



Produção de plástico biodegradável a partir de *Aloe vera* e *Ipomoea batatas* (L.)

Production of biodegradable plastic from *Aloe vera* and *Ipomoea batatas* (L.)

DOI: 10.55905/revconv.16n.12-271

Recebimento dos originais: 24/11/2023

Aceitação para publicação: 26/12/2023

José Thomaz de Carvalho

Mestre em Ciências Ambientais

Instituição: Universidade Estadual de São Paulo (UNESP)

Endereço: São Paulo - SP, Brasil

E-mail: jose.thomaz@uol.com.br

Rozileni Piont Kovsky Caletti

Doutora em Geociências

Instituição: Universidade Federal Fluminense

Endereço: Seropédica – RJ, Brasil

E-mail: rozileni.pkc@hotmail.com

Marcos Filgueiras Jorge

Pós-Doutorando em Engenharia Agrícola e Ambiental

Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Endereço: Seropédica – RJ, Brasil

E-mail: filgueiras_jorge_marcos@hotmail.com

Alexandre Lioi Nascentes

Doutor em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Endereço: Seropédica – RJ, Brasil

E-mail: lioi@ufrj.br

Felipe da Costa Brasil

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO)

Endereço: Niterói – RJ, Brasil

E-mail: professorfelipebrasil@gmail.com

Leonardo Duarte Batista da Silva

Doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Endereço: Seropédica – RJ, Brasil

E-mail: monitoreambiental@gmail.com



David Vilas Boas de Campos

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - SOLOS)

Endereço: Rio de Janeiro – RJ, Brasil

E-mail: david.campos@embrapa.br

João Paulo Francisco

Doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Umuarama – PR, Brasil

E-mail: jpfrancisco2@uem.br

RESUMO

A ampla utilização de produtos plásticos não biodegradáveis derivados do petróleo favorece a geração de resíduos e a contaminação do meio ambiente, quando o descarte é inadequado. Existe uma busca crescente pela substituição de plásticos não biodegradáveis pelos biodegradáveis, que se decompõem mais rapidamente contribuindo para a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, e que atendam às normas dos fabricantes. O objetivo da pesquisa foi produzir um plástico biodegradável a partir do gel de *Aloe vera* e do amido de *Ipomoea batatas* (L.), produzidos em sistema orgânico. Para o desenvolvimento do bioplástico foram homogeneizados 250 mL do gel de *Aloe vera*, 50 g de amido obtido a partir da *Ipomoea batatas* (L.), 25 mL de ácido acético e 25 mL de glicerina bidestilada. A mistura foi aquecida por aproximadamente 10 minutos (250 °C), sob agitação. O fluido formado foi adicionado em placas de vidro para a secagem em temperatura ambiente até formação do filme polimérico. O bioplástico obtido foi analisado quanto às características: solubilidade, permeabilidade ao vapor de água, biodegradabilidade, espessura e tração. Os resultados sugerem que as recomendações de biodegradabilidade foram atendidas e o elevado potencial de aplicação do plástico biodegradável no mercado de embalagens e de produtos de origem natural.

Palavras-chave: bioplástico, biodegradável, babosa, batata-doce.

ABSTRACT

The wide use of non-biodegradable plastic products derived from petroleum favors the generation of waste and contamination of the environment, when disposal is inadequate. There is a growing search to replace non-biodegradable plastics with biodegradable ones, which decompose more quickly, contributing to the preservation of natural resources and the environment, and which meet manufacturers' standards. The objective of the research was to produce a biodegradable plastic from Aloe vera gel and Ipomoea potatoes (L.) starch, produced in an organic system. To develop the bioplastic, 250 mL of Aloe vera gel, 50 g of starch obtained from Ipomoea potatoes (L.), 25 mL of acetic acid and 25 mL of double-distilled glycerin were homogenized. The mixture was heated for approximately 10 minutes (250 °C), under stirring. The fluid formed was added to glass plates for drying at room temperature until the polymer film was formed. The bioplastic obtained was analyzed for its characteristics: solubility, water vapor permeability, biodegradability, thickness and traction. The results suggest that biodegradability recommendations were met and the high potential for application of biodegradable plastic in the packaging and natural products market.



