

PREPARAÇÃO DO SISTEMA Fe-TiO₂/CLINOPTILOLITA PARA USO COMO CATALISADOR NA REAÇÃO FOTO-FENTON

Pedro Leonardo Vieira Andrade (PIC/UEM), Bruna G. de Souza (Orientadora). Mara H. N. O. Scaliante (Co-orientadora). E-mail: bgsouza2@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharias/Tecnologia Química.

Palavras-chave: tratamento de efluentes; catálise heterogênea; processos de oxidação avançada.

RESUMO

Este estudo aborda o desenvolvimento de um sistema catalítico baseado em Fe-TiO₂/Clinoptilolita, visando a degradação de contaminantes têxteis através da reação Foto-Fenton. A pesquisa envolveu a funcionalização da clinoptilolita, uma zeólita natural, com óxidos de metais de transição para aprimorar a recuperação dos catalisadores e aumentar a eficiência do processo. A metodologia empregou um planejamento experimental para avaliar a degradação do corante Reactive Blue em diferentes condições de pH, concentração de catalisador e tempo de reação, utilizando H₂O₂ como agente oxidante essencial. Os resultados indicaram uma alta taxa de descoloração do corante, com uma média de 97,16% nas condições otimizadas de pH 2, concentração de 250 mg/L de catalisador e 30 minutos de reação com H₂O₂. Este trabalho demonstra o potencial do sistema Fe-TiO₂/Clinoptilolita como uma solução eficiente e sustentável para o tratamento de efluentes industriais, aproveitando a sinergia entre a fotoatalise e a reação Foto-Fenton para uma degradação eficaz dos poluentes.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é uma das principais responsáveis por grandes volumes de efluentes contaminados, que contêm corantes e substâncias químicas desafiadoras para o meio ambiente. Esses efluentes apresentam alta demanda química de oxigênio e são difíceis de tratar com métodos convencionais. Nesse contexto, os Processos de Oxidação Avançada (POAs) surgem como alternativas promissoras, destacando-se pela capacidade de gerar radicais livres altamente reativos, capazes

de degradar poluentes orgânicos complexos. Entre as técnicas de POAs, a fotocatalise com dióxido de titânio (TiO_2) tem sido amplamente estudada devido à sua eficácia na degradação de contaminantes. Contudo, a recuperação do TiO_2 após o tratamento é um desafio, limitando sua aplicação em larga escala. Para contornar essa limitação, a dopagem do TiO_2 com metais de transição, como o ferro (Fe), pode conferir propriedades magnéticas ao catalisador, facilitando sua recuperação. Além disso, a combinação do TiO_2 com clinoptilolita, uma zeólita natural, pode aumentar a eficiência da fotocatalise ao proporcionar uma superfície adicional para a adsorção de contaminantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo examinou a eficácia de um catalisador composto por clinoptilolita natural, dióxido de titânio (TiO_2) e ferro (Fe^{3+}) na degradação do corante Reactive Blue. A preparação do catalisador envolveu a impregnação da clinoptilolita com TiO_2 e cloreto férrico hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), seguida por agitação em solução aquosa, filtração para remover impurezas, secagem para eliminar a umidade, e calcinação a 500°C para consolidar os materiais ativos. A caracterização do catalisador foi realizada por espectroscopia Mössbauer, que forneceu detalhes sobre o estado de oxidação do ferro e sua interação com TiO_2 , e por técnicas fotoacústicas, que determinaram o band gap do material, crucial para avaliar a eficiência fotocatalítica. A eficácia do catalisador na degradação do Reactive Blue foi avaliada por um planejamento experimental que variou o pH da solução (2, 3 e 4), a concentração do catalisador (100, 250 e 400 mg/L) e o tempo de exposição à radiação UV (30, 60 e 90 minutos). A reação Foto-Fenton foi iniciada pela adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), fundamental para gerar radicais hidroxila altamente reativos, que promovem a degradação eficiente do corante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização do catalisador Fe- TiO_2 /Clinoptilolita revelou melhorias significativas em suas propriedades magnéticas e fotocatalíticas. A espectroscopia Mössbauer demonstrou uma excelente dispersão de Fe^{3+} na matriz de clinoptilolita, indicando que a dopagem foi eficaz em incorporar os íons metálicos de maneira homogênea, o que é crucial para a atividade catalítica aprimorada. Complementando essa análise, a caracterização fotoacústica forneceu informações detalhadas sobre as propriedades ópticas e térmicas do catalisador. A técnica fotoacústica, que detecta a energia sonora gerada pela absorção de luz, permitiu determinar o band gap do material e confirmou que a modificação com Fe e TiO_2 resultou em um band gap

