

SISTEMA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL (SCWO+ADSORÇÃO+OZONIZAÇÃO): ANÁLISE PRIMÁRIA - OXIDAÇÃO EM ÁGUA SUPERCRÍTICA

**Lorena Cruz Franco¹, Leandro Ferreira Pinto², Mara Heloísa N. Olsen Scaliante³, Luis
Fernando Cusioli⁴**

¹*Departamento de engenharia química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá -
PR, Brasil (pg406363@uem.br)*

²*Departamento de engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho: Rosana, São
Paulo, Brasil (leandro.f.pinto@unesp.br)*

³*Departamento de engenharia química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá -
PR, Brasil (mhnoscaliante2@uem.br)*

⁴*Departamento de engenharia química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá -
PR, Brasil (lfcusioli@uem.br)*

Resumo: Corantes têxteis geralmente possuem compostos recalcitrantes resistentes a tratamentos convencionais. O trabalho avalia a oxidação em água supercrítica (SCWO) de efluente sintético com Remazol vermelho RB 133% (0,2-0,6 g/L) a 250 bar e 600-700°C. A 700°C e 0,2 g/L obteve-se inicialmente boa remoção de cor aparente e melhor DQO. A 600°C houve fragmentação com elevação da DQO. A SCWO demonstra eficiência parcial na mineralização, exigindo etapas complementares de tratamento para remoção completa da carga orgânica.

Palavras-chave: Oxidação em água supercrítica; Efluente têxtil; Corante têxtil; Remazol Vermelho RB 133%; TAOs

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida, seja para o desenvolvimento socioeconômico ou para o equilíbrio dos ecossistemas. O ciclo da água promove sua renovação; no entanto, a quantidade de água é a mesma. A ONU (Organização das Nações Unidas) sempre debate sobre a água ser o recurso natural mais degradado pelo homem. Apesar de cobrir cerca de 71% da superfície terrestre, a água disponível em condições adequadas para uso humano e industrial representa uma porcentagem muito menor em relação ao total global (RODRIGUES et al., 2020, p. 125).

Nesse cenário de escassez crescente, impulsionado pelas mudanças climáticas, crescimento populacional e pressão industrial, a gestão sustentável dos recursos hídricos torna-se um imperativo ético, ambiental e tecnológico. A poluição hídrica por efluentes industriais constitui uma das principais ameaças à qualidade da água, especialmente quando proveniente de setores intensivos em consumo e geradores de compostos recalcitrantes, como a indústria têxtil (TUCCI, 2008, p. 100).

O setor têxtil é uma das atividades industriais mais antigas e economicamente relevantes no mundo, empregando milhões de pessoas e movimentando bilhões de dólares anualmente. No Brasil, esse segmento desempenha papel estratégico na economia,

visto que todos têm a necessidade de ter roupas e têxteis funcionais, sendo responsável por significativa parcela das exportações manufaturadas (GASI et al., 2025, p. e13499).

Entretanto, seu processo produtivo é notoriamente intensivo nos gastos e uso de água e energia, especialmente nas etapas de preparação, tingimento, acabamento e lavagem dos tecidos. Estima-se que, para produzir poucos quilogramas de tecido, sejam consumidos entre 100 e 200 litros de água, dependendo do tipo de fibra e processo aplicado. Em escala global, a indústria têxtil consome aproximadamente bilhões de m³ de água por ano, contribuindo com grande parte dos efluentes líquidos industriais lançados em corpos d'água (XAVIER FERREIRA et al., 2019, p. 125) (MARQUES; DA CONCEIÇÃO, 2022, p. 200).

Esses efluentes são caracterizados por alta carga orgânica, elevada coloração, variabilidade de pH, presença de sais inorgânicos (como cloretos e sulfatos) e substâncias tóxicas, incluindo corantes sintéticos, surfactantes, agentes complexantes e solventes. Dentre os contaminantes estão os corantes azoicos, que são um dos corantes mais utilizados na indústria têxtil. Além disso, a degradação parcial desses compostos pode gerar aminas aromáticas, muitas das quais são classificadas como carcinogênicas e mutagênicas, representando riscos



sérios à saúde humana e à biodiversidade aquática (SOUZA; PERALTA-ZAMORA, 2006, p. 18).