Keywords: bioplastic, biodegradable, aloe, sweet potato.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da industrialização estimulou o desenvolvimento de produtos versáteis, duráveis e de baixo custo, que poderiam ser utilizados para uma infinidade de finalidades. Para atender ao mercado industrial, no século XX foram desenvolvidos materiais com tais características, os denominados plásticos (INNOVA, 2017). De acordo com a Fundação Heinrich Böll (2020), o mercado de plásticos é controlado por grandes corporações multinacionais cujo fornecimento supera a demanda.

O consumo excessivo de plásticos é responsável por gerar grandes volumes de resíduos prejudiciais ao ambiente e, conseqüentemente, se tornam um problema socioambiental e de saúde pública (QUEIROZ, 2010). Reduzir o consumo e a produção desse material é urgente, bem como são necessárias regulamentações para lidar com a poluição que pode provocar e sistemas alternativos livres de materiais sintéticos (FUNDAÇÃO HEINRICH-BÖLL-STIFTUNG, 2020).

Os plásticos são compostos de polímeros, moléculas grandes formadas pela conexão de muitas moléculas menores, os monômeros (USBERCO; SALVADOR, 2002). O petróleo, geralmente retirado do fundo do mar, é sua principal matéria-prima (USBERCO; SALVADOR, 2002). Beluski (2016) enfatiza que os plásticos mais utilizados atualmente são denominados não biodegradáveis em função do elevado tempo de decomposição (maior que 100 anos).

Em contrapartida, os bioplásticos apresentam propriedades físicas e químicas que reduzem o tempo de decomposição de seis a doze meses (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006; GIORDANI; OLIVEIRA, 2014), sendo seu processo de produção e descarte menos agressivos ao meio ambiente (BRITO et al., 2011). Neste contexto, os bioplásticos estão sendo desenvolvidos a partir de fontes renováveis de biomassa, tais como batata, milho, cana-de-açúcar, trigo, arroz e banana (SHAH et al., 2021).

O objetivo deste trabalho foi produzir um plástico biodegradável a partir do gel de *Aloe vera* (*babosa*) e do amido de *Ipomoea batatas* (L.) (*batata-doce*), duas fontes renováveis de biomassa.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE CULTIVO

As plantas de *Aloe vera* foram adquiridas a partir de mudas cultivadas no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), em Seropédica, no estado do Rio de Janeiro, local mais conhecido como Fazendinha Agroecológica, por meio de convênio Embrapa / UFRRJ. As mudas de *Ipomoea batatas* foram disponibilizadas por um produtor rural da região que cultiva alimentos orgânicos e implantadas no SIPA, permanecendo até o ponto de colheita.

2.2 OBTENÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL

As folhas de *A. vera* foram cortadas lateral e transversalmente com uma lâmina afiada e não enferrujada e o gel removido cuidadosamente com uma espátula (Figura 1a). O gel foi homogeneizado em liquidificador e deixado em repouso para eliminação de bolhas de ar.

Após a limpeza da casca, 500 g de amostras de *Ipomoea batatas* foram descascadas, cortadas em pedaços pequenos e trituradas no liquidificador com água destilada. A massa resultante foi filtrada. O purê de amido foi submetido a peneiramento (18 mesh) para remoção de fibras e, na sequência, deixado em repouso por 30 minutos (Figura 1b).

Figura 1. Obtenção da biomassa vegetal. A) extração do gel de *A. vera*; e B) obtenção do amido de *Ipomoea batatas*.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

O líquido sobrenadante foi então removido e o amido (decantado) foi utilizado na produção de biofilme.

2.3 DESENVOLVIMENTO DO BIOPLÁSTICO

Em um béquer foram adicionados 250 mL de gel de *A. vera*, 50 g de amido de *Ipomoea batatas*, 25 mL de ácido acético e 25 mL de glicerina bidestilada. A mistura foi homogeneizada



e aquecida a 250 °C por 10 minutos, sob leve agitação com um bastão de vidro. A mistura resultante foi acondicionada em placas de vidro (30 x 30 cm) para secagem sob temperatura ambiente até formação do filme bioplástico.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO BIOPLÁSTICO

2.4.1 Solubilidade

A solubilidade foi determinada segundo metodologia proposta por Gontard (1991), com modificações. Aproximadamente 1 g do bioplástico obtido foi colocado em estufa a 105 °C por 24 horas para determinação da massa inicial. Após este período as amostras foram colocadas em erlenmeyers contendo 50 mL de água destilada e submetidas a agitação (175 rpm), durante 24 horas, sob temperatura controlada (25 °C).

