



II-324 - UTILIZAÇÃO DE CATALISADOR A PARTIR DE RESÍDUO DE PILHA ZINCO-CARBONO PÓS-CONSUMO NA DEGRADAÇÃO DE AZUL DE METILENO EM FOTORREATOR SOLAR PILOTO.

Amanda Gondim Cabral Quirino⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

Erleê da Costa Freitas⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

Laís Montenegro Teixeira⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

Aldilene Bezerra Pinheiro⁽⁴⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

Elisângela Maria Rodrigues Rocha⁽⁵⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará. Docente do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil - Tel: (83) 3216-7393 - e-mail: amandagcq@hotmail.com

RESUMO

A fotocatalise heterogênea é um tipo de Processo Oxidativo Avançado (POA) que consiste em uma reação química fotoativada na presença de um catalisador sólido semiconductor. Para promover a economia de materiais e tornar o processo mais sustentável, os catalisadores heterogêneos podem ser sintetizados a partir de resíduos que contenham metais de interesse em sua composição, como os resíduos de pilhas pós-consumo. Dessa forma, resíduos tornam-se recursos para o tratamento de efluentes. Assim, o objetivo desse trabalho foi investigar a degradação do corante azul de metileno em um fotorreator solar piloto empregando-se resíduo de pilha zinco-carbono pós-consumo como catalisador do processo de fotocatalise heterogênea. Para isso, foi utilizado um fotorreator solar piloto constituído por um coletor do tipo CPC (Coletor Parabólico Composto). A condição experimental foi de pH 10, concentração de 0,5 g L⁻¹ de catalisador SH e 120 min de exposição à radiação solar. O valor máximo de eficiência de degradação do azul de metileno obtido foi de 47,2%, alcançado com o tempo máximo de processo. O estudo revelou, portanto, que a utilização de catalisador a partir de resíduo de pilha pós-consumo foi uma alternativa eficiente e sustentável para degradar o corante azul de metileno.

PALAVRAS-CHAVE: Fotocatalise Heterogênea, POA, Corantes, Catalisador Alternativo, Efluente Têxtil.

INTRODUÇÃO

Os corantes sintéticos, amplamente utilizados em indústrias têxteis, consistem em uns dos principais contaminantes dos corpos hídricos. Dentre eles, destaca-se o corante azul de metileno, que é um composto químico aromático heterocíclico que causa severos danos à saúde humana e ambiental. Dentre os diferentes processos utilizados para remover corantes presentes em matrizes aquosas, a fotocatalise revela-se uma técnica promissora (Gallegos *et al.*, 2018).

A fotocatalise heterogênea consiste na ativação de um semiconductor (catalisador) em um comprimento de onda específico. Na presença de radiação, ocorre a absorção de fótons pelos semicondutores, que adquirem energia suficiente para conduzir um elétron da banda de valência para a banda de condução do catalisador. Esse fenômeno possibilita a formação de lacunas na banda de valência dos catalisadores, que irão atuar como sítios oxidantes (Boczkaj; Fernandes, 2017).

Devido à grande quantidade de resíduos gerados no planeta, alguns pesquisadores da área de fotocatalise heterogênea têm procurado maneiras de utilizá-los, alternativamente, como catalisadores desses processos (Cahino *et al.*, 2022). Dentre esses resíduos, destacam-se as pilhas alcalinas e zinco-carbono pós-consumo que, por possuírem metais como zinco, manganês e ferro em sua composição, têm sido utilizadas como fonte desses metais de interesse no processo de síntese de catalisadores (Anholeti *et al.*, 2022; Huang *et al.*, 2023).

Dessa forma, o presente trabalho utilizou a *black mass* de resíduo de pilha zinco-carbono para sintetizar o catalisador SH e investigou o seu desempenho fotocatalítico na degradação do corante azul de metileno em um fotorreator solar piloto.

OBJETIVO

Investigar a degradação do corante azul de metileno em um fotorreator solar piloto empregando-se resíduo de pilha pós-consumo como catalisador do processo de fotocatalise heterogênea.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de tratamento em escala piloto consiste em um fotorreator solar (Figura 1) constituído por um coletor do tipo CPC (Coletor Parabólico Composto), um reservatório com capacidade máxima de 70 litros, uma bomba centrífuga de recirculação, tubos conectores e válvulas de PVC, sendo o fotorreator operado em regime de batelada. O coletor é constituído por placas refletoras de aço inoxidável, na forma de parábola, e seis tubos coletores de vidro borossilicato conectados em série. O fotorreator está instalado sobre uma plataforma fixa, inclinada no ângulo de latitude local (7°), na direção Norte (Batista, 2016).



