

**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. Zórtea, 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 (Kovrlija 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 biosferas 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 hidrofilicidade 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: biosferas; alginato de sódio; bário; solar laranja.

ILUSTRAÇÕES

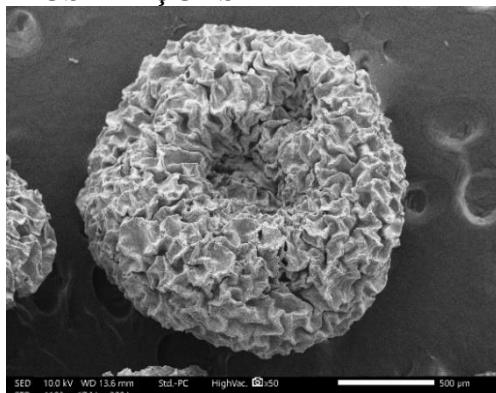


Figura 1. Micrografia da bioesfera.

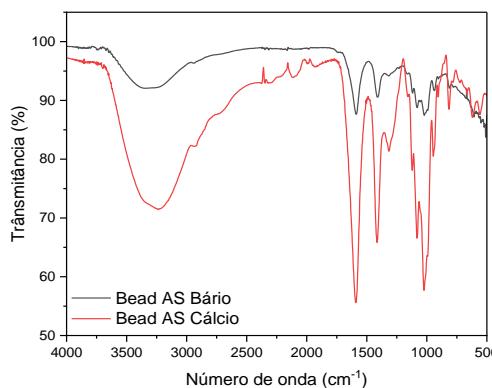


Figura 2. Análise de FTIR.

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, S. 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