

## OBTENÇÃO DE FIBRAS POR ELETROFIAÇÃO PARA REMOÇÃO DE CORANTES DA ÁGUA

VITOR AUGUSTO COSTA E SOUZA<sup>1</sup>, VANIA ZANELLA PINTO<sup>2</sup>, GUSTAVO  
HENRIQUE FIDELIS DOS SANTOS<sup>3</sup>, VIVIAN MACHADO DE MENEZES<sup>4</sup>

### 1. Introdução

A qualidade da água é fundamental para a sustentabilidade ambiental, a saúde pública e a segurança dos alimentos produzidos pela indústria de alimentos. Porém, a crescente poluição hídrica representa um desafio significativo em todo o mundo. O avanço populacional e o desenvolvimento industrial têm contribuído para o aumento dos descartes de resíduos industriais, contaminando as águas com uma variedade de compostos orgânicos e sintéticos (THAMER; *et al*, 2020). Entre estes, destacam-se os corantes sintéticos, amplamente utilizados em diversas indústrias, como a têxtil e a química (CHIOU; *et al*, 2004).

Para remediar esse problema, diversos métodos de tratamento de água têm sido empregados, incluindo coagulação, separação por flotação e sedimentação. Entretanto, esses métodos nem sempre são eficientes para a remoção de corantes. O processo de adsorção para remoção de poluentes e corantes apresenta vantagens como baixo custo, disponibilidade, facilidade de operação, se mostrando uma técnica bastante promissora para este fim. Além das vantagens mencionadas, a adsorção é uma operação que vem sendo muito estudada devido à variedade de adsorventes que podem ser testados de acordo com o poluente a ser removido, além da possibilidade de reuso do adsorvente (RODRIGO, *et al*, 2012).

Dentre os adsorventes, as fibras produzidas por eletrofiação ou *electrospinning* podem ser eficientes devido a sua elevada área superficial e estrutura porosa. Elas são produzidas por um processo eletrohidrodinâmico que resulta em fibras longas e finas ou material particulado. A combinação de elevada porosidade e área superficial favorece a adsorção uma vez que existe espaços internos para ocorrer a reação. Isto se deve a maior probabilidade de o composto reagir, internamente e externamente, com a fibra. Um único polímero pode não apresentar características adequadas para a adsorção devido suas características químicas, mecânicas e estruturais. Quando é feito um *blend* de polímeros

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul. Contato: costavitoraugusto@gmail.com.

<sup>2</sup> Professora Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul – PR.

<sup>3</sup> Professora Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul – PR.

<sup>4</sup> Professora Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul – PR. **Orientadora**

naturais e sintéticos podem se otimizar as interações, fornecendo assim um maior número de sítios ativos (SHAKI, 2023).

## 2. Objetivos

Desenvolvimento de fibras a partir de soluções poliméricas para a adsorção do corante azul de metileno.

## 3. Materiais e métodos

### 3.1. Soluções Poliméricas para formação das fibras

As soluções formadoras de fibras foram preparadas dissolvendo o polímero poli (ácido láctico) (PLA) em clorofórmio, em agitador magnético por 30 min, obtendo diferentes concentrações de sólidos (10, 15, 20, 25, 30%). A solução de Acetato de Celulose em acetona foi preparada utilizando agitação magnética por 24 h, obtendo diferentes concentrações de sólidos na solução (10, 15, 20%) (DE VARGAS, *et al*, 2017). As soluções foram preparadas individualmente, misturadas em diferentes proporções (1:1, 2:1, 1:2) e agitadas por um dia para obter homogeneidade.

### 3.2. Produção de nanofibras por *Electrospinning*

A produção de fibras foi realizada com uma seringa de 5 mL e uma agulha, com diâmetro de 22 gauges, com fluxo de  $1\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$ , e depositadas em uma placa coletora aterrada. Na agulha foi acoplada uma fonte de alta voltagem, que variou entre 5 e 10kV, e o coletor ficou disposto em 10 cm de distância a 25°C e 80% de umidade relativa (BUTTARO *et al.*, 2014). A morfologia das fibras produzidas foi analisada em microscópio óptico.