Os sistemas tradicionais de tratamento de efluentes, predominantemente baseados em processos biológicos aeróbios ou anaeróbios, frequentemente mostram-se ineficazes para a remoção completa de compostos em efluentes têxteis mais complexos. A alta salinidade e a toxicidade inibem a atividade microbiana, reduzindo a eficiência do sistema e exigindo pré-tratamentos adicionais (FORGIARINI et al., 2020, p. 35).

Processos físico-químicos, como coagulação-floculação e adsorção com carvão ativado comercial, conseguem remover cor e matéria orgânica dissolvida, mas geram lodos secundários e não promovem a mineralização dos poluentes, apenas a sua transferência de fase. Diante dessas limitações, torna-se indispensável o desenvolvimento de tecnologias avançadas capazes de degradar esses contaminantes orgânicos com mais eficiência, garantindo segurança ambiental e possibilidade de reuso das águas (SILVA; GAVAZZA; ARAÚJO, 2022, p. 1231).

Nesse contexto, as Tecnologias de Oxidação Avançada (TAOs) emergem como alternativas promissoras, por atuarem com radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$), espécies altamente reativas e não seletivas, capazes de oxidar uma ampla gama de compostos orgânicos até CO_2 , H_2O e íons inorgânicos. Também ganham destaque na eliminação (mineralização de componentes de cunho danoso ou tóxico), já que trabalham destruindo essas moléculas. Uma das fontes mais comuns de radicais ($\bullet\text{OH}$) seria o peróxido de hidrogênio (H_2O_2); ele se decompõe na presença de íons metálicos, de óxidos semicondutores ou por irradiação com luz ultravioleta (UV). Dessa forma, os radicais ($\bullet\text{OH}$) são bastante reativos e fortes como oxidantes, podendo então mineralizar contaminantes orgânicos com reações sucessivas de oxidação e também, em alguns casos, desenvolverem intermediários ou subprodutos de grau toxicológico mais elevado do que os originais (SALGADO et al., 2009, p. 4).

Entre essas tecnologias, uma das ideias promissoras é a oxidação em água supercrítica (Supercritical Water Oxidation – SCWO), um processo termo-oxidativo extremo que ocorre em temperaturas superiores a 374°C e pressões acima de 22,1 MPa, condições nas quais a água entra em um estado supercrítico com propriedades únicas (DA SILVA et al., 2025, p. e76520). E, diferente dos processos convencionais, gera maiores produtos e subprodutos que podem ser reutilizáveis, como seus minerais, água mais limpa, metais e até mesmo calor para uso em produção de energia.

Estudos recentes também mostram que essa tecnologia tem se mostrado bastante eficiente ao ser aplicada para tratamento de lodos residuais, na DQO, para gaseificação. Essa homogeneidade permite reações de oxidação extremamente rápidas e eficientes, com taxas de destruição superiores a 99% para compostos orgânicos, inclusive corantes têxteis (CÁRDENAS TORRADO; MOLINA PÉREZ, 2022, p. 205).

Apesar do alto potencial, o processo SCWO apresenta desafios técnicos, como corrosão de materiais, formação de incrustações e alto consumo energético, especialmente quando aplicado com o objetivo de mineralização total. Seus ambientes de SCWO podem variar de ácidos a alcalinos e são extremamente corrosivos para a maior parte das ligas metálicas. Por exemplo, ligas à base de níquel sofrem com fissuras quando submetidas a certas condições, principalmente em condições subcríticas, com a fase líquida ainda estável, mas a uma temperatura e pressão elevadas (logo abaixo do ponto crítico). E a agressividade pode ser ainda maior com compostos orgânicos que contêm cloretos (REBAK, 2011).

Além disso, em certas condições operacionais, pode gerar subprodutos indesejados, como óxidos de nitrogênio (NO_x) ou ácidos halogenados. Assim, operar o SCWO com foco em degradação parcial seletiva, quebrando moléculas complexas em fragmentos menores, mais biodegradáveis ou que podem ser adsorvidos, pode representar uma estratégia mais eficiente energeticamente, principalmente quando integrada a um pós-tratamento complementar (AGHAEI et al. 2023, p. 385).