Em seguida, as amostras foram centrifugadas (10 min) para remoção da fase líquida e de eventuais partes da amostra que ficaram em suspensão. A massa final das amostras (n = 12) foi determinada na mesma condição em que foi determinada a massa inicial. A solubilidade em água foi expressa em porcentagem de material solubilizado (Equação 1).

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{massa inicial} - \text{massa final}}{\text{massa inicial} \times 100} \quad (\text{Eq. 1})$$

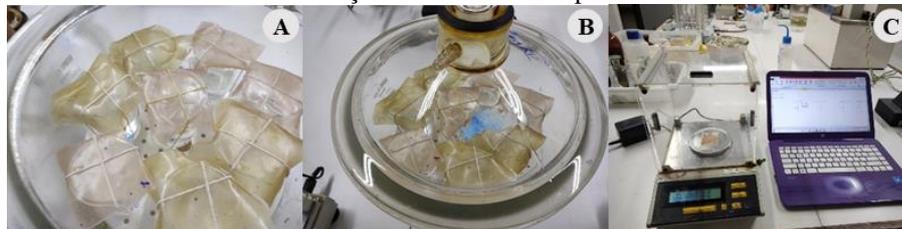
2.4.2 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada gravimetricamente, em triplicata, conforme o teste da ASTM (1995) e modificações realizadas por Gontard et al. (1991), por um período de 7 dias.

Amostras de 4,5 cm de diâmetro do bioplástico foram fixadas na abertura de um recipiente contendo sílica gel, de tal modo que a passagem de vapor de água fosse conduzida apenas através do bioplástico. Os recipientes foram acondicionados em dessecador contendo água destilada (UR = 100%; 0,4297 x 104Pa; ± 25 °C) a fim de manter a umidade relativa em torno 53% e foram mensurados o ganho de massa (Figura 2).



Figura 2. Permeabilidade ao vapor de água. A) amostras de bioplástico. B) bioplástico em dessecador; e C) mensurações de massa no bioplástico.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

O valor da PVA foi calculada por meio da Equação 2.

$$PVA = G \times eT \times A (P1 - P2) \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

PVA é a permeabilidade ao vapor de água ($\text{g m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$); G o ganho de massa da célula durante 24 horas (g); e, espessura média do filme (m); T é o tempo (s); A é a área de permeação do filme (m^2); e P1 - P2 o gradiente de pressão de vapor entre as superfícies do filme (Pa).

2.4.3 Biodegradabilidade

Para o ensaio de biodegradação foram consideradas as normas da ASTM D6003-96. Amostras de 4 cm^2 dos bioplásticos foram recortadas, pesadas e acondicionadas a 15 cm de profundidade em recipiente contendo solo, por um período de 30 dias. Decorrido o período, as amostras foram retiradas do solo, lavadas em água destilada, secas em estufa a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24h e em seguida dispostas em dessecador por 24 horas. Na sequência, as amostras foram novamente enterradas. A avaliação da foi realizada por meio da variação de massa do bioplástico após 60 e 120 dias (CHANDRA; RUSTGI, 1998).

2.4.4 Espessura

A solução filmogênica (200 mL) foi dispersa uniformemente em placa de vidro. A espessura dos bioplásticos foi determinada com o auxílio de um paquímetro. Dez pontos aleatórios ao redor dos bioplásticos foram mensurados para determinação da espessura.



2.4.5 Ensaio de tração

As medidas de espessura das amostras de bioplásticos foram obtidas em triplicata, com micrômetro analógico da marca STANDARD GAGE (precisão de 0,01 mm), enquanto a largura e o comprimento foram medidos com paquímetro digital da marca Homes (precisão de 0,01 mm).

Os ensaios de tração foram realizados até sua ruptura, no sistema de ensaio Instron, série 6800, com uma célula de carga de 300 KN, com uma velocidade de 5,0 mm.min⁻¹ e à temperatura ambiente.

