



Reator eletroquímico de cubos concêntricos: otimização operacional e aplicação na degradação do Herbicida Atrazina

Andre Luis Carvalho Souza

Raul José Alves Felisardo

Marcos Roberto de Vasconcelos Lanza

Instituto de Química de São Carlos/ Universidade de São Paulo

andreluis49@usp.br

Objetivos

Este trabalho teve como objetivo otimizar o desempenho de um reator eletroquímico de cubos concêntricos, avaliando os principais parâmetros operacionais que influenciam a geração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e aplicar as condições otimizadas, definidas por meio de planejamento experimental, na degradação do herbicida atrazina.

Métodos e Procedimentos

O reator eletroquímico utilizado era de cubos concêntricos desenvolvido em acrílico com capacidade volumétrica de 0,192 L. Os ânodos instalados internamente eram ânodos dimensionalmente estáveis (DSA) da De Nora® enquanto que o cátodo era um eletrodo de difusão gasosa (EDG) (área = 96 cm²), desenvolvido conforme método padrão do grupo de pesquisa [1]. A otimização operacional do reator foi feita por meio de um planejamento de delineamento composto central rotacional (CDCCR), no qual foram avaliados os efeitos da concentração do eletrólito suporte, densidade de corrente, fluxo de gás e pH sobre a eficiência de geração de H_2O_2 em 30 minutos de eletrólise [2]. O reator eletroquímico de cubos concêntricos foi operado em regime de fluxo contínuo e circuito

fechado, utilizando EDG para a geração de H_2O_2 em meio aquoso. As condições operacionais otimizadas (K_2SO_4 0,075 mol L⁻¹, 20 mA cm⁻², pH 5,0 e vazão de O_2 de 0,5 L min⁻¹) foram aplicadas nos ensaios de degradação da atrazina (20 mg L⁻¹). Além do processo de oxidação anódica (AO) com H_2O_2 (AO/ H_2O_2), investigou-se a eficiência do sistema quanto a AO/ H_2O_2 /UV-C, AO/UV-C, AO e UV-C isolado. A quantificação do H_2O_2 foi determinada por espectrofotometria UV-Vis, utilizando molibdato de amônio como solução indicadora. O decaimento da concentração de atrazina foi analisado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Para os ensaios conduzidos sem geração de H_2O_2 utilizou-se N_2 no EDG sob fluxo otimizado de O_2 .

Resultados

O reator eletroquímico de cubos concêntricos apresentou elevada eficiência na geração *in situ* de H_2O_2 em fluxo contínuo, alcançando altos valores de concentração. Entre os parâmetros estudados, a densidade de corrente e o pH mostraram-se os mais determinantes para maximizar a seletividade da reação de redução de oxigênio via transferência de dois elétrons, favorecendo a formação de H_2O_2 . O planejamento experimental do tipo DCCR possibilitou mapear as interações entre variáveis operacionais e

identificar as condições ideais de funcionamento, enquanto o modelo matemático proposto apresentou um R^2 de 96,5%, validando sua aplicabilidade na previsão do desempenho do sistema. Na aplicação do processo para a degradação da atrazina, observou-se que a combinação AO/ H_2O_2 /UV-C apresentou o melhor desempenho, alcançando aproximadamente 90% de degradação e com parcial mineralização ao final do processo. Esse resultado foi atribuído à fotólise do H_2O_2 sob radiação UV-C, responsável por intensificar a formação de radicais hidroxila ($\bullet OH$), os quais promoveram uma oxidação mais rápida e eficiente da molécula alvo. Em contraste, os sistemas AO e AO- H_2O_2 , conduzidos sem irradiação, apresentaram eficiências significativamente inferiores, provavelmente devido à menor formação de espécies oxidantes altamente reativas, como os radicais hidroxila ($\bullet OH$), que são potencializados pela radiação UV-C no processo combinado.

Conclusões

A otimização do reator eletroquímico de cubos concêntricos permitiu identificar condições operacionais ideais para a produção seletiva de H_2O_2 , com elevada eficiência de corrente e baixo consumo energético. Essa etapa foi fundamental para garantir maior disponibilidade de peróxido de hidrogênio durante os ensaios de degradação, refletindo diretamente na eficiência do processo. Os testes mostraram que o sistema AO- H_2O_2 /UV-C foi o mais eficiente, resultado da sinergia entre a geração eletroquímica de H_2O_2 e sua ativação fotoquímica pela radiação UV-C, que intensifica a formação de radicais hidroxila. Esses achados confirmam que a integração entre a otimização da geração de H_2O_2 e a aplicação combinada de processos oxidativos avançados é determinante para a degradação de contaminantes persistentes, destacando a importância do estudo para aplicações ambientais no tratamento de águas e efluentes contaminadas.

A. L. C. Souza e M. R. V. Lanza: conceberam e planejaram o estudo. **A. L. C. Souza e R. J. A. Felisardo:** realizaram a coleta e análise dos dados. Todos os autores participaram da redação e revisão final do manuscrito e aprovam a versão final do resumo.

Agradecimentos

FAPESP (2023/16462-5, #2023/13260-2 #2022/12895-1) e CNPq.

Referências

- [1] Sánchez-Montes, I. Santos, G.O.S., Santos, T., Colombo, R., Lanza, M.R.V. J. Clean. Prod., 392 (2023) 136242.
- [2] Souto, R.S., Souza, L.P., Cordeiro Junior, P.J.M., Ramos, B., Teixeira, A.C.S.C., Rocha, R.S., Lanza, M.R. V, 62, Ind. Eng. Chem. Res. (2023).