cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

ANODIZAÇÃO DE SEMICONDUTORES DE NIÓBIO COM PROPRIEDADES ELETROCRÔMICAS PARA A DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE CORANTES

Luana Góes Soaresl[1]; Lucas Hansen[2]; Claudia Trindade Oliveira[3], Marco Antônio Siqueira Rodrigues[4]
1;3;4 Universidade Feevale ERS-239, 2755, bairro Vila Nova — Novo Hamburgo/RS
2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, bairro Agronomia - Av. Bento Gonçalves 9500, Porto Alegre/RS

Introdução

Fármacos e corantes utilizados em diversos setores industriais representam uma ameaça significativa ao meio ambiente e à saúde humana, uma vez que seus resíduos são frequentemente descartados em corpos hídricos. Os métodos convencionais de desinfecção não conseguem eliminar esses compostos orgânicos persistentes. Nesse contexto, a fotocatálise, que utiliza radiação UV-visível para ativar semicondutores, tem se mostrado altamente eficaz na degradação de moléculas complexas, como corantes e fármacos. O objetivo principal deste estudo foi monitorar a eficiência fotocatalítica do semicondutor nióbio Nb_2O_5 na descoloração do corante azul de metileno, visando sua aplicação na desinfecção de efluentes industriais.

Objetivos

Monitorar a eficiência fotocatalítica do semicondutor nióbio Nb_2O_5 na descoloração do corante azul de metileno, visando sua aplicação na desinfecção de efluentes industriais. E posteriormente correlacionar as suas propriedades eletrocrômicas e fotocatalíticas.

Metodologia

Os reagentes utilizados para a realização do trabalho foram: corante azul de metileno da marca Sigma Aldrich, chapinhas metálicas anodizadas, fornecido pela Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), água destilada obtida em nosso laboratório e ibuprofeno. Todas as amostras foram imersas em uma solução de 40% de HF (ácido fluorídrico) + HNO_3 (ácido nítrico) por 1 min, sob agitação, para limpeza. Como o objetivo era reproduzir o processo industrial, os parâmetros de 15 V por 10 s foram utilizados para os processos de anodização em H_3PO_4 + HF , a fim de obter uma coloração homogênea na superfície anodizada. Todos os processos de anodização foram realizados sem agitação dos eletrólitos. O volume da célula utilizada foi de 100 mL. O processo de anodização foi conduzido em um béquer de 100 mL, com a chapinha de nióbio como eletrodo de trabalho e, em paralelo, dois contraeletrodos, também em ambos os lados, espaçados a 1 cm de distância. O pH foi medido antes da anodização, em pH = 5, e após a anodização, caindo para pH = 4. A temperatura utilizada foi a temperatura ambiente. A Figura 1 é um fluxograma explicativo das etapas envolvidas para a execução do presente trabalho, desde a síntese até a análise dos testes fotocatalíticos. Os semicondutores foram caracterizados por microscopia eletrônica de varredura, através de um microscópio de varredura convencional MEV Zeiss EVO 10, de filamento de tungstênio que opera em tensões de 0.2kV até 30kV. A análise de área de superfície BET (*Brunauer, Emmett e Teller*) foi realizada por um analisador de área superficial modelo TriStar II da marca Plus.

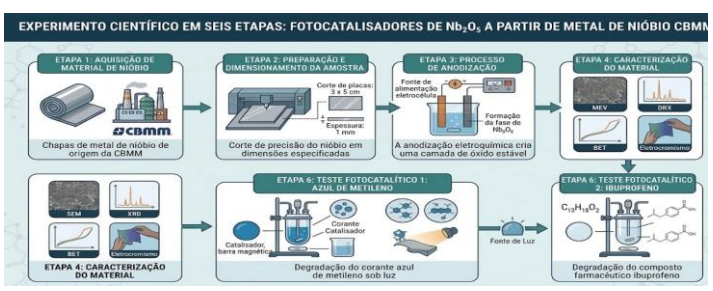
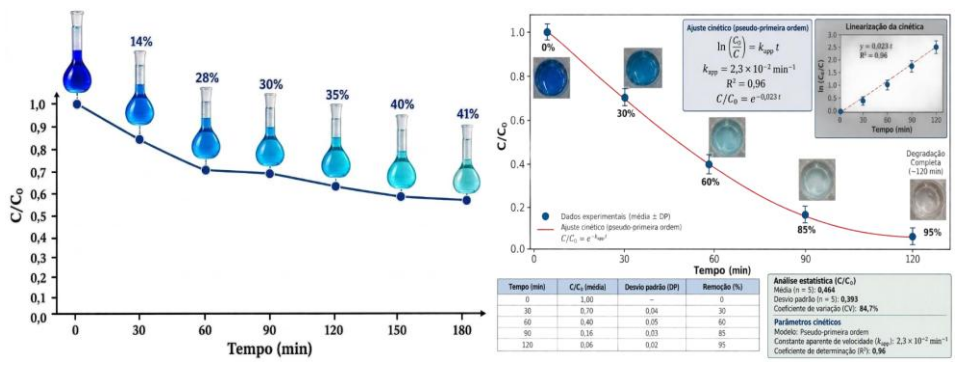


Figura 1. Fluxograma das etapas envolvidas para a execução do presente trabalho.