### 3.3. Processo de Adsorção

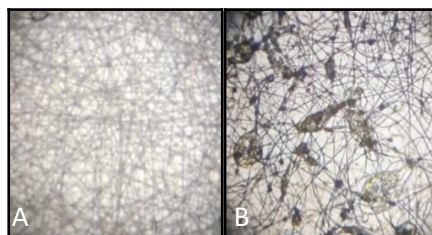
Uma solução de azul de metileno (controle) foi preparada contendo uma concentração de 17mg/L colocada em frascos de 10 mL. Adicionou-se 100 mg de fibras em cada frasco, em triplicata, e estes foram levados para um shaker, os quais ficaram agitando por 2 dias, a 100 rpm e 25°C (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

A quantificação do azul de metileno foi calculada com o uso de uma curva de calibração construída com o corante em diferentes concentrações (0,5; 1; 2; 5; 10; 15; 20; 25; 50; 100 mg/L). As leituras foram realizadas pelo UV-VIS em frequência de 664 nm (BERNARDINO, *et al*, 2024). Esta obteve um coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,9867.

Os resultados da adsorção foram analisados utilizando análise de variancia (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey com um nível de confiança de 95 %.

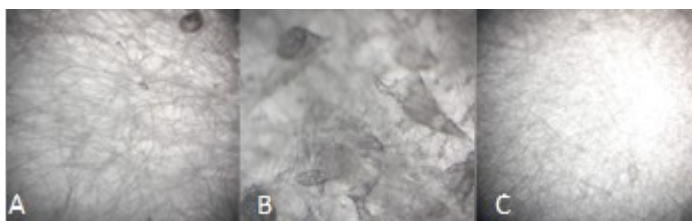
## 4. Resultados e discussão

O efeito da proporção entre os polímeros na formação das fibras foi avaliado, sendo que os melhores resultados foram obtidos com as maiores concentrações de PLA (Figura 1). Estas apresentaram fibras mais homogêneas, sem aglomerados e com satisfatória quantidade depositada na placa coletora. Com a maior proporção de Acetato de Celulose, as fibras apresentaram uma maior quantidade de aglomerados em sua estrutura.



**FIGURA 1.** A: Fibras com proporção de 2:1 (PLA/AC) e B: Fibras com proporção 2:3 (PLA/AC).

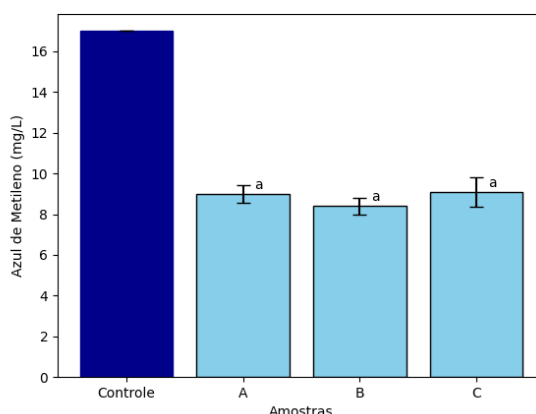
Definida a proporção 2:1 (PLA/AC), novas fibras foram produzidas com diferentes concentrações, codificadas em A, B e C. As três concentrações de sólidos (10%, 15% e 20%) foram eletrofiadas com os mesmos parâmetros determinados anteriormente. Na figura 2 é possível observar a morfologia das fibras, as quais foi mantida a proporção e variada a concentração de sólidos. A solução com uma maior concentração teve maiores problemas com a formação das fibras; ela evaporava rapidamente solidificando na ponta da agulha. Sendo assim, apresentava maior aglomerado na fibras coletadas.



**FIGURA 2.** A: 10% sólidos; B: 15% sólidos; C 20% sólidos.

Assim como estas alterações na concentração, os fatores ambientais, como a umidade do ar, interferem diretamente na produção das fibras. A formação das fibras não foi adequada quando a umidade do ar era inferior a 60%. Isto se deve à elevada volatilidade dos solventes, uma vez que evaporavam completamente logo após a saída do capilar.

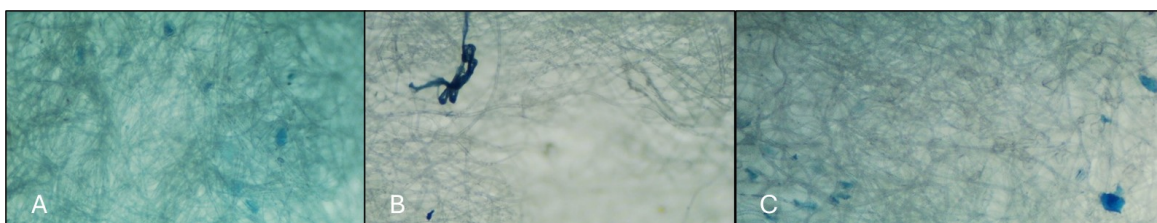
No processo de adsorção, as três amostras foram imersas na solução azul de metileno. Após 48h a concentração final de azul metileno na solução foi de  $8,98 \pm 0,45$  mg/L para a amostra A,  $8,41 \pm 0,42$  mg/L para B e  $9,08 \pm 0,72$  mg/L para C. A adsorção do corante foi semelhante para todas as amostras, uma vez que elas possuem a mesma composição e os polímeros são os mesmos (Figura 4).



