes capazes de gerar uma diversidade de radicais livres com alta capacidade reativa e de remoção de impurezas quando comparados aos métodos de oxidação única (Sun et al., 2023).

3.1.4.1 Processo por UV/NH₂Cl

O método UV/NH₂Cl (monocloramina) é um processo em crescimento, e tem atraído atenção por formar radicais hidroxila (OH•), espécies reativas de nitrogênio e espécies reativas de cloro, responsáveis por tornar a abordagem mais eficiente na degradação de produtos farmacêuticos. A cloramina, é



caracterizada por ser um desinfetante de duração prolongada e menor atividade reativa que o cloro, dessa forma, pode ser considerada uma substituta ao cloro, podendo diminuir as taxas de subprodutos. Em condições diferenciadas, o cloro pode sofrer diferentes reações de substituição com as aminas para formar cloroaminas inorgânicas, como as tricloraminas (NCl_3), dicloraminas (NHCl_2) e monocloraminas (NH_2Cl) (Sun et al., 2023).

Essa tecnologia apresenta diferentes vantagens, como a fácil aplicação, a partir de alterações simples em locais de tratamento de água para uso de lâmpadas UV, a estabilidade consistente e viabilidade econômica do NH_2Cl como agente desinfetante e a formação dos oxidantes de alta atividade reativa já mencionados que podem reagir com diversos contaminantes orgânicos e inorgânicos, em altas taxas reacionais (Cao et al., 2021). Apesar disso, o pH e a razão de molaridade do cloro para a amônia podem resultar na variação de produção de cloraminas inorgânicas, o que pode ser considerado uma desvantagem (Sun et al., 2023).

3.1.4.2 Processo por UV/ Cl_2

O método UV/ Cl_2 parte da combinação de irradiação UV e cloro livre (Sun et al., 2023). Durante esse processo, ocorre a fotólise UV de HOCl e OCl^- , que gera agentes reativos como os radicais hidroxila (OH^\bullet) e cloro (Cl^\bullet). O radical Cl^\bullet formado reage com os íons de cloro, comumente presentes em soluções de HOCl/OCl^- , produzindo o radical $\text{Cl}_2^{\bullet-}$. Ambos, Cl^\bullet e $\text{Cl}_2^{\bullet-}$, são fortes agentes oxidantes, sendo Cl^\bullet um oxidante seletivo (Fang; Fu; Shang, 2014).

Diferentemente das abordagens tradicionais de oxidação avançadas com base em radicais hidroxila, este sistema forma diferentes radicais primários e secundários, e, como já relatado, espécies reativas de cloro, que possuem aspectos distintos e grande importância na eliminação de poluentes (Sun et al., 2023).

Esse processo se mostra vantajoso pela degradação eficiente de microcontaminantes que persistem em processos mais simples de degradação (Sun et al., 2023). Além disso, oferece diversas barreiras na descontaminação de água potável aliada a defesa residual nas redes de distribuição de água (Fang; Fu; Shang, 2014).

3.1.4.3 Processo por UV/ ClO_2

O tratamento com UV/ ClO_2 é um método recente de UV-POA, sendo que a capacidade do ClO_2 de se combinar com a UV é demonstrada por sua banda de alta absorção em uma região aproximada ao UV (Sun et al., 2023). Além de ser um desinfetante altamente eficiente, que realiza oxidação de maneira seletiva de grupos funcionais característicos como aminas terciárias e fenóis, o ClO_2 , pode ser utilizado em faixas de pH maiores, é formado no local de tratamento e são necessárias concentrações menores quando comparada ao Cl_2 (Hörsing et al., 2012; Misheer; Ndungu; Pretorius, 2024).



Este composto, possui capacidade de estiramento assimétrico de moléculas, fazendo com que a quebra da ligação O-ClO seja mais fácil, e haja formação de oxigênio em estado de excitação ($1O_2$). O $1O_2$ é uma espécie reativa de oxigênio (ROS) não radicalar e com propriedade oxidante, por isso, tem papel crucial ao oxidar contaminantes orgânicos e no tratamento de água, podendo levar a grande diferença no processo reacional e de geração de subprodutos (Sun et al., 2023).

O ClO_2 possui distintas vantagens, como maior eficiência na baixa geração de subprodutos de desinfecção (DBPs) com presença de halogênios, quando comparados aos processos associados a cloração e cloraminas, por sua vez, em comparação com técnicas como O_3 , gera também, produtos menos tóxicos (Hörsing et al., 2012; Sun et al., 2023).