Resultados e Discussão

A avaliação da razão de concentração relativa (C/C_0) durante os testes indicaram uma redução progressiva da concentração do corante durante o processo de fotodegradação. Considerando os valores experimentais obtidos nos tempos de 0, 30, 60, 90 e 120 min (C/C_0 = 1,00; 0,70; 0,40; 0,16 e 0,06) respectivamente, foi observada uma média de C/C_0 de 0,464, com desvio padrão amostral de 0,393. O gráfico mostra a diminuição contínua da concentração do corante durante o ensaio, evidenciando a eficiência do processo de degradação fotocatalítica. Ao final de 120 min de irradiação, aproximadamente 95% da concentração inicial foi removida, indicando degradação quase completa do corante azul de metileno.



(a) (b)

Figura 2. (a) Fotólise sob irradiação UV-C e (b) curva de concentração C/C_0 sobre do corante azul de metileno sobre ação fotodegradativa do semicondutor Nb_2O5 irradiado com luz UV.

A Figura 3 a-b é uma imagem de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de área superficial do semicondutor Nb_2O_5. A superfície apresenta elevada rugosidade, com a presença de pequenos cristalitos distribuídos sobre as lamelas principais. Esse comportamento sugere crescimento anisotrópico dos cristais e elevado grau de agregação das partículas, características frequentemente observadas em óxidos de nióbio. A estrutura obtida pode contribuir para o aumento da densidade de sítios ativos, favorecendo aplicações em catálise fotocatálise e adsorção. A presença de irregularidades na superfície aumenta a quantidade de sítios ativos disponíveis para a adsorção de moléculas e melhora a eficiência do transporte entre cargas durante processos de degradação de poluentes. A Figura 4 são os semicondutores anodizados em diferentes tempos que mostram a influência que este parâmetro tem sobre a coloração dos semicondutores, chamado eletrocromismo. Nas placas anodizadas de Nb_2O_5 ocorre pela intercalação reversível de íons e elétrons, alterando os estados de oxidação do nióbio ($Nb^{5+}Nb^{4+}$) e a espessura do filme óxido, o que modula o índice de refração e a absorção óptica. No sistema colorimétrico CIELAB, essas transições são quantificadas objetivamente pela redução da luminosidade (L) durante a coloração e pelos deslocamentos nos eixos colorimétricos a* (verde-vermelho) e b* (azul-amarelo), além da variação total de cor (ΔE*).

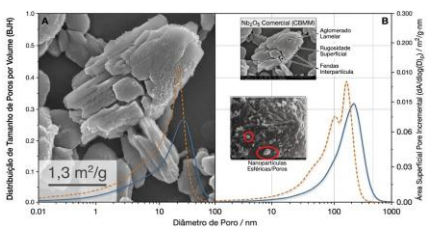


Figura 3. (a) Microscopia eletrônica de varredura e área superficial do Nb_2O_5 e (b) distribuição do tamanho de poros (método BJH)correlacionada com (MEV). (b) Curva comparativa de distribuição de poros e áre superficial.

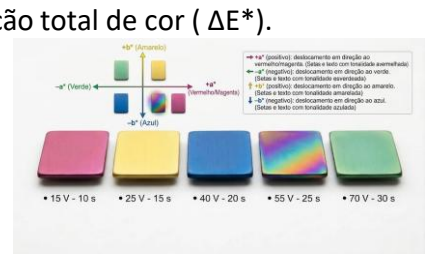


Figura 4. Eletrocromismo e o modelo CieLa*b* dos semicondutores de Nb_2O_5 anodizados.

Conclusões

Os resultados obtidos demonstraram que os semicondutores de Nb_2O_5 apresentaram elevada eficiência na degradação fotocatalítica do corante azul de metileno sob irradiação UV-C. A redução progressiva da concentração do corante, evidenciada pela descoloração da solução e pela diminuição da razão C/C_0 ao longo do tempo reacional, confirmou a efetividade do material durante o processo fotocatalítico. O acompanhamento da reação revelou uma remoção aproximada de 95% do corante após 120 minutos de exposição a UV-C, evidenciando o elevado potencial do Nb_2O_5 para processos de remediação ambiental. O modelo CIELAB funciona como um indicador óptico não destrutivo da densidade de estados ativos na superfície, correlacionando diretamente a modulação eletrocrômica do Nb_2O_5com sua eficiência na geração de radicais oxidantes para degradação de poluentes.

Referências e Agradecimentos

AL-MARRI, M. J.; AHMED, S.; RAHMAN, A. Synthesis and photocatalytic performance of Nb_2O_5 based nanostructures for dye degradation under visible and UV light. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, v. 435, p. 114312, 2023. **FERREIRA, R. C.** Fotocatálise heterogênea aplicada ao tratamento de efluentes têxteis: Avanços no uso de óxidos de nióbio. *Química Nova*, v. 45, n. 8, p. 978–989, 2022. **GONÇALVES, L. M.** Mecanismos de transferência de carga em semicondutores à base de nióbio aplicados à fotodegradação de contaminantes emergentes. *Revista Brasileira de Engenharia Química*, v. 40, n. 2, p. 145–156, 2023. **HASHEMZADEH, F.; RAHIMI, R.** Surface acidity and adsorption-assisted photocatalytic degradation of methylene blue over surface-modified Nb_2O_5 nanostructures. Applied Surface Science, v. 610, p. 155420, 2023. **Apoio Financeiro**: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.