

Filmes biodegradáveis à base de amido para aplicação em pequenas produções de frutas

Starch-based biodegradable films for application in small fruit production

DOI:10.34117/bjdv8n2-390

Recebimento dos originais: 07/01/2022

Aceitação para publicação: 01/02/2022

Igor Leonardo Vespucci

Doutor em agronegócio

Instituição: Vespucci Consultoria Agropecuária Eireli

Endereço: Rua José Neto Paranhos, 300, Anápolis – GO, 75110-750

E-mail: igorvespucci@hotmail.com

Milanna Paula Cabral Nunes

Mestre em Engenharia Agrícola

Instituição: Vespucci Consultoria Agropecuária Eireli

Endereço: Rua José Neto Paranhos, 300, Anápolis – GO, 75110-750

E-mail: milannanunes@icloud.com

André José De Campos

Doutor em Energia na Agricultura

Instituição: Universidade Estadual de Goiás

Endereço: Br 153, Km 99, Anápolis – GO, 75132-903

E-mail: andre.jose@ueg.br

Manoel Soares Soares Júnior

Doutor em Tecnologia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Campus Samambaia, Goiânia – GO, 74690-900

E-mail: manoel@ufg.br

Márcio Caliari

Doutor em Tecnologia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Campus Samambaia, Goiânia – GO, 74690-900

E-mail: macaliari@ufg.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e identificar a melhor formulação artesanal de filmes biodegradáveis à base de amido para aplicação em pequenas produções de frutas. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, com cinco repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de *Scott-knott*. Considerou-se uma probabilidade de 5% para todos os testes mencionados. A melhor formulação da mistura foi a concentração de 2g

de polvilho azedo e 0,08g de glicerina como plastificante, além de 0,03g de canela como agente antimicrobiano em 100mL de água filtrada. Este formulado apresentou melhor aspecto visual na formação do filme, menor atividade de água e melhor flexibilidade, além de rápida biodegradabilidade.

Palavras-chave: agricultura familiar, antimicrobiano, embalagens para alimentos.

ABSTRACT. the objective of this work was to characterize and identify the best artisanal formulation of biodegradable films based on starch for application in small fruit productions. The test was conducted in a completely randomized design, in a 2 x 2 factorial scheme, with five replications. The data were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Scott-knott test. A 5% probability was considered for all the tests mentioned. The best formulation of the mixture was the concentration of 2g of sour powder and 0.08g of glycerin as a plasticizer, in addition to 0.03g of cinnamon as an antimicrobial agent in 100mL of filtered water. This formulation showed a better visual aspect in the formation of the film, less water activity and better flexibility, in addition to rapid biodegradability.

Keywords: family farming, antimicrobial, food packaging.

1 INTRODUÇÃO

Torna-se cada vez mais importante o uso de embalagens para preservar os alimentos, principalmente as frutas. Segundo a Abrafrutas (2020), o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, sendo mais de 2,5 milhões de hectares cultivados. De acordo com a Embrapa (2020), mais da metade das frutas produzidas no Brasil é proveniente da agricultura familiar. O MDA (2020) cita que 90% dos municípios que possuem menos de 20 mil habitantes têm sua base econômica na agricultura familiar. Nesse contexto, o Brasil possui 74,08% dos municípios brasileiros (IBGE, 2010). Graeb et al. (2016) afirmam que a agricultura familiar é um componente chave para a redução da pobreza e da melhoria na segurança alimentar e nutricional da população.

Uma das formas mais utilizadas na conservação de alimentos é a utilização de materiais sintéticos como embalagens provenientes de polímeros derivados do petróleo (GU et al., 2017). Entretanto, tal ação gera uma produção acelerada de resíduos por não serem biodegradáveis. Nessa vertente, existe uma crescente ameaça ao meio ambiente, tornando-se uma opção impraticável quando se pensa em preservação ambiental, tecnologia e desenvolvimento sustentável.

Uma solução alternativa vem a ser a utilização de embalagens biodegradáveis e sistemas inteligentes (SOUZA et al., 2012; SOUZA et al., 2021). Desta forma, uma embalagem para ser considerada biodegradável eficiente deve promover uma proteção

ativa dos alimentos, isto é, prolongando sua vida útil, proporcionando uma redução de perda de massa e atividade metabólica (BIJI et al., 2015).

Dentre os produtos biodegradáveis, os filmes biodegradáveis à base de amido têm e vêm obtendo espaço graças aos seus múltiplos benefícios, como serem de ampla ocorrência, apresentarem baixo custo, serem inodoros e incolores, não serem tóxicos, além de serem biocompatíveis e ambientalmente sustentáveis (CHUNG et al., 2010; FAKHOURI et al., 2012; SOUZA et al., 2012; MEDINA-JARAMILLO et al., 2017).

