



## Síntese de nanofibras de ecovio e ômega 3 para adsorção de metais Synthesis of nanofibers of ecovio and omega 3 for metal adsorption

Lucas Delazari Ramos<sup>1</sup>, Johny Paulo Monteiro<sup>2</sup>

### RESUMO

Polímeros são macromoléculas formadas pela união de monômeros e são úteis para obter materiais na forma de fibras. Ecovio é um polímero normalmente usado para obtenção de fibras por eletrospinning. O óleo ômega 3 tem mostrado propriedades auxiliares para crescimento celular e, por isso, a associação dele com fibras eletrofiadas de Ecovio pode produzir um material com propriedades interessantes e foi objetivado nesse estudo. Para isso, Ecovio e ômega 3 foram solubilizados em uma mistura de clorofórmio e ácido fórmico na proporção de 85:15 (v/v). Essa solução foi submetida à eletrospinning que é um sistema que envolveu o uso de uma bomba de seringa, uma fonte de alta tensão e um anteparo (coletor) metálico estático. Após a eletrospinning, obteve-se imagens do material produzido por microscopia eletrônica de varredura (MEV), e a composição elementar avaliada por espectrometria de Dispersão de Energia (EDS). Alguns compósitos de Ecovio e ômega 3 apresentaram fibras eletrofiadas contendo exclusivamente carbono e oxigênio, compatíveis aos componentes do compósito. A presença de elementos como cloro não foi encontrado. Isso sugere a remoção do solvente durante o processo. Estudos posteriores serão conduzidos para confirmar presença do ômega 3 no material, visando aplicação em revestimentos para produzir bandagens para feridas.

**PALAVRAS-CHAVE:** bandagens; ecovio; eletrospinning; fibras; ômega 3.

### ABSTRACT

Polymers are macromolecules formed by the union of monomers and are useful for obtaining materials in the form of fibers. Ecovio is a polymer typically used for obtaining fibers through electrospinning. Omega-3 oil has shown supportive properties for cell growth, and therefore, its association with electrospun Ecovio fibers can produce a material with interesting properties, which was the objective of this study. To achieve this, Ecovio and omega-3 were dissolved in a mixture of chloroform and formic acid in a ratio of 85:15 (v/v). This solution was subjected to electrospinning, which involved the use of a syringe pump, a high-voltage source, and a static metal collector. After electrospinning, images of the produced material were obtained through scanning electron microscopy (SEM), and the elemental composition was evaluated using Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). Some composites of Ecovio and omega-3 exhibited electrospun fibers containing only carbon and oxygen, consistent with the components of the composite. The presence of elements such as chlorine was not found, suggesting the removal of the solvent during the process. Further studies will be conducted to confirm the presence of omega-3 in the material, with the aim of applying it in coatings to produce wound bandages.

**KEYWORDS:** bandages; ecovio; electrospinning ; fibers ; omega 3.

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: delazari.lucas@gmail.com. ID Lattes: 8174595421464437.

<sup>2</sup> Docente no Curso Licenciatura em Química/Química/Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: johnypmonteiro@gmail.com. ID Lattes: 5157402662010182.



## INTRODUÇÃO

Os compósitos poliméricos se apresentam como combinações físicas entre substâncias distintas (com pelo menos uma sendo polimérica), em que não ocorra reações químicas, viabilizando a formação de materiais com diversas características novas. É viável empregar a tecnologia de fabricação desses materiais para conquistar uma substância com propriedades modificadas, as quais têm o potencial de originar variadas aplicações. Um dos âmbitos de uso mais significativos é o biomédico (LOPES, 2017).

Os biopolímeros têm a capacidade de serem fabricados por organismos vivos e representam polímeros sintetizados através de processos biológicos, tais como os polissacarídeos. Esses polímeros consistem em repetições de unidades estruturais conhecidas como monômeros. No contexto dos biopolímeros, podem ser identificados elementos como açúcares, aminoácidos e nucleotídeos, os quais atuam como unidades fundamentais. Uma vantagem importante de biopolímeros é que eles normalmente são compatíveis com sistemas biológicos (não-tóxicos) e são biodegradáveis. Um ilustrativo exemplar de biopolímero é o caso do Ecovio, uma blenda polimérica produzida pela BASF e composta por poli(butileno adipato co-tereftalato) e poli(ácido láctico) ou polilactato. O Ecovio demonstra características hidrofóbicas, além de ser um material também biodegradável (BORSCHIVER et al., 2008).

