



ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL À BASE DE AMIDO REFORÇADO COM PERGAMINHO DE CAFÉ

Evellyn G. BARBOSA¹; Thalita F. M. de SOUZA²; Lilian V. SILVA³; Renan F. M. de SOUZA⁴

RESUMO

O uso de resíduos agroindustriais como alternativa sustentável vem ganhando espaço na área de materiais biodegradáveis. Assim, foram elaborados filmes biodegradáveis à base de amido com a adição de pergaminho de café (15% m/m - porcentagem em massa em relação ao amido) que é um subproduto da indústria cafeeira. O objetivo foi avaliar os efeitos dessa adição nas propriedades físico-químicas e mecânicas dos biofilmes. As amostras foram comparadas com um filme controle, sem adição do resíduo, quanto à espessura, teor de umidade, solubilidade, resistência à tração e deformação na ruptura. Os resultados mostraram que a adição de pergaminho de café não alterou significativamente a espessura, a solubilidade, a resistência à tração e a deformação. No entanto, o teor de umidade foi significativamente reduzido, favorecendo o filme com 15% m/m de pergaminho de café, pois, um problema da embalagem de amido é a alta umidade. O estudo mostrou que o pergaminho de café tem potencial como aditivo funcional em biofilmes que promove soluções mais sustentáveis para aplicações na área de embalagens.

Palavras-chave: Valorização de resíduos; Sustentabilidade; Embalagens; Resíduo agroindustrial.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e a busca por alternativas sustentáveis vêm impulsionando o desenvolvimento de materiais biodegradáveis, especialmente na área de embalagens. Nesse contexto, os filmes à base de amido ganham destaque por serem materiais naturais, renováveis e de baixo custo. No entanto, a sua aplicação ainda é limitada devido a certas fragilidades mecânicas e de estabilidade estrutural. Para superar essas limitações, tem-se explorado a incorporação de aditivos naturais, incluindo pigmentos e fibras vegetais oriundas de resíduos agroindustriais, os quais mostram potencial para melhorar o desempenho técnico dos filmes à base de amido, além de contribuir com a redução do impacto ambiental (Gueiros; Gomes; Ribeiro, 2022).

Um exemplo promissor é o pergaminho de café, um subproduto abundante e ainda pouco explorado da cadeia cafeeira. Ele envolve a semente do café e é removido na etapa de beneficiamento seco, sendo considerado um resíduo sólido com alto volume gerado principalmente em países produtores. Segundo a Organização Internacional do Café, a produção mundial de café alcançou cerca de 171 milhões de sacas de 60 kg no ano agrícola 2022/23, o que indica uma geração correlata de pergaminho em grande escala (ICO, 2023). O pergaminho de café é constituído majoritariamente por compostos lignocelulósicos, conferindo ao material propriedades adequadas para uso como reforço

¹ Bolsista PIBIC-EM/CNPq, IFSULDEMINAS – Campus Carmo de Minas. E-mail: evellyn.barbosa@alunos.ifsuldeminas.edu.br

² Orientadora, IFSULDEMINAS – Campus Carmo de Minas. E-mail: thalita.menegassi@ifsuldeminas.edu.br

³ Coorientadora, IFSULDEMINAS – Campus Carmo de Minas. E-mail: lilian.silva@ifsuldeminas.edu.br

⁴ Doutorando, UFABC- Universidade Federal do ABC E-mail: renan.menegassi@ufabc.edu.br

ou carga em matrizes poliméricas de origem natural. Oferecer um novo destino a esse resíduo sólido contribui para a redução de impactos ambientais associados ao seu descarte inadequado e para o desenvolvimento de novos materiais com propriedades aprimoradas e aplicação sustentável, alinhando-se às diretrizes da economia circular no setor cafeeiro (Coura et al., 2023) .