Neste sentido, à procura por embalagens sustentáveis têm aumentado progressivamente e nessa conjuntura surge o amido de mandioca que além de ser abundante, apresenta baixo custo, sendo uma excelente opção para a sustentabilidade, reduzindo o impacto ambiental gerado por embalagens confeccionadas de polímeros sintéticos (OLIVEIRA et al., 2016). O uso de embalagens comestíveis e biodegradáveis proporciona a opção de serem ingeridas já que são consideradas atóxicas e seguras para serem utilizadas em alimentos (FDA, 2013).

No que diz respeito a sustentabilidade, vale salientar a importância da biodegradabilidade dos filmes/revestimentos comestíveis que consiste no material ser completamente degradado por microrganismos em compostos naturais, bem como dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O), metano (CH_4), hidrogênio (H), biomassa, em que a ação do calor juntamente com a atividade enzimática dos microrganismos reduzem e enfraquecem as cadeias poliméricas do amido gerando a degradação. Desta forma, o revestimento biodegradável poderá contribuir na redução do uso de fontes não-renováveis, ajustando-se perfeitamente ao ecossistema e evitando a poluição ambiental (PALMU et al., 2002; VILLADIEGO et al., 2005; CERRUTI et al., 2011; PIÑEROS et al., 2017).

Diversas fontes para obtenção do amido estão disponíveis no meio agrícola, como o arroz, milho e principalmente mandioca. Esta última cultura merece destaque, pois é uma planta de origem brasileira, com elevado rendimento de amido por tonelada de produto, apresenta baixo custo de produção e resistência a extensos períodos de seca se comparado com outras fontes de amido (TONUKARI, 2004; SHANAVAS et al., 2011).

De acordo com Medina et al. (2019), existe uma lacuna de estudos relevantes no que tange à agregação de valores aos produtos agropecuários, diretamente relacionados ao fornecimento de produtos processados ou *in natura* a partir de matérias-primas renováveis.

Neste sentido, surge um questionamento: qual a melhor matéria-prima, de fácil acesso aos pequenos produtores, para elaborar um filme biodegradável para utilização em pequenas produções de frutas? Para se responder a tal questionamento, surge o seguinte objetivo: caracterizar e identificar a melhor formulação artesanal de filmes biodegradáveis à base de amido para aplicação em pequenas produções de frutas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas da Universidade Estadual de Goiás - Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), em Anápolis – Goiás. A pesquisa foi conduzida em duas etapas.

Esta formulação foi testada em variação da concentração da matéria-prima (polvilho azedo) e do plastificante (glicerina) sendo mantido em concentrações fixas o agente antimicrobiano (canela) e o solvente (água filtrada) (Tabela 1). Para esta, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, com cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Foram avaliadas as seguintes variáveis respostas: microscopia eletrônica de varredura (CASTRO, 2002), análise visual (PAVONI et al., 2019), atividade de água (AOAC, 2016), espessura (AOAC, 2016), opacidade aparente (SOUSA et al., 2013), ruptura (ASTM, 2002), solubilidade em água (PELLISSARI et al., 2017) e biodegradabilidade (LUCENA et al., 2017) com modificações.

Tabela 1. Concentrações dos componentes utilizados na elaboração do filme biodegradável para uso em pequenas produções de frutas.

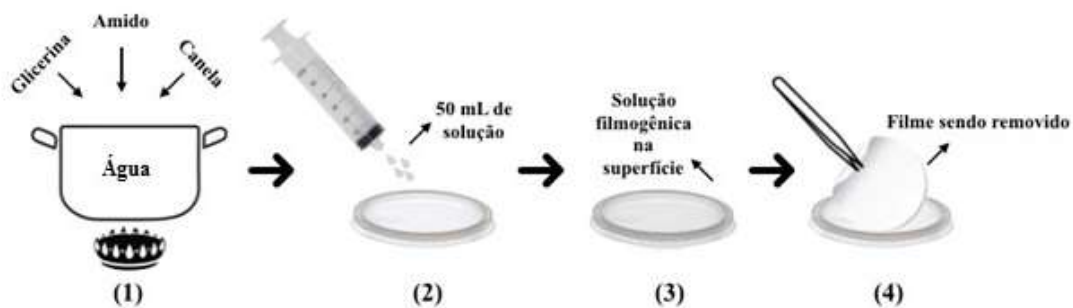
Tratamentos	Matéria-prima	Plastificante	Agente antimicrobiano	Solvente (água)
1	2g de polvilho azedo	0,06g de glicerina	0,03g de canela	100mL
2	3g de polvilho azedo	0,06g de glicerina	0,03g de canela	100mL
3	2g de polvilho azedo	0,08g de glicerina	0,03g de canela	100mL
4	3g de polvilho azedo	0,08g de glicerina	0,03g de canela	100mL

As soluções filmogênicas foram preparadas de acordo com o método descrito por Mali et al. (2010) com as devidas concentrações de: matéria-prima, plastificante, agente antimicrobiano e solvente. Após a mistura dos componentes de cada formulado, a solução foi aquecida a 100°C até a completa gelatinização do amido.