ideal para a fotocatalise sob radiação UV. Essa combinação de técnicas mostrou que o catalisador sintetizado possui uma estrutura eletrônica otimizada para a geração eficiente de radicais hidroxila durante a reação Foto-Fenton. Nos experimentos, a degradação do corante Reactive Blue foi altamente eficiente, alcançando uma descoloração média de 97,16% sob condições otimizadas (pH 2, 250 mg/L de catalisador, e 30 minutos de exposição à radiação UV), evidenciando a eficácia superior do catalisador na remoção de poluentes e na melhora das propriedades ambientais do sistema.

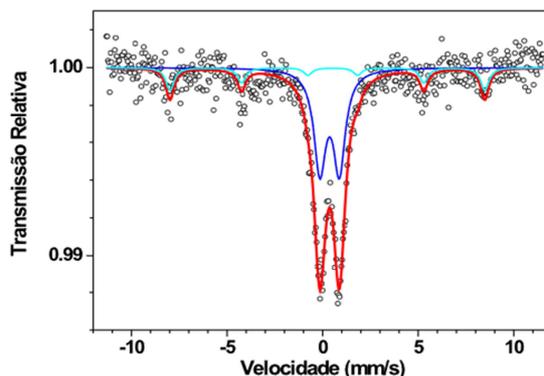


Figura 1 - Resultado da caracterização Mossbauer

A Figura 1 ilustra os resultados da caracterização Mössbauer do catalisador, destacando as interações entre os íons de ferro e a matriz zeolítica, que são fundamentais para a atividade catalítica e influenciam a geração de radicais hidroxila durante o processo Foto-Fenton. A presença de H_2O_2 foi crucial para maximizar a eficiência da degradação, promovendo a formação desses radicais altamente reativos. A combinação de TiO_2 com ferro não só facilitou a recuperação do catalisador após o uso, como também aumentou a produção de radicais oxidantes, como os radicais hidroxila e peróxido de hidrogênio, ao atuar como fotocatalisador sob iluminação UV. Esse processo sinérgico resultou em uma melhora significativa na eficiência do tratamento de efluentes, tornando-o mais eficaz e sustentável, além de reduzir os custos operacionais e ambientais associados ao tratamento de águas residuais. Fato que torna esse processo extremamente viável.

CONCLUSÕES

O sistema catalítico Fe-TiO₂/Clinoptilolita demonstrou alta eficácia na degradação de contaminantes têxteis, com resultados que corroboram os achados da literatura. Este trabalho destaca o potencial do uso de zeólitas naturais modificadas como catalisadores eficientes e sustentáveis no tratamento de efluentes industriais. A alta taxa de degradação alcançada sob condições otimizadas confirma o potencial deste sistema para aplicações em larga escala no tratamento de águas residuais industriais. Futuras pesquisas poderiam explorar a aplicação deste sistema em diferentes tipos de efluentes e investigar a possibilidade de reutilização do catalisador após múltiplos ciclos de reação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e à Universidade Estadual de Maringá pelo financiamento e apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

DE SOUSA, Claudia D. C. Síntese e modificação de zeólita ferrierita visando a redução catalítica de NOx com propano. 2007.

MACEDO, K. R., et al. Métodos de tratamento de efluentes gerados pela indústria têxtil. Tratamento de Água, 2020.

ROMOALDO, B. P., et al. Corantes têxteis: o descarte inadequado e os impactos ambientais. São Camilo, 2019.

SANTANA, R. M. da R., et al. Degradation and kinetic study of Reactive blue BF-5G and Remazol red RB 133% dyes using Fenton and photo-Fenton process. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2017.

TORRES, L. M.; CARVALHO, W. A. Estudo comparativo de degradação do corante reactive blue 222 aplicando os sistemas: UV/H₂O₂, FENTON, FOTO FENTON E OZÔNIO. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019.

33° Encontro Anual de Iniciação Científica
13° Encontro Anual de Iniciação Científica Júnior



10 e 11 de Outubro de 2024