A tensão pode ser obtida dividindo a força pela área transversal do corpo de prova.

$$\sigma_{\text{máxima}} = \frac{F_{\text{máxima}}}{A}$$

Em que:

$\sigma_{\text{máxima}}$ = tensão máxima;

$F_{\text{máxima}}$ = força máxima aplicada; e

A = área transversal do corpo de prova.

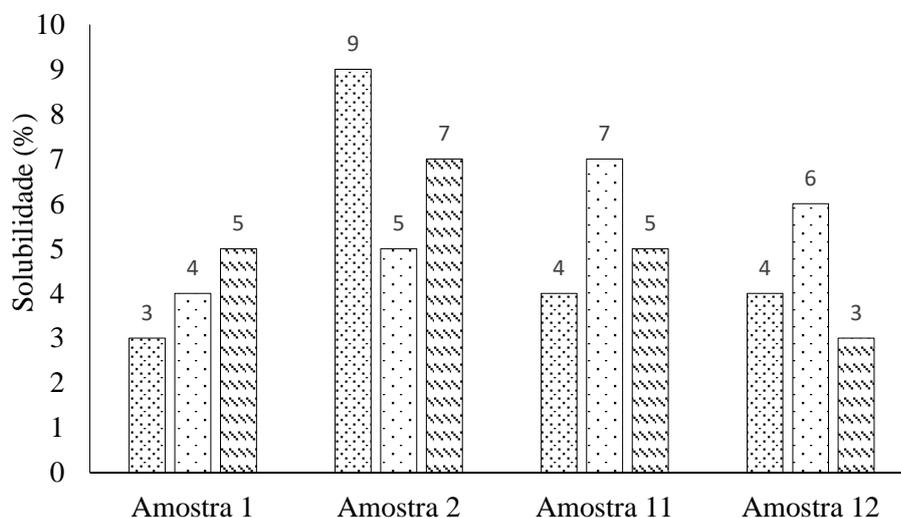
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 HIDROFILICIDADE DO PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL

O plástico biodegradável obtido apresentou baixa solubilidade em água, com uma variação média de 5,4 % (Figura 3), o que sugere baixa hidrofiliabilidade.



Figura 3. Solubilidade de amostras (n = 12) do bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.).



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A solubilidade em água direciona a aplicação do biofilme e quando é baixa pode ser favorável para usos em que a água esteja presente no alimento e necessite ser preservada. Ainda, em caso de preservação da integridade da embalagem mantida em condições ambiente. De acordo com Kim et al. (2015), a baixa solubilidade de filmes que utilizam amido em sua composição está relacionada às fortes ligações intermoleculares entre as cadeias de amido, o que impede a dissociação do polímero.

Da mesma forma, a PVA apresentou média de $0,099 \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$, correspondendo a um percentual médio de 1,6% (Tabela 1), o que representa uma baixa permeabilidade ao vapor de água.



Tabela 1. Ensaio de permeabilidade ao vapor de água (n = 12) do plástico biodegradável obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.).

Análise	Wi ¹	Wf ²	PVA ³	PVA %	
Amostra 01	1	7,43	7,55	0,13	1,72
	2	7,04	7,21	0,17	2,42
	3	7,11	7,26	0,14	1,99
Amostra 02	1	5,56	5,61	0,05	0,95
	2	5,13	5,19	0,07	1,28
	3	5,23	5,33	0,10	2,00
Amostra 11	1	7,74	7,76	0,02	0,29
	2	6,55	6,60	0,05	0,78
	3	6,42	6,55	0,13	1,99
Amostra 12	1	4,71	4,84	0,13	2,00
	2	5,51	5,62	0,10	1,85
	3	5,57	5,67	0,10	1,85

Nota: ¹Ganho de peso inicial; ²Ganho de peso final; ³Permeabilidade ao vapor de água.

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A PVA é um parâmetro importante para definir o destino do bioplástico produzido. Enquanto a característica de alta permeabilidade é essencial para o armazenamento de vegetais *in natura*, para outros tipos, tais como alimentos desidratados, esta característica é indesejada (DOBRUCKA; CIERPISZEWSKI, 2014, p. 7-15). Neste caso, a aplicação do bioplástico obtido será mais bem sucedida onde a intenção é evitar ou reduzir as perdas de água de um produto ou meio.