Nesse ponto temos a adsorção com carvão ativado, especialmente quando derivado de biomassas residuais, em que compostos residuais que não teriam um descarte adequado para o meio ambiente são utilizados na produção desse material. O carvão ativado é um dos adsorventes mais eficazes, destacando-se em processos de purificação, filtração, desodorização e separação. Carvão ativado se faz um bom adsorvente por diversos fatores, como sua grande área superficial, alta pureza, natureza microporosa, elevada capacidade e fácil disponibilidade. Pode ser aplicado em diferentes usos, dentre eles o tratamento de água, clarificação de produtos, fabricação de bebidas, purificação de gases, extração de metais, tratamentos de efluentes e diversos outros (HEYLMANN et al., 2021, p. 488).

Contudo, também tem suas limitações para uma aplicação em larga escala. Uma solução sustentável é a produção de carvão ativado a partir de resíduos agroindustriais abundantes e de baixo valor agregado, como casca de pequi, bambu, a casca do babaçu (*Orbignya phalerata*), uma palmeira nativa da

Amazônia brasileira cuja produção gera milhares de toneladas de resíduo anualmente. O coco babaçu é típico das regiões Norte e Nordeste do Brasil; trata-se de uma palmeira de grande porte, na qual algumas comunidades rurais dependem da sua extração e comercialização dos derivados. A casca do babaçu tem alto teor de carbono, tornando-a uma excelente matéria-prima para a produção de carvão ativado (ROLIM et al., 2024, p. e7099).

Portanto, diante da necessidade de soluções avançadas e sustentáveis para o tratamento de efluentes têxteis, este trabalho propõe um sistema integrado composto por quatro fases: (1) oxidação em água supercrítica; (2) adsorção com carvão ativado de babaçu aplicada aos efluentes provenientes das condições de melhor e pior remoção obtidas na fase anterior; (3) etapa complementar com aplicação de ozonização; e (4) integração do processo completo, comparando os cenários de máxima e mínima eficiência ao longo das etapas. Essa abordagem permite avaliar a sinergia entre tecnologias avançadas, maximizando a remoção de poluentes recalcitrantes. As análises físico-químicas, DQO, turbidez, cor, pH, sólidos totais, condutividade, garantindo confiabilidade e robustez aos resultados.

Portanto, diante da necessidade de soluções avançadas e sustentáveis para o tratamento de efluentes têxteis, este trabalho propõe um sistema integrado composto por quatro fases: (1) oxidação em água supercrítica; (2) adsorção com carvão ativado de babaçu aplicada aos efluentes provenientes das condições de melhor e pior remoção obtidas na fase anterior; (3) etapa complementar com aplicação de ozonização; e (4) integração do processo completo, comparando os cenários de máxima e mínima eficiência ao longo das etapas. Essa abordagem permite avaliar a sinergia entre tecnologias avançadas, maximizando a remoção de poluentes recalcitrantes. As análises físico-químicas, DQO, turbidez, cor, pH, sólidos totais, condutividade, garantindo confiabilidade e robustez aos resultados.

MATERIAL E MÉTODOS

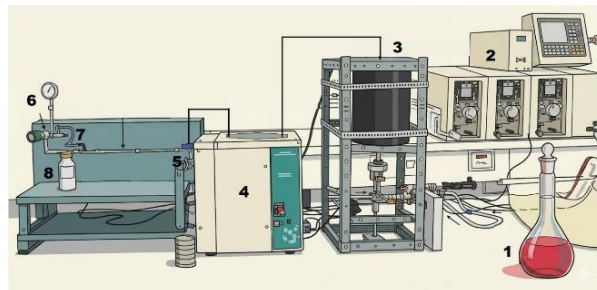
Constituída em sete experimentos, fatorial 2^2 com três repetições no ponto central, os ensaios feitos em um reator contínuo de oxidação em água supercrítica, operando acima do ponto crítico da água ($T > 374^\circ\text{C}$, $P > 22,1\text{ MPa}$) conforme padrão da tecnologia SCWO. Onde alternou-se as condições experimentais (com exceção da pressão, mantida a 250 bar) afim de analisar em qual condição o sistema operou melhor e obteve os melhores resultados.

