



CONGRESSO BRASILEIRO
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019
Uberlândia/MG



MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS DE FÉCULA DE MANDIOCA REFORÇADOS COM NANOPARTÍCULAS DE ARGILA E NANOFIBRAS DE CELULOSE

A.C. SOUZA¹ e F. L. M. OLIVEIRA¹

¹Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Biociências Aplicadas (PIBA)
E-mail para contato: luizafemendonca@gmail.com

RESUMO – A proposta deste trabalho foi analisar o efeito da incorporação de nanopartículas de argila e nanofibras de celulose como reforço estrutural dos materiais biodegradáveis de fécula de mandioca, visando a melhora de suas propriedades para aplicação em embalagens de alimentos em substituição aos polímeros derivados do petróleo. Todos os materiais confeccionados foram caracterizados em relação às suas propriedades mecânicas (resistência à tração e alongação na ruptura), de barreira (permeabilidade ao vapor de água) e morfológicas (teor de umidade, solubilidade e grau de intumescimento). Os materiais apresentaram boa aparência, com superfície homogênea com média de espessura de 90 μm , os reforços diminuíram as propriedades de barreira e contribuíram para a diminuição da umidade, porém não modificaram solubilidade e grau de intumescimento dos filmes conforme esperado.

1. INTRODUÇÃO

Com a velocidade do mundo moderno e a necessidade de praticidade no dia a dia, as embalagens plásticas são bastantes utilizadas, pois protegem os alimentos e são fáceis de manusear. Segundo a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), os materiais poliméricos usados para embalagens plásticas apresentam vantagens como baixo peso, baixo custo e elevada resistência mecânica e química, por isso sua versatilidade. Por outro lado, sabe-se que são responsáveis por muitos problemas ambientais, devido ao seu descarte inadequado.

Causando danos ao meio ambiente, acumuladas em aterros, descartadas nas ruas e entupindo bueiros, prejudicando os animais do ambiente marinho, entre outros. Dessa maneira, o estudo de embalagens biodegradáveis é frequente e relevante, uma vez que possuem características semelhantes aos plásticos, entretanto degradam com mais facilidade quando em contato com os microrganismos.

O amido é de bastante interesse na formação dessas embalagens devido à sua abundância em diversas fontes vegetais, portanto acabam apresentando baixo custo, além de apresentar elevada biodegradabilidade (Henrique *et al.*, 2008). Uma de suas fontes que pode ser utilizada como matriz dos filmes é a fécula de mandioca (Souza, 2011), que apresenta escolha justificada, por ser bastante produzida no país, uma vez que o Brasil em 2017 produziu cerca de 2.763.000 toneladas de acordo com dados do IBGE.

Apesar de os filmes a base de fécula de mandioca apresentarem importância no cenário da pesquisa vale ressaltar que apresentam propriedades mecânicas e de barreira pobres em relação aos polímeros sintéticos derivados de petróleo, justificante a necessidade de estudos sobre reforços que melhorem suas características (Machado, 2011). Dessa forma, foram analisados neste trabalho a incorporação de nanofibras de celulose e nanopartículas de argila, como reforços, na tentativa de melhorar as propriedades dos materiais poliméricos biodegradáveis a base de fécula de mandioca.

2. METODOLOGIA

2.1. Elaboração dos filmes

Todos os filmes estudados foram elaborados por *casting*, consistindo na formação de uma solução filmogênica pela mistura homogênea dos componentes, sob aquecimento constante até aproximadamente 72°C e agitação manual, seguida por espalhamento sobre suportes (placas de polipropileno com 14 cm de diâmetro) e secagem em capela de fluxo laminar por 24h. Para 100g de formulação filmogênica, utilizou-se 5,0g de fécula de mandioca (Cargill Agrícola S. A.), 0,75g de glicerol (Synth) e 95g de água destilada. Foram elaborados filmes sem reforços mecânicos (FM); filmes reforçados com 0,05 g, 0,10 g e 0,15 g de nanopartículas de argila (denominados A1, A2 e A3) (Argel T, Bentonit União); e filmes reforçados com 0,2 g, 0,3 g e 0,4 g de nanofibras de celulose (denominados C1, C2, C3) (Suzano Papel e Celulose®).

Antes de realizar os ensaios de caracterização, os filmes foram acondicionados em ambiente controlado com solução saturada de cloreto de sódio, o qual fornece uma umidade relativa de 75%, por no mínimo 48h, à temperatura ambiente.

