

## CONDUTIVIDADE X TEMPERATURA: A INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA EM UM ELETRÓLITO POLIMÉRICO

LUANA USZACKI KRÜGER<sup>1</sup>, RENATA MORENO BUENO<sup>2</sup>, MICHELE NETTO<sup>3</sup>,  
CÉSAR ANTONIO OROPESA AVELLANEDA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas - luanauszacki@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas - renatasqa82@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas - michelenetto@live.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas - cesaravellaneda@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Os polímeros naturais são frequentemente caracterizados como macromoléculas presentes na natureza. Esses polímeros têm aplicações diversificadas em várias indústrias, incluindo a indústria alimentícia, a biomedicina, a indústria têxtil, a indústria de embalagens, a cosmética e a engenharia de materiais. Um exemplo notável neste contexto é a borracha natural, amplamente utilizada na fabricação de diversos produtos.

Entre as principais vantagens dos polímeros naturais destacam-se a biodegradabilidade, que os torna ambientalmente promissores por não persistirem no meio ambiente por longos períodos, e a renovabilidade, uma vez que são originados de fontes renováveis. Exemplos desses polímeros incluem amido, ágar, colágeno, queratina e celulose (Bastioli, 2020).

Atualmente, muitos destes polímeros têm sido empregados na produção de materiais na indústria elétrica, conhecidos como polímeros condutores. Quando “dopados”, esses polímeros possuem a capacidade de conduzir eletricidade por meio de processos de oxirredução. A carga é transferida ao longo da cadeia polimérica, transformando um polímero inicialmente isolante em condutor ou semicondutor (Lee; Chang, 2019). Isso permite a fabricação de dispositivos eletroquímicos, como são comumente denominados (Gao *et al.*, 2022). Células de combustível, células solares, capacitores, supercapacitores, sensores e baterias são dispositivos que podem utilizar eletrólitos de polímeros naturais, apresentando vantagens como baixo custo, biodegradabilidade e abundância de material na natureza (Noor; Isa, 2019).

Os eletrólitos poliméricos utilizam polímeros para modificar a viscosidade e íons para conduzir carga elétrica, apresentando vantagens como a prevenção de vazamentos, estabilidade volumétrica e facilidade de manuseio (Yulianti *et al.*, 2012). Com base nisso, esta pesquisa focalizou a produção de eletrólitos em gel a partir da carboximetilcelulose de sódio (NaCMC) e investigou a condutividade que este material pode proporcionar quando aplicado a um dispositivo eletroquímico.

Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a variação da condutividade elétrica em um eletrólito de NaCMC em função da aplicação de diferentes temperaturas, visando compreender suas possíveis aplicações futuras.

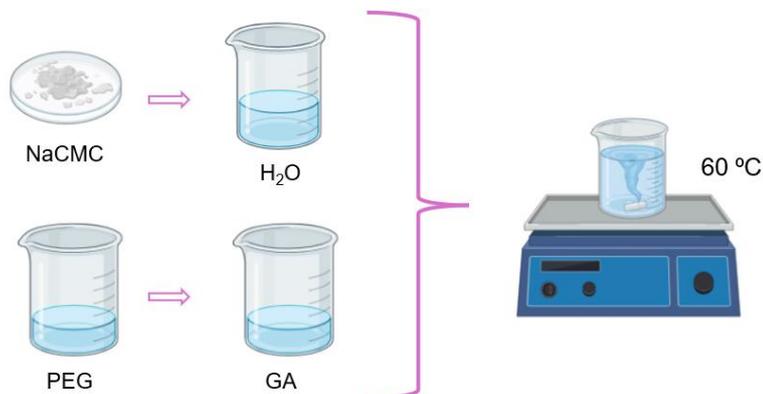
### 2. METODOLOGIA

Como metodologia estabelecida para este trabalho, foi adotada a produção de um eletrólito em gel com propriedades fixas.

Este método baseia-se no trabalho feito por Bella *et al.*, 2013, adaptado. Neste, são adicionados como padrão, água destilada, como solvente;

polietilenoglicol 400 (PEG 400), como plastificante e estabilizador para maior durabilidade do gel; glutaraldeído (GA), como reticulante e fornecedor de rigidez; e o biopolímero carboximetilcelulose de sódio (NaCMC). Todos os componentes ficaram sob agitação magnética a 60 °C até a total solubilização do polímero e homogeneização do gel, como mostra a figura 1.

Figura 1: Preparo do eletrólito polimérico em gel de NaCMC.



As medidas eletroquímicas foram feitas, através do uso de um potenciostato (IVIUM CompactStat.h) e este foi conectado a uma célula eletrolítica de dois pontos. Foi utilizado, também, um aparelho adaptador de temperatura. A partir da montagem da ferramenta, deu-se início a medida de espectroscopia de impedância eletroquímica, utilizando como parâmetros 100000 a 0,1 Hz de frequência e 1,0 V de amplitude, para a obtenção dos valores de condutividade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