Em seguida, com o auxílio de uma seringa, 50mL da solução foi colocada em tampas de embalagens de polipropileno com 16cm de diâmetro para que fossem desidratadas e posteriormente, retirados os corpos de provas para as análises das variáveis respostas.

As soluções foram desidratadas conforme a técnica *casting* (Figura 1), que consiste na preparação de uma solução filmogênica, seguida de sua secagem em incubadora tipo *Biochemical Oxygen Demand* (Tecnal, TE-371, Piracicaba, Brasil) a $30 \pm 5^\circ\text{C}$, durante 24 horas. Os filme biodegradáveis secos foram acondicionados em dessecadores contendo solução saturada de carbonato de sódio, e posteriormente foram caracterizados.

Figura 1. Obtenção dos filmes pelo método de *casting*: (1) formulação da solução filmogênica utilizando matérias-primas amiláceas, glicerina, canela e água, (2) solução filmogênica depositada sobre a superfície, (3) resfriamento e secagem, (4) remoção do filme formado.



Todas as premissas básicas da análise de variância foram verificadas. O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados; o teste de Bartley para testar a homogeneidade da variância; já para aditividade dos efeitos e para aleatoriedade dos erros foram respeitados através do modelo matemático utilizado no delineamento (BANZATTO E KRONKA, 2013).

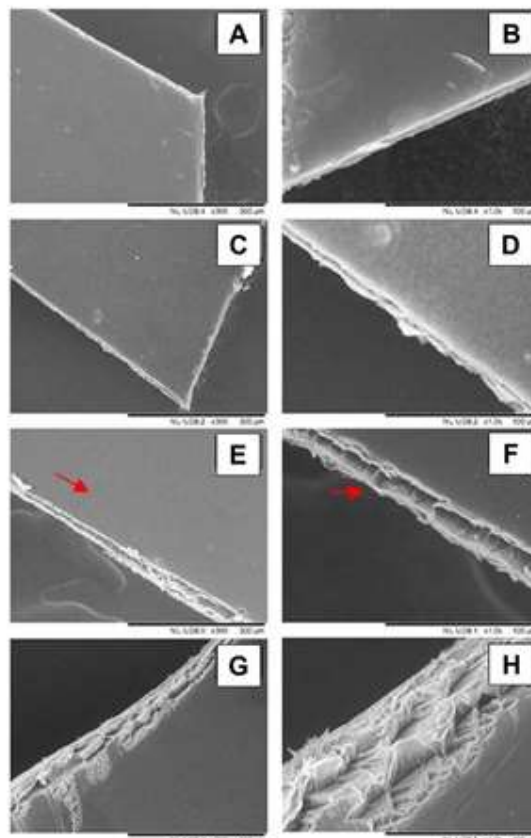
Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de *Scott-knott*. Considerou-se uma probabilidade de 5% para todos os testes mencionados. As análises foram realizadas no software Sisvar e R (FERREIRA, 2014; R Core Team, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em conformidade com as micrografias das seções transversais dos tratamentos utilizados, o filme com 2g de polvilho azedo, 0,08g de glicerina e 0,03g de canela apresentou superfície lisa e homogênea (Figura 2E e 2F) em comparação com os demais,

sem presença de aglomerados. Para Mali et al. (2002), as microscopias das seções transversais de filmes de amido e glicerol produzidos por *casting* revelaram formação de estruturas compactas e homogêneas. A estrutura quebradiça observada nas imagens (Figura 2B e 2D) pode ser devido à etapa de preparação anterior das amostras para a análise, como observado por Pavoni et al. (2019) estudando o impacto de ácido na dissolução da quitosana em filmes de amido de milho/quitosana.

Figura 2. Micrografias das seções transversais dos tratamentos: (A) 2g de polvilho azedo, 0,06g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 300$); (B) 2g de polvilho azedo, 0,06g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 1.0k$); (C) 3g de polvilho azedo, 0,06g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 300$); (D) 3g de polvilho azedo, 0,06g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 1000$); (E) 2g de polvilho azedo, 0,08g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 300$); (F) 2g de polvilho azedo, 0,08g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 1.0k$); (G) 3g de polvilho azedo, 0,08g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 300$); (H) 3g de polvilho azedo, 0,08g de glicerina, 0,03g de canela ($\times 1.0k$).



