

**15º Congresso Brasileiro de Polímeros**  
**27 a 31 de outubro de 2019**

## **INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO RESÍDUO DE MIRTILO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NA BIODEGRADABILIDADE DE FILMES À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA**

**Claudia L. Luchese<sup>1</sup>, Juliana Both Engel<sup>1</sup>, Julia M. F. Pavoni<sup>1</sup>, Jordana C. Spada<sup>1</sup> e Isabel C. Tessaro<sup>1</sup>**

*1 - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS*  
[claudialuchese@yahoo.com.br](mailto:claudialuchese@yahoo.com.br)

**Resumo:** A pesquisa e a inovação na área de embalagens também têm como objetivo melhorar, combinar ou ampliar as quatro funções básicas das embalagens tradicionais: proteção, comunicação, conveniência e contenção. Neste contexto, dois novos conceitos surgiram neste setor e têm contribuído para o aumento da segurança e saudabilidade dos alimentos: as embalagens ativas e/ou inteligentes. Para o desenvolvimento deste tipo de embalagem, o reaproveitamento de resíduos da indústria de alimentos mostra-se uma alternativa promissora uma vez que eles contêm elevadas quantidades de nutrientes e compostos bioativos. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da granulometria do resíduo de mirtilo nas propriedades físico-químicas e na biodegradabilidade de filmes à base de amido de mandioca. Os filmes foram fabricados por *casting* e caracterizados em relação à espessura, teor de umidade, solubilidade, permeabilidade ao vapor de água e biodegradabilidade. A adição de resíduo promoveu a formação de filmes mais resistentes e menos flexíveis, com maiores valores de espessura e permeabilidade ao vapor de água. Nos testes de biodegradabilidade em solo, após 7 dias de análise todos os filmes apresentaram mudanças na cor, na tonalidade e na integridade, indicando o início do processo de degradação.

**Palavras-chave:** *embalagens inteligentes; amido de mandioca; resíduo de mirtilo; granulometria; biodegradabilidade.*

### ***Influence of the particle size of blueberry residue in the physicochemical properties and biodegradability of films based on cassava starch***

**Abstract:** Research and innovation in packaging sector also aim to improve, combine or extend the four basic functions of the traditional packaging: protection, communication, convenience, and containment. In this context, two new concepts have emerged in this segment and have contributed to the increase in food safety and health: active and/or intelligent packaging. For the development of this packaging type, the waste reuse from the food industry is the promising alternative as it contains high amounts of nutrients and bioactive compounds. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of the particle size of the blueberry residue on the physical-chemical properties and biodegradability of cassava starch-based films manufactured by the casting technique. The samples were characterized by thickness, moisture content, solubility, water vapor permeability, and biodegradability. The residue incorporation promoted the formation of the more resistant and less flexible films, with higher values of thickness and water vapor permeability. In the tests of biodegradability in soil, after 7 days all the films showed changes in color, and integrity, indicating the beginning of the degradation process.

**Keywords:** *intelligent packaging; cassava starch; blueberry residue; particle size; biodegradability.*

## Introdução

O reaproveitamento de resíduos da indústria de alimentos mostra-se uma alternativa promissora para o desenvolvimento de embalagens a partir de fontes naturais e biodegradáveis, com o intuito de torná-las competitivas. Sabe-se que, durante o processamento de alimentos, cerca de 20-40% de resíduos são gerados e, na maioria das vezes, descartados [1]. Entretanto, estes resíduos podem conter grande parte dos nutrientes e compostos bioativos, os quais agregam diferentes propriedades à embalagem a ser desenvolvida. As frutas vermelhas e roxas apresentam elevadas quantidades de compostos fenólicos em sua composição; dentre eles destaca-se o grupo das antocianinas [2]. As antocianinas são amplamente utilizadas como corantes naturais, e apresentam característica antioxidante. Além disso, são compostos capazes de mudar de coloração quando submetidos a diferentes valores de pH [3], característica importante para o desenvolvimento de embalagens inteligentes. Desta forma, a incorporação de subprodutos na produção de embalagens biodegradáveis permite agregar valor à matéria-prima de forma sustentável, além de minimizar o descarte de resíduos sólidos agroindustriais. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da granulometria do resíduo de mirtilo nas propriedades físico-químicas e na biodegradabilidade de filmes à base de amido de mandioca, visando o desenvolvimento de embalagens inteligentes.

## Experimental

O amido de mandioca foi adquirido em Mercado Público na cidade de Natal (RN, Brasil) e o glicerol usado foi de grau PA (Nuclear, SP, Brasil). O resíduo agroindustrial de mirtilo foi produzido no laboratório. O fruto passou por um processo de branqueamento (3 min; 100 °C) e posteriormente foi feita a sua prensagem em *juicer*. O bagaço foi liofilizado, moído e peneirado, obtendo-se as 2 frações utilizadas: MI (fração retida na peneira de 100 *mesh*) e MI100 (fração que passou pela peneira de 100 *mesh*). A distribuição do tamanho de partícula do resíduo foi determinada por difratometria a laser (Cilas, Modelo 1180, França) usando água como agente dispersor.