3.2 BIODEGRADABILIDADE

Os aspectos visuais da biodegradabilidade do bioplástico (Figura 4) foram relevantes após a permanência do produto por 60 dias no solo. A deterioração macroscópica ocorreu e os biofilmes perderam a integridade da estrutura inicial. Após 120 dias, apenas vestígios das amostras foram encontrados.



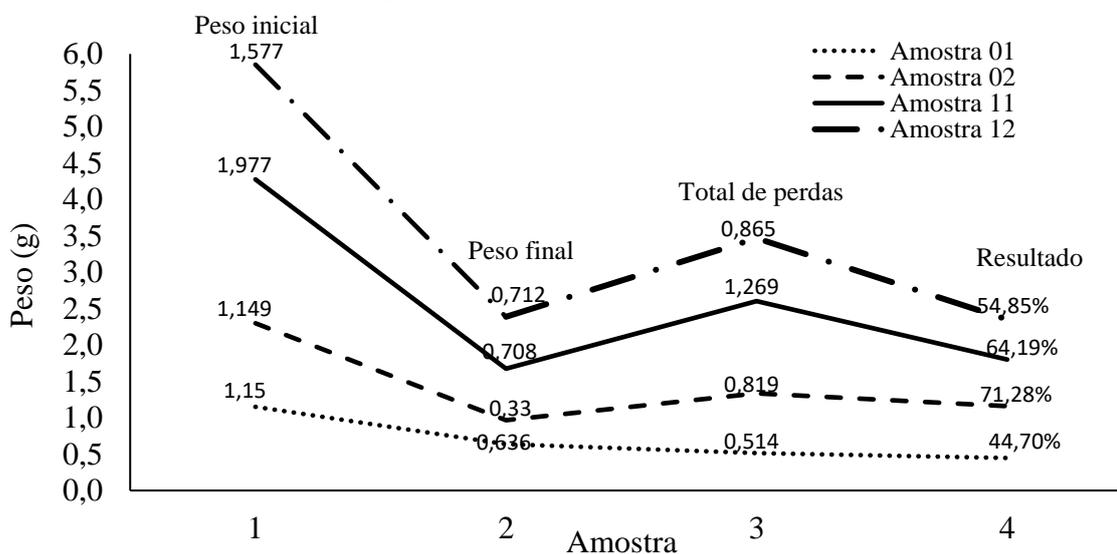
Figura 4. Biodegradabilidade do bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.). A) amostras de bioplástico produzidas para os ensaios de biodegradabilidade; e B) amostra de bioplástico em processo de biodegradação.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Foi observada perda média significativa de massa na amostra (59%) (Figura 5) após 60 dias em contato com o solo, se aproximando dos resultados indicados por um padrão europeu para embalagens compostáveis (EN13432;2000), que indica a presença de 10% do bioplástico após 90 dias.

Figura 5. Variação da massa do bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.), após 60 dias em contato com o solo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A degradação polimérica do biofilme pode ser causada por diferentes fatores ambientais e segundo Carissimi, Flôres e Rech (2018) a biodegradabilidade está relacionada com a solubilidade em água dos materiais, presença de microrganismos e a composição do material.



Contudo, a biodegradabilidade de materiais plásticos, não ocorre apenas por ação da microbiota do meio ou por sua alta solubilidade, mas outros fatores podem contribuir para este processo, tais como tamanho da área superficial do material, cristalinidade, pH do meio que o material se encontra depositado, oxigênio, umidade e temperatura (CARISSIMI; FLÔRES; RECH, 2018, p. 201-209; SHAH et al., 2008, p. 246-265).

No tocante ao bioplástico produzido, a rápida decomposição em relação ao plástico não biodegradável deve-se especialmente à matéria prima cuja composição contém amido, pois este é um polímero natural que em contato com microrganismos aumenta a velocidade de biodegradação do material no solo. É importante destacar que o curto tempo de biodegradação do biofilme obtido está em conformidade com o esperado para a produção de plásticos biodegradáveis.

Além de influenciar na permeabilidade ao vapor de água, o aumento da concentração de plastificante nas formulações irá ocasionar alterações nas propriedades mecânicas dos filmes. De maneira geral, para os filmes com quantidades acima de 4% de amido de milho ou trigo, ocorreu um aumento no percentual de alongação, e uma redução na tensão máxima de ruptura e no módulo de elasticidade. Este resultado reforça a ideia de que a partir de certas concentrações os plastificantes atuam diminuindo as forças intermoleculares entre as cadeias de amido (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010, p. 137-156).

