

Aplicação do fotocatalisador CuO/Co₃O₄ na degradação do corante Reactive Black 5

Taísia C. M. Dantas^{1*}; Felipe C. S. Trindade¹; Naiana S. C. S. Neves¹; Emanuely J. Souza¹; Carine E. M. Lagrange¹; Bruna R. S. Ibiapina²; Giovanna Machado¹

¹Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), Recife-PE, Brasil, ²Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, Brasil, taisa.dantas@cetene.gov.br

Resumo/Abstract

RESUMO – O presente trabalho aborda a aplicação de fotocatalisador à base de CuO/Co₃O₄ na degradação do corante Reactive Black 5 (RB5). O catalisador foi obtido através de uma mistura física de Nps CuO e Nanopó de Co₃O₄ comerciais. Após essa etapa, os materiais foram caracterizados por Difractometria de Raios-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os ensaios fotocatalíticos foram realizados em um simulador solar, utilizando uma lâmpada de xenônio de 150W, com variações de pH e temperatura. Os resultados mostraram que a mistura apresentou maior eficiência na descoloração e mineralização do RB5 em comparação aos precursores isolados. A sinergia entre os materiais demonstrou ser uma abordagem promissora para o desenvolvimento de tecnologias de tratamento de efluentes mais eficientes e sustentáveis.

Palavras-chave: fotocatalise, solar, CuO, Co₃O₄.

ABSTRACT - This study investigates the application of a CuO/Co₃O₄-based photocatalyst for the degradation of the azo dye Reactive Black 5 (RB5). The catalyst was prepared through a simple physical mixture of commercial CuO nanoparticles and Co₃O₄ nanopowder. The resulting material was characterized using X-ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM). Photocatalytic experiments were conducted in a solar simulator equipped with a 150 W xenon lamp, under varying pH and temperature conditions. The CuO/Co₃O₄ composite demonstrated superior efficiency in both the decolorization and mineralization of RB5 compared to the individual oxides. The enhanced performance is attributed to the synergistic interaction between CuO and Co₃O₄, which promotes more effective charge separation and light absorption. These findings highlight the potential of this binary system as a promising and sustainable approach for advanced wastewater treatment technologies.

Keywords: photocatalysis, solar, CuO, Co₃O₄.

Introdução

A expansão desordenada de pequenas indústrias de confecção vem ocorrendo em várias regiões do Brasil, em especial no polo têxtil do agreste do estado de Pernambuco. A essa desordem é acrescentada a fragilidade do monitoramento ambiental, resultando em um desequilíbrio ecológico cada vez mais acentuado. Uma grande parte da produção necessita de Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) adequadas, ou opera de forma ineficiente. Dessa forma, os efluentes são descartados em condições impróprias nos rios da região, contendo um alto teor de corantes, metais e surfactantes (1).

Diante dessa problemática, métodos de tratamentos físico-químicos convencionais não são eficientes para degradar os referidos poluentes, sendo necessário o uso de tecnologias avançadas como os processos oxidativos avançados (POA), como a fotocatalise. O processo de fotocatalise tem ganhado destaque por sua alta eficácia, bem como a possibilidade de utilizar semicondutores como TiO₂, CuO, ZnO, Co₃O₄, entre outros, fazendo com que ocorra a mineralização dos poluentes (2).

Assim, alguns fatores são analisados na escolha desses materiais, dentre eles seu potencial de escalonamento.

Portanto, a viabilidade de aplicação desses fotocatalisadores depende de fatores cruciais como o método de obtenção, o rendimento das sínteses, o custo dos precursores e o tempo. Pesquisas mostram a utilização de semicondutores sintetizados por rotas eletroquímicas e hidrotermais, as quais podem envolver o uso de solventes orgânicos, ácidos fortes ou mesmo etapas de aquecimento que geram custos ao processo, como também podem gerar resíduos (3,4). Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo utilizar um método de síntese simples e rápido a partir de reagentes comerciais, buscando analisar a sinergia entre os precursores para melhor eficiência no processo fotocatalítico.

Experimental

Materiais e Reagentes

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico, Sigma-Aldrich.