Com isso, este trabalho tem como objetivo elaborar e caracterizar filmes à base de amido de milho reforçado com pergaminho de café, para a análise de seus efeitos sobre as características físico-químicas e propriedades mecânicas no amido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Preparo dos filmes: Foram elaborados o filme de amido de milho (filme controle) e o filme de amido de milho reforçado com pergaminho de café seguindo a mesma metodologia. Foi preparado um sistema filmogênico utilizando 6 g de amido de milho e 200 mL de água destilada em um bquer de 500 mL. A mistura foi aquecida a 80 °C (± 5 °C) sob agitação magnética constante por 10 min. Após, foi adicionado 1,9 mL de glicerol, como plastificante, mantendo-se a temperatura e agitação por 10 min. O sistema foi resfriado a 60 °C e, em seguida, o pergaminho de café foi adicionado na proporção de 15% m/m (0,9 g). A mistura foi agitada a 60 °C por 10 min para garantir a completa homogeneização. No filme controle, não foi adicionado o pergaminho. Após, a solução filmogênica foi transferida para placas de Petri de plástico propileno com diâmetro de 9 cm, com aproximadamente 20 g de material em cada placa. As placas foram mantidas em estufa a 40 °C por 36 h, até que os filmes estivessem completamente secos.

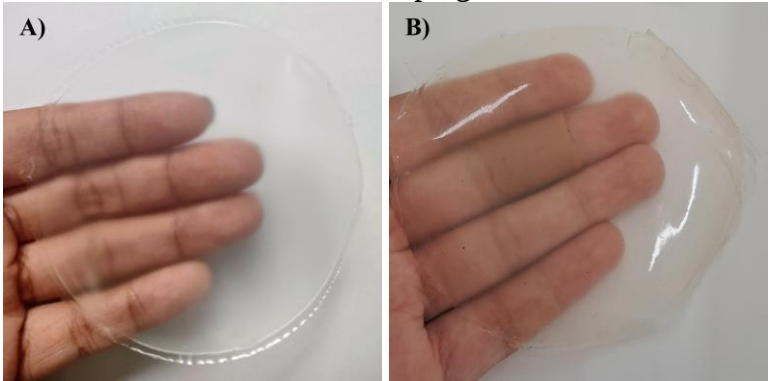
Caracterizações: Análise da aparência visual e tátil: Os filmes foram avaliados por meio de observações táteis e visuais analisando diferentes aspectos, como a presença de bolhas, rachaduras e opacidade. *Espessura:* A espessura foi medida com um micrômetro externo manual (Cosa Intermáquinas®, 0 - 25 ($\pm 0,001$) mm), aferindo 3 pontos diferentes do corpo de prova para a determinação da espessura média em 6 corpos de provas. A análise foi realizada na Universidade Federal do ABC. *Teste de umidade:* As amostras dos filmes (3 x 3 cm) foram colocadas em placas de Petri previamente secas. Após, as placas foram mantidas na estufa a 105 °C até a massa permanecer constante. O experimento foi realizado em triplicata. O teor de umidade foi calculado em porcentagem da variação de massa. *Teste de solubilidade:* As amostras dos filmes (3 x 3 cm) foram mergulhadas em 50 mL de água e mantidas sob agitação por 24 h. Após, as amostras foram filtradas em papel de filtro previamente pesado e mantidas em estufa a 105 °C até a massa permanecer constante. Os papéis de filtro foram colocados em placas de Petri previamente secas. O experimento foi realizado em triplicata. A solubilidade foi calculada em porcentagem da variação de massa. *Teste Mecânico:* Os ensaios de tração foram realizados em um equipamento Instron® (5582 UTM) de acordo com a norma ASTM D882-95a. Para cada filme, foram confeccionados 5 corpos de prova de forma retangular (10 x 70 mm), com um valor de espessura média medida com um micrômetro

externo manual (Cosa Intermáquinas®, 0 - 25 ($\pm 0,001$) mm), aferindo 3 pontos diferentes do corpo de prova para a determinação da espessura média. O ensaio foi realizado com a separação das garras em 50 mm, a velocidade de 4 mm/min e uma célula de carga de 50 kN. A análise foi realizada na Universidade Federal do ABC (UFABC). *Análise estatística:* A análise estatística dos dados obtidos nas caracterizações foi realizada pela análise de variância (ANOVA) usando o software SISVAR (Ferreira, 2019). As diferenças estatísticas entre os valores foram avaliadas pelo teste de Tukey com nível de significância de $p = 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do aspecto visual indicou que o filme controle apresentou ausência de bolhas e maior opacidade. Já o filme contendo pergaminho de café se apresentou mais brilhante (menos opaco), também com a ausência de bolhas (Figura 1).

