



PRODUÇÃO DE H₂ ACOPLADA A CONVERSÃO DE RESÍDUOS A PRODUTOS DE VALOR AGREGADO

Felipe Guimarães de Souza

Estefany Quispe Chacon, Lorena Cyntia Pereira Sales

Prof^a Dr^a Fernanda L. Souza

Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo

felipeguimaraes2004@usp.br

Objetivos

Investigar a viabilidade técnica e econômica da eletrólise da água acoplada ao tratamento de águas residuais, contendo compostos orgânicos voláteis e derivados de biomassa, onde a cafeína foi selecionada como molécula de partida. A análise de desempenho do processo foi conduzida pela avaliação de parâmetros chave: potencial de célula, densidade de corrente, taxa de produção de hidrogênio, consumo energético e eficiência na degradação desse poluente. cátodo

Métodos e Procedimentos

A eletrodegradação da cafeína (10 mg·L⁻¹ em meio de KOH) foi investigada utilizando um anodo dimensionalmente estável (DSA-Cl₂®). O desempenho do processo foi comparado sistematicamente em três configurações distintas: célula eletroquímica de compartimento único, célula H de dois compartimentos separada por membrana de Nafion® e, célula unitária de fluxo com membrana tipo Fumasep. O comportamento eletroquímico do sistema foi avaliado pelas técnicas de voltametria cíclica e cronoamperometria, sendo realizada a quantificação do contaminante removido ao

final desses ensaios por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) empregando coluna c18 Kromasil, acetonitrila/H₂O 70:30 a 1 mL/min com detector UV a 254 nm.

Resultados

Os resultados indicaram que a eletrodegradação da cafeína é um processo complexo, influenciado tanto pelo material do anodo quanto pela composição do eletrólito. Inicialmente, ao comparar anodos em meio de KOH, o de feltro de níquel demonstrou superioridade em relação ao DSA comercial, alcançando completa degradação (100%) do contaminante em solução 1,0 M, enquanto o DSA obteve uma remoção mais limitada. A análise cromatográfica em ambas as condições revelou a formação de subprodutos, sugerindo que, além da eletrooxidação, ocorrem reações químicas entre a cafeína e o meio alcalino. A investigação foi aprofundada em uma célula de dois compartimentos, onde a variação da solução catódica mostrou um impacto drástico no desempenho da degradação. Foi observado que a condição de maior eficiência ocorreu no católito de NaCl, cuja remoção total da cafeína no anodo de DSA em apenas duas horas, mostrou-se significativamente superior aos sistemas com católitos de Na₂CO₃ e H₂SO₄, com a taxa de remoção de 19% e 34% (Figura

1), respectivamente, evidenciando o papel fundamental dos mediadores eletrogerados, como as espécies de cloro ativo na aceleração desse processo. Contudo, nessa etapa da pesquisa, a geração de H_2 ainda precisa ser melhor explorada devido a sua baixa eficiência de produção.

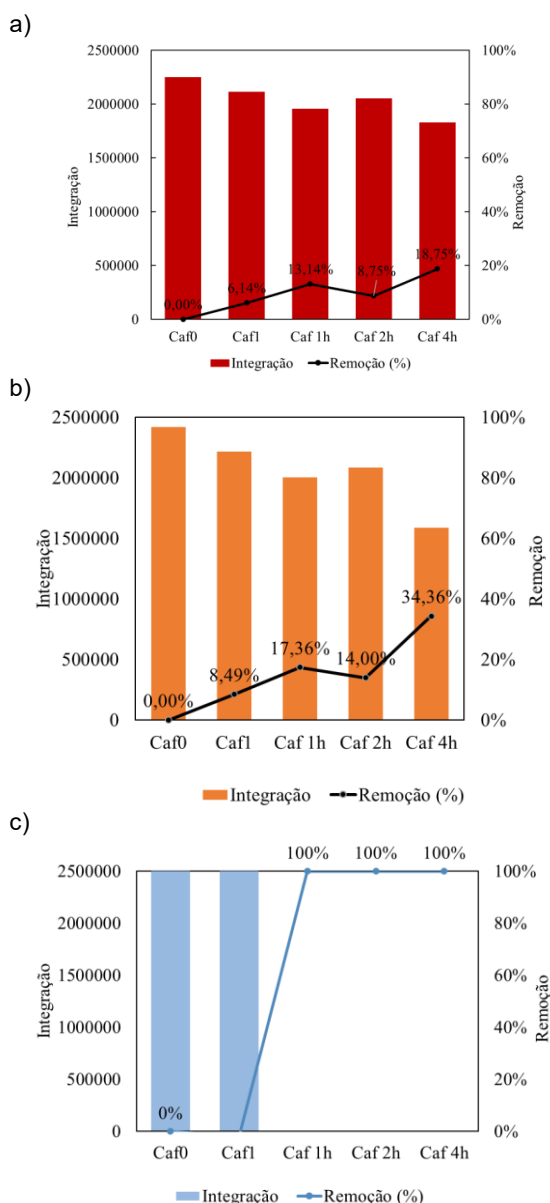


Figura 1: Comparação entre a área de pico da cafeína e percentual de remoção ao longo do experimento com Na_2CO_3 0,1M no lado anódico e a) Na_2CO_3 0,1M; b) H_2SO_4 0,1M e c) $NaCl$ 0,3M no lado catódico.

Conclusões

Conclui-se que a eletrodegradação da cafeína é maximizada em um sistema de dois compartimentos com católitos: de $NaCl$, condição que promove a remoção completa do contaminante; de Na_2CO_3 , com taxa de remoção de 19%; e de H_2SO_4 , com 34% de remoção. Estudos futuros devem focar na otimização da geração de hidrogênio durante o procedimento experimental, que se mostrou ineficiente, e na análise toxicológica dos subprodutos gerados durante o processo.

Referências

Arfanis MK, Adamou P, Moustakas NG, et al (2017) Photocatalytic degradation of salicylic acid and caffeine emerging contaminants using titania nanotubes. *Chemical Engineering Journal* 310:525–536.

de Oliveira JT, Nunes KGP, Cardoso Estumano D, Féris LA (2024) Applying the Bayesian Technique, Statistical Analysis, and the Maximum Adsorption Capacity in a Deterministic Way for Caffeine Removal by Adsorption: Kinetic and Isotherm Modeling. *Ind Eng Chem Res* 63:1530–1545.

Maciel OS, Caldeira VPS, Cardozo JC, et al (2025) Sustainable electrochemical integrated hybrid process for degrading caffeine and producing green hydrogen. *Journal of Solid State Electrochemistry*.

Watanabe Y, Ugata Y, Ueno K, et al (2023) Does Li-ion transport occur rapidly in localized high-concentration electrolytes? *Physical Chemistry Chemical Physics* 25:3092–3099.