Entretanto, são descritas algumas desvantagens, incluso a geração de clorato e clorito, que são relatados como subprodutos tóxicos a serem supervisionados de acordo com os parâmetros de qualidade de água da Organização Mundial da Saúde (Misheer; Ndungu; Pretorius, 2024).

3.1.4.4 Processo por UV/ H_2O_2

O processo de irradiação UV associado ao peróxido de hidrogênio (H_2O_2), geralmente é mais eficaz, uma vez que H_2O_2 é um forte oxidante, que ao se dissociar, a partir da irradiação UV, produz radicais hidroxila e quando comparado ao ozônio possui fácil operação. Os radicais hidroxila podem reagir e romper as ligações de contaminantes, levando a geração de compostos menos nocivos, sendo essa uma das vantagens deste método (García-Galán et al., 2016; Sun et al., 2023).

Apesar disso, H_2O_2 é descrito como danoso ao ambiente, por isso deve ser totalmente em radicais para que seus impactos negativos sejam menores. Portanto, as propriedades e características da água que será tratada podem influenciar de maneira considerável a avaliação e determinação da dose de radiação UV necessária para alcançar a degradação eficaz dos contaminantes (Marino et al., 2024).

Nesse âmbito, os métodos de tratamento de água discutidos neste capítulo apresentam mecanismos distintos, vantagens específicas e limitações inerentes às suas aplicações que ajudam a consolidar uma base teórica essencial para novos estudos promissores frente ao tratamento da água potável. É válido ressaltar ainda que, a escolha do método mais adequado depende de vários fatores imprescindíveis relacionados a característica da água, natureza de seus contaminantes, bem como aos requisitos operacionais e ambientais envolvidos.

4 CONCLUSÃO

A presente revisão bibliográfica evidenciou os impactos decorrentes da presença de contaminantes emergentes como os antidepressivos, nos quais a venlafaxina encontrou-se como um dos medicamentos mais prescritos mundialmente. Nesta linha de pensamento, foram encontradas bibliografias que



demonstraram o avanço e as limitações das técnicas atuais mais utilizadas para o tratamento de corpos hídricos, com o intuito de atender as especificações regulamentatórias mundiais e fornecer o melhor processamento de água. A partir da análise dos materiais, elucidou-se que processos como a adsorção e a filtração por membranas se destacam pela eficiência na remoção física de contaminantes, enquanto os processos de oxidação avançada e a radiação ultravioleta quando relacionados a agentes oxidantes, potencializam a degradação química de micropoluentes persistentes, logo, torna-se fundamental mais estudos para aprovação e aprimoramento de diferentes condições que potencializam uma remoção eficiente de contaminantes emergentes em matrizes aquosas.



REFERÊNCIAS

- BEST, C. et al. Environmental levels of the antidepressant venlafaxine impact the metabolic capacity of rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, v. 155, n. 1, p. 190–198, 2014.
- BIGI, F. et al. Non-thermal techniques and the “hurdle” approach: How is food technology evolving? *Trends in Food Science and Technology*, v. 132, n. 2023, p. 11–39, 2023.
- CAO, Y. et al. Mechanism, kinetics and DBP formation of UV/NH₂Cl process on contaminant removal in aqueous solution: A review. *Chemical Engineering Journal*, v. 420, n. P3, p. 130405, 2021.
- CARDOSO, A. et al. Innovation in venlafaxine detection: Development and application of electroanalytical method using a boron-doped diamond electrode and performance comparison with UHPLC-MS/MS. *Talanta*, v. 293, n. 1, p. 127988–127997, 2025.
- DEMIRDUZ, H. et al. O₃/H₂O₂ and UV-C light irradiation treatment of oil sands process water. *Science of the Total Environment*, v. 832, n. November 2021, 2022.
- DEMISSIE, N. et al. Degradation of 75 organic micropollutants in fresh human urine and water by UV advanced oxidation process. *Water Research*, v. 242, n. June, 2023.
- DHAMORIKAR, R. S. et al. Review on integrated advanced oxidation processes for water and wastewater treatment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v. 138, n. April, p. 104–122, 2024.
- FANG, J.; FU, Y.; SHANG, C. The roles of reactive species in micropollutant degradation in the UV/free chlorine system. *Environmental Science and Technology*, v. 48, n. 3, p. 1859–1868, 2014.
- FERREIRA, C. S. R. et al. Optimized application of UV-C radiation in human milk: Combined effects on microbiological control of total coliforms and *Lactobacillus* spp., and the quality of fatty acids and minerals. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 141, n. 1, p. 107332–107341, 2025.
- FORMAGINI, L. et al. Psychotropic pharmaceuticals in aquatic environments : Occurrence and analytical challenges. *Science of the Total Environment*, v. 998, n. 1, p. 1–16, 2025.
- GARCÍA-GALÁN, J. J. et al. UV/H₂O₂ degradation of the antidepressants venlafaxine and O-desmethylvenlafaxine: Elucidation of their transformation pathway and environmental fate. *Journal of Hazardous Materials*, v. 311, p. 70–80, 2016.
- HÖRSING, M. et al. Fate of citalopram during water treatment with O₃, ClO₂, UV and fenton oxidation. *Chemosphere*, v. 89, n. 2, p. 129–135, 2012.
- KHUTE, S.; JANGDE, R. K. Optimization of Nasal Liposome Formulation of Venlafaxine Hydrochloride using a Box-Behnken Experimental Design. *Current Therapeutic Research*, v. 99, p. 100714, 2023.
- LEÃO, F. V. G. et al. Use of psychotropic drugs among workers on leave due to mental disorders. *Einstein*, v. 19, n. 1, p. 1–8, 2021.
- LIN, Q. et al. Adsorption and separation technologies based on supramolecular macrocycles for water treatment. *Eco-Environment and Health*, v. 3, n. 3, p. 381–391, 2024.