**Figura 3.** Controle: Concentração inicial das soluções, A: Concentração da solução A; B: Concentração da solução B; C: Concentração da solução C.

Na figura 3 é possível observar que a adsorção do corante com as fibras elaboradas nas diferentes concentrações de sólidos não apresentaram diferenças entre si ( $p > 0.05$ ). A capacidade de adsorção de corante apresenta aproximadamente 50% de eficácia, para a remoção do corante na solução.

Após 48 horas de agitação na solução azul de metileno, a morfologia das fibras pode ser observadas na figura 4, a qual apresentaram algumas alterações indicando que houve a adsorção do corante em sua malha.



**Figura 4.** Amostras com 48 horas de adsorção. A: Amostra A; B: Amostra B; C: Amostra C.

As amostras apresentaram características muito semelhantes, onde todas elas apresentaram aglomerados da cor azul em consequência da presença do corante azul de metileno.

## 5. Conclusão

A produção de nanofibras pelo método de *electrospinning* é uma técnica que pode ser viável para a produção de absorvedores de corantes. A combinação de PLA e Acetato de Celulose na proporção de 2:1 foi interessante para a remoção do corante na solução de azul de metileno. Para o estudo de bancada, o adsorvente apresentou bons resultados, adsorvendo aproximadamente 50% do poluente.

## Referências



BERNARDINO, Eduarda; PEREIRA, Amanda; PACCOLA, Edneia; *et al.* REMOÇÃO DE AZUL DE METILENO UTILIZANDO BIORREAGENTES: CASCA DE OVO E CINZA DE CALDEIRA. *In: ANAIS - CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*. [s.l.]: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2022.

BUTTARO, Larissa M.; DRUFVA, Erin; FREY, Margaret W. Phase separation to create hydrophilic yet non-water soluble PLA/PLA-b-PEG fibers via electrospinning. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 131, n. 19, 2014.

COSTA, Rodrigo G. F.; OLIVEIRA, Juliano E. de; PAULA, Gustavo F. de; *et al.* Eletrofição de Polímeros em Solução: Parte I: Fundamentação Teórica. *Polímeros*, v. 22, n. 2, p. 170–177, 2012.

CHIOU, Ming-Shen; HO, Pang-Yen; LI, Hsing-Ya. Adsorption of anionic dyes in acid solutions using chemically cross-linked chitosan beads. *Dyes and Pigments*, v. 60, n. 1, p. 69–84, 2004.

OLIVEIRA, Samuel; SOARES, Laura; PINTO, Vania; SANTOS, Gustavo; MENEZES, Vivian. Produção de fibras por eletrofição de materiais não poliméricos. *XIII Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica*. 2023.

THAMER, Badr M.; ALDALBAHI, Ali; MOYDEEN A, Meera; *et al.* Modified electrospun polymeric nanofibers and their nanocomposites as nanoadsorbents for toxic dye removal from contaminated waters: A review. *Polymers*, v. 13, n. 1, p. 20, 2020.

SHAKI, Hanieh. The use of electrospun nanofibers for absorption and separation of carbon dioxide: A review. *Journal of Industrial Textiles*, v. 53, p. 152808372311602, 2023.

DE VARGAS RAYMUNDO, Adriano José et al. Obtenção de scaffolds por electrospinning para uso em engenharia de tecidos. *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 18, n. 2, p. 329-339, 2017.

**Palavras-chave:** Adsorção, *Electrospinning*, Nanofibras, PLA, Acetato de Celulose.

**Nº de Registro no sistema Prisma PES-2022-0158**

### **Financiamento**

Agradecemos à UFFS pelo auxílio financeiro através do Edital Nº 89/GR/UFFS/2022, projetos sob registro PRISMA PES-2022-0160, PES-2022-0158, PES-2022-0293.