

FORMULAÇÕES DE FILMES BIOATIVOS À BASE DE AMIDO DE COCO BABAÇU ADITIVADOS COM NANOFIBRAS DE CELULOSE E ÓLEO ESSENCIAL DE CURMUMA LONGA L

Rennzo Rodrigues Diedrichs¹, Guilherme Pinesso², Jorge Davi Guedes Cavalcante³, Ricardo Barbosa de Sousa⁴, Carla Cristina da Silva⁵

¹Estudante do Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio – IFTO. email: <rennzo.diedrichs@estudante.ifto.edu.br>

²Estudante do Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio – IFTO. email: <guilherme.pinesso@estudante.ifto.edu.br>

³Estudante do Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio - IFTO. email: <jorge.cavalcante@estudante.ifto.edu.br>

⁴ Docente do Curso Técnico em Biotecnologia e do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Produção Industrial - IFTO, *Campus Araguaína*..

Orientador(a). e-mail: [Ricardo Barbosa de Sousa](mailto:Ricardo.Barbosa.de.Sousa@ifto.edu.br)

⁵Docente do Curso Superior de Farmácia – IFTO. Orientadora. e-mail: <carla.silva@ifto.edu.br>

1 INTRODUÇÃO

A poluição plástica representa um dos maiores desafios ambientais da atualidade, comprometendo ecossistemas terrestres e aquáticos devido à sua lenta degradação e ao acúmulo no meio ambiente. Estima-se que bilhões de toneladas de resíduos sólidos sejam geradas por ano, das quais milhões acabam em rios e oceanos, agravando a crise ambiental. Diante desse cenário, cresce o interesse científico em desenvolver alternativas sustentáveis aos plásticos convencionais, utilizando polímeros naturais capazes de se decompor sem causar danos ambientais. Entre esses materiais, o amido de coco babaçu, abundante no estado do Tocantins, destaca-se como uma fonte renovável e de baixo custo, com grande potencial para a produção de bioplásticos biodegradáveis. Seu uso reduz impactos ambientais e valoriza os recursos naturais, fortalecendo comunidades extrativistas da região Norte do Brasil. Paralelamente, a *Curcuma longa L.* (cúrcuma) apresenta compostos bioativos com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, sendo o seu óleo essencial um aditivo natural promissor para conferir propriedades bioativas aos filmes. Já a nanocelulose, obtida de fibras vegetais, atua como agente reforçante, aumentando a resistência mecânica e reduzindo a permeabilidade à umidade dos biopolímeros. Assim, este estudo busca integrar recursos naturais e inovação tecnológica para desenvolver filmes bioativos e biodegradáveis à base de amido de coco babaçu, óleo essencial de cúrcuma e nanocelulose. Além de propor uma solução ambientalmente responsável, a pesquisa contribui para o avanço científico e o fortalecimento socioeconômico de comunidades extrativistas, demonstrando a viabilidade desses compósitos como alternativa sustentável para a produção de embalagens ecológicas.

2 OBJETIVO

Desenvolver filmes biodegradáveis e bioativos à base de amido de coco babaçu, combinando nanofibras de celulose e óleo essencial de *Curcuma longa L.*, e avaliar suas propriedades físico-químicas e de biodegradação, com vistas à substituição de plásticos convencionais em

embalagens.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A farinha de babaçu foi obtida da Associação Regional das Mulheres Trabalhadoras Rurais do Bico do Papagaio (São Miguel-TO), peneirada (malha 60) e reservada. O óleo essencial de Curcuma longa L. (NL Terapias Naturais) e o surfactante Tween 80 (grau analítico, Vetec) foram utilizados como aditivos. As nanofibras de celulose vegetal (teor de sólidos 3%) foram fornecidas pela empresa Suzano. O glicerol (p.a.) foi empregado como plastificante. A elaboração dos filmes utilizou o método de casting, com preparação de solução filmogênica e evaporação do solvente, conforme Rocha et al. (2022), Maniglia et al. (2017) e Lopes et al. (2020), com adaptações. Foram formuladas três amostras (Tabela 1): BR (sem óleo de cúrcuma e Tween 80), F1 e F2, variando as concentrações de óleo e surfactante, mantendo constantes as proporções de amido, glicerol e nanocelulose. Após o preparo, as soluções foram vertidas em placas de acrílico para secagem à temperatura ambiente (25 ± 2 °C) por 48 horas.

