

## DESENVOLVIMENTO DE FILMES LIGNOCELULÓSICOS COM DIFERENTES PRÉ-TRATAMENTOS QUÍMICOS ORIUNDOS DE ARUNDO *DONAX L.*

PATRICIA OLIVEIRA SCHMITT<sup>1</sup>; CAMILA MONTEIRO CHOLANT<sup>2</sup>; LINCOLN AUDREW CORDEIRO<sup>3</sup>; NAURIENNI DUTRA FREITAS<sup>4</sup>; CLAÚDIA FERNANDA LEMONS E SILVA<sup>5</sup>; ANDRÉ LUIZ MISSIO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – patricia.olimitt@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – camila.scholant@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – lincolnaudrewcordeiro.lac@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – naurienni@gmail.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – lemonsclau@gmail.com

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – andre.missio@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

*Arundo donax L.*, também conhecida como cana-do-reino, é uma gramínea alta e herbácea nativa da região mediterrânea, que se disseminou por diversas regiões subtropicais e temperadas, adaptando-se a uma ampla gama de condições ambientais. Devido à sua alta adaptabilidade e taxa de crescimento acelerada, *Arundo donax L.* é classificada como uma das 100 espécies exóticas mais invasoras do mundo (GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2024; AMARONE et al., 2023). Essa disseminação tem causado preocupação em várias regiões, principalmente na Europa, pelos seus impactos ecológicos negativos, bem como pelas consequências econômicas, como a perda de biodiversidade e os altos custos associados ao controle e erradicação (MARTÍNEZ-SANZ et al., 2018).

No entanto, uma abordagem sustentável e econômica para lidar com a biomassa gerada por *Arundo donax* é a sua utilização para a produção de bioproductos, como a cana-de-açúcar e o eucalipto, essa planta oferece um elevado potencial para a geração de riqueza a partir de sua biomassa, que é composta principalmente de celulose, hemicelulose e lignina (NOGUEIRA, 2024; XU et al., 2023). A transformação dessa biomassa em filmes biodegradáveis tem sido estudada com foco na valorização de seus componentes lignocelulósicos, que podem ser extraídos e utilizados em diversas aplicações industriais, incluindo embalagens sustentáveis. Martínez-Sanz et al. (2018) destacam que filmes produzidos a partir das frações lignocelulósicas de *Arundo donax* via filtração a vácuo apresentaram propriedades promissoras para uso em embalagens alimentícias.

Para converter a biomassa lignocelulósica em materiais funcionais, é necessário empregar pré-tratamentos químicos que facilitam a separação de celulose, hemicelulose e lignina. Esses tratamentos químicos e físicos são essenciais para modificar a estrutura complexa da biomassa, melhorando sua processabilidade. Métodos como hidrólise ácida, que degrada a hemicelulose e parte da lignina, e hidrólise alcalina, eficiente na remoção de lignina, são amplamente utilizados. Esses tratamentos visam melhorar a qualidade dos filmes formados e maximizar o rendimento da extração de celulose (CORNÖ et al., 2014). No entanto, ainda há poucos estudos relacionados a produção de filmes de arundo utilizando diferentes pre tratamentos químicos, sem a adição de aditivos (como plastificantes ou reticulantes), o que representa uma oportunidade para inovação tecnológica e pesquisa.

Neste estudo, o objetivo foi avaliar as alterações morfológicas e solubilidade dos filmes lignocelulósicos a partir de *Arundo donax* L., utilizando diferentes pré-tratamentos químicos (alcalino, sulfúrico e hipoclorito). A pesquisa foca em desenvolver filmes biodegradáveis e inovadores que possam ser aplicados em várias indústrias, com destaque para o setor de embalagens de alimentos, promovendo a valorização ecológica e econômica dessa planta invasora.

## 2. METODOLOGIA

Foram utilizadas amostras da planta *Arundo donax* L., coletadas na Estação Experimental Cascata da Embrapa Clima Temperado, localizada na zona rural de Pelotas, Rio Grande do Sul. Após a coleta, o material foi picado e seco em uma estufa com circulação de ar a 45°C por uma semana. Posteriormente, o material seco foi moído em um moinho de facas e peneiradas para obter uma granulometria de #60 de tamanho de partículas.