A Figura 3 apresenta os filmes produzidos por diferentes concentrações de polvilho azedo e glicerina. O filme na concentração de 2g de polvilho azedo + 0,08g de glicerina + 0,03g de canela (Figura 3C) mostrou-se contínuo, homogêneo e sem fratura após a secagem, confirmando os resultados observados na figura anterior.

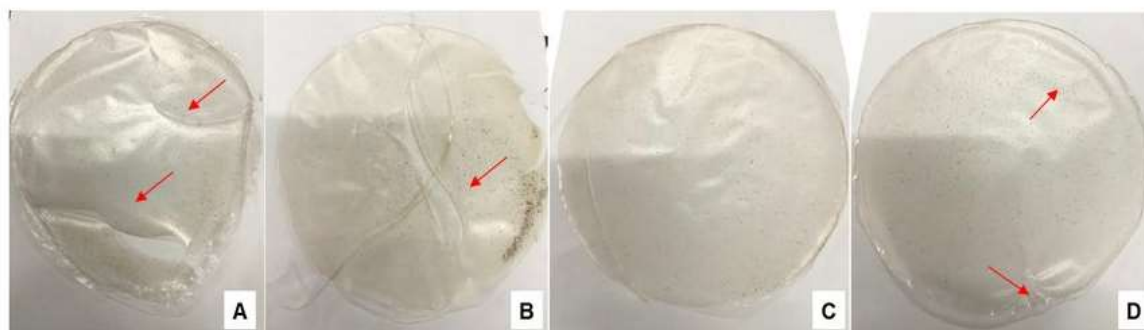
Os filmes com menor quantidade de glicerina (Figura 3A, 3B) apresentaram-se secos, rígidos e com fraturas após a secagem. Já os que utilizaram maior quantidade de

plastificante, tornaram-se mais maleáveis. Entretanto, o filme com 3g de polvilho azedo + 0,08g de glicerina + 0,03g de canela (Figura 3D) apresentou rugosidade.

Quanto à homogeneidade, nenhum dos filmes apresentaram partículas insolúveis, bem como citado por Fernandes et al. (2019). Ainda de acordo com a Figura 3, pode-se observar que não houve crescimento microbiano nos filmes em todas as repetições analisadas. Isso foi certificado em todas as repetições, indicando assim a potencialidade da canela como agente antimicrobiano.

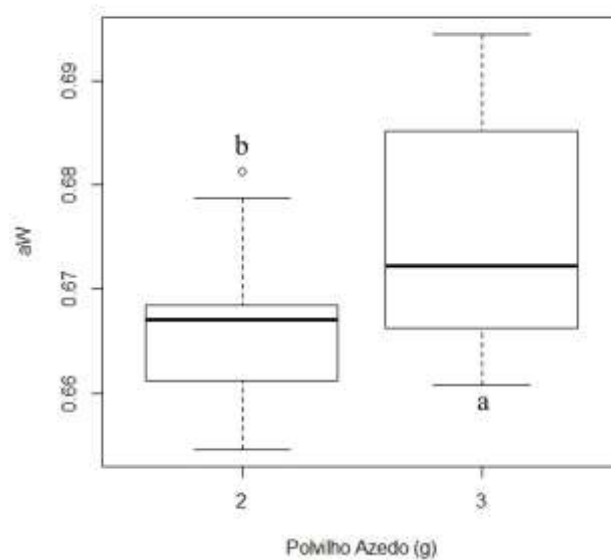
Os agentes antimicrobianos são as diferentes substâncias que inibem o crescimento de microrganismos. Eles são reconhecidos e utilizados na preservação de alimentos há muitos séculos, desde os Egípcios e países Asiáticos, como a China e a Índia. Algumas especiarias como a canela, ainda hoje são utilizadas pela medicina alternativa na Índia. Vale ressaltar, que a canela mostrou efeitos antimicrobianos sobre o *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, entre outros, apresentando-se igualmente eficaz contra alguns micróbios patogênicos de origem alimentar e resistentes aos antibióticos (FIB, 2010).

Figura 3. Aspecto visual por meio de imagens dos filmes biodegradáveis à base de polvilho azedo em diferentes concentrações de matéria-prima e plastificante e quantidade fixa de canela. (A) 2g de polvilho azedo, 0,06g de glicerina, 0,03g de canela; (B) 3g de polvilho azedo, 0,06g de glicerina, 0,03g de canela; (C) 2g de polvilho azedo, 0,08g de glicerina, 0,03g de canela; (D) 3g de polvilho azedo, 0,08g de glicerina, 0,03g de canela.



