

DESENVOLVIMENTO DE BIOESFERAS A PARTIR DE BIOPOLÍMERO E ESTUDO DA APLICAÇÃO EM PROCESSOS DE ADSORÇÃO DE POLUENTES

Maria Clara Melo dos Anjos, Sofia de Oliveira Pires, Antonella Valentina L. Zôrtea, Gabriel Laurentino, Guilherme Dilarri, Cristian Berto da Silveira, Aline F. de Oliveira.

INTRODUÇÃO

A contaminação de corpos d'água por corantes sintéticos da indústria têxtil é um problema ambiental de difícil remediação que reduz a fotossíntese e os níveis de oxigênio, afetando o desenvolvimento e comportamento das espécies aquáticas e oferecendo riscos à saúde humana por bioacumulação (DUTTA et al., 2024). Nesse cenário, biopolímeros destacam-se como alternativa sustentável para produção de bioesferas adsorventes. O alginato de sódio, polissacarídeo obtido a partir de algas marrons, reúne biocompatibilidade, biodegradabilidade e capacidade de gelificação, mas sua solubilidade em água limita aplicações (OLIVEIRA, 2009). Para superar esse fato, utiliza-se reticulação com íons divalentes, o que melhora suas propriedades físico-químicas. Assim, este trabalho objetiva desenvolver bioesferas de alginato de sódio reticuladas com bário, realizar a caracterização através das técnicas de espectrofotometria de infravermelho (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), realizar ensaios de intumescimento e degradação e ainda, avaliar seu potencial como biomaterial adsorvente do corante têxtil Solar Laranja.

DESENVOLVIMENTO

As bioesferas foram produzidas a partir de solução de alginato de sódio (1 g em 50 mL de água destilada 2% m/v), mantida sob agitação por 24 horas, e posteriormente gotejada, em velocidade controlada, em solução de cloreto de bário 2% (m/v) sob agitação constante, durante 20 min para reticulação. As bioesferas formadas foram lavadas com água destilada e secas em estufa à 50 °C por 24 h. Os ensaios de intumescimento e degradação foram realizados a partir da imersão das bioesferas secas em água destilada, nos intervalos de 0,5; 1,5; 3; 6 e 24 h. Após cada período, as esferas foram retiradas, cuidadosamente secas com papel absorvente para remover o excesso de água superficial e, em seguida, pesadas. O grau de intumescimento foi calculado pela relação entre o peso hidratado obtido em cada tempo e o peso seco inicial. Para o ensaio de degradação, as bioesferas previamente hidratadas foram transferidas para placas de Petri e mantidas em estufa a 50 °C até secagem completa, sendo então novamente pesadas. Essa comparação entre pesagens permitiu avaliar a perda de massa e, consequentemente, a estabilidade estrutural das esferas. A estrutura química das esferas foi avaliada por espectrofotometria de infravermelho FTIR, equipado com ATR, modelo INVENIO-S da marca Bruker e a morfologia das esferas foi avaliada através de um Microscópio Eletrônico de Varredura de bancada, de fabricação da JEOL modelo JCM-7000. A capacidade adsorvente foi determinada utilizando solução do corante Solar Laranja 100 ppm, em diferentes pHs, com as esferas, em duplicata, mantidas em contato por 24 h. A concentração residual foi medida ($\lambda = 415$ nm) em um espectrofotômetro UV-VIS, modelo EEQ-9023 da marca Edutec.

RESULTADOS

A análise de infravermelho mostrou que as bandas características da esfera de alginato reticulada com bário não apresentam variações em relação a esfera de alginato reticulada com cálcio, o que indica que a ligação obtida no processo de reticulação não altera a estrutura química do material obtido (OLIVEIRA, 2009). A morfologia da esfera apresentou superfície

rugosa e presença de cavidades, o que pode auxiliar positivamente no processo de adsorção de corantes e/ou contaminantes, como proposto por Suratman e colaboradores (2024). Os ensaios de intumescimento indicaram uma absorção máxima de aproximadamente 31% de água, atingindo equilíbrio após 3 horas, com valor estabilizado em torno de 27,5%. Já o teste de degradação em água destilada por 24 horas revelou uma perda relativamente baixa de massa, cerca de 15% da composição inicial das bioesferas.