Figura 1. Imagens fotográficas do A) Filme de amido de milho (controle); e B) Filme de amido de milho com 15% m/m de pergaminho de café.



Fonte: imagem do autor, 2025.

Os filmes foram caracterizados quanto à espessura, o teor de umidade, a solubilidade, a resistência à tração e a deformação na ruptura e os dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores das propriedades físico-químicas e mecânicas do filme de amido de milho (controle) e do filme de amido de milho com 15% m/m de pergaminho de café.

Amostra	Espessura (mm)	Teor de Umidade (%)	Solubilidade (%)	Resistência à tração (MPa)	Deformação na ruptura (%)
Controle	0,114 ($\pm 0,007$) ^a	23,7 ($\pm 1,6$) ^a	46,0 ($\pm 3,9$) ^a	3,4 ($\pm 0,4$) ^a	12,1 ($\pm 3,7$) ^a
Pergaminho de café (15% m/m)	0,118 ($\pm 0,006$) ^a	17,7 ($\pm 2,6$) ^b	40,2 ($\pm 7,4$) ^a	3,3 ($\pm 0,5$) ^a	8,6 ($\pm 3,4$) ^a

*Valores médios e desvios-padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Analisando os dados da Tabela 1, os parâmetros de espessura, de solubilidade, de resistência à tração e de deformação na ruptura não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Esse resultado mostra que a incorporação do pergaminho de café não comprometeu a estrutura, nem as propriedades funcionais do biofilme. A manutenção da resistência mecânica e

flexibilidade são essenciais para a viabilidade de aplicação em embalagens, o que reforça o potencial do pergaminho de café como um aditivo sustentável.

Contudo, os resultados obtidos indicaram que a adição de 15% m/m de pergaminho de café nos filmes de amido de milho influenciou positivamente uma propriedade importante para a aplicação em embalagens biodegradáveis. Uma das principais limitações dos filmes à base de amido é o alto teor de umidade, que compromete a sua estabilidade estrutural e o seu desempenho mecânico. Nesse sentido, observou-se que a formulação com pergaminho de café apresentou uma redução significativa do teor de umidade ($17,7 (\pm 2,6)\%$), quando comparada com o controle ($23,7 (\pm 1,6)\%$), representando uma melhoria importante na resistência à absorção de água e na potencial durabilidade do material. Portanto, o estudo mostrou que o pergaminho de café tem potencial como aditivo funcional em biofilmes, promovendo soluções mais sustentáveis para aplicações na área de embalagens.

4. CONCLUSÃO

A incorporação de 15% m/m de pergaminho de café em filmes biodegradáveis à base de amido demonstrou ser uma boa estratégia para contornar uma das principais limitações desse tipo de material, além do alto teor de umidade, cuja redução observada contribui para melhorar a estabilidade estrutural e a vida útil potencial dos biofilmes, fator essencial para aplicações em embalagens. Além disso, foi observado que as propriedades mecânicas e estruturais, mostraram o potencial uso do pergaminho de café como um aditivo funcional sem comprometer o desempenho do material. Assim, além de agregar valor a um resíduo agroindustrial abundante, o uso do pergaminho de café contribui para o desenvolvimento de embalagens mais sustentáveis, alinhadas com os princípios da economia circular e da inovação ambiental.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica no Ensino Médio (PIBIC-EM) IFSULDEMINAS/CNPq pelo fomento à pesquisa. A Universidade Federal do ABC (UFABC) pela parceria na realização do teste de propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

- COURA, M. R. et al. Coffee biomass residue as a raw material for cellulose production and Py-GC/MS analysis. *Waste and Biomass Valorization*, Dordrecht, v. 15, p. 349–364, 2023.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*, Lavras, MG, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- GUEIROS, M. A. F; GOMES, G. M. S; RIBEIRO, D. S. Aplicação de pigmentos naturais em embalagens biodegradáveis: uma revisão sistemática. *Open Science Research VI*, v. 6, 2022.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION (ICO). Coffee Report and Outlook December 2023. ICO Quarterly Statistical Bulletin, 2023.