Foi realizado o pré-tratamento com ácido sulfúrico (solução de 1,2% p/v), baseado na metodologia descrita por Sun e Cheng (2005). O pré-tratamento alcalino com NaOH a 7% baseada na metodologia descrita por Qian et al. (2016). O pré-tratamento de branqueamento ocorreu em duas etapas. A primeira etapa envolveu a deslignificação conforme descrito no pré-tratamento alcalino, mas utilizando 120 g de matéria-prima. E a segunda etapa foi baseada na metodologia descrita por Wijaya et al. (2019). Para isso, uma solução de NaClO 2% foi adicionada à amostra, na proporção de 1:10 (p/v), por 20 h em temperatura ambiente. Em seguida, foi filtrada a vácuo e lavada com água quente até atingir pH neutro antes de ser colocada em estufa a 50 °C por 24 h.

Para a produção dos filmes foram utilizados 3,5 ml de gel de cada pré-tratamento químico, e diluídos em 4 ml de água destilada. A solução resultante foi submetida em um sistema de filtração à vácuo (kitassato), os filmes formados na membrana de nylon, foram acondicionados em um dessecador até a completa evaporação da água e a formação dos filmes.

Após prontos os filmes, foram realizadas as medidas de microscopia óptica para obtenção de imagens detalhadas das amostras de pré-tratamento ácido sulfúrico (A), hidróxido de sódio (B) e de branqueamento (C). Estas foram feitas em um microscópio óptico digital, com e sem contraste de luz, o equipamento incide luz através da amostra e através do ajuste de lentes foram obtidas visibilidades para os resultados.

Outra análise realizada foi solubilidade dos filmes, foi utilizado um corpo de prova com um comprimento de 1,5 cm e uma largura de 1,5 cm. A massa seca inicial foi obtida em balança analítica após secagem a 30°C por 24 h. Os corpos de prova foram imersos em recipientes contendo 15 ml de água destilada por 24 horas em temperatura ambiente. Ao fim desse período os filmes foram retirados, vertidos em placas petri e secos novamente em estufa por 24 h a 50 °C para verificar o peso final.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figuras 1 apresenta imagens microscópicas obtidas de filmes da planta de arundo de pré-tratamentos com ácido sulfúrico, hidróxido de sódio e de branqueamento.

A análise morfológica das imagens dos filmes tratados revela diferenças estruturais significativas entre os tratamentos. O filme tratado com ácido sulfúrico

apresenta uma estrutura compacta e rígida, indicando uma redução na porosidade e possível fragmentação das fibras. O tratamento com hidróxido de sódio preserva melhor a integridade das fibras, resultando em uma estrutura fibrosa e mais porosa, sugerindo maior flexibilidade e retenção de água, características favoráveis a filmes biodegradáveis. O filme branqueado com hipoclorito de sódio apresenta uma estrutura homogênea e leve, com alta pureza visual.

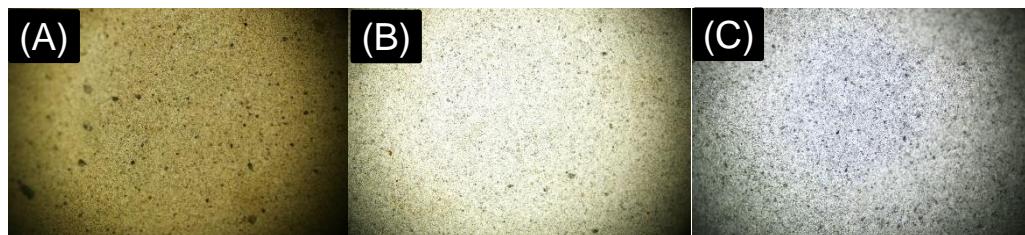


Figura 1: Microscopia óptica das amostras de arundo dos filmes lignocelulósico de arundo de diferentes pré-tratamentos (A) ácido sulfúrico; (B) hidróxido de sódio; (C) branqueamento.

Na tabela 1, os resultados obtidos são da perda de massa para solubilidade dos filmes de diferentes pré-tratamentos da planta de arundo *donax L.* para analisar as propriedades física da solubilidade em água dos filmes biodegradáveis é utilizada para avaliar a resistência dos mesmos em meio aquoso, e está diretamente relacionado com a hidrofilicidade dos filmes (COFFERRI et.al., 2019).

Sua avaliação é importante, pois dependendo qual a finalidade do seu uso pode ser que precise que eles sejam insolúveis em água, aumentando a integridade do produto (LUCENA et.al., 2017).