Para a atividade de água não houve significância para o fator glicerina. Foi observado significância apenas para o fator concentração de polvilho azedo, visto que a concentração de 2g apresentou valores inferiores de atividade de água (Figura 4). Este fato é justificado por Pavoni et al. (2019) que afirmam ser a afinidade da água em filmes aprimorada com o aumento do teor de amido. Segundo Mali et al. (2010), a menor atividade de água é desejável para filmes biodegradáveis, já que normalmente têm tendência de serem hidrofílicos os tornando susceptíveis a ataques microbiológicos.

Figura 4. *Box plot* dos valores de atividade de água em função de diferentes dosagens de polvilho azedo utilizadas para elaboração dos filmes biodegradáveis.

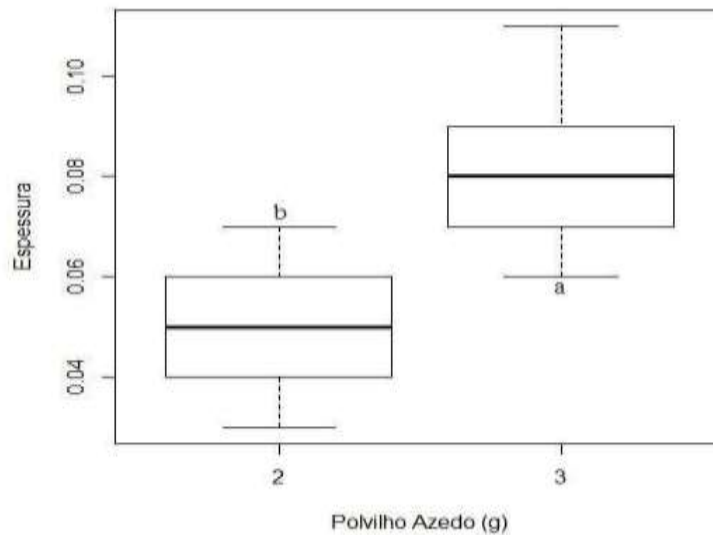


De acordo com a análise de variância para valores de espessura em função de diferentes dosagens de glicerina e polvilho azedo utilizado para elaboração de filmes biodegradáveis, pode-se constatar que não ocorreu diferença significativa para o fator glicerina, bem como também sua interação, somente para o fator polvilho azedo. O tratamento com 2g de polvilho azedo se destaca (Figura 5), pois ele apresenta menor espessura.

Conforme relatos de Cuq et al. (1996), a espessura é mediada pela viscosidade da solução, sendo que soluções menos viscosas tendem a formar filmes mais finos. Filmes mais finos são mais desejáveis visto que, quando ocorre o aumento da espessura, aumenta a hidrofobicidade dos filmes e conseqüentemente a permeabilidade ao vapor de água. Por meio desse aumento, o processo de difusão da água é facilitado e proporciona maior controle microbiano (MALI et al., 2010).

Rodríguez et al. (2012) demonstraram em seu estudo com filmes de acetato de celulose que o controle da espessura é relevante, pois através dele se avalia a uniformidade dos polímeros. E de acordo com Fan et al. (2016) a espessura é fundamental para determinação de propriedades funcionais de filmes. Sendo assim, o filme com 2g pode ser uma alternativa viável para aplicação em pequenas produções de frutas, visando elevar a vida útil delas atendendo ao que a literatura sugere e o mercado exige.

Figura 5. *Box plot* dos valores de espessura (mm) em função de diferentes dosagens (polvilho azedo) utilizadas para elaboração dos filmes biodegradáveis.



Para a variável opacidade aparente e solubilidade, não foram encontrados resultados significativos para interação, tampouco para os fatores isolados (Tabela 2), o que pode ser justificado pela baixa variação dos níveis dos fatores utilizados no experimento. De acordo com Wurzburg (1986) e Singh et al. (2007), tanto a opacidade aparente quanto a solubilidade são mediadas pelo teor de amilose e amilopectina dos amidos, portanto, como nesta pesquisa fora utilizado o mesmo amido, variando apenas a concentração na solução filmogênica, tal fato pode ter proporcionado a não significância.

Tabela 2. Análise de variância dos valores de opacidade aparente e solubilidade aparente em função de diferentes dosagens (glicerina e polvilho azedo) utilizadas para elaboração dos filmes biodegradáveis.