3.3 ESPESSURA

Foram observadas variações na espessura dos biofilmes produzidos, dentre as formulações testadas, mesmo diante do controle da pulverização da amostra nas placas de vidro visando preservar a uniformidade do volume aplicado. Entretanto, as variações foram mínimas e ficaram concentradas entre 0,1 e 0,2 mm (Tabela 2).

Tabela 2. Espessura (mm) do bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.).

Espessura (mm)	
Amostra 01	0,2
Amostra 02	0,1
Amostra 11	0,2
Amostra 12	0,1

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

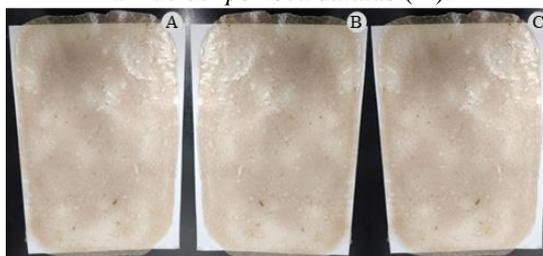


Pôde-se observar que os valores encontrados são satisfatórios, tendo em vista a elevada uniformidade e a espessura fina do produto obtido. Sendo assim, a espessura do biofilme produzido é uma característica que contribui para a rápida biodegradação.

3.4 ENSAIO DE TRAÇÃO

A tensão na ruptura é a resistência oferecida pelo material no ponto da ruptura durante o ensaio de tração. As amostras foram aprovadas no ensaio de tração (Figura 6).

Figura 6. Corpos de prova para realização do teste de tração no bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.).



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Os corpos de prova utilizados procuraram atender à norma ASTM D638 e suas dimensões encontram-se especificadas na Tabela 3.

Tabela 3. Dimensões dos corpos de prova do bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.).

Amostra	Largura (mm)	Espessura (mm)	Área da seção transversal (mm ²)
1	125,7	3,5	44,0
2	125,6	3,5	44,0
3	125,4	3,5	43,9

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

A Tabela 4 apresenta os resultados dos ensaios de tração realizados nas amostras de bioplástico.

Tabela 4. Ensaio mecânico de tração realizados nas amostras de bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.).

Amostra	Dimensão (mm)	Força máxima (kgf)
1	(3,5 x 12,57)	126,00
2	(3,5 x 12,56)	124,74
3	(3,5 x 12,54)	124,11

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).



Abhilash et al. (2009) em estudos sobre os efeitos de glicóis, afirma que a adição destes compostos em elastômeros causa um aumento da tensão, o que pode ser devido a um maior número de ligação de hidrogênio, devido o aumento dos átomos de oxigênio nas unidades de repetição dos glicóis.

Geralmente é requerida alta tensão na ruptura, mas esta exigência depende da finalidade a que a embalagem se destina (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1993, p. 206-211). A Tabela 5 apresenta informações sobre resistência à ruptura nas amostras de bioplástico.

Tabela 5. Resistência à ruptura nas amostras de bioplástico obtido a partir do gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.).

Amostra	Força máxima (kgf)	Área (mm ²)	$\sigma_{\text{máx}}$ (kgf / mm ²)	Deformação na Ruptura (mm)
1	126,00	43,995	2,8639	60,0
2	124,74	43,96	2,8375	59,4
3	124,11	43,89	2,8277	59,1

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Diversos trabalhos têm reportado que o aumento da concentração de glicerol em filmes diminui o módulo de Young (ALVES, 2007; MALI et al., 2004, p.129-135; SOBRAL et al., 2001, p. 423-432). Os autores relataram que a adição do plastificante tornou a matriz dos filmes menos densa, facilitando a movimentação das cadeias do polímero, melhorando a flexibilidade dos filmes.

Nos resultado dos ensaios de tração, os valores obtidos apresentaram diferenças mínimas satisfatórias.

Os bioplásticos com maiores consistências foram os que utilizaram maior quantidade de ácido, o que indica que a degradação dos grânulos de amido é muito importante para o processo de formação do filme. Assim, a quantidade de plastificante utilizada deve ser sempre menor que a quantidade de ácido.