Tabela 1 - Planejamento fatorial das formulações dos filmes de amido de babaçu aditivados com nanofibras de celulose e óleo essencial de cúrcuma.

Formulação	BR	F1	F2
Óleo de Curcuma longa L. (% m/m)	0	4,9	14,1
Tween 80 (% m/m)	0	0,76	0,76
Amido de babaçu (% m/V)	3,0	3,0	3,0
Glicerol (% m/m)	45,0	45,0	45,0
Nanofibras de celulose (% m/V)	1,0	1,0	1,0

Fonte: Autor (2024).

Após o preparo das soluções filmogênicas, a solução foi levada para placas de acrílico para realização da metodologia de casting, as amostras foram solidificadas à temperatura ambiente. Os ensaios de solubilidade foram realizados a partir da metodologia aplicada por Oluwasina e Awonyemi (2021). Tal método propõe utilizar amostras de (2 x 2 cm) e secar durante 3 horas a 105°C para determinar a massa inicial (m_i). A seguir os filmes são imersos em 40 mL de água deionizada por 24 h em um béquer coberto em incubadora *shaker* a 30 °C. Após esse período, o bioplástico é removido e seco por 3 h a 105 °C em uma estufa, para determinação da massa final (m_f). Como mencionado anteriormente os ensaios foram feitos em triplicata, e para determinar o grau de solubilidade é utilizada a seguinte equação:

Equação (1)

$$\text{Solubilidade}(\%) = (m_i - m_f)/m_i \times 100$$

Por outro lado, para realizar o ensaio de permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi adotado o

procedimento proposto pela norma da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) E96M-16 (ASTM, 2016), no qual, os ensaios são realizados à temperatura ambiente (25 ± 1 °C), utilizando uma célula de acrílico com tampa e uma abertura central, a fim de se fixar o material. O fundo da célula é preenchido por CaCl_2 para garantir 0% de UR. A seguir essa célula é depositada, por sua vez, em outro recipiente de acrílico hermeticamente fechado, contendo NaCl , com o intuito de manter 75% de UR e assegurar um gradiente de pressão de vapor de água, ΔPa , entre as superfícies do filme, conforme Figura 2. A taxa de aumento de massa total da célula será monitorada por cerca de 120 h e a PVA será determinada conforme a seguinte equação 2:

Equação (2)

$$PVA = \frac{TPVA \cdot \delta}{A \cdot P_s \cdot \left(\frac{UR1 - UR2}{100} \right)}$$

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada pela relação entre a taxa de transmissão de vapor, a espessura do filme e o gradiente de umidade relativa. A espessura dos filmes foi medida com micrômetro de precisão (0,001 mm), realizando-se dez leituras em pontos simétricos e calculando-se a média aritmética. Para avaliar a biodegradação em terra vegetal, os filmes foram enterrados em béqueres de 1 L contendo terra adubada, mantidos por 100 dias e analisados em triplicata. As amostras foram envoltas em gaze, reumidificadas periodicamente e pesadas em intervalos regulares. A redução de massa (R%) foi calculada pela diferença entre as massas inicial e final das amostra, conforme a seguinte equação 3:

Equação (3)

$$R(\%) = (m_i - m_f) / m_i \times 100$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 - Resultados obtidos por meio das análises físico-químicas.