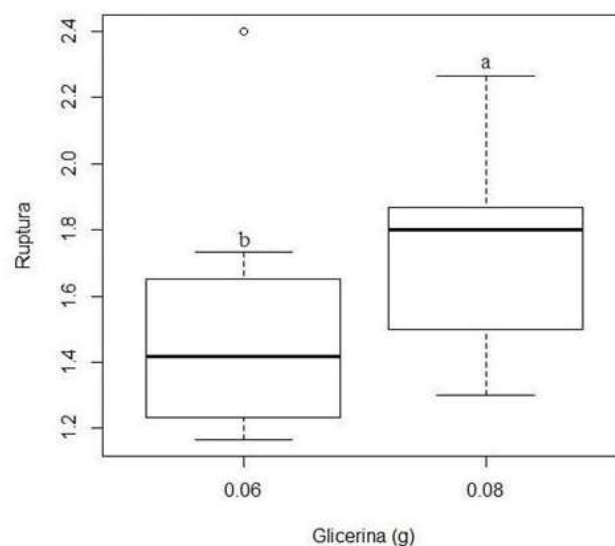
F.V	GL	QM (opacidade aparente)	QM (solubilidade)
Glicerina	1	0,000845 ^{ns}	0,244205 ^{ns}
Polvilho Azedo	1	0,049005 ^{ns}	192,262005 ^{ns}
Glicerina*Polvilho Azedo	1	0,032805 ^{ns}	226,801125 ^{ns}
Resíduo	16	0,502152	98,630052
Total	19		

Para os valores de ruptura, não foram encontrados resultados significativos para a interação, nem para a dosagem de polvilho azedo, apenas para o fator glicerina. Mali et al. (2010) reiteraram que os materiais devem ser resistentes à ruptura, pois assim protegem e reforçam a estrutura dos alimentos, e ainda devem ser flexíveis para

adaptarem às deformações dos frutos sem se romperem.

Neste trabalho, os filmes se tornaram mais flexíveis à medida que aumentou a quantidade de glicerina (Figura 6), bem como observado por Fernandes et al. (2019) que certificaram que ao aumentar os teores de glicerina reduz as deformações, atestando a sua flexibilidade. Para Shen et al. (2010), este comportamento se deve à habilidade da glicerina em reduzir as interações entre as cadeias poliméricas diminuindo a resistência e aumentando a flexibilidade dos filmes.

Figura 6. *Box plot* dos valores de ruptura (cN) em função de diferentes dosagens de glicerina utilizadas para elaboração de revestimentos biodegradáveis.



A Figura 7 demonstra as imagens da evolução da biodegradabilidade dos filmes à base de polvilho azedo. Pode-se observar que a biodegradabilidade do filme evoluiu rapidamente, sendo que após 12 horas foram constatadas transformações significativas em sua integridade. Após 72 horas, todas as repetições utilizadas foram completamente degradadas. De acordo com Cerruti et al. (2011) e Piñeros et al. (2017), a ação do calor, umidade e a atividade enzimática dos microrganismos diminuem e enfraquecem as cadeias poliméricas do amido provocando a sua biodegradação.

Em relação às matérias-primas utilizadas, é sabido que tanto o amido de mandioca, a canela e a água são biodegradáveis, resta então ser assertivo a respeito da glicerina. Marques et al. (2015) identificaram que a glicerina tem sido usada na biorremediação de áreas impactadas por atividades petrolíferas, sendo importante na descontaminação de áreas contaminadas por poluentes orgânicos. Tal fato evidencia que o revestimento biodegradável apresenta inúmeras vantagens ao meio ambiente, além de reduzir a

produção de polímeros sintéticos, pode auxiliar de forma benéfica quando depositado no solo.

Figura 7. Imagens do ensaio de biodegradabilidade dos filmes à base de polvilho azedo após serem colocados em solo fértil úmido por 72 horas. (A) 0 horas, (B) 12 horas, (C) 24 horas, (D) 36 horas, (E) 48 horas e (F) 72 horas.



4 CONCLUSÃO

A melhor formulação foi obtida na concentração de 2g de polvilho azedo + 0,08g de glicerina como plastificante e 0,03g de canela como agente antimicrobiano em 100mL de água filtrada. A lacuna teórica a ser superada está relacionada com a utilização de novas concentrações tanto de polvilho azedo, da glicerina, como da canela em pó.

REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS. *Brasil é o terceiro maior produtor de frutas*. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2019/03/07/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-diz-abrafrutas/>>. Acesso em: 16 maio 2020.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. 20 ed. Maryland, USA, 2016. 3100p.