O óleo ômega-3 é uma substância oleosa que é obtida a partir de peixes, algas e alguns tipos de plantas. É um composto essencial para a saúde humana, pois é necessário para o bom funcionamento do cérebro, do coração e do sistema imunológico. Além desses benefícios, o óleo de ômega-3 também pode contribuir para a regeneração celular. Estudos científicos têm demonstrado que o óleo de ômega-3 pode ajudar a estimular a proliferação de células-tronco que são células que podem se diferenciar em vários tipos de células especializadas. Essas descobertas sugerem que o óleo de ômega-3 pode ter potencial para o tratamento de doenças que envolvem a perda de células, como a doença de Alzheimer e a doença de Parkinson (AVALLONE et al., 2019).

Para obter compósitos poliméricos é possível utilizar diversos métodos, como a técnica de eletrofiação. Essa abordagem, identificada pela primeira vez por Rayleigh em 1897, resulta na criação de fibras extremamente finas, o que é fundamental para a produção de produtos altamente porosos e com elevada área de superfície para aplicação nas áreas farmacêutica e biotecnológica. A eletrofiação utiliza forças eletrostáticas sob alta tensão elétrica para produzir polímeros eletrofiados. Ao combinar Ecovio com óleo de ômega 3 em material obtido por eletrofiação pode-se obter nanofibras compósitas com bom potencial para fabricar bandagens (SILVA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2017).

O presente estudo tem por objetivo avaliar o comportamento dos polímeros eletrofiados juntamente a presença do óleo de ômega-3 em diferentes concentrações para atestar a possibilidade de sua incorporação para futuras aplicações em bandagens.



## MÉTODOS

Para produzir as bandagens usando a técnica de eletrofição, utilizamos o material Ecovio (EC), um produto desenvolvido pela empresa BASF produzido com Ecoflex FS (parcialmente de fonte renovável) e PLA (ácido polilático), juntamente com clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ) de alta pureza (99%) e ácido fórmico de alta pureza (98%), obtidos comercialmente pela instituição. Preparamos várias concentrações iniciais do Ecovio: 0,5g, 0,45g, 0,41g e 0,38g, medindo cuidadosamente cada quantidade e armazenando em frascos de vidro.

Para solubilizar quantidades determinadas de Ecovio, foi utilizado 4,25 mL de clorofórmio e 0,75 mL de ácido fórmico. A mistura foi transferida para frasco acrílico selado e agitada, a 800-100 rpm, por 30-40 min, sem aquecimento, até obtenção de uma solução (mistura homogênea). Em seguida, foi adicionado diferentes quantidades de Ômega 3 à solução polimérica em ensaios distintos: 0,5 mL, 1,0 mL e 1,5 mL. O óleo foi também solubilizado com agitação magnética por 5 min. A composição final das amostras está descrita na Tabela 1.

**Tabela 1 – Composição final das soluções de Ecovio e óleo ômega 3 submetidas a eletrofição**

Amostras	Clorofórmio (mL)	Ácido fórmico (mL)	Ecovio (g)	Óleo Omega 3 (mL)
1 (controle)	4,25	0,75	0,50	-
2	4,25	0,75	0,45	0,50
3	4,25	0,75	0,41	1,00
4	4,25	0,75	0,38	1,50

Fonte: Autoria Própria (2023).

Para a preparação da eletrofição, o conteúdo da mistura foi transferido para uma seringa de vidro com uma agulha metálica, a qual foi acoplada a uma bomba de seringa. O eletrodo positivo, de uma fonte de alta atenção, foi conectado à agulha e outro eletrodo (o negativo) ao papel alumínio que recobria placa de cobre posicionada verticalmente e alinhada com a agulha. O coletor metálico fixo foi posicionado a uma distância de 12 cm da ponta da agulha e serviu como suporte do material eletrofiado.