As variáveis independentes estudadas foram:

- Concentração de corante sintético: 0,2 g/L, 0,4 g/L e 0,6 g/L

- Temperatura do reator: 600°C , 650°C e 700°C

A figura 2 mostra o aparato experimental.



Fonte: Próprio autor.

O aparato é montado em sete partes, onde:

1. Amostra de efluente.
2. Bomba e o controlador
3. Reator
4. Banho ultratermostático
5. Válvula de liberação 1
6. Manômetro (e válvula de estrangulamento)
7. Válvula de liberação 2
8. Coleta

Utilizou-se efluente sintético a base de corante têxtil Remazol vermelho RB 133%.

Após esses experimentos, variando a temperatura e concentração de corante, analisa-se o efluente de saída, em DQO, Turbidez, Cor, pH, Sólidos Totais e Condutividade. Com base nos resultados da Fase 1, foram identificadas as condições de melhor e pior remoção, que serviram de base para as etapas subsequentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente foi preparado com corante Remazol Vermelho RB em três concentrações distintas (0,2; 0,4 e 0,6 g/L), simulando condições típicas de descarte industrial, mesmo que mais simples. A cor inicial variou de 2.300 a 2.610 PCU (para 0,2 g/L), 4.620 a 4.752 PCU (para 0,4 g/L) e 7.470 a 7.614 PCU (para 0,6 g/L), conforme cálculos de fator de diluição descritos na Eq 1 e Eq 2. O pH inicial oscilou entre 5,35 e 5,94, indicando leve acidez, enquanto a DQO variou de 175 mg/L (0,2 g/L) a 627 mg/L (0,4–0,6 g/L), refletindo o aumento da carga orgânica com a concentração do corante.

Esses valores estão alinhados com a literatura: efluentes têxteis sintéticos com corantes azoicos frequentemente apresentam alta coloração ($>1.000\text{ PCU}$) e DQO elevada, mesmo em baixas concentrações de corante, devido à presença de auxiliares de tingimento e sais inorgânicos.



$$FD = \frac{\text{Volume Final(Amostra + Diluente)}}{\text{Volume da Amostra Inicial}} \quad (1)$$

$$\text{Cor final} = \text{Leitura do equipamento} \times FD \quad (2)$$

A maior eficiência de remoção de cor foi observada tanto em 700 °C (Exp. 1) quanto em 600 °C (Exp. 3 refeito), com valores superiores a 80%. Isso sugere que, mesmo em temperaturas mais baixas, a SCWO pode ser eficaz quando as condições hidrodinâmicas e de tempo de residência são otimizadas, hipótese reforçada pela repetição dos experimentos 3, 4 e 6, que mostraram melhora significativa na consistência dos resultados.

A DQO aumentou em alguns casos iniciais (ex.: Exp. 3 original: 175 → 506 mg/L), o que é compatível com a formação de intermediários oxidáveis durante a degradação parcial do corante, fenômeno amplamente relatado em processos oxidativos avançados. Mas a DQO do experimento 3 será refeita para nova avaliação do resultado.

*A eficiência foi calculada de acordo com a Eq 3, utilizando a média dos resultados, realizados em triplicata.

$$\text{Eficiência (\%)} = \left(1 - \frac{\text{CorSaida}}{\text{Corentrada}}\right) \times 100 \quad (3)$$

CONCLUSÃO

A oxidação em água supercrítica (SCWO) demonstrou ser uma tecnologia eficaz na degradação parcial de efluentes têxteis sintéticos contendo Remazol Vermelho RB, mesmo na ausência de outro oxidante externo. Os ensaios, conduzidos a 250 bar e temperaturas entre 600 °C e 700 °C, resultaram em remoção de cor superior a 80% nas melhores condições operacionais, especificamente no Experimento 1 (700 °C, 0,2 g/L) e no Experimento 3 refeito (600 °C, 0,2 g/L).

Observou-se que a eficiência da remoção de cor é influenciada tanto pela temperatura quanto pela concentração inicial do corante, com desempenho superior em menores cargas poluentes. Adicionalmente, a repetição dos experimentos 3, 4 e 6 evidenciou a sensibilidade do sistema a variações operacionais, destacando a importância do controle rigoroso de parâmetros hidrodinâmicos e térmicos para garantir reprodutibilidade.