ASTM – American Society for Testing and Materials. *Standart test method for tensile properties of thin plastic sheeting – D 882-02*. Annual Book of ASTM, Philadelphia: ASTM, 2002. 9p.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2013. 237p.

BIJI, K.B.; RAVISHANKAR, C.N.; MOHAN, C.O.; GOPAL, T.K.S. Smart packaging Systems for food applications: a review. *Journal Food Science Technology*, Kerala, v.52, n.1, p.6125-6135, 2015.

BIODIESELBR. *Glicerina, o tamanho do problema*. Ano 1, n.3, 2008.

CASTRO, L.A.S. *Processamento de amostras para microscopia eletrônica de varredura*. 1 ed. Pelotas : Embrapa Clima Temperado, 2002. 37p.

CERRUTI, P. SANTAGATA, G.; GOMEZ D'AYALA, G.; AMBROGI, V.; CARFAGNA, C.; MALINCONICO, M.; PERSICO, P. Effect of a natural polyphenolic extract on the properties of a biodegradable starch-based polymer. *Polymer Degradation and Stability*, Aubierre, v.96, n.5, p.839-846, 2011.

CHUNG, Y.L.; ANSARI, S.; ESTEVEZ, L.; HAYRAPETYAN, E.P. GIANNELIS, LAI, H.M. Preparation and Properties of biodegradable starch-clay nanocomposites. *Carbohydrate Polymers*, Tenbury Wells, v.79, n.2, p.391-396, 2010.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Functional properties of myofibrillar protein – based biopackaging as affected by film thickness. *Journal of Food Science*, North Carolina, v.61, n.3, p.580-584, 1996.

EMBRAPA. *Ciência que transforma*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortalicas>>. Acesso em: 16 de maio 2020.

FAKHOURI, F.M.; MARTELLI, S.M.; BERTAN, L.C.; YAMASHITA, F.; MEI, L.H.I.; QUEIROZ, F.P.C. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin - Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT - Food Science and Technology*, London, v.49, n.1, p.149-154, 2012.

FAN, H.; JI, N.; ZHAO, M.; XIONG, L.; SUN, Q. Characterization of starch films impregnated with starch nanoparticles prepared by 2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-

oxyl(TEMPO)-mediated oxidation. *Food Chemistry*, Barking, v.192, n.1, p.865-872, 2016.

FDA, Food and Drug Administration. *Generally recognized as safe (GRAS)*. 2013. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

FERNANDES, A.S.; CARDOSO, J.C.O.; GOMES, J.N.; ASCHERI, D.P. Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de *Solanum lycocarpum* St. Hill e glicerol. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, Anápolis, v.8, n.1, p.362-378, 2019.

FERREIRA, D.F. Sisvar : um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.

FiB, *Foods Ingredients Brasil. Agentes Antimicrobianos Químicos e Naturais*. 1 ed. Editora Insumos Ltda. São Paulo, SP, 2010, 7p.

GRAEUB, B.E.; CHAPPELL, M.J.; WITTMAN, H.; LEDERMANN, S.; KERR, R.B.; GEMMILL-HERREN, B. O estado das fazendas familiares no mundo. *World Development*, Ann Arbor, v.87, n.1, p.1-15, 2016.

GU, F.; GUO, J.; ZHANG, W.; SUMMERS, P.A.; HALL, P. From waste plastics to industrial raw materials: a life cycle assessment of mechanical plastic recycling practice based on a real-world case study. *Science of the Total Environment*, Barcelona, v.601-602, p. 1192-1207, 2017.

IBGE. *Números de municípios por tamanho da população, 2010*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 16 de maio 2020.

LUCENA, C.A.A.; COSTA, S.C.; ELEAMEN, G.R.A.; MENDONÇA, E.A.M.; OLIVEIRA, E.E. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. *Polímeros*, São Carlos, v.27, n.1, p.35-41, 2017.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M. M.; ZARITZKY, N. E. Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, Tenbury Wells, v.50, n.1, p.379-386, 2002.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: Produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.31, n.1, p.137-156, 2010.

MARQUES, L.S.; OLIVEIRA, O.M.C.; QUINTELA, C.M. Mapeamento tecnológico da utilização da glicerina coproduto da produção do biodiesel na remediação de áreas impactadas por atividades petrolíferas. *Cadernos de Prospecção*, Salvador, v.8, n.2, p.301-310, 2015.

MDA. *Vitrine da agricultura familiar*. Disponível em: <<http://vitrine.mda.gov.br/o-que-e-a-agricultura-familiar>>. Acesso em: 16 de maio 2020.

