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

Otimização no Desenvolvimento de Criogéis de Celulose Reticulados com Ácido Cítrico e Impacto de Argila para a Remoção de Íons Metálicos

Lana S. Maia[1]; Daniella R. Mulinari[2]; Derval S. Rosa[1]

1. Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS), Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André, SP, Brasil

2. Departamento de Mecânica e Energia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Resende, RJ, Brasil

* derval.rosa@ufabc.edu.br

Introdução e Objetivos

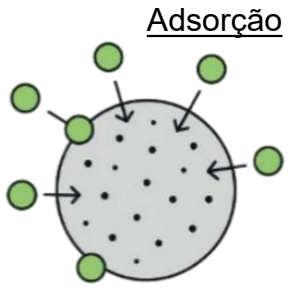


Impacto do esgotamento dos recursos hídricos

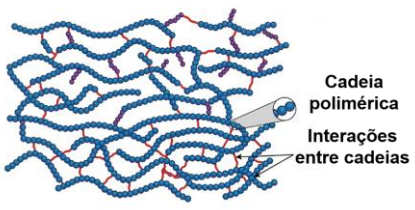
Qualidade e disponibilidade de água

Preocupação à exposição aos EPTs

Adsorção



Criogéis

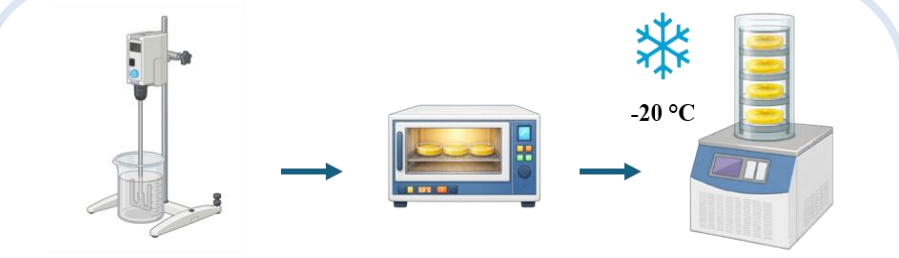


Condições de síntese

Precursor natural
Celulose

Reticulante ambientalmente amigável
Ácido cítrico

Metodologia



Condições de síntese investigadas

- Teor de celulose: 3-9%
- Conc. Reticulante: 5-20%
- Teor de argila (Chocobofe): 10-50%

Resultados e Discussão

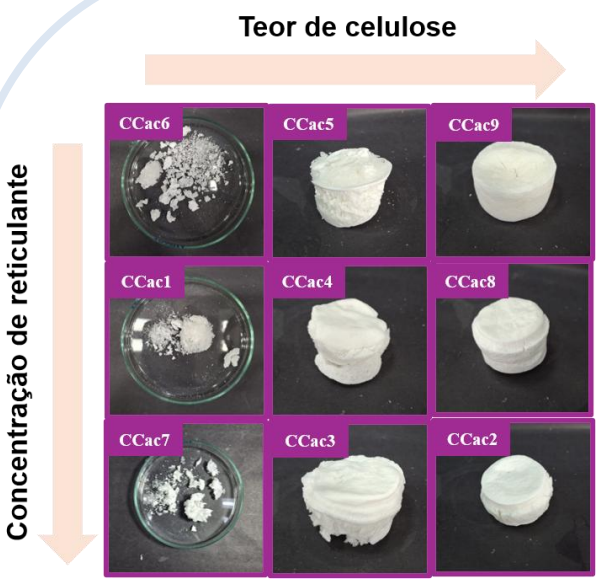


Figura 1. Aspecto visual dos criogéis de celulose (CCac).

Teor de celulose ↑ Concentração de reticulante ↑ Mobilidade das cadeias ↓

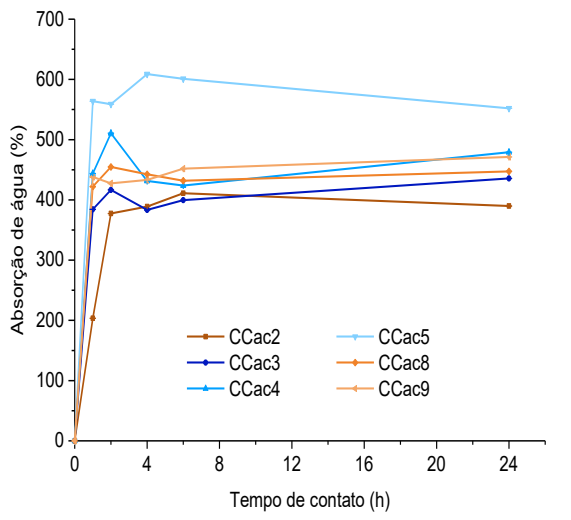


Figura 2. Capacidade de absorção de água dos CCac.

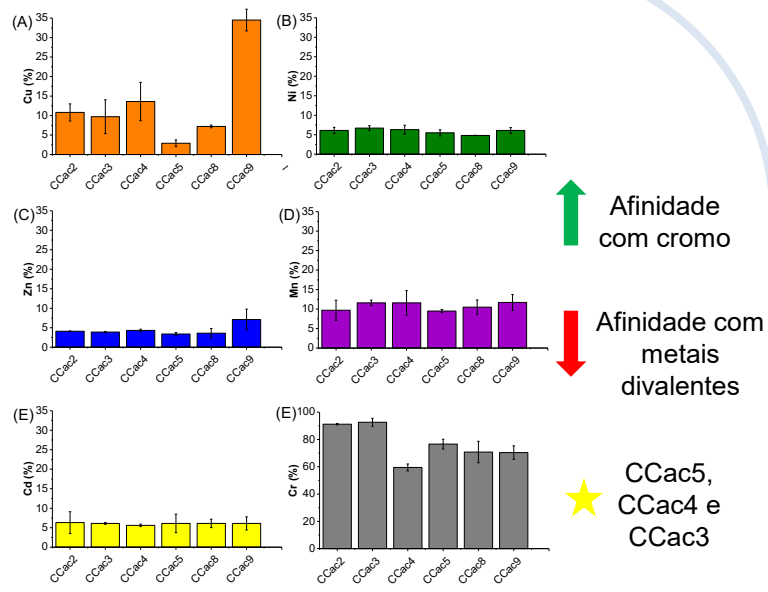


Figura 3. Eficiência de remoção de íons metálicos pelos Ccac, sob as seguintes condições: concentração total de 0,3 mmol/L (0,05 mmol/L de cada metal), pH 4 e 1 g/L.