E todos os ensaios apresentaram diminuição na DQO após o tratamento, a redução consistente da coloração e a melhoria na clareza do efluente confirmam o potencial da SCWO como etapa inicial

de pré-tratamento em um sistema híbrido. Esses resultados justificam a eficácia no uso de tratamentos em sequência. Também esses resultados iniciais servirão de base para as etapas subsequentes do sistema integrado.

Em vista dos testes realizados, a junção proposta das metodologias de tratamento se mostra promissora apesar de alguns empecilhos técnicos e lacunas iniciais.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Unesp - Faculdade de Engenharia e Ciências (FEC), UEM - Universidade Estadual de Maringá e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

REFERÊNCIAS

- AGHAEI, Amir; SURESH, Kavya; DADASHI FIROUZJAEI, Mostafa; ELLIOTT, Mark; RAHIMPOUR, Ahmad; SADRAZADEH, Mohtada. Tecnologias de tratamento híbridas/integradas para tratamento de águas residuais oleosas. In: BASILE, Angelo; CASSANO, Alfredo; MAKAREM, Mohammad Amin (Ed.). Advanced Technologies in Wastewater Treatment.
- AHARONI, C.; UNGARISH, M. Kinetics of activated chemisorption. Part 2. Theoretical models. Journal of the Chemical Society, v. 73, p. 456-464, 1977.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT). Perfil do Setor: dados gerais do setor. Atualizado em dez. 2024. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- BIOFACTOR. Solução para produção de carvão ativado. Biofactor, [s.d.]. Disponível em: <https://biofactor.pt/solucao-para-producao-de-carvao-ativado/>. Acesso em: 27 dez. 2025.
- BISOGNIN, Ramiro et al. Degradation of pharmaceuticals in sanitary effluent by the combination of oxidation and photo-oxidation processes. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 28, p. e20220025, 2023.
- CAVALCANTI, André Marques; DOS SANTOS, Gilson Ferreira. A indústria têxtil no Brasil: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. Exacta, v. 20, n. 3, p. 706-726, 2022.
- CÁRDENAS TORRADO, Geraldine; MOLINA PÉREZ, Francisco José. Alternativas para tratar