MEDINA-JARAMILLO, C.; OCHOA-YEPES, O.; BERNAL, C.; FAMÁ, L. Active and smart biodegradable packaging based on starch and natural extratos. *Carbohydrate Polymers*, Tenbury Wells, v.176, n.1, p.187-194, 2017.

MEDINA; G.S.; LIMA, D.A.L.L.; WANDER, A.E.; GODOI, C.N.; DIAS, C.M.; TERESA, F.B.; CAMPOS, A.J.; MACEDO, L.O.B.; THOMÉ, K.M.; PEREIRA, J.W.A.; RODRIGUES, W.; TEIXEIRA, S.M.; CRUZ, J.E. *Agenda estratégica de pesquisa científica para o desenvolvimento rural sustentável do Brasil Central*. In: Cruz, J.E.; Medina, G.S.; Macedo, L.O.B. (ORG). *Estudos em agronegócio: competitividade, mercados e ambiente institucional*. 4v. Goiânia: Kelps, 2019.

OLIVEIRA, B. F.; CRUZ, A. F.; ALVES, E. Cassava starch coatings for postharvest control of papaya anthracnose. *Phytopathologia Mediterranea*, Firenze, v. 55, n. 2, p. 276-284, 2016.

PALMU, P.T.; FAKHOURI, F.M.; GROSSO, C.R.F. Filmes biodegradáveis. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Ipameri, v.26, n.1, p.12-17, 2002.

PAVONI, J.M.; LUCHESE, C.L.; TESSARO, I.C. Impact of acid type for chitosan dissolution on the characteristics and biodegradability of cornstarch/chitosan-based films. *International Journal of Biological Macromolecules*, Colorado, v.138, n.1, p.693-703, 2019.

PELLISSARI, F.M.; ANDRADE-MAHECHA, M.M.; SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C. Nanocomposites based on banana starch reinforced with cellulose nanofibers isolated from banana peels. *Journal of Colloid and Interface Science*, Copenhagen, v.505, n.1, p.154-167, 2017.

PIÑEROS-HERNANDEZ, D.; MEDINA-JARAMILLO, C.; LOPEZ-CORDOBA, A.; GOYANES, S. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v.63, n.1, p.488-495, 2017.

R Core Team. **R**: A Language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, 2019.

RODRÍGUEZ, F.J.; GALOTTO, M.J.; GUARDA, A.; BRUNA, J.E. Modification of cellulose acetate films using nanofillers based organoclays. *Journal of Food Engineering*, Chicago, v. 110, n.1, p. 262-268, 2012.

SHANAVAS, S.; PADMAJA, G.; MOORTHY, S.N.; SAJEEV, M.S.; SHERIFF, J.T. Process optimization for bioethanol production from cassava starch using novel eco-friendly enzymes. *Biomass Bioenergy*, Birmingham, v.35, n.2, p.901-909, 2011.

SHEN, X.L.; WU, J.M.; CHEN, Y.; ZHAO, G. Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v.24, n.1, p.285-290, 2010.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N.S.; GILL, B.S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, Barking, v.21, n.1, p.1-22, 2007.

SOBRAL, P.J.A. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura. *Ciência & Engenharia*, Uberlândia, v.8, n.1, p.60-67, 1999.

SOUSA, G.M.; YAMASHITA, F.; SOARES JÚNIOR, M.S. Application of biodegradable films made from rice flour, poly (butylene adipate co-terephthalate): Effect of potassium sorbate on film characteristics. *Materials Science and Engineering*, London, v.33, n.6, p.3153-3159, 2013.

SOUZA, A.C.; BENZE, R.; FERRÃO, E.S.; DITCHFIELD, C.; COELHO, A.C.V.; TADINI, C.C. Cassava starch biodegradable films: influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature. *LWT - Food Science and Technology*, London, v.46, p.110-117, 2012.

SOUZA, J.V.L.C.; ALVES, J.C.; PIMENTEL, M.M.N.S.C; ANDRADE, R.C.; FIGUEREDO, C.S.; VIANA, S.N.A ; PEREIRA, T.R.S. Biodegradable starch-based films - Technological Mapping. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.9, p. 87635-87646 sep. 2021.

TONUKARI, N.J. Cassava and the future of starch. *Electronic Journal of Biotechnology*, Valparaiso, v.7, n.1, p.12-15, 2004.

VILLADIEGO, A.M.D.; SOARES, N.F.F.; ANDRADE, N.J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V.P.R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres*, Viçosa, v.300, n.3, p.221-224, 2005.

WURZBURG, O.B. 'Cross-linked starches'. In: WURZBURG, O.O. (Ed.). *Modified starches : porperties an uses*. Flórida : CRC Press, 1986. 207p.