2.2. Caracterizações dos filmes

A primeira caracterização a ser realizada foi em relação ao aspecto visual dos materiais, sendo o ideal que os filmes apresentem boa aparência, sem fissuras, poucas ou nenhuma bolhas. Os filmes não considerados ideais foram descartados. A espessura (e) dos filmes foi determinada por um micrômetro de ponta planar (OUTSIDE MICROMETER, 0-25 mm), em posições aleatórias. A opacidade (O) e a transparência (T) foram determinadas de acordo com a passagem de luz pelos filmes, em um espectrofotômetro (Ultrospec 8000) a 600 nm (Marques, 2018), e quantificadas pelas Equações 1 e 2, sendo Abs a absorbância fornecida pelo equipamento.

$$O = \frac{-\log(Abs)}{e} \quad (1)$$

$$T = \frac{Abs}{e} \quad (2)$$

O teor de umidade em base úmida dos filmes (U) foi determinado pela Equação 3, colocando amostras quadradas de 20 mm com massa inicial (mi) quantificada em estufa, a 105 °C, sendo a massa final (mf) aferida após 24 h.

$$U = \frac{(mf - mi)}{mi} \times 100 \quad (3)$$

Para determinar a solubilidade em água dos filmes (S), conforme Equação 4, amostras quadradas de 20 mm com massa inicial (mi) quantificada, ficaram 24 h imersas em água, sob leve agitação, em seguida foram levadas à secagem em estufa a 105 °C, até apresentarem massa constante, que corresponde à massa final (mf).

$$S = \frac{mi \times (1 - 0,01 * U) - mf}{mi \times (1 - 0,01 * U)} \times 100 \quad (4)$$

Para determinar o grau de intumescimento (GI) dos filmes, conforme Equação 5, amostras quadradas de 20 mm com massa inicial (mi) quantificada foram imersas em água destilada, sob leve agitação, sendo a massa úmida aferida em períodos de tempo até valor constante, correspondente à massa final (mf).

$$GI = \frac{mf - mi}{mi} \quad (5)$$

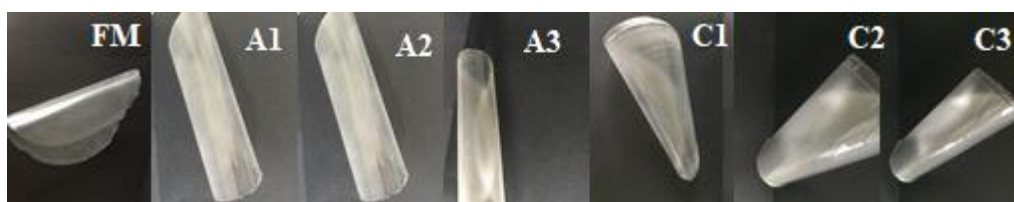
A permeabilidade ao vapor de água (PVA), foi determinada pelo procedimento gravimétrico de acordo com o método da American Society for Testing and Materials - ASTM E 96/E 96M-05 (2005), com modificações. Os testes foram realizados a temperatura ambiente, em triplicata.

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados tratados estatisticamente usando o programa GraphPad Prisma, considerando o erro puro. O teste de *Tukey* foi aplicado para análise das diferenças significativas entre os resultados obtidos, no intervalo de confiança de 95 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a Figura 1, é possível ver a boa aparência dos filmes, sem bolhas e fissuras, homogêneos em toda superfície, com espessura média de 90 µm.

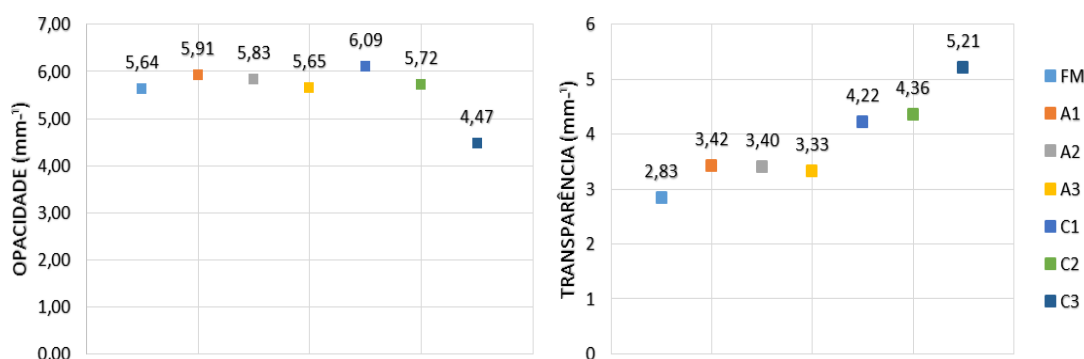
Figura 1 - Fotografias de materiais biodegradáveis a base de fécula de mandioca (FM), reforçados com nanopartículas de argila (A1, A2, A3) e nanofibras de celulose (C1, C2, C3).



