

## **ELETRÓLITOS DE ALGINATO DE SÓDIO/LIGNINA PARA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS ELETROQUÍMICOS**

RENATA MORENO BUENO<sup>1</sup>; CAMILA MONTEIRO CHOLANT<sup>2</sup>; ANDRE LUIZ MISSIO<sup>2</sup>; AMANDA DANTAS DE OLIVEIRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [renatasqa82@gmail.com](mailto:renatasqa82@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [camila.scholant@gmail.com](mailto:camila.scholant@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [andreluizmissio@gmail.com](mailto:andreluizmissio@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [amandaoliveira82@gmail.com](mailto:amandaoliveira82@gmail.com)

### **1. INTRODUÇÃO**

A busca por tecnologias sustentáveis tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de materiais inovadores. Os eletrólitos são comumente produzidos com polímeros sintéticos, derivados do petróleo, caracterizados pela sua alta durabilidade e resistência. No entanto, essas características tornam esses materiais de difícil degradação, causando impactos ao meio ambiente. Dessa forma, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas voltadas aos eletrólitos alternativos, produzidos com biopolímeros que são derivados de fontes renováveis e ambientalmente sustentáveis (NOOR, 2019).

O alginato de sódio é um biopolímero que pode ser utilizado para a produção de eletrólitos. Esse biopolímero é extraído de algas marrons, pode ser aplicado nas indústrias farmacêuticas e alimentícias, pois apresenta, ausência de toxicidade, baixo custo, além de ser biodegradável e apresentar boa biocompatibilidade (Duarte, *et.al.*, 2024). Além disso, uma das propriedades do alginato de sódio é a viscosidade, sendo assim favorável a formação de eletrólitos em gel.

A lignina é um polímero natural aromático complexo, responsável por cerca de 30% dos carbonos da bioesfera é um material termoplástico, substância proveniente de recursos renováveis. É uma macromolécula fenólica, presente em todos os vegetais, sendo a segunda macromolécula mais abundante na natureza (SOUTO, F; CALADO, V; JUNIOR, N.P., 2015).

A incorporação de lignina ao eletrólito biopolimérico representa uma inovação significativa no campo dos dispositivos eletroquímicos, combinando eficiência energética com sustentabilidade ambiental. Até o momento, não há relatos na literatura sobre o uso combinado de alginato de sódio e lignina para essa finalidade. Embora a lignina seja inerentemente isolante, acredita-se que seus grupos fenólicos possam interagir com os íons metálicos de sódio (Na<sup>+</sup>), facilitando

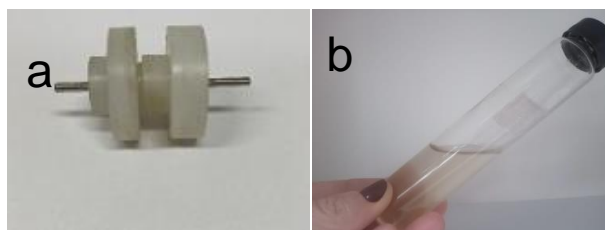
seu transporte através da matriz polimérica e promovendo um meio condutor eficiente. Além disso, a lignina pode reforçar as propriedades mecânicas e a estabilidade térmica dos eletrólitos

Este estudo tem como objetivo desenvolver eletrólitos à base de alginato de sódio, incorporando lignina e diferentes concentrações de  $\text{NaSO}_4$  para futura aplicação em dispositivos eletroquímicos, como baterias, sensores, células a combustível, supercapacitores, dispositivos eletrocromáticos e células solares.

## 2. METODOLOGIA

O procedimento experimental foi dividido em duas etapas principais: a primeira correspondeu à sulfonação da lignina, e a segunda à produção dos eletrólitos em gel (WEIJUE, G; JOHN, P.W, PEDRAM, F., 2019). Para a sulfonação, 25 mL de água, 0,277 g de lignina e diferentes concentrações de  $\text{NaSO}_4$  (32,93 wt%; 42,65 wt%; 48,99 wt%; 52,49 wt%; 54,81 wt%) foram dissolvidos em um becker aquecido em banho-maria a 70 °C, sob agitação magnética por 3 h. O pH da solução foi então ajustado para ~10 com NaOH. Após a obtenção da solução sulfonada, os eletrólitos em gel foram preparados. Água (25 mL) previamente aquecida e 1 g de alginato de sódio foram dissolvidos em um becker sob agitação mecânica até a formação de solução homogênea, seguida da incorporação da solução de lignina sulfonada, completando a síntese dos eletrólitos.

A caracterização inicial foi a análise de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) utilizando um potenciostato IVIUM – Compactstat na faixa de frequência de  $10^5$  Hz a 0,1 Hz com uma amplitude de 10 mV, para estudar a variação da condutividade iônica das amostras em função das concentrações de  $\text{NaSO}_4$  adicionadas. A Figura 1a apresenta a célula eletrolítica construída para a medição da condutividade dos eletrólitos em gel, enquanto a Figura 1b mostra a aparência do eletrólito.