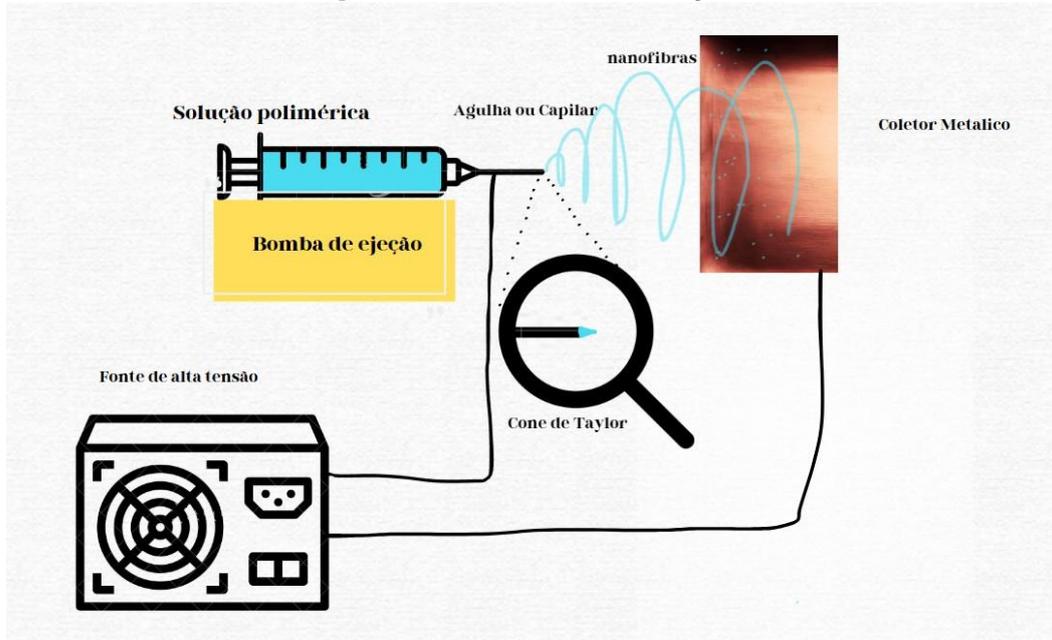
A fonte e a bomba injetora de solução foram ligadas e a eletrofição foi processada por 7 h aproximadamente. A de solução foi injetada com vazão de 0,5 mL/h e a tensão aplicada na fonte foi de 12 kW.

Os materiais eletrofiados foram caracterizados por microscopia eletrônica de varredura (MEV) (MEV, TESCAN, VEGA) acoplado com espectrometria de dispersão de energia (EDS) (Epsilon 1, Malvern Panalytical). As amostras foram preparadas com recobrimento de filme fino de ouro.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A eletrofiação foi executada utilizando um sistema convencional que inclui uma fonte de alta voltagem, uma bomba para injetar a solução, um suporte conectado a um tubo capilar metálico e um coletor condutor de corrente. A Figura 1 ilustra o procedimento adotado.

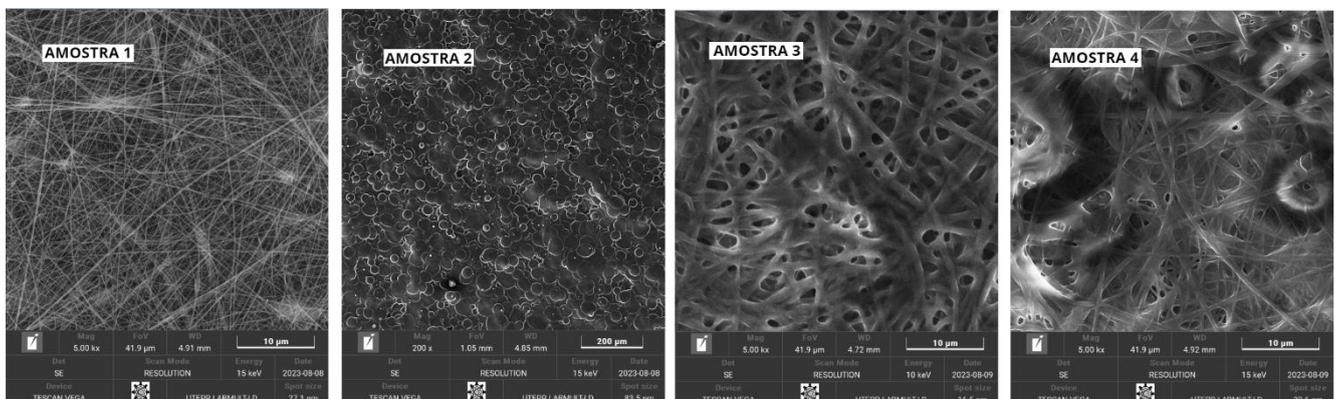
Figura 1 – Sistema de eletrofiação.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Após eletrofiação dos materiais, as amostras foram metalizadas e imagens por MEV foram realizadas. As imagens obtidas estão mostradas na Figura 2.

