

REMOÇÃO DE DQO DE EFLUENTE HOSPITALAR POR FOTOCATALISADORES MAGNÉTICOS À BASE DE $g-C_3N_4$ EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA COM LUZ SOLAR ARTIFICIAL

LAVÍNIA DOS SANTOS SOUZA¹; MARIA CAROLINA GOMES SILVA E SILVA²;
TIELE CAPRIOLI MACHADO³; MARCOS ANTONIO DA SILVA⁴; CICERO
COELHO DE ESCOBAR⁵

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS 1 – santoslaviniass69099@outlook.com 1

²UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – mariacarolinagssilva@gmail.com

³UNIVERSIDADE FEEVALE – tiele@feevale.br

⁴UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS– marcos_silvap1@hotmail.com

⁵UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS– cicero.escobar@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a qualidade da água leva à busca por métodos eficientes de tratamento de efluentes, especialmente em cenários importantes como o tratamento de efluentes hospitalares. Tais resíduos contêm compostos orgânicos recalcitrantes que podem prejudicar o meio ambiente e a saúde pública se não forem tratados adequadamente. Compostos emergentes, como produtos farmacêuticos e pesticidas, são de difícil degradação, resistindo a tratamentos convencionais. Estudos indicam que processos avançados de tratamento, como fotocatálise e oxidação avançada, são necessários para a degradação eficaz desses contaminantes orgânicos (CARABALÍ et al., 2021; PETRASEK et al., 2021).

Entre os métodos emergentes, a fotocatálise heterogênea utilizando materiais como $g-C_3N_4$ tem se destacado por sua capacidade de degradar poluentes sob luz visível, tornando-se uma solução prática e sustentável. O $g-C_3N_4$ apresenta vantagens como boa estabilidade química, ampla resposta à luz visível e facilidade de modificação estrutural para melhorar sua eficiência fotocatalítica (BHANDERI et al., 2024).

Estudos demonstram que o uso de fotocatalisadores à base de $g-C_3N_4$ tem mostrado eficácia significativa na degradação de compostos orgânicos e na remoção da demanda química de oxigênio (DQO) de efluentes, apresentando melhores resultados em comparação com métodos convencionais, como a fotólise simples (DECHAO et al., 2023).

O presente estudo visa comparar a eficiência de remoção de DQO por fotocatálise e fotólise, utilizando o $g-C_3N_4$ como fotocatalisador em diferentes tempos de exposição à luz artificial.

2. METODOLOGIA

Para a realização dos experimentos, foram adotados dois procedimentos principais: fotocatálise e fotólise. Os ensaios de fotocatálise, fotólise e DQO foram realizados em laboratório de Análise de Águas e Efluentes, localizado no Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas. Foram utilizadas amostras de efluente hospitalar recolhidas do Hospital Miguel Piltcher.

Na etapa de fotocatálise, utilizou-se um fotocatalisador magnético à base de $g-C_3N_4$, previamente sintetizado conforme os métodos descritos por Zhang et al. (2020).

Inicialmente foi medida 250 ml da amostra de efluente hospitalar em uma proveta e passado para um béquer e pesado 0,15 g de catalisador à base de $g-C_3N_4$ na balança. Em seguida, colocou-se o catalisador e amostra em um Falcon e ocorreu a homogeneização em banho de ultrassom. Logo após a reação foi realizada em um reator com lâmpadas de luz visível. Os ensaios ocorreram em intervalos de 2, 4 e 6 horas. Dentro do reator, foi utilizado um agitador magnético sem aquecimento, juntamente com uma bomba de oxigênio, para intensificar a interação entre o efluente e o catalisador. Nos primeiros trinta minutos, a lâmpada é acionada, atingindo seu pico de calor ao final desse período. Para evitar a degradação prematura, a amostra é coberta com uma folha de alumínio durante essa fase (MENDES et al, 2022), enquanto a agitação contínua garante a suspensão homogênea do fotocatalisador no efluente (ZHANG et al., 2019).

A fotólise, por sua vez, foi realizada como uma espécie de controle ou branco do sistema, onde a degradação dos compostos orgânicos ocorreu exclusivamente pela ação da luz visível, sem a adição de fotocatalisadores. O objetivo foi avaliar a eficiência da luz artificial na degradação dos compostos.

Após passar pelos processos de fotocátalise e fotólise cada amostra foi filtrada utilizando um imã para retirar o catalisador magnético do efluente e posteriormente reutiliza-lo, depois do tratamento e ajuste de pH as amostras foram analisadas quanto à remoção de DQO, utilizando o método descrito por APHA, 2005.

Os resultados da fotocátalise e da fotólise foram comparados para determinar a eficiência do $g-C_3N_4$ no processo de degradação de poluentes em efluentes hospitalares

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observa-se a remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) nos testes de fotocátalise e fotólise em diferentes intervalos de tempo: 2 horas, 4 horas e 6 horas. Comparando os resultados, fica claro que a fotocátalise proporciona uma remoção significativamente maior de DQO em todos os períodos, em relação à fotólise.

Os resultados apresentados no gráfico indicam que o processo de fotocátalise heterogênea utilizando fotocatalisadores magnéticos à base de $g-C_3N_4$ foi significativamente mais eficiente na remoção de DQO de efluentes hospitalares do que a fotólise simples.