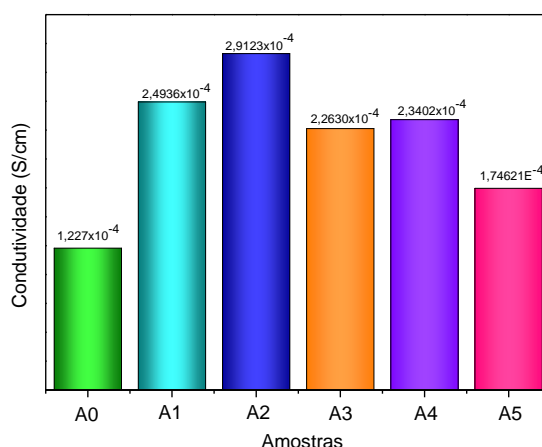
**Figura 1** - Fotografia a) célula eletroquímica e b) eletrólito gel.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a condutividade iônica dos eletrólitos. Observa-se que as amostras A0 e A1 apresentaram menor condutividade, com  $\sigma = 1,2274 \times 10^{-4}$  S/cm e  $\sigma = 2,49368 \times 10^{-4}$  S/cm, respectivamente, em relação às demais amostras. Esse comportamento está associado à contribuição dos íons presentes no sal e na lignina, considerando que a condutividade iônica depende de múltiplos fatores, como concentração, tipo de carga (iônica ou catiônica) e temperatura (Raphael et al., 2010).

A dependência da condutividade iônica em função da concentração de sal fornece informações sobre a interação específica entre o sal e a matriz polimérica. Observa-se que a condutividade iônica aumentou com a elevação da concentração de  $\text{NaSO}_4$ , atingindo  $\sigma = 2,91231 \times 10^{-4}$  S/cm na amostra A2. Entretanto, para concentrações superiores, a condutividade apresentou redução, alcançando  $\sigma = 1,7462 \times 10^{-4}$  S/cm na amostra A5. Essa diminuição pode ser atribuída ao princípio de saturação do sal na matriz, seguido de cristalização.

O valor de condutividade iônica,  $\sigma = 2,9123 \times 10^{-4}$  S/cm, evidencia o potencial deste eletrólito para aplicação em dispositivos eletroquímicos. Em comparação com outros polissacarídeos relatados na literatura, observa-se que o amido dopado com íons de hidrogênio apresenta  $\sigma = 4,92 \times 10^{-5}$  S/cm (Costa, 2006), enquanto a gelatina dopada apresenta  $\sigma = 8,81 \times 10^{-5}$  S/cm (Mota, 2010). Dessa forma, o eletrólito em gel desenvolvido neste estudo demonstra condutividade iônica superior em relação aos polissacarídeos previamente reportados.



**Figura 2** - Valores da condutividade iônica dos eletrólitos géis.

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que os eletrólitos biopoliméricos desenvolvidos neste estudo, utilizando alginato de sódio como matriz principal e incorporando lignina e diferentes concentrações de  $\text{NaSO}_4$ , demonstraram potencial para aplicações em dispositivos eletroquímicos. A amostra A2 apresentou a maior condutividade iônica,  $\sigma = 2,91231 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ , evidenciando a eficiência dos materiais obtidos, superior à de outros polissacarídeos relatados na literatura.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, Rodrigo Guerreiro Fontoura. **Dispositivos Eletrocrômicos com Eletrólitos Sólidos Poliméricos à Base de Amido**. 2006. 112f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

DUARTE, A; OLIVEIRA, A.F.; SILVEIRA, C.B.; NEVES, F.F. **Desenvolvimento e Caracterização de Biofilmes de Alginato de Sódio com Microalga**. Seminário de Iniciação Científica, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2024.

MOTA, L.P. **Eletrólitos poliméricos a partir de poli (vinil butirato) para dispositivos eletrocrômicos e células solares**. Tese apresentada ao Instituto de química de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

NOOR, N. A. M.; ISA, M. I. N. Investigation on transport and thermal studies of solid polymer electrolyte based on carboxymethyl cellulose doped ammonium thiocyanate for potential application in electrochemical devices. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 44, n. 16, p. 8298–8306, 2019.

RAFHAEL, E. **Estudo de Eletrólitos Poliméricos à base de agar para aplicação em dispositivos eletrocrômicos**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade de São Paulo, 2010.

SOUTO, F; CALADO, V; JUNIOR, N.P. **Fibras de Carbono a partir de Lignina: uma revisão da literatura**. *Revista Matéria*, 2015.

WEIJUE, G; JOHN, P.W, PEDRAM, F. **Sulfonation of Hydroxymethylated Lignin and Its Application**. *Journal of Bioresources and Bioproducts*. 2019.

YANJIE, Y; ZHYANG, J; LIU, C; LEI, L; SHUAIMING, H; HOU, **Emerging Lignin-Based Materials in Electrochemical Energy Systems**, 2022.