Figura 2 – Imagens obtidas por MEV para fibras de Ecovio puro (Amostra 1) e compósitos de Ecovio e óleo ômega 3 sob diferentes proporções (Amostras 2 a 4).



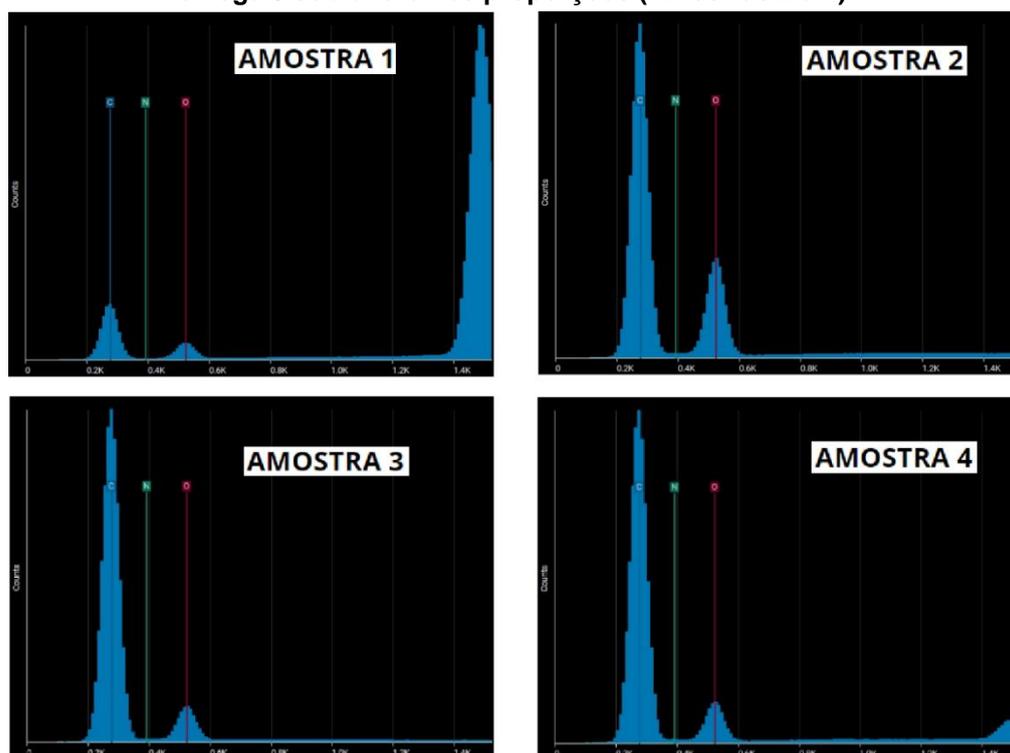
Fonte: Autoria Própria (2023).



A amostra de controle, denominada amostra 1, consiste exclusivamente de Ecovio, sem qualquer adição de Ômega 3, sendo usada como ponto de referência. A partir desta amostra, foram obtidas fibras notavelmente mais finas e uniformes. No que diz respeito à amostra 2, que foi submetida à menor quantidade de óleo em sua composição, observou-se a ausência de formação de fibras, resultando na produção de microgotas (*beads*) no material eletrofiado. É fundamental alcançar um equilíbrio adequado entre fatores como viscosidade, condutividade elétrica e tensão superficial para a produção de fibras, e, claramente, esse equilíbrio não foi atingido nesta amostra, o que influenciou significativamente esse resultado.