Tanto a opacidade quanto a transparência das embalagens são importantes para a apresentação visual do produto final embalado, uma vez que estas propriedades indicam a quantidade de luz que atravessa a superfície analisada, sendo a opacidade uma grandeza inversamente proporcional à passagem de luz e a transparência diretamente proporcional (Marques, 2018). Ou seja, quanto menor a passagem de luz mais opaco e, consequentemente,

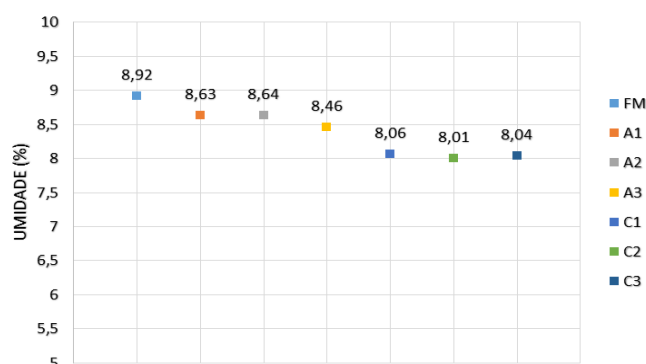
menos transparente o material será. Pela análise da Figura 2, que mostra os resultados para opacidade e transparência, nota-se que as nanofibras de celulose nas formulações C2 e C3 diferenciaram-se dos demais materiais, sendo possível observar que estes reforços aumentaram a transparência dos filmes.

Figura 2 - Opacidade e transparência (obtidos a 600 nm) dos materiais biodegradáveis a base de fécula de mandioca (FM), reforçados com nanopartículas de argila (A1, A2, A3) e nanofibras de celulose (C1, C2, C3).



Em relação ao teor de umidade, cujos resultados estão mostrados na Figura 3, não foi possível observar uma variação significativa dos valores, porém percebe-se que a adição dos reforços, tanto as nanopartículas de argila quanto as nanofibras de celulose, levaram a uma tendência de diminuição da umidade. Pode-se então afirmar que, apesar desta característica estar relacionada à presença da fécula de mandioca e sua interação com as moléculas de água da formulação, os reforços alteraram esta relação, interagindo também com a água, levando à diminuição destas moléculas livres, diminuindo a umidade dos materiais.

Figura 3 - Teor de umidade dos materiais biodegradáveis a base de fécula de mandioca (FM), reforçados com nanopartículas de argila (A1, A2, A3) e nanofibras de celulose (C1, C2, C3).