- lodos originados en sistemas de tratamiento de aguas residuales: una revisión. *Ingeniería*, v. 27, n. 3, 2022.
- CIOLA, R. Fundamentos da catálise. São Paulo: Moderna, Editora da Universidade de São Paulo, 1981.
- DAFRATEC. Cinética de adsorção. Dafratec Glossário, 22 abr. 2025. Disponível em: <https://dafratec.com/glossario/cinetica-de-adsorcao>. Acesso em: 25 fev. 2026.
- DA SILVA, Lucas Mateus Rodrigues et al. Modelagem e estudo termodinâmico da valorização termoquímica de resíduos agroindustriais da Amazônia visando a produção de hidrogênio utilizando a tecnologia de gaseificação em água supercrítica. *Brazilian Journal of Development*, v. 11, n. 1, p. e76519–e76519, 2025.
- DA SILVA, Luiz Thiago Vasconcelos et al. Influence study of cationic surfactant, temperature, and current on the electrocoagulation process for removal of Remazol Red RB 133 by central composite design and response surface methodology. *Journal of Solid State Electrochemistry*, v. 29, n. 8, p. 3265–3291, 2025.
- DE ALMEIDA, Milla Araújo et al. Desenvolvimento de carvão ativado a partir de bagaço de cana-de-açúcar e sua aplicação na adsorção de ácido orgânico. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 4, n. 3, p. 2955-2965, 2021.
- DE SÁ ROCHA, Clarissa Maria Ramalho et al. Análise do consumo de água e produtos químicos em indústrias têxteis no Agreste Pernambucano. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 1, p. 581–594, 2021.
- DE SOUZA, Cristiane Daliassi Ramos; TEIXEIRA, Matheus Macedo; FERNANDES, Suenne Renata Lima. Influência dos parâmetros na síntese do carvão ativado da casca do *Astrocaryum aculeatum* no processo de adsorção. *Revista Principia*, v. 60, n. 3, p. 958-976, 2023.
- EL BORAEI, Nobl F.; IBRAHIM, Magdy A. M.; NAGHMASH, Mona A. Nanocrystalline FeNi alloy powder prepared by electrolytic synthesis; characterization and its high efficiency in removing Remazol Red dye from aqueous solution. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, v. 167, p. 110714, 2022.
- FORGIARINI, Ana Luiza et al. Produção de adsorvente alternativo a partir de lodo têxtil industrial e lodo de esgoto para tratamento de efluente sintético. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 16, n. 41, p. 31–45, 2020.
- FOO, K.; HAMEED, B. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical Engineering Journal*, v. 156, n. 1, p. 2-10, mar./set. 2010.
- GASI, Fernando et al. Análise completa do impacto ambiental: camisetas de algodão, PET reciclado e poliamida 6.6. *Caderno Pedagógico*, v. 22, n. 1, p. e13498-e13498, 2025.
- HARIANINGSIH, Harianingsih; QUDUS, Nur; WIDYASTUTI, Catur Rini; WIDIARTI, Nuni; KHOIRUNISA, Nabila; SAPUTRA, Kristian. Plasma electrolysis as a sustainable strategy for Remazol Red RB-133 degradation in azo dye wastewater. *Applied Chemical Engineering*, v. 8, n. 3, p. ACE-5696, 2025. DOI: 10.59429/ace.v8i3.5696. Disponível em: <https://ace.as-pub.com/index.php/ACE/article/view/5696>. Acesso em: 4 fev. 2026.
- HEYLMANN, Kelly Kathleen Almeida et al. Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de caroço de pêssego no tratamento de efluente têxtil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 3, p. 485–494, 2021.
- IBRAHIM, Shaimaa M.; NAGHMASH, Mona A.; EL-MOLLA, Sahar A. Synthesis and application of nano-hematite on the removal of carcinogenic textile remazol red dye from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment*, v. 180, p. 370–386, 2020.
- ITEC CO., LTD. Pro MOMI – Efforts. Disponível em: https://www.itec-es.co.jp/en/efforts/pro_momi_index/. Acesso em: 23 nov. 2025.
- KRUMM, Rob. Aproveitamento de fluidos supercríticos: transformando alimentos, energia e tratamento de água. *POWER Engineers*, 14 maio 2024. Disponível em: <https://www.powereng.com/library/harnessing-supercritical-fluids-transforming>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- LANGMUIR, I. The dissociation of hydrogen into atoms. III. The mechanism of the reaction. *Journal of the American Chemical Society*, v. 38, n. 6, p. 1145-1156, abr./jun. 1916.
- MACHADO, C. R. de A.; SOUSA, Dayse Pereira Barbosa; SILVA, G. C. S. da. A busca por soluções para a poluição hídrica: um estudo de caso sobre tratamento de efluentes. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 2, p. 14115–14122, 2022.
- MARQUES, Carine Ferreira; DA CONCEIÇÃO, Vinicius Masquetti. Alternativas tecnológicas de tratamento de efluentes têxteis: uma revisão