O filme tratado com ácido sulfúrico (A) apresentou a menor perda de massa, apenas 1,47%, o que indica uma baixa solubilidade em água e alta estabilidade estrutural, tornando-o adequado para aplicações que requerem maior resistência em ambientes úmidos.

O filme tratado com hidróxido de sódio (B), por sua vez, exibiu maior flexibilidade devido à sua estrutura porosa e fibrosa, mas apresentou uma alta perda de massa, 900%, o que o torna mais adequado para aplicações em que a solubilidade e a biodegradabilidade rápidas são desejáveis.

O filme branqueado (C) demonstrou uma perda de massa de 6,61%, sendo mais solúvel em água do que o filme com ácido sulfúrico, mas ainda assim apresentando boa resistência à umidade em comparação ao filme com hidróxido de sódio. Assim, considerando os filmes B e C mais solúveis em água, ou seja, tiveram uma maior perda de massa.

TABELA 1: Perda de massa dos filmes lignocelulosicos de *Arundo Donax L.*

Amostra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Perda de massa (%)
A	0,0068	0,0067	1,47
B	0,0200	0,0091	9,00
C	0,0121	0,0113	6,61

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstraram que a utilização de pré-tratamentos químicos distintos em *Arundo donax L.* influenciou na morfologia e a solubilidade dos filmes lignocelulosicos produzidos. O pré-tratamento com ácido

sulfúrico gerou filmes mais compactos, enquanto o tratamento com hidróxido de sódio preservou melhor a estrutura fibrosa, resultando em maior porosidade e flexibilidade. O branqueamento com hipoclorito de sódio, por sua vez, apresentou maior homogeneidade estrutural. Já a análise de solubilidade destacou o filme de pré-tratamento com ácido sulfúrico (A) considerado o mais promissor para o desenvolvimento de filmes com maior resistência em água, enquanto os pré-tratamentos com hidróxido de sódio (B) e branqueamento (C) podem ser explorados em aplicações que exijam maior flexibilidade ou níveis intermediários de solubilidade. Assim, este estudo reforça o potencial de *Arundo donax* L. como uma matéria-prima sustentável para a produção de bioproductos, oferecendo novas possibilidades para a utilização de filmes biodegradáveis.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARONE, N.; IOVANE, G.; MARRANZINI, D.; SESSA, R.; GUEDES, M. C., FAGGIANO, B. *Arundo donax* L. as sustainable building material. **Sustainable Buildings**, v. 6, n. 2, 2023.
- CORNO, L.; PILU, R.; ADANI, F. *Arundo donax* L.: a non-food crop for bioenergy and bio-compound production. **Biotechnology advances**, v. 32, n. 8, p. 1535- 1549, 2014.
- COFFERRI, P. et.al. Influência no teor de glicerol nas propriedades de filmesbiodegradáveis de proteína de soja isolada. 15o **Congresso Brasileiro de Polímeros**, 2019.
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. **100 das piores espécies exóticas invasoras do mundo**. 2024
- LUCENA, C.A.A et.al. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. Seção técnica **Revista Polímeros, Ciência e Tecnologia**, 2022.
- MARTÍNEZ-SANZ, M.; ERBOZ, E.; FONTES, C.; LÓPEZ-RUBIO, A. Valorization of Arundo Donax for the production of high performance lignocellulosic films. **Carbohydrate Polymers**, v. 199, p.276-285, 2018.
- NOGUEIRA, C. F. de O. **Desenvolvimento de biorrefinaria avançada para a produção de açúcar celulósico e bionanomateriais**. 2024. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, 2024.
- SUN Y.; CHENG J. J., Dilute acid pretreatment of rye straw and bermudagrass for ethanol production, **Bioresource Technology**, vol. 96, n. 14, pp. 1599–1606, 2005.
- QIAN, S.; ZHANG, H.; SHENG, K. Cellulose Nanowhiskers from Moso Bamboo Residues: Extraction and Characterization. **BioResources**, v. 12, n. 1, p. 419–433, 2016.
- WIJAYA, C. J.; ISMADJI, S.; APARAMARTA, H. W.; GUNAWAN, S. Optimization of cellulose nanocrystals from bamboo shoots using Response Surface Methodology. **Heliyon**, v. 5, n. 11, p. e02807, 2019.