Por outro lado, nas amostras 3 e 4, foi possível observar a formação de fibras mergulhadas em uma massa contínua, possivelmente representando a fase oleosa. Notavelmente, as fibras presentes no material compósito apresentaram diâmetros visivelmente maiores em comparação com a amostra de controle. Isso sugere que a adição de óleo provavelmente reduziu a condutividade elétrica das soluções eletrofiadas, enquanto aumentou sua viscosidade. Esses aspectos provavelmente resultaram em um menor estiramento das fibras ao longo do trajeto até o coletor metálico.

Figura 3 – Espectros de EDS para fibras de Ecovio puro (Amostra 1) e compósitos de Ecovio e óleo ômega 3 sob diferentes proporções (Amostras 2 a 4).



Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao analisar com detalhe os espectros de EDS das amostras, foi verificado que apenas sinais para os elementos C (200 eV) e O (500 eV) foram observados, as quais são compatíveis com a composição elementar das estruturas químicas de Ecovio e óleo Omega 3 (favorecido com mais carbonos em sua composição, portanto é visível um traço qualitativo maior para as amostras 2, 3 e 4). Não foi verificado sinal de cloro, por exemplo, encontrado no clorofórmio utilizado como solvente. Isso sugere que o material sólido foi obtido sem vestígios dos solventes utilizados, a qual é o comportamento ideal para o processo de eletrofiação (SANTOS, 2020).



## CONCLUSÃO

O propósito deste estudo era desenvolver fibras utilizando o polímero Ecovio em combinação com o Ômega 3 com potencial para aplicação em bandagens, a fim de estimular a regeneração celular.

A Amostra 2 não formou fibras devido à concentração dos componentes na solução. Mesmo com uma quantidade reduzida de óleo, a solução teve um efeito adverso, levando ao insucesso na formação de fibras. As propriedades físicas da solução podem não ter sido adequada para a obtenção das fibras. Nas amostras 3 e 4, foi notada produção de fibras com boa homogeneidade de diâmetro. As fibras se apresentaram imersas em uma massa contínua que deve ser a fase oleosa.

Os experimentos indicam a viabilidade de produzir fibras, no caso das amostras 3 e 4, com potencial para ser aplicado para regeneração celular, mas requerem investigações mais detalhadas para determinar as proporções adequadas e analisar a durabilidade das amostras. Durante a produção das fibras por eletrofiação foi ainda verificado que existiu forte influência da umidade relativa do ar no processo. Clima frio e úmido no local dos experimentos afeta negativamente a produção de fibras. Umidade ao redor de 50-60% são limítrofes para possibilitar processo de eletrofiação.

## Agradecimentos

Agradecemos à UTFPR-AP pelo valioso apoio e pela generosa disponibilidade do espaço físico, bem como pelo acesso ao "Laboratório de Materiais, Macromoléculas e Compósitos - LAMMAC". Além disso, gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão ao Laboratório Multiusuário de Apucarana - LAMAP.

## REFERÊNCIAS

AVALLONE, Rossella; VITALE, Giovanni; BERTOLOTI, Marco. Omega-3 Fatty Acids and Neurodegenerative Diseases: New Evidence in Clinical Trials. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019.

BORSCHIVER, Suzana; ALMEIDA, Luiz F. M.; ROITMAN, Tamar. Monitoramento tecnológico e mercadológico de biopolímeros. Escola de Química, UFRJ. 2008.

LOPES, Bruno Leonardy S. Polímeros reforçados por fibras vegetais uma revisão sobre esses compósitos. São Paulo: Editora Blucher, 2017. E-book. ISBN 9788580392920.

RODRIGUES, A. da C.; FURTADO, A. C. S.; MAGALHAES, M. M.; SOUZA, F. I. B. de. Análise química por espectroscopia de raio-X por dispersão energia (EDS). Embrapa. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164289/1/Anais-Pibic-2017-On-line-19.pdf> Acesso em: 13 set. 2023.

SANTOS, Jessica Dias. Síntese, caracterização e atividade antimicrobiana de nanofibras de policaprolactona-nistatina produzidas por eletrofiação. 2020.

SILVA, C. F.; PAULA, D. D. M. DE .; BORGES, K. B.. Eletrofiação aplicada ao desenvolvimento de nanofibras adsorventes visando o aprimoramento de técnicas de (micro)extração em fase sólida. *Química Nova*, v. 44, n. 9, p. 1137–1150, 2021.