- bibliométrica. *Revista Internacional de Ciências*, v. 12, n. 3, p. 194–212, 2022.
- MCKAY, G. Use of adsorbents for the removal of pollutants from wastewaters. Boca Raton: CRC Press, 1996.
- NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do; LIMA, Ari Clecius Alves de; VIDAL, Carla Bastos; MELO, Diego de Quadros; RAULINO, Giselle Santiago Cabral. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará, 2020.
- NETO, Ewerton Lopes Pires et al. Tratamento de efluente têxtil sintético por eletrocoagulação utilizando eletrodos de alumínio e ferro. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 16, p. e05111638384–e05111638384, 2022.
- NURFAHASDI, Meutia et al. The Effect of Electric Voltage Variation and Flow Rate on Decreasing Remazol Red Rb 133 Dye Levels in a Continuous Electrocoagulation Process. In: *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2024. p. 01003.
- PAULISTA, Adriana Perpetua Figueiredo et al. Synthesis of carbon nanotubes via CCVD of ethylbenzene over SrFe₁₂O₁₉/SiO₂ oxide and their application for photodegradation of the remazol red dye. *Materials Chemistry and Physics*, v. 323, p. 129559, 2024.
- PEDROZA, Marcelo Mendes et al. Preparação de carvão ativado a partir da pirólise de vagens de flamboyant (*Delonix regia*). *REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, p. 779-796, 2023.
- PEREIRA, Renan Marco et al. Controle de *Klebsiella pneumoniae* e *Staphylococcus aureus* pelo gás ozônio. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*, v. 22, p. 79, 2018.
- REBAK, R. B. Trincas por corrosão sob tensão (SCC) em ligas à base de níquel. In: RAJA, V. S.; SHOJI, Tetsuo (Ed.). *Stress Corrosion Cracking: Theory and Practice*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. p. 273-306. (Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering). ISBN 978-1-84569-673-3.
- ROLIM, Helen Diana dos Santos Luz et al. Desenvolvimento de dispositivo filtrante sustentável com carvão ativado da casca do coco Babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) enriquecido com hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂). *Revista Contemporânea*.
- RODRIGUES, João Henrique et al. Sanitary sewage disinfection of a municipal treatment plant: use of individual and combined ozonation with UVC-LED radiation. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 29, p. e20240020, 2024.
- RODRIGUES, Thales Volpe et al. Sustainability: floor waterproofing feasibility study and rainwater reuse in a textile industry: sustentabilidade: estudo de viabilidade de impermeabilização de pisos e reutilização de água de chuva em uma indústria têxtil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 6, n. 5, p. 122-134, 2020.
- SALGADO, Bruno César Barroso et al. Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H₂O₂). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, p. 1–8, 2009.
- SCANDELAI, Ana Paula Jambers et al. Ozonização como tratamento de lixiviado de aterro sanitário: um estudo de revisão. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 4, n. 3, p. 3404–3417, 2021.
- SCHERER, Claudio Eduardo; BARRETO-RODRIGUES, Marcio. Combination of catalytic ozonation and fungal bioremediation for treatment from effluent from the laminate production industry. *Revista Ambiente & Água*, v. 17, n. 6, p. e2817, 2022.
- SHAW, R. W.; BRILL, T. B.; CLIFFORD, A. A.; ECKERT, C. A.; FRANCK, E. U. Supercritical water: a medium for chemistry. *Chemical & Engineering News*, v. 69, n. 51, p. 26-39, 23 dez. 1991.
- SIMPLICIO, Irinéia de Oliveira Bacelar et al. Água ozonizada na desinfecção de superfícies assistenciais em unidade de terapia intensiva. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 38, p. eAPE0003232, 2025.
- SILVA, Carlos Pereira da; GAVAZZA, Savia; ARAÚJO, Sofia Pimentel. Tratamento anaeróbico de efluente têxtil: toxicidade a organismos metanogênicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 6, p. 1229–1237, 2022.
- SILVA, Keila Kesia et al. Artigo de revisão sobre tratamento de efluentes têxteis por adsorção do azul de metileno por meio do uso do carvão ativado a partir do mesocarpo de coco verde. *Revista de Gestão e Secretariado*, v. 15, n. 12, p. e4520–e4520, 2024.
- SOUZA, Cláudio Lima de; PERALTA-ZAMORA, Patrício. Degradação reductiva de azo-corantes utilizando-se ferro metálico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, p. 16–20, 2006.
- TOMASSONI, Fabíola et al. Remoção de corantes em efluente têxtil utilizando biocarvão de folhas de *Persea americana* Mill.: estudo isotérmico e coluna



de adsorção. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica, p. 939–953, 2023.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas urbanas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008. DOI: 10.1590/S0103-40142008000200007.

XAVIER FERREIRA, V.; FERRI CINTRÃO, J. F.; CHIARI SILVA, E. C.; MAINTINGUER, S. I. O uso sustentável da água: a produção mais limpa em uma indústria têxtil do estado de São Paulo. Revista Brasileira Multidisciplinar, v. 22, n. 3, p. 119–143, 2019. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2019.v22i3.777. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/777>. Acesso em: 20 nov. 2025.