- MAO, N. Nonwoven fabric filters. *Advances in Technical Nonwovens*, p. 273–310, 2016.
- MARINO, L. et al. Online control of UV and UV/H₂O₂ processes targeted for the removal of contaminants of emerging concern (CEC) by a fluorescence sensor. *Journal of Hazardous Materials*, v. 480, n.1, 2024.
- MARTÍNEZ, S. A. H. et al. Environmental concerns and bioaccumulation of psychiatric drugs in water bodies – Conventional versus biocatalytic systems of mitigation. *Environmental Research*, v. 229, n. 1, p. 1–17, 2023.
- MISHEER, N.; NDUNGU, P. G.; PRETORIUS, J. A. Semi-empirical supported, Ab initio derived thermodynamic properties for ClO₂ and its sub and extended species, applied in water treatment cycles. *Heliyon*, v. 10, n. 20, p. e38796, 2024.
- MONTAZERI, M. M.; HEJAZI, S. A.; TAGHIPOUR, F. Ultraviolet light-emitting diode (UV-LED) water disinfection photoreactors : A review. *Journal of Environmental Management*, v. 386, n.1, p. 125678, 2025.
- MOUSAZADEHGAVAN, M. et al. Fate of micro- and nanoplastics in water bodies: A critical review of current challenges, the next generation of advanced treatment techniques and removal mechanisms with a special focus on stormwater. *Journal of Water Process Engineering*, v. 67, n.1, p. 106159, 2024.
- NOORNAMA et al. Innovative solutions for the removal of emerging microplastics from water by utilizing advanced techniques. *Marine Pollution Bulletin*, v. 206, n.1, p. 116752, 2024.
- OCHOA-VELASCO, C. et al. Mathematical Modeling Used to Evaluate the Effect of UV-C Light Treatment on Microorganisms in Liquid Foods. *Food Engineering Reviews*, v. 12, n. 3, p. 290–308, 2020.
- OMAR, N. M. A. et al. Recent strategies for enhancing the performance and lifespan of low-cost ceramic membranes in water filtration and treatment processes: A review. *Journal of Water Process Engineering*, v. 62, n.1, p. 105399, 2024.
- PEREIRA, A. et al. Metodologia da pesquisa científica. [eBook]. Santa Maria.Ed. UAB / NTE / UFSM. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1, 2018.
- RIBEIRO, A. G. et al. Antidepressivos: Uso, adesão e conhecimento entre estudantes de medicina. *Ciencia e Saude Coletiva*, v. 19, n. 6, p. 1825–1833, 2014.
- SAHA, B. et al. A comprehensive review of ultraviolet radiation and functionally modified textile fabric with special emphasis on UV protection. *Heliyon*, v. 10, n. 22, p. 1–14, 2024.
- SEAH, M. Q. et al. Advancements in polymeric membranes for challenging water filtration environments: A comprehensive review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 12, n. 3, p. 112628, 2024.
- SHARMA, S.; BHATTACHARYA, A. Drinking water contamination and treatment techniques. *Applied Water Science*, v. 7, n. 3, p. 1043–1067, 2017.
- SUN, W. et al. Ultraviolet (UV)-based advanced oxidation processes for micropollutant abatement in water treatment: Gains and problems. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 11, n. 5, p. 110425, 2023.



VALENZUELA, L. et al. Carbon nitride – PVDF photocatalytic membranes for visible-light degradation of venlafaxine as emerging water micropollutant. *Catalysis Today*, v. 418, n. 1, p. 11402–11412, 2023.