

## INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE AMIDO NAS PROPRIEDADES MÊCÂNICAS DE FILMES BIODEGRADÁVEIS INCORPORADOS COM GLICEROL.

Arthur V. Dias<sup>1</sup>; Leandro L. Farias<sup>1</sup>; Max P. dos Santos<sup>1</sup>; Lucas A. D. Ribeiro<sup>1</sup>; Adria E. G. Vilhena<sup>1</sup>; Shirley C. C. Nascimento<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará - Faculdade de Engenharia Química, R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110.

**Palavras-Chave:** Milho, mandioca, plásticos.

### Introdução

Um dos mais graves problemas da atualidade é a poluição dos meios aquáticos e terrestres por plásticos que são comumente derivados de petróleo, que muitas vezes por conta de seu descarte indevido formam as chamadas “ilhas de plásticos”, sendo materiais de difícil degradação por não serem decompostos por microrganismos, sendo assim um grande problema mundial (CARNEIRO; SILVA; GUENTHER, 2021).

Os humanos produzem aproximadamente 400.3 milhões de toneladas métricas (Mt) de plásticos por ano (PlasticsEurope, 2022). O descarte de resíduos oriundos de insumos fósseis é feito de maneira indevida, principalmente em locais onde há presença de fontes de água, tendo sido um dos grandes problemas atuais na poluição das bacias hidrográficas e na poluição marinha (HARRIS et al., 2021).

Uma vez que a utilização dos plásticos comuns provenientes do petróleo é muito prejudicial para a manutenção da vida no mundo por serem sintéticos, e pela demora a degradar-se, o estudo para utilização de materiais com maior capacidade de degradação natural e uma menor capacidade de poluição se faz necessária (FORTUNA, 2020).

Materiais biodegradáveis são uma possível solução para diminuir os impactos ambientais causados pelos materiais não biodegradáveis (CARVALHO; SALUM; VALADARES, 2022). Desses, os plásticos biodegradáveis têm bastante destaque em pesquisas e trabalhos nacionais e internacionais, para serem utilizados como substituintes dos plásticos normais, visto que a partir deles existem grandes possibilidades para o uso sem agredir o meio ambiente (SILVA et al., 2022), algo que tem sido procurado.

Os filmes biodegradáveis são comumente usados pela sua facilidade de manuseio, boas propriedades mecânicas e ópticas (FERNANDES et al., 2015) além de propriedades de barreira e resistência à umidade o que os tornam excelentes candidatos a substituição dos plásticos comumente utilizados (CARVALHO; SALUM; VALADARES, 2022).

Tais polímeros são produtos que tem como base materiais orgânicos: proteínas, polissacarídeos, lipídios e derivados, como o amido, que por sua vez pode ser aplicado na síntese de embalagens biodegradáveis. (SOUSA, 2021).

O amido é uma substância orgânica constituída por amilose e amilopectina, sendo a amilose um composto formado por cadeias lineares e a amilopectina composta por cadeias ramificadas (CORRADINI et al., 2005). Este polissacarídeo pode ser encontrado na natureza de forma ampla, e é uma das principais fontes de energia para a nutrição humana (PARK et al., 2018).

O composto, também chamado de fécula, se distingue dos demais carboidratos por ocorrer em formas de grânulos naturalmente, quase 100% de sua base seca é composta por

esses dois homopolissacarídeos supracitados, onde em geral, a amilose compõe de 20 a 30% dos grânulos de amido nativo, enquanto a amilopectina tende a compor entre 70 e 75% do amido nativo (FERREIRA, 2022). Ele pode ser encontrado em cereais, raízes e tubérculos, e algumas fontes mais comuns são: a batata-doce (*Ipomoea batatas*), a banana verde (*Musa paradisiaca*), a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) (DOMINGOS; DALARI; VIELMO, 2020) e no milho (*Zea mays*) (CESAR; CHEIM; ROSSIGNOLI, 2021)

Com a crescente busca por produtos que não poluam o meio ambiente, diversas pesquisas tendem a ser feitas para desenvolver técnicas que podem ser aplicadas na criação de materiais que não agridam a fauna e a flora mundial, a produção de filmes biodegradáveis é uma delas. O amido se destaca por ter grande aplicabilidade, pois possibilita o acréscimo de agentes que facilitam a plasticidade e a solubilidade durante a síntese dos plásticos (SOUZA, 2023).