4 CONCLUSÃO

A obtenção de bioplástico a partir da combinação de gel de *Aloe vera* e amido de *Ipomoea batatas* (L.). se mostrou viável, bem como o produto obtido atendeu às normas vigentes e agrega valor socioambiental.

Os resultados obtidos sugerem possível aplicação do bioplástico em embalagem para produtos alimentícios, onde é desejável reter água do interior ou do meio.



A perda de massa do bioplástico após 60 dias em contato com o solo foi considerável, restando apenas cerca de 10% após 120 dias, o que demonstra elevada biodegradabilidade do produto obtido.



REFERÊNCIAS

ABHILASH, G.; SABHARWAL, S.; DUBEY, A.; PAUL, J.; JOHN, H.; JOSEPH, R. Preparation of Low-Protein Natural Rubber Latex: Effect of Polyethylene Glycol. **Journal of Applied Polymer Science**, v.114, n.2, p.806-810. 2009.

ALVES, V.D. Produção e caracterização de biomateriais a partir de fibras naturais ou amidos com poli (butileno adipato co-tereftalato) (PBAT). 186p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), **Universidade Estadual de Londrina**, Londrina, 2007.

BELUSKI, E. Afinal, o que são resíduos biodegradáveis? *In: Tera Ambiental*. 2016. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/>. Acesso em: 1 dez. 2021.

BRITO, G.F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E.M.; MELO, T.J.A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.6, n.2, p. 127- 139, 2011.

CARISSIMI, M.; FLÔRES, S.H.; RECH, R. Effect of microalgae addition on active biodegradable starch film. **Algal Research**, v.32, p.201-209 , 2018.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. Biodegradable Polymers. *Progress in Polymer Science*, v. 23,

DOBRUCKA, R; CIERPISZEWSKI, R. Active and intelligent packaging food – research and development – A Review. *Pol. Journal Food Nutrition Science*, v.64, p.7-15, 2014.

FRANCHETTI, S.M.M.; MARCONATO, J.C. Polímeros biodegradáveis - uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.

FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL. **Atlas do plástico – Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. Rio de Janeiro, 2020.

GIORDANI, A.; OLIVEIRA, A.M.S. Estudo e caracterização de embalagens plásticas produzidas a partir de bioplástico (Plástico Verde). Poços de Caldas-MG, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - **Universidade Federal de Alfenas (Unifal)**, Poços de Caldas-MG, 2014.

GONTARD, N. Films et enrobages comestibles: etude et amélioration des propriétés filmogène du gluten. 1991. 174 p. These (Doctorat) - Montpellier: **Université des Sciences et Techniques du Languedoc**, 1991.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten lm. **Journal of Food Science, Chicago**, v.58, n. 1, p.206-211, 1993.

INNOVA. **História do plástico**. 2017. Disponível em: <<http://innova.ind.br>>. Acesso em: 22 dez. 2021.



KIM, S. R. B.; CHOI, Y.G.; KIM, J.Y.; LIM, S.T. Improvement of water solubility and humidity stability of tapioca starch film by incorporating various gums. **LWT - Food Science and Technology**, v.64, n.1, p.475-482, 2015.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V.E.; YAMASHITA, F. Starch films: production, properties and potential of utilization. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, apr. 2010.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; GARCÍA, M.A.; MARTINO, M.N.; ZARITZKY, N.E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v.56, p.129-135, 2004.

QUEIROZ, T. Consumo, consumismo e os impactos no meio ambiente. In: **RECICLOTECA**. Rio de Janeiro, 2010.

SHAH, A. A.; HASAN, F.; HAMEED, A.; AHMED, S. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. **Biotechnology Advances**, v. 26, n. 3, p. 246-265, may-june 2008.

SHAH, A. A.; HASAN, F.; HAMEED, A.; AHMED, S. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. **Biotechnology Advances**, v.26, n.3, p.246-265, may-june 2008.

SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C.; HUBINGER, M.D.; ROQUES, M.A. Mechanical water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. **Food Hydrocolloids**, v.15, n.6, p.423-432, 2001.

USBERCO, J; SALVADOR, E. **Química**. Volume único. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.