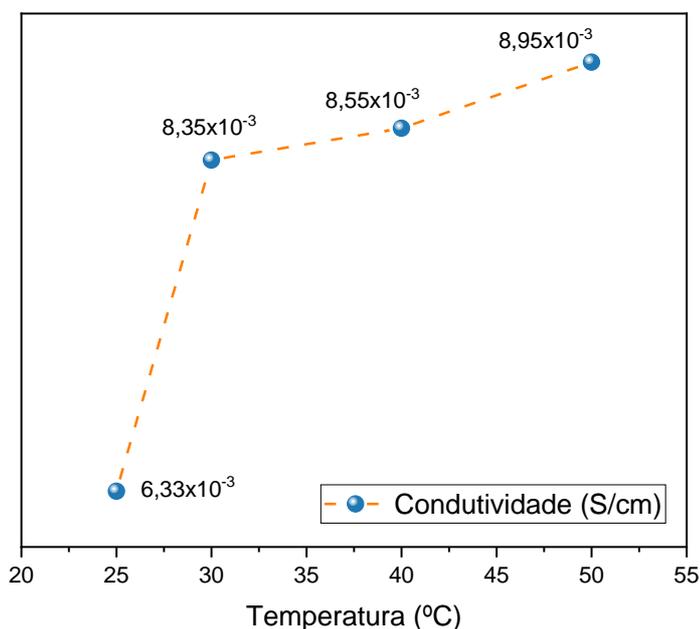
Após o processo de agitação, a solução adquire uma consistência viscosa e aparência homogênea e transparente, como mostra na figura 2.

Figura 2: Aparência do eletrólito polimérico em gel de NaCMC.



Os eletrólitos, após prontos, precisam passar por um breve período de descanso, este tempo faz com que o gel atinja temperatura ambiente e assim, pode ser levado as medidas de EIE, para não haver alterações nos resultados. A figura 3 mostra um gráfico com a relação entre temperatura aplicada e condutividade atingida.

Figura 3: Gráfico condutividade x temperatura do eletrólito polimérico em gel de NaCMC.



Os dados mostram que conforme o aumento da temperatura sobre o eletrólito de NaCMC, maior torna-se a condutividade do gel.

O aumento da condutividade elétrica com a elevação da temperatura pode ser observado em materiais como os eletrólitos. Nesse caso, conforme a temperatura aumenta, os íons presentes no eletrólito adquirem mais energia cinética, o que aumenta sua mobilidade. Especificamente, os íons de sódio ( $\text{Na}^+$ ) na matriz polimérica se movem mais rapidamente através da solução, resultando em um maior número de colisões e, conseqüentemente, em uma condutividade elétrica superior (Atkins et al., 2023).

A relação entre mobilidade iônica ( $\mu$ ) e a temperatura ( $T$ ) pode ser descrita pela equação de Arrhenius:

$$\mu = \mu_0 e^{-\frac{E_a}{kT}} \quad (1)$$

Onde  $\mu_0$  é a mobilidade inicial,  $E_a$  é a energia de ativação para o movimento iônico,  $K$  é a constante de Boltzmann e  $T$  é a temperatura absoluta.

Outro ponto a ser observado é que o aumento da temperatura reduz a viscosidade do material. Uma menor viscosidade também facilita o movimento dos íons através do solvente, aumentando a condutividade elétrica. A relação entre viscosidade ( $\eta$ ) e temperatura ( $T$ ) pode ser dada pela equação de Andrade:

$$\eta = \eta_0 e^{\frac{B}{T}} \quad (2)$$

Onde  $\eta_0$  é a viscosidade inicial e  $B$  é uma constante específica do material.

Os resultados estão em conformidade com as teorias físico-químicas, além de a metodologia de preparo do eletrólito se mostrar promissora. Em comparação com outros estudos utilizando carboximetilcelulose (CMC), como o de Zhu et al., (2015), que reportaram uma condutividade elétrica de  $4,8 \times 10^{-4}$  S/cm, o eletrólito desenvolvido neste trabalho apresentou uma condutividade superior em condições normais, à temperatura ambiente.

## 4. CONCLUSÕES

Como conclusão sobre este eletrólito polimérico, os resultados do presente estudo sugerem uma potencial aplicação futura em dispositivos eletroquímicos, como janelas inteligentes. Esses dispositivos, frequentemente expostos ao ambiente externo, incluindo luz solar e calor, se produzidos com este material, demonstram que o aquecimento do eletrólito no meio não causaria danos ao produto, mas sim uma melhoria na utilização.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkins, P. W.; Ratcliffe, R. G.; Wormald, M. R.; De Paula, J. **Physical chemistry for the life sciences**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2023. 3 ed.
- Bastioli, C. **Handbook of Biodegradable Polymers**, Berlin, Boston: De Gruyter, 2020.
- BELLA, F.; NAIR, J. R.; GERBALDI, C. Towards green, efficient and durable quasi-solid dye-sensitized solar cells integrated with a cellulose-based gel-polymer electrolyte optimized by a chemometric DoE approach. **RSC Advances**, v. 3, n. 36, p. 15993–16001, 2013.
- GAO, D.; LV, J.; LEE, P. S.; GAO, D.; LV, J.; LEE, P. S. Natural Polymer in Soft Electronics: Opportunities, Challenges, and Future Prospects. **Advanced Materials**, v. 34, n. 25, p. 2105020, 2022.
- LEE, S. L.; CHANG, C. J. Recent Developments about Conductive Polymer Based Composite Photocatalysts. **Polymers**, v. 11, n. 2, p. 206, 2019.
- 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.
- YULIANTI, E.; KARO, A. K.; SUSITA, L.; SUDARYANTO. Synthesis of Electrolyte Polymer Based on Natural Polymer Chitosan by Ion Implantation Technique. **Procedia Chemistry**, v. 4, p. 202–207, 2012.
- ZHU, Y. S.; XIAO, S. Y.; LI, M. X.; CHANG, Z.; WANG, F. X.; GAO, J.; WU, Y. P. Natural macromolecule based carboxymethyl cellulose as a gel polymer electrolyte with adjustable porosity for lithium ion batteries. **Journal of Power Sources**, v. 288, p. 368–375, 2015.