Os plastificantes – compostos não voláteis de baixo peso molecular – são amplamente utilizados na indústria de polímeros, haja vista que diminuem certas características destes, tais como: dureza, viscosidade e tensão de formação, ao mesmo tempo em que aumentam a flexibilidade das cadeias poliméricas, pois ajudam a interromper a formação da dupla hélice de amilose com fragmentos de amilopectina (VIEIRA et al. 2011).

Os plastificantes comumente utilizados em biofilmes são monossacarídeos, oligossacarídeos (glicose, frutose e sacarose), polióis (glicerol e sorbitol) e lipídeos (McHUGH; KROCHTA, 1994). Em filmes a base de amido, o glicerol e o sorbitol são os mais utilizados, no entanto, as características geradas pelo plastificante glicerol são mais acentuadas, além disso, o glicerol é amplamente mais utilizado por seu valor comercial e facilidade de manuseio e obtenção.

Visto isso, infere-se que a possibilidade da utilização de plásticos biodegradáveis a partir de amido pode ser uma opção viável para substituição dos plásticos derivados do petróleo, a fim de que sejam utilizados em diversas áreas, como em embalagens no setor alimentício por exemplo (PONTES, 2022) ou até mesmo em setores da saúde, como em curativos dérmicos (ROCHA; FABBRI, 2021).

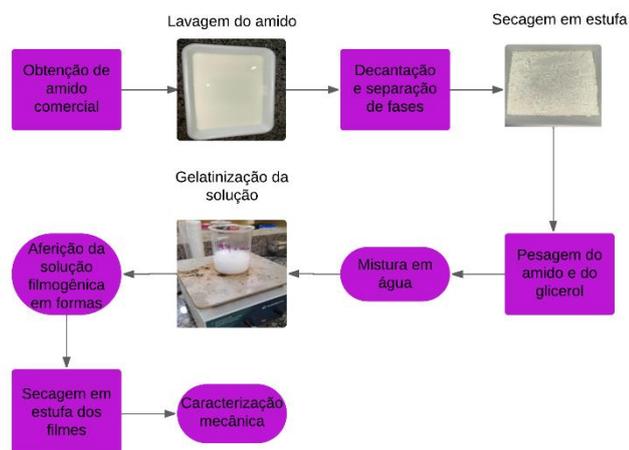
Sendo assim, o objetivo do trabalho consiste na obtenção e caracterização mecânica de filmes biodegradáveis a base de amidos de milho e fécula de mandioca incorporados com glicerol, visando aplicações tecnológicas e sustentáveis.

## **Materiais e Métodos**

Os amidos foram adquiridos em empresas comerciais locais e após a obtenção, foi feito o tratamento com etanol e água destilada. O tratamento das matérias-primas foi realizado visando remoção de impurezas remanescentes, bem como de gorduras que possam estar presentes, sendo estas retiradas com o etanol (VILHENA et al., 2023).

Foram depositadas 500 g em basqueta e imersos em 500 ml de água destilada, após a decantação, retirou-se a água e o material resultante foi imerso em 500 ml de etanol até sua decantação. Separou-se, então o etanol e após o processo, os amidos foram levados à estufa para a secagem a 40° C durante 24h (Figura 1).

**Figura 1** – fluxograma do processo



Fonte: Autores, 2024.

Para a elaboração dos filmes biodegradáveis, utilizou-se uma proporção mássica de amido e plasticizante glicerol, com base em metodologia proposta por Rego et al., (2020), gerando dois tipos diferentes de formulações: com e sem acréscimo de plasticizante.

Tabela 01 – Formulações utilizadas para elaboração dos filmes.

FORMULAÇÕES	AMIDO (g)	GLICEROL (g)
MILHO	4	1,2
MILHO-GLICEROL	4	1,2
MANDIOCA	4	1,2
MANDIOCA-GLICEROL	4	1,2

Fonte: Autores, 2024.

As soluções filmogênicas foram preparadas em banho termostático com agitação magnética até a gelatinização da solução. Em seguida, foram aferidos 71 ml de cada solução e vertidas em formas de polietileno e postas para secagem em estufa a 40°C por 21 horas. Após a retirada dos filmes, foi medida a espessura referente as diferentes formulações, e em seguida, realizados os ensaios de tração e alongamento.