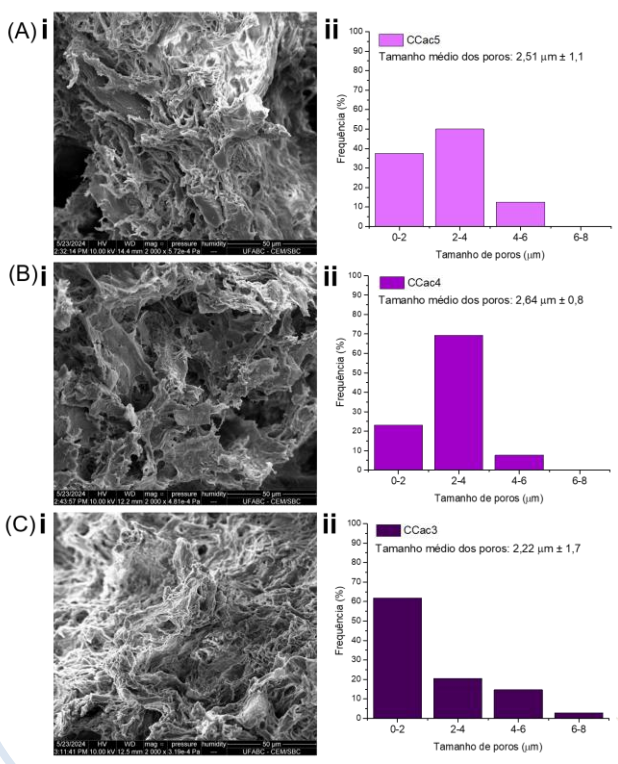


Figura 4. Micrografias e a distribuição de tamanhos de poros dos Ccac.

✖ Limitação no crescimento dos cristais de gelo

✔ Arquitetura com predominância de poros menores

Material íntegro com estrutura macroporosa, potencial adsortivo promissor, boa capacidade absorção de água e uma alternativa sustentável

CC = CCac3: 6% celulose e 20% reticulante

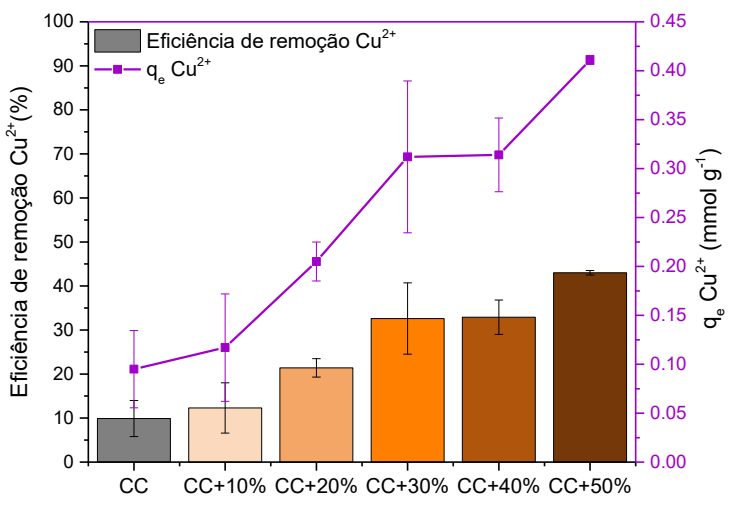


Figura 5. Eficiência de remoção de íons de cobre pelo CCac contendo diferentes teores de argila sob as seguintes condições: concentração total de 1,0 mmol/L, pH 4 e 1 g/L.

↑ *334% na eficiência de remoção íons de cobre*

Conclusões

- **Parâmetros de otimização:** teor intermediário de celulose (6%) e maior concentração de reticulante (20%) configuram-se como o ponto de equilíbrio ideal para garantir estabilidade dimensional e uma arquitetura porosa;
- **Arquitetura promissora:** matriz pura com porosidade superior a 90%, baixa densidade (0,055 g/cm³) e com a predominância de macroporos;
- **Desempenho de adsorção:** adsorção limitada para íons divalentes (14% para íons de cobre);
- **Criogéis compósitos:** a incorporação de 50% de argila aumentou a eficiência de remoção dos íons de cobre de 10% para 43%.

Referências

1. BARAKAN, S.; AGHAZADEH, V. The advantages of clay mineral modification for the removal of pollutants from aqueous solutions: a review. Applied Clay Science, v. 208, p. 106124, jul. 2021.
2. BUCHTOVÁ, N.; BUDTOVA, T. Cellulose aerogels and cryogels: structural, mechanical and thermal properties. Cellulose, v. 23, n. 4, p. 2585–2595, ago. 2016.
3. MONTAZERI, M.; NOROUZBEIGI, R. Synthesis and characterization of porous cellulose cryogels. Carbohydrate Polymers, 2024.

Agradecimentos

FAPESP (2024/23595-4, 2023/14598-7, 2020/13703–3 e 2021/14714-1)
CNPq (403934/2021–4 e 308053/2021-4)
Universidade Federal do ABC