Formulação	BR	F1	F2
Solubilidade (%)	15,47 ± 4,38	21,58 ± 2,48	24,04 ± 15,54
Degradação 100 dias (%)	76,9 ± 5,2	57,1 ± 11,2	56,2 ± 7,9
PVA x 10 ⁷ (g.dia ⁻¹ .m ⁻¹ .Pa ⁻¹)	0,72 ± 0,60	1,07 ± 0,45	1,27 ± 0,73
Espessura (µm)	121 ± 14	131 ± 17	130 ± 17

Fonte: Autoria própria (2024).

As formulações BR, F1 e F2 apresentaram diferenças significativas nas propriedades físico-químicas analisadas. A F2 mostrou maior permeabilidade ao vapor de água (PVA) e solubilidade, o que indica menor resistência à umidade, além de apresentar a menor taxa de degradação em solo após 100 dias. Em contraste, a F1 destacou-se por seu equilíbrio entre propriedades mecânicas e biodegradabilidade, com uma taxa de degradação de 57,1%, sendo considerada mais promissora para uso em embalagens biodegradáveis por combinar resistência e

eficiência ambiental. No ensaio de PVA, observou-se que a F2 permitiu maior passagem de vapor de água, resultado coerente com seus altos valores de solubilidade e PVA, que são diretamente proporcionais. A formulação BR teve desempenho intermediário, com boa durabilidade, mas baixa permeabilidade ao vapor, o que pode limitar sua aplicação em contextos que exigem maior troca gasosa. Constatou-se ainda que o aumento da concentração de óleo essencial de cúrcuma reduziu a taxa de degradação, sugerindo a formação de uma barreira antimicrobiana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biofilmes produzidos com amido de coco babaçu, óleo essencial de cúrcuma e nanofibras de celulose mostraram potencial para substituir parcialmente plásticos convencionais. A formulação F1 apresentou melhor equilíbrio entre resistência e biodegradabilidade, enquanto a F2 foi mais permeável, indicada para embalagens que exigem troca gasosa. Recomenda-se que estudos futuros aprofundem as análises mecânicas e antimicrobianas. A pesquisa evidencia o valor dos recursos naturais do Tocantins e seu potencial na produção de biopolímeros sustentáveis.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e ao IFTO pelo fomento e apoio para a execução do projeto que possibilitou a realização desta pesquisa. Agradecemos também ao espaço disponibilizado pelo Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Materiais Avançados (NPDEMA) para realização de alguns ensaios *in vitro*.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. ASTM E 96-16. Nova York. 2016.
- BEZERRA, E. L.; ANDRADE, P. S. Desenvolvimento de bioplásticos à base de cascas de bananas e de ovos. In: ANDRADE, P. L.; RIBEIRO, I. M. (org.) Ciência e engenharia de materiais: conceitos, fundamentos e aplicação. 1. ed. Guarujá-SP: Científica Digital, p. 216-219, 2021.
- LENGOWSKI, E. C. Formação e caracterização de filmes com nanocelulose. Curitiba, 2016, 232 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 2016.
- LOPES, I. A.; PAIXÃO, L. C.; SILVA, L. J. S.; ROCHA, A. A.; BARROS FILHO, A. K. D.; SANTANA, A. A. Elaboration and characterization of biopolymer films with alginate and babassu coconut mesocarp. *Carbohydrate Polymers*, v. 234, 115747, 2020.
- MANIGLIA, B. C.; TESSARO, L.; LUCAS, A. A.; TAPIA-BLACIDO, D. R. Bioactive films based on babassu mesocarp flour and starch. *Food Hydrocolloids*, v. 70, p. 383-391, 2017.
- OLUWASINA, O. O.; AWONYEMI, I. O. Citrus peel extract starch-based bioplastic: effect of extract concentration on packed fish and bioplastic properties. **Journal of Polymers and the Environment**, 2021.
- ROCHA, A. A.; MACÊDO, E. B. V.; ALMEIDA, M. F.; SANTOS, L. S.; VELOSO, C. M. Edible films based on arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch incorporated with licuri oil (*Syagrus coronata*) and tween 80. **Journal of Polymers & Environment**, v. 30, p. 4821–4834, 2022.