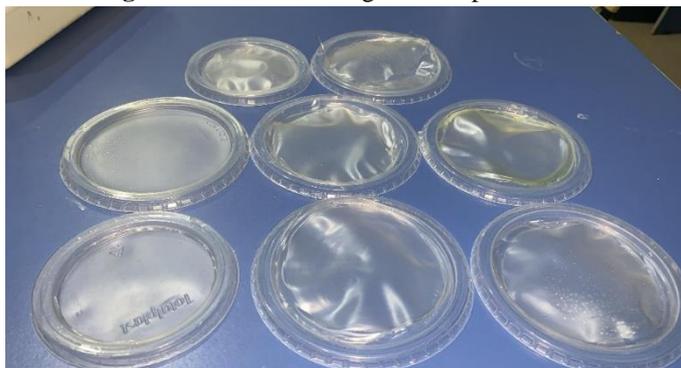
Para a determinação das propriedades mecânicas, com base em ensaios da norma ASTM D 882 (2002), calculou-se a espessura pela média de seis medidas aleatórias, e a resistência à tração e alongação à ruptura calculadas com base nos gráficos obtidas em máquina de ensaio universal, marca Biopdi (NASCIMENTO et al., 2021). Os valores foram analisados estatisticamente pela diferença significativa entre as médias, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

Os filmes apresentaram aspectos uniformes e consistentes, com transparência considerável, sem aglomerados aparentes. Os filmes com acréscimo de glicerol mostraram-se mais maleáveis que os sem acréscimo.

Pode-se observar pequenas bolhas presentes na superfície, as quais podem estar relacionadas a agitação utilizada no processo. Para os filmes de amido de milho, foi possível identificar a presença de grânulos não dissolvidos, evidenciando a interferência da temperatura, concentração e agitação nos resultados.

**Figura 2** – Filmes biodegradáveis produzidos.



Fonte: Autores, 2024.

A Tabela 2 mostra os resultados referentes à espessura, resistência à tração e alongamento.

**Tabela 2** – resultados da caracterização mecânica dos filmes produzidos

FORMULAÇÕES	Espessura (mm)	Resist. à tração (mPa)	Alongamento (%)
MILHO	0,337 ± 0,06 <sup>a</sup>	21,28 ± 2,84 <sup>a</sup>	4,73 ± 0,35 <sup>a</sup>
MILHO-GLICEROL	0,426 ± 0,04 <sup>b</sup>	4,54 ± 0,74 <sup>b</sup>	59,18 ± 12,26 <sup>b</sup>
MANDIOCA	0,261 ± 0,04 <sup>c</sup>	40,63 ± 9,49 <sup>c</sup>	8,52 ± 3,63 <sup>a</sup>
MANDIOCA-GLICEROL	0,259 ± 0,04 <sup>c</sup>	4,33 ± 0,93 <sup>b</sup>	85,33 ± 21,02 <sup>c</sup>

Letras em comum na mesma coluna não apresentam diferença significativa a  $p \leq 0,05$ , entre as médias obtidas através do teste de TUKEY.

Fonte: Autores, 2024.

A espessura dos filmes variou entre 0,259 mm (biofilme de mandioca-glicerol) e 0,426 mm (filme de milho-glicerol). Pode-se inferir então, que a presença de plasticizante glicerol nos filmes a base de amido de mandioca não influenciou significativamente na espessura, enquanto para os filmes a base de amido de milho, houve influência significativa do glicerol na espessura, gerando aumento desta. Ademais, visualiza-se que ao utilizar o amido de milho como base polimérica, este gerou filmes mais espessos que o amido de mandioca.

Os resultados obtidos mostram que a resistência à tração variou de 4,33 mPa (filme de mandioca-glicerol) a 40,63 mPa (biofilme de mandioca). Depreende-se que, ao acrescentarmos glicerol, a resistência mecânica reduziu na ordem de 5 vezes, aproximadamente, para o amido de milho. Todavia, o alongamento aumentou consideravelmente, na ordem de 15 vezes. Entende-se que, pela interação das hidroxilas presentes no glicerol, ocorre quebra da rigidez da ligação entre as cadeias poliméricas, ocasionando maior estiramento destas, o que permite que os filmes estiquem com mais facilidade (NEVES et al., 2019).