Figura 1: Experimento de fotodegradação de azul de metileno por meio de fotocatalise heterogênea em fotorreator solar com coletor parabólico composto.

O catalisador SH, empregado no teste de fotocatalise solar para degradar o corante azul de metileno, foi sintetizado a partir de pasta eletrolítica não purificada de pilha zinco-carbono, segundo a metodologia proposta por Zhao *et al.* (2020) e adaptada por Viana (2022).

O teste fotocatalítico foi conduzido com 50 litros de solução sintética preparada com água destilada e azul de metileno. A concentração inicial do corante foi de 10 mg L^{-1} . Para mensurar a eficiência de degradação do corante, as amostras bruta e tratadas foram submetidas a varredura espectral em um espectrofotômetro UV-Visível (UV-1280 SHIMADZU). A curva analítica da solução foi elaborada no comprimento de onda de máxima absorbância para o azul de metileno (665 nm).

A condição do experimento no fotorreator solar foi definida com base em testes preliminares realizados em escala de bancada. O ensaio de fotocatalise solar heterogênea em escala piloto foi realizado com a seguinte condição: pH 10 e concentração de $0,5 \text{ g L}^{-1}$ do catalisador SH. A duração total do teste foi de 135 min (15 min de adsorção + 120 min de fotocatalise heterogênea). Antes de ser exposto à radiação solar, o fotorreator permaneceu coberto por 15 min para ser atingido o equilíbrio de adsorção do catalisador. Após ser exposto à radiação, foram retiradas alíquotas com 30, 45, 60, 90 e 120 min. No dia e no horário do experimento, o valor médio de radiação solar foi de $1716,83 \text{ KJ m}^{-2}$ (INMET, 2024).

RESULTADOS

Os resultados do estudo de degradação do corante azul de metileno no fotorreator solar piloto podem ser visualizados na Figura 2. O valor máximo de eficiência de degradação do azul de metileno obtido foi de 47,2% ($C/C_0 = 0,528$), alcançado com 135 min de processo (120 min de fotocatalise solar). Com 30 e 45 min de exposição à radiação solar, as eficiências de degradação do azul de metileno foram de, respectivamente, 13,1 e 14,0%. No entanto, com 60 e 90 min de fotocatalise solar heterogênea, os valores de eficiência de degradação atingiram 29,2 e 37,7%.

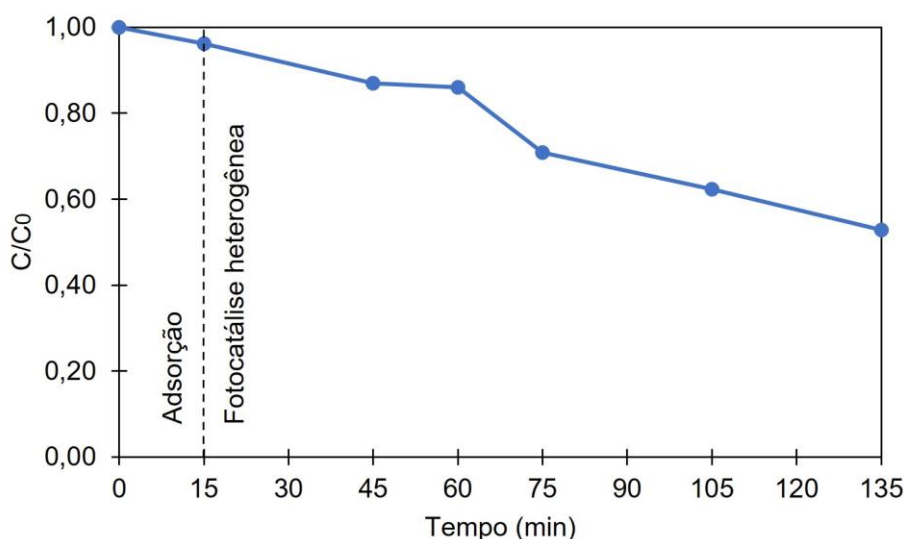


Figura 2: Estudo de degradação do corante azul de metileno em fotorreator solar piloto. Condições experimentais: $0,5 \text{ g L}^{-1}$ de catalisador SH, 10 mg L^{-1} de azul de metileno, pH 10 e $1716,83 \text{ KJ m}^{-2}$ de radiação média.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados do estudo revelaram que para ser iniciada a reação de fotodegradação do corante é necessário um tempo inicial de contato de 45 min entre o catalisador SH, a solução aquosa e a radiação solar.