É possível observar que após 2 horas de reação, o processo de fotocátalise já mostrou uma remoção de DQO notavelmente maior do que a fotólise (quase o dobro), com tudo os melhores resultados se deram com 6 horas de fotocátalise, onde foi alcançada a maior remoção de DQO, próxima a 70%, evidenciando a eficácia do fotocatalisador sob maior tempo de irradiação. A fotocátalise com 4 horas também apresentou uma remoção considerável, embora inferior à de 6 horas. Essa diferença notável confirma a maior eficiência do processo fotocatalítico. Esses resultados estão de acordo com estudos que destacam a capacidade do $g-C_3N_4$ de promover reações fotocatalíticas eficientes sob luz visível, favorecendo a degradação de poluentes orgânicos em efluentes (DECHAO et al., 2023).

Por outro lado, os resultados da fotólise (tratamento sem o uso de fotocatalisador, apenas com a irradiação de luz artificial) foram significativamente menores, variando entre 10% e 20% para todos os tempos de exposição testados. Isso sugere que a luz artificial, por si só, não é capaz de promover a

degradação eficiente dos compostos orgânicos presentes no efluente, reforçando o papel essencial dos fotocatalisadores no processo.

Em resumo, a fotocatalise heterogênea demonstrou ser um método muito mais eficaz para a remoção de DQO, com a eficiência aumentando proporcionalmente ao tempo de exposição. Isso sugere que, para aplicações práticas, tempos maiores de fotocatalise podem ser necessários para maximizar a eficiência do tratamento de efluentes hospitalares.

Após a realização dos ensaios fotocatalíticos de até 6 horas, foi realizado um teste de reciclo do fotocatalisador, utilizando separação magnética (Fig 2). Os resultados indicaram uma remoção de 65% de DQO, sugerindo que não houve perda significativa de desempenho em comparação com o fotocatalisador original.

Figura 1- Remoção de DQO

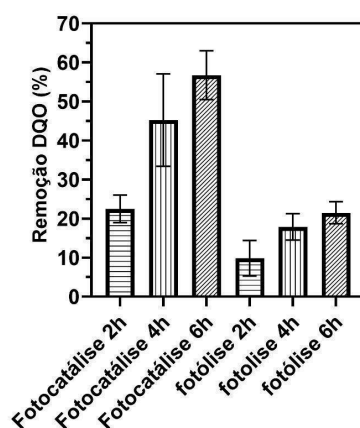


Figura 2 - Remoção do catalisador magnético



(a)



(b)

4. CONCLUSÕES

Através dos experimentos realizados com efluentes hospitalares, ficou evidente que o tratamento convencional não é suficiente para remover os compostos orgânicos, reforçando a necessidade de métodos avançados. Tanto a fotólise quanto a fotocatalise mostraram-se eficazes em promover a degradação

de contaminantes, com a fotocatalise demonstrando vantagem significativa na remoção de DQO. O uso de fotocatalisadores, como o g-C₃N₄, potencializa a eficiência dos processos oxidativos, comprovando ser uma tecnologia promissora para o tratamento de águas residuais contaminadas. Esses resultados estão em consonância com pesquisas recentes, que apontam a importância de aprimorar tecnologias de tratamento de efluentes visando não só a proteção ambiental, mas também a saúde pública. Com base nos dados obtidos, conclui-se que o tempo de exposição e o uso de catalisadores adequados são fatores cruciais para maximizar a eficiência do processo de remoção de contaminantes em efluentes hospitalares.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (American Public Health Association), 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21^a edição. Washington, DC: American Public Health Association.

CARABALÍ, L.A.H. et al. Monitoring the advanced oxidation of paracetamol using ZnO films via capillary electrophoresis. **Journal of Water Process Engineering**, v. 41, p. 1-8, 2021. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102051.

DECHAO, Y. et al. Recent advances in g-C₃N₄ photocatalysts: A review of reaction parameters, structure design and exfoliation methods. **Catalysts**, v. 13, n. 11, p. 1402, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4344/13/11/1402>. Acesso em: 16 set. 2024.

MENDES, J.; KAYSER, S.B.; PINHEIRO, C.M.; BARTZ, R.M.; BATISTA, J.A.F.; ESCOBAR, C.C. Fotocatalise heterogênea do paracetamol empregando luz solar artificial com uso de diferentes rotas de síntese de nitreto de carbono grafítico (g-C₃N₄). In: **XXXI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFPEL**, Pelotas, 2022. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2022.

GUPTA, A. et al. Treatment of organic recalcitrant contaminants in wastewater. In: IntechOpen. **Biological Wastewater Treatment and Resource Recovery**. Inglaterra, IntechOpen, 2017. ISBN: 978-953-51-4890-6. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/53867>.

ZHANG, N. Fabrication of magnetically recoverable Fe₃O₄/CdS/g-C₃N₄ photocatalysts for effective degradation of ciprofloxacin under visible light. *Ceramics International*, v. 46, n. 13, p. 20974-20984, 2020.

ZHANG, S.; GU, P.; MA, R. et al. Recent developments in fabrication and structure regulation of visible-light driven g-C₃N₄-based photocatalysts towards water purification: a critical review. *Catalysis Today*, v. 335, p. 65-77, 2021. DOI: 10.1016/j.cattod.2019.03.022.