Nascimento et al. (2021) em estudo sobre biofilmes com adição de glicerol, obtiveram também uma diminuição em torno de 70% na resistência à tração, quando aumentadas as concentrações de glicerol nas formulações na proporção de 1 para 2% de plasticizante na amostra. Alves et al. (2015) também analisaram as características mecânicas de biofilmes a base de amido de milho, mandioca e gelatina, tendo encontrado no filme de gelatina uma alta resistência e baixo alongamento, com valores de  $9,11 \pm 1,23$  mPa e  $0,19 \pm 0,10\%$  respectivamente, e no filme a base de milho, valores entre  $1,32 \pm 0,55$  mPa de resistência e  $0,76 \pm 0,11\%$  no alongamento, mostrando boa flexibilidade da amostra obtida.

Essa diminuição pode estar relacionada com a reação do plastificante na redução das forças intermoleculares, a qual reduz a rigidez estrutural da formulação, aumentando a mobilidade das cadeias poliméricas (SRINIVASA; RAMESH; THARANATHAN, 2007).

Já para os filmes a base de amido de mandioca, houve uma redução de 10 vezes na resistência à tração e aumento do alongamento na mesma faixa. A grande resistência dos filmes sem glicerol se deve a seu aspecto rígido e a incorporação de glicerol nas soluções gera maior elasticidade.

### **Conclusões**

As duas matérias-primas utilizadas, amido de milho e amido de mandioca, mostraram padrões diferentes com relação aos parâmetros utilizados. Com relação à resistência à tração, houve uma diminuição considerável com a adição do plasticizante glicerol nas duas formulações, já para o alongamento na ruptura, percebeu-se o aumento significativo deste parâmetro, o qual foi confirmado pelo tratamento estatístico proposto, para um nível de significância de  $p \leq 0,05$ . Essas estimativas são importantes características que devem ser analisadas, tendo em vista que os biofilmes utilizados, principalmente no setor alimentício, devem ser flexíveis, aderentes e resistentes para proteção do alimento contra possíveis deformações.

A elaboração dos filmes biodegradáveis se mostrou eficaz, uma vez que estes apresentaram aspecto uniforme e transparente. Todavia, é necessário o entendimento do processo de solubilização e gelatinização do amido, de forma a evitar aglomerados como os encontrados no filme de amido de milho, bem como as bolhas presentes. Dentre alternativas, a utilização de ultrassom para remoção de bolhas se faz interessante.

Com relação às propriedades mecânicas, os filmes se mostraram influenciados pela sua composição, seja amido ou acréscimo de plasticizantes. Dentre propostas para melhora de tais propriedades, tem-se o estudo de amidos de outras fontes além das utilizadas neste trabalho, uma vez que as concentrações de amilose e amilopectina variam, as quais estão relacionadas à capacidade de gelatinização do amido. O glicerol é um composto importante para se obter filmes flexíveis e dúcteis, principalmente na indústria de alimentos, onde a aplicação de embalagens é essencial.

As propriedades mecânicas apresentaram valores com perspectiva de aplicação para os mais diversos fins, como embalagens, revestimentos, utensílios etc. Uma vez que a resistência à tração e elasticidade podem depender da aplicação, a possibilidade de variação destas conforme os limites estabelecidos para consumo e uso é um dos fatores que permite a substituição dos plásticos de petróleo por plásticos biodegradáveis, contribuindo para a redução de danos ambientais.

Por fim, o presente estudo mostrou que é possível a modificação de um polímero visando seu melhor desempenho e até mesmo na criação de um novo produto e seus derivados, com potencial para integrarem o setor industrial e servir como substitutos sustentáveis de produtos sintéticos que causem impactos ambientais negativos.

### **Agradecimentos**



Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e logo após gostaria de agradecer aos meus colegas participantes do trabalho.

Agradeço também aos laboratórios LEQ e LASIN, de Engenharia Química (FEQ-ITEC) da UFPA por ceder espaço para a realização da pesquisa.

## Referências

ALVES, R. C.; RIBEIRO, P. B.; RICARDO, L. P.; MORAIS, M. M.; ROSA, G. S. Caracterização físico-mecânica de biofilmes comestíveis à base de gelatina e de amidos de milho e mandioca. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2015, Campinas. Anais... Campinas: UNICAMP, 2015.