Comportamento semelhante foi verificado por Cahino (2019) ao ressaltar a necessidade de um tempo inicial de 30 min para a fotoativação do catalisador ZnO/CuO na degradação de azul de metileno pelo processo de fotocatalise solar heterogênea.

Viana (2022) investigou, em escala de bancada, a eficiência de degradação do corante azul de metileno utilizando-se o catalisador SH e obteve o valor de 50,5%, na condição experimental de 0,5 g L⁻¹ de SH e pH 10. Considerando-se as mesmas condições de aplicação do teste fotocatalítico, a eficiência de degradação do corante obtida no presente trabalho foi de 47,2%, o que demonstra similaridade entre os resultados obtidos em diferentes escalas operacionais.

CONCLUSÕES

O estudo da degradação do corante azul de metileno no fotorreator solar piloto utilizando-se catalisador sintetizado a partir de resíduo de pilha zinco-carbono pós-consumo demonstrou ser uma alternativa eficiente e sustentável, no âmbito da Economia Circular. Por meio dessa abordagem, foi possível transformar resíduo em recurso para a degradação de corante industrial têxtil, revelando, assim, que no âmbito do tratamento de efluentes por fotocatalise heterogênea podem ser utilizados catalisadores alternativos, de modo a diminuir a dependência de utilização de matéria-prima virgem.

Como a máxima eficiência de degradação de azul de metileno verificada foi de 47,16%, sugere-se que, em trabalhos futuros, sejam aplicadas diferentes condições operacionais objetivando-se otimizar a fotodegradação do corante. Ademais, propõe-se que seja investigada a reutilização do catalisador em diferentes ciclos reacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANHOLETI, M. S.; OLIVEIRA, A. R. H.; CRUZ, J. C.; LUCIANO, V. A.; NASCIMENTO, M. A.; PUIATTI, G. A.; TEIXEIRA, A. P. C.; LOPES, R. P. *Zn/ZnO heterostructures photocatalysts obtained by sustainable processes from alkaline batteries waste: Synthesis, characterization and application. Materials Chemistry and Physics*, v. 284, 126058, 2022.
2. BATISTA, M. M. Eficiência do processo foto-Fenton solar em um fotorreator piloto no pós-tratamento do lixiviado do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 106p., 2016.
3. BOCZKAJ, G.; FERNANDES, A. *Wastewater treatment by means of advanced oxidation processes at basic pH conditions: A review. Chemical Engineering Journal*, v. 320, p. 608-633, 2017.
4. CAHINO, A. M. Caracterização e avaliação do catalisador ZnO/CuO na degradação do azul de metileno utilizando a fotocatalise solar. Dissertação de Mestrado em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 86 p., 2019.
5. CAHINO, A. M.; ROCHA, E. M. R.; VIDAL, I. C. A.; PEREIRA, S. T.; QUIRINO, A. G. C.; NASCIMENTO, R. C. *Heterogeneous alternative catalysts: A bibliometric and systematic evaluation of their application in solar photocatalytic processes. Environmental Quality Management*, 1-12, 2022.
6. GALLEGOS, M. V.; APARICIO, F.; PELUSO, M. A.; DAMONTE, L. C.; SAMBETH, J. E. *Structural, optical and photocatalytic properties of zinc oxides obtained from spent alkaline batteries. Materials Research Bulletin*, v. 103, 158-165, 2018.
7. HUANG, H.; TAO, X.; NIU, Z.; SHAN, B.; LIU, Y.; REN, J. *Construction of a p-n heterojunction based on magnetic Mn_{0.6}Zn_{0.4}Fe₂O₄ and ZnIn₂S₄ to improve photocatalytic performance. Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, 20790–20803, 2023.
8. INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Dados da Estação Meteorológica JOAO PESSOA A320. Disponível em <<https://tempo.inmet.gov.br/>>. Acesso em 22 de janeiro de 2024.
9. VIANA, G. C. C. Produção, caracterização e aplicação de fotocatalisadores heterogêneos a partir de pilhas alcalinas pós consumo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 100 p., 2022.



10. ZHAO, Z.; SHEN, B.; HU, Z.; ZHANG, J.; HE, C.; YAO, Y.; GUO, S.-Q.; DONG, F. *Recycling of spent alkaline Zn-Mn batteries directly: Combination with TiO₂ to construct a novel Z-scheme photocatalytic system. Journal of Hazardous Materials*, v. 400, 123236, 2020.