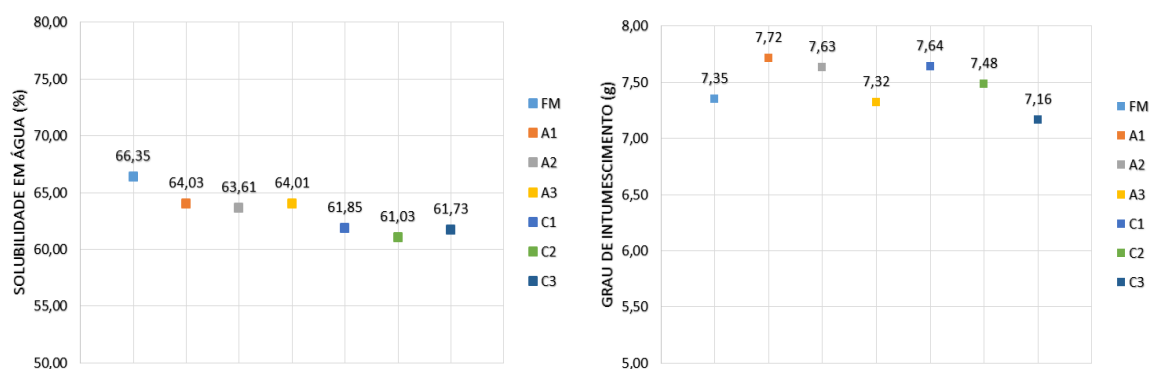


Ao medir a afinidade dos filmes com a água, por meio de suas solubilidades, pretende-se estudar uma aplicação futura às embalagens. Visando proteger o produto, o material de embalagem não deve ser muito solúvel. Porém quando a função é de encapsulamento, isto é, revestir um produto que em determinado momento deve ser liberado, então espera-se um material com menor resistência à água (Machado, 2011; Marques, 2018), ou seja, com maior solubilidade. De acordo com os resultados apresentados na Figura 4, percebeu-se que a

solubilidade dos materiais está mais relacionada com as quantidades de fécula de mandioca e glicerol (Marques, 2018) empregadas nos filmes do que com os reforços selecionados, visto que não houve variação significativa da solubilidade em função do tipo e da quantidade de reforço.

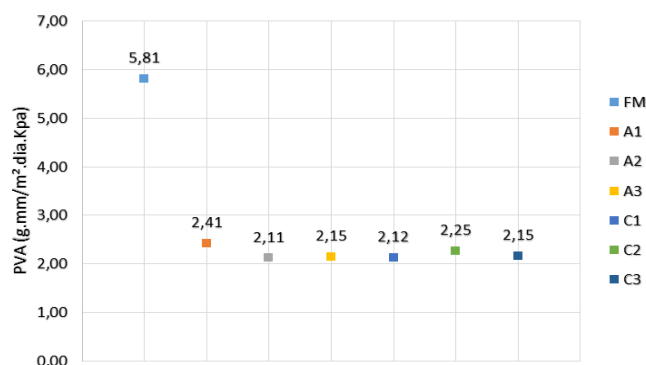
Os dados de grau de intumescimento também são apresentados na Figura 4, e percebe-se que não houve variação significativa entre as diferentes amostras, o que pode ser explicado pelo fato do grau de intumescimento representar a ligação das moléculas de água com as de amilose e amilopectina presentes na fécula de mandioca (Marques, 2018). Sabendo que esta quantidade não variou nas sete formulações estudadas, esperava-se que não houvesse variação no grau de intumescimento das amostras.

Figura 4 - Solubilidade e grau de intumescimento de umidade dos materiais biodegradáveis a base de fécula de mandioca (FM), reforçados com nanopartículas de argila (A1, A2, A3) e nanofibras de celulose (C1, C2, C3).



Tratando-se da permeabilidade ao vapor de água, percebe-se pela análise da Figura 5 que a adição de reforços na matriz dos filmes diminui, significativamente, esta propriedade, o que torna interessante a aplicação, tanto das nanopartículas de argila quanto das nanofibras de celulose, uma vez que tais compostos dificultam a troca de água entre o produto embalado e o meio externo à embalagem, retardando o amolecimento ou endurecimento precoce do mesmo.

Figura 5 - Permeabilidade de vapor de água dos materiais biodegradáveis a base de fécula de mandioca (FM), reforçados com nanopartículas de argila (A1, A2, A3) e nanofibras de celulose (C1, C2, C3).



4. CONCLUSÕES

Com as análises realizadas é possível perceber a melhoria nas propriedades de barreira e morfológicas dos materiais, justificando a utilização dos reforços, tanto nanopartículas de argila, quanto nanofibras de celulose. Além disso, os materiais apresentaram excelente aparência, sem fissuras, transparentes e pouco opacos, conferindo uma boa apresentação final ao produto.

Portanto, tais resultados e outros que estão sendo obtidos, sugerem o alto potencial da aplicação dos reforços nos materiais a base de fécula de mandioca, que poderão futuramente ser aplicados como embalagens biodegradáveis.

5. REFERÊNCIAS

- ASTM Standard E 96/E 96M-05. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, *ASTM International*, 2005.
- ASTM Standard D 882-09. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, *ASTM International*, 2009.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 28, p. 231-240, 2008.
- MACHADO, B. A. S. *Desenvolvimento e caracterização de filmes flexíveis de amido de mandioca com nanocelulose de coco*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
- MARQUES, G. S. *Obtenção de filmes biodegradáveis de amido de mandioca reforçados com nanofibras de celulose de rami*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- SOUZA, A. C. *Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa a base de fécula de mandioca e agentes antimicrobianos naturais*. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.