CARNEIRO, T.; SILVA, L.; GUENTHER, M. A poluição por plásticos e a Educação Ambiental como ferramenta de sensibilização. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, set. 2021.

CARVALHO, L. A.; SALUM, T. F. C.; VALADARES, L. F. **As contribuições dos materiais biodegradáveis para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 1. ed. Brasília: [s.n.].

CESAR, A. L. T. M. DE S.; CHEIM, L. M. G.; ROSSIGNOLI, P. A. Características físico-químicas e reológicas de amido de milho (*Zea mays* L.) de pipoca crioulo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. 1–21, 20 out. 2021.

CORRADINI, E. et al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros**, v. 15, n. 4, p. 268–273, nov. 2005.

DOMINGOS, D. G.; DALARI, B. L. S. K.; VIELMO, A. S. DE L. **Processos Químicos e Biotecnológicos - Volume 6**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2020. v. 6

FERNANDES, A. P. S. et al. Aplicação de filmes biodegradáveis produzidos a partir de concentrado proteico de soro de leite irradiado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 192–199, jun. 2015.



FERREIRA, P. **Planta Piloto de Cereais, Raízes e Tubérculos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 30 dez. 2022.

FORTUNA, A. L. L. **Impactos ambientais dos plásticos: biopolímeros como alternativa para a redução do acúmulo de embalagens flexíveis de polipropileno no meio ambiente**. TCC—Rio de Janeiro: UFRJ, fev. 2020.

HARRIS, P. T. et al. Exposure of coastal environments to river-sourced plastic pollution. **Science of The Total Environment**, v. 769, p. 145222, 2021.

NASCIMENTO, S. C. C. et al. OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILMES DE AMIDO NATIVO DE BATATA DOCE E GLICEROL. Em: **Engenharia de Produtos Naturais: planejamento, experimentação, obtenção de produtos e purificação**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 399–407.

NEVES, E. M. P. X. et al. EFFECT OF POLYMER MIXTURE ON BIOPLASTIC DEVELOPMENT FROM FISH WASTE. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, n. 4, 3 dez. 2019.

PARK, S. H. et al. Properties and applications of starch modifying enzymes for use in the baking industry. **Food Science and Biotechnology**, v. 27, n. 2, p. 299–312, 2018.

PONTES, K. Nanocelulose como reforço em filmes de amido para aplicação em embalagens alimentícias - uma revisão. 30 mar. 2022.

REGO, J. DE A. R. DO et al. Characterization and Evaluation of Filmogenic, Polymeric, and Biofilm Suspension Properties of Cassava Starch Base (*Manihot esculenta* Crantz) Plasticized with Polyols. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50417–50442, 2020.

ROCHA, M.; FABBRI, V. **Desenvolvimento de biofilme polimérico biodegradável de amido de bambu para curativos dérmicos**. São Caetano do Sul: ESCOLA DE ENGENHARIA MAUÁ, 1 dez. 2021.



SILVA, M. J. B. et al. Starch – A review of biopolymeric products and their derivations. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e280111234470, set. 2022.

SRINIVASA, P. C.; RAMESH, M. N.; THARANATHAN, R. N. Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films. *Food Hydrocolloids*, v. 21, p. 1113-1122, 2007.

SOUSA, J. V. **Filmes biodegradáveis à base de amido – Mapeamento tecnológico**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 8 set. 2021.

SOUZA, D. Aderência de filmes biodegradáveis à base de amido, com adição de agentes reticulantes e plastificantes. **REVISTA DELOS**, 4 set. 2023.

VIEIRA, M. G. A.; SILVA, M. A.; SANTOS, L.O.; BEPPU, M. M. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, v. 43, n. 3, 254- 263 p. 2011.

VILHENA, A. et al. APLICAÇÃO DE REJEITO ARGILOSO DE ALTA ALUMINA E FIBRA DE CAROÇO DE AÇAÍ NA PRODUÇÃO DE BIOBLOCOS COM SUSPENSÕES POLIMÉRICAS A BASE DE AMIDO DE MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ). Em: **Ambiência, Engenharia e Sustentabilidade em diferentes espaços e direções**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2023. p. 115–126.