Síntese e caracterização dos materiais

A síntese mecânica do catalisador CuO/Co₃O₄ foi realizada utilizando precursores como a NPs de CuO e o Nanopó Co₃O₄, onde os mesmos foram misturados

fisicamente utilizando almofariz e pistilo em quantidades equimolares e posteriormente foram secos em estufa a 100°C. A mistura obtida foi caracterizada por Difractometria de Raios-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Ensaios fotocatalíticos

Os testes fotocatalíticos foram realizados utilizando os precursores CuO, Co₃O₄ e o catalisador CuO/Co₃O₄, onde foi usado 50 mg dos materiais para cada ensaio. Os testes foram realizados em um simulador solar modelo Newport 69.907 com uma lâmpada de xenônio de 150W como fonte de radiação. A irradiância foi ajustada para o equivalente a radiação solar média na superfície terrestre em 100 mW/cm² e calibrada com célula padrão de silício a uma distância padrão do reator. Após o ajuste do sistema, utilizou-se um reator de quartzo com 50 mL de solução de corante Reactive Black 5 (RB5) 15 ppm. A temperatura do sistema foi mantida constante a 30 °C, o pH em 7 e a agitação magnética em 360 rpm.

Para quantificar o processo dos materiais foi analisado o espectro do RB5 antes do processo fotocatalítico e após 90 minutos de cada ensaio, utilizando comprimento de onda de 595 nm.

Por fim, foram realizados ensaios adicionais em diferentes valores de pH (5 e 9) e temperatura (30 °C e 60 °C), nos quais avaliou-se a descoloração através do espectro UV-Vis (595 nm), bem como a mineralização dos compostos orgânicos utilizando a técnica de Carbono Orgânico Total (TOC).

Resultados e Discussão

Como pode ser observado na Figura 1, os ensaios com o corante RB5 demonstraram que os materiais utilizados são promissores para aplicação como fotocatalisadores. É visto que a mistura CuO/Co₃O₄ apresentou uma descoloração de 95,7%, sendo mais eficiente que os precursores, os quais apresentaram resultados de 54,8% para o Co₃O₄ e 95% para o CuO.

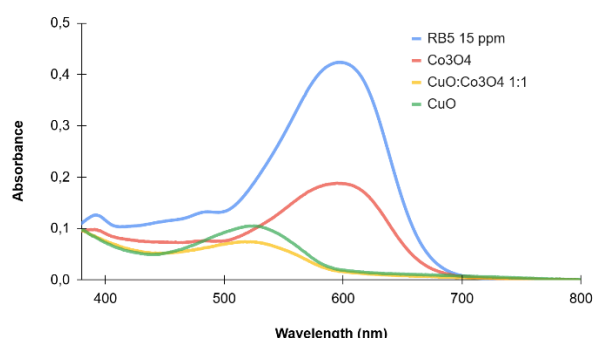


Figura 1. Espectros UV-Vis dos ensaios de fotocatalise dos materiais CuO/Co₃O₄, CuO e Co₃O₄ com o corante RB5.

Assim, com o objetivo de avaliar a eficiência fotocatalítica da mistura CuO/Co₃O₄ foi realizado ensaios fotocatalíticos em diferentes pH e temperaturas (Tabela 1). Os melhores resultados foram observados em pH 5 e temperatura de 30 °C, com 97,3% de descoloração e 69,6% de mineralização.

Tabela 1. Ensaios fotocatalíticos da mistura CuO/Co₃O₄ em diferentes condições de pH e temperatura.

Ensaio	pH	Temp. (°C)	Desc. (%)	Mineralização (%)
1	7	30	95,7	43,9
2	5	30	97,3	69,6
3	5	60	96,8	16,2
4	9	30	68,4	47,4
5	9	60	74,9	8,7

Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo demonstram a eficácia do fotocatalisador sintetizado a partir da mistura de precursores comerciais na degradação do RB5. A mistura CuO/Co₃O₄ apresentou uma eficiência na descoloração comparado aos precursores de partida, alcançando eficiência de 97,3%. Além disso, em pH 5 e na temperatura de 30° C, foi alcançada 69,6% de mineralização. Esses resultados, indicam que a sinergia entre os materiais pode ser uma abordagem promissora para o desenvolvimento de tecnologias de tratamento de efluentes mais eficientes e sustentáveis.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (CNPq), a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Referências

1. A. Ijaz; K. Sahin; M. Dirak; M. B. Yagci; S. Kolemen; A. L. Demirel; A. Miko. Journal of Water Process Engineering. 2025. 75. 108050.
2. E. F. M. Da Silva; E. R. B. Ximenes; L. B. V. de Sales; E. J. M. Dantas; E. D. C. Oliveira; T. B. Simões; A. T. S. Ribeiro; O. Sainz; G. Machado; L. C. Almeida, Catalysis Today. **2021**, 383, 173-182.
3. A. A. Nassar; A. A. E. A. Elfiky; A. K. El-Sawaf; M. F. Mubarak. Nature Scientific Reports. 14. 16188.
4. A. P. Simon; S. C. Cogo; S. Elifio-Esposito; B. L. Pereira; P. Soares; A. G. M. Pukasiewicz; M. P. Belançon; M. S. Sikora. Applied Surface Science. 665. 160336.