A capacidade de adsorção do corante Solar Laranja pelas bioesferas foi avaliada em diferentes pHs, apresentando maior valor em meio básico, cerca de 57%, enquanto os meios neutro e ácido alcançaram a adsorção de 49,35% e 46,98%, respectivamente. Apesar do corante conter grupos sulfonato ($-\text{SO}_3^-$), que eletrostaticamente poderiam favorecer interações em pH ácido devido à protonação dos grupos carboxilatos do alginato, a adsorção foi maior em meio básico. Esse comportamento pode ser explicado pela formação de pontes de bário entre cadeias de alginato, segundo o modelo egg-box (Kovrljica et al., 2021), permitindo ligações intermediárias entre alginato e corante, aumentando assim a capacidade adsorvente. Além disso, a eficiência de adsorção aumentou com a massa de bioesferas utilizada, evidenciando a relação direta entre a quantidade de adsorvente e os sítios ativos disponíveis, conforme observado por Parlayici (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, verifica-se que as bioesferas reticuladas com 2% de bário apresentaram desempenho favorável na remoção do corante Solar Laranja. Os ensaios de intumescimento e degradação indicaram boa capacidade de absorção sem comprometimento estrutural, revelando equilíbrio entre hidrofiliidade e estabilidade, características essenciais para aplicações de adsorção. O estudo da capacidade adsorvente das bioesferas revelou a dependência de uma combinação de fatores estruturais, iônicos e físico-químicos. Portanto, há necessidade de realização de estudos adicionais para aprofundar a compreensão desses fatores, visando sua otimização para uso em tratamento de efluentes.

Palavras-chave: bioesferas; alginato de sódio; bário; solar laranja.

ILUSTRAÇÕES

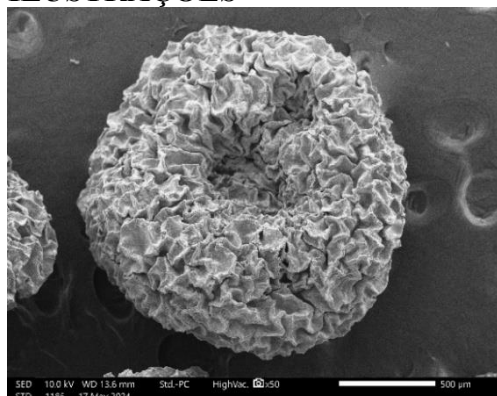


Figura 1. Micrografia da bioesfera.

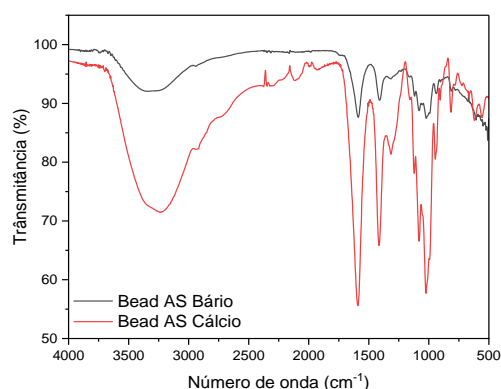


Figura 2. Análise de FTIR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUTTA, S.; ADHIKARY, S.; BHATTACHARYA, S.; ROY, D.; CHATTERJEE, S.; CHAKRABORTY, A.; BANERJEE, D.; GANGULY, A.; NANDA, S.; RAJAK, P. Contamination of textile dyes in aquatic environment: Adverse impacts on aquatic ecosystem and human health, and its management using bioremediation. **Journal of Environmental Management**, v. 353, p. 120103, 27 fev. 2024.
- KOVRLIJA, I.; LOCS, J.; LOCA, D. Incorporation of Barium Ions into Biomaterials: Dangerous Liaison or Potential Revolution? **Materials: Biomaterials for Regenerative Medicine and Drug Delivery**, vol. 14, n. 19, p. 5772, 2 out. 2021
- OLIVEIRA, A. F. de. Desenvolvimento, caracterização e aplicação de biofilmes e esferas obtidos a partir de carboximetilcelulose e alginato de sódio em processos de liberação controlada de nutrientes. 2009. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- PARLAYICI, Ş. Alginate-coated perlite beads for the efficient removal of methylene blue, malachite green, and methyl violet from aqueous solutions: kinetic, thermodynamic, and equilibrium studies. **Journal of Analytical Science and Technology**, v. 10, n. 4, 17 jan. 2019.
- SURATMAN, A.; ASTUTI, D. N.; KUSUMASTUTI, P. P.; SUDIONO, S.; Okara biochar immobilizes calcium-alginate beads as eosin yellow dye adsorbent. **Results in Chemistry**, v. 7, p. 101268, 1 jan. 2024.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Maria Clara Melo dos Anjos

MODALIDADE DE BOLSA: PROIP/UDESC (IP)

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Aline Fernandes de Oliveira

CENTRO DE ENSINO: CERES

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas CERES

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Ciências Exatas e da Terra / Química

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Avaliação do efeito da adição de diferentes aditivos nas propriedades mecânicas, térmicas e morfológicas de biomateriais obtidos a partir de alginato de sódio.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4137-2023