

## REMOÇÃO DE DQO DE EFLUENTE HOSPITALAR POR FOTOCATALISADORES MAGNÉTICOS À BASE DE g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA COM LUZ SOLAR ARTIFICIAL

LAVÍNIA DOS SANTOS SOUZA<sup>1</sup>; MARIA CAROLINA GOMES SILVA E SILVA<sup>2</sup>;  
TIELE CAPRIOLI MACHADO<sup>3</sup>; MARCOS ANTONIO DA SILVA<sup>4</sup>; CICERO  
COELHO DE ESCOBAR<sup>5</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS 1 – santoslavinias69099@outlook.com 1

<sup>2</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – mariacarinagssilva@gmail.com

<sup>3</sup>UNIVERSIDADE FEEVALE – tiele@feevale.br

<sup>4</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – marcos\_silvap1@hotmail.com

<sup>5</sup>UNIVERSIDADE 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<sub>3</sub>N<sub>4</sub> tem se destacado por sua capacidade de degradar poluentes sob luz visível, tornando-se uma solução prática e sustentável. O g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, 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 bêquer e pesado 0,15 g de catalisador à base de g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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 photocatalisador 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 photocatalisadores. O objetivo foi avaliar a eficiência da luz artificial na degradação dos compostos.

Após passar pelos processos de fotocatálise e fotólise cada amostra foi filtrada utilizando um imã para retirar o catalisador magnético do efluente e posteriormente reutilizá-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 fotocatálise e da fotólise foram comparados para determinar a eficiência do g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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 fotocatálise e fotólise em diferentes intervalos de tempo: 2 horas, 4 horas e 6 horas. Comparando os resultados, fica claro que a fotocatálise 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 fotocatálise heterogênea utilizando photocatalisadores magnéticos à base de g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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 fotocatálise já mostrou uma remoção de DQO notavelmente maior do que a fotólise (quase o dobro), com todos os melhores resultados se deram com 6 horas de fotocatálise, onde foi alcançada a maior remoção de DQO, próxima a 70%, evidenciando a eficácia do photocatalisador sob maior tempo de irradiação. A fotocatálise com 4 horas também apresentou uma remoção considerável, embora inferior à de 6 horas. Essa diferença notável confirma a maior eficiência do processo photocatalítico. Esses resultados estão de acordo com estudos que destacam a capacidade do g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> de promover reações photocatalíticas eficientes sob luz visível, favorecendo a degradação de poluentes orgânicos em efluentes (DECHAO et al., 2023).

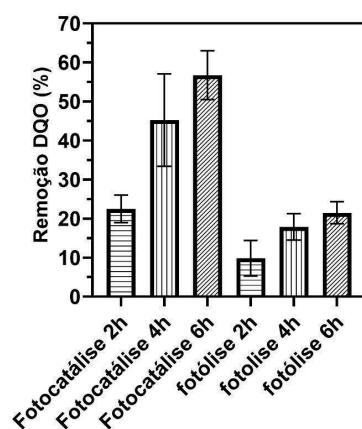
Por outro lado, os resultados da fotólise (tratamento sem o uso de photocatalisador, apenas com a irradiação de luz artificial) foram significativamente menores, variando entre 10% e 20% para todos os tempos de exposição testados. Isso sugere que a luz artificial, por si só, não é capaz de promover a

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

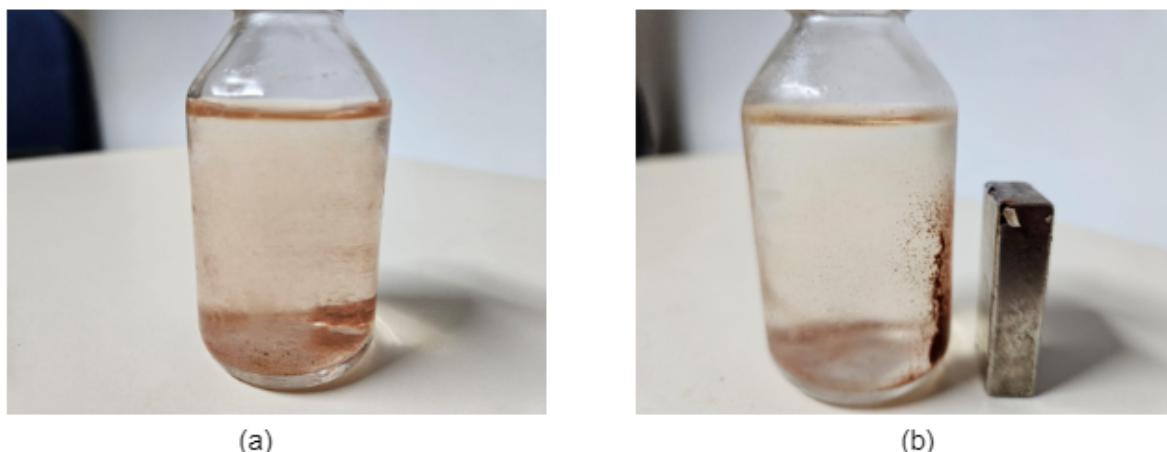
Em resumo, a fotocatálise heterogênea demonstrou ser um método muito mais eficaz para a remoção de DQO, com a eficiência aumentando proporcionalmente ao tempo de exposição. Isso sugere que, para aplicações práticas, tempos maiores de fotocatálise podem ser necessários para maximizar a eficiência do tratamento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



#### 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 fotocatálise mostraram-se eficazes em promover a degradação

de contaminantes, com a fotocatálise demonstrando vantagem significativa na remoção de DQO. O uso de fotocatalisadores, como o g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, 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<sup>a</sup> 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-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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. Fotocatálise heterogênea do paracetamol empregando luz solar artificial com uso de diferentes rotas de síntese de nitreto de carbono grafítico (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>). 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 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/CdS/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 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-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-based photocatalysts towards water purification: a critical review. **Catalysis Today**, v. 335, p. 65-77, 2021. DOI: 10.1016/j.cattod.2019.03.022.