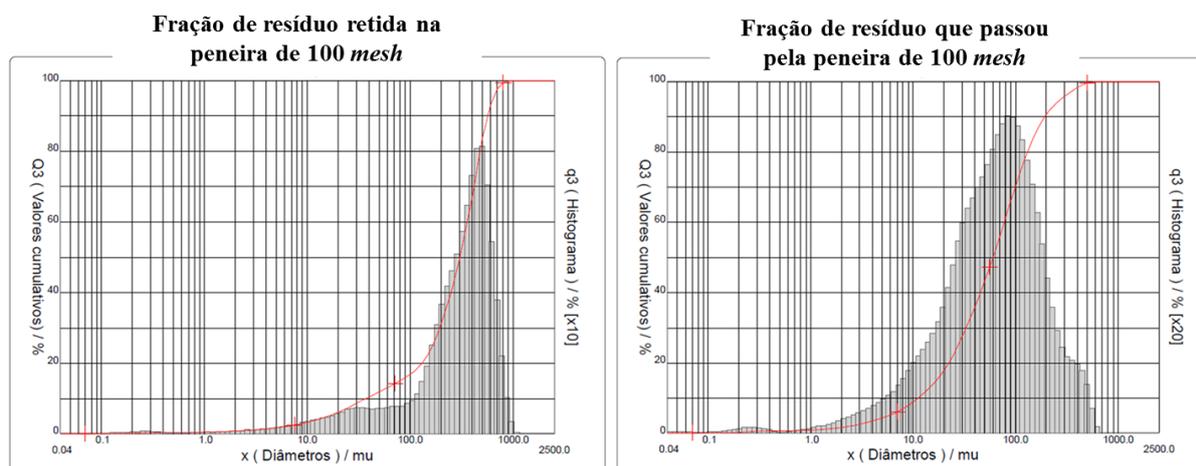
Para o preparo das soluções filmogênicas seguiu-se a seguinte formulação: amido de mandioca na concentração 3 g/100 mL, glicerol (0,9 g/100 mL), pó obtido do resíduo de mirtilo nas diferentes granulometrias (0,5 g/100 mL) e água. As soluções filmogênicas foram submetidas à agitação mecânica em banho termostático a 80 °C durante 35 min para gelatinização do amido. Após, os filmes foram espalhados em placas de Petri (*casting*, 0,34 g cm<sup>-2</sup>), que foram dispostas em um secador de alimentos (Solab, SL102/100, Brasil) com convecção de ar forçada por 24 h na temperatura de 35 °C.

A espessura dos filmes foi medida utilizando um micrômetro digital (Mitutoyo IP 65, Japão). O conteúdo de umidade foi determinado gravimetricamente, medindo-se a perda de massa dos filmes após secagem em estufa na temperatura de 105 °C por 24 h de acordo com o método AOAC 930.04 (1990). Para a realização da análise de solubilidade em água, seguiu-se a metodologia proposta por Hosseini, Razavi & Mousavi [4] que se baseia na diferença de massa. A análise de permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi feita conforme as normas da ASTM (E96-2000). Os resultados foram analisados estatisticamente através do Teste de Tukey no software STATISTICA 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, USA) com nível de significância de 95 % ( $p < 0,05$ ).

Para os testes de biodegradabilidade, as amostras (25 mm x 25 mm) foram enterradas em solo até uma profundidade de aproximadamente 10-20 mm em um recipiente de polipropileno estéril contendo cerca de 40 mg do composto orgânico (solo). As amostras foram mantidas à temperatura ambiente e água foi pulverizada uma vez por dia para manter a umidade. Em diferentes períodos de tempo, as amostras foram cuidadosamente removidas do solo e registros fotográficos foram realizados. O processo de desintegração foi monitorado qualitativamente por inspeção visual de acordo com Cerruti et al. [5] e Piñeros-Hernandez et al. [6].

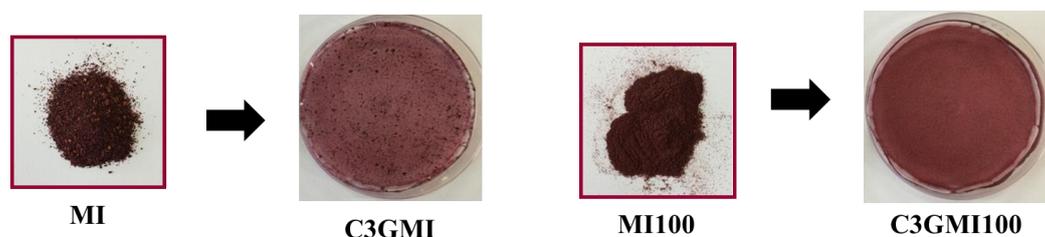
## Resultados e Discussão

O resultado da análise granulométrica das diferentes frações de resíduo de mirtilo está apresentado na Fig. 1. É possível verificar que o diâmetro médio da fração que passou na peneira de 100 *mesh* e da fração que ficou retida alcançou valores de 87,2  $\mu\text{m}$  e 310,7  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Além disso, verificou-se que a faixa correspondente a variação entre 10 % e 90 % da distribuição de tamanho de partículas acumulada variou entre 11,1 e 192,3  $\mu\text{m}$  para a fração que passou pela peneira de 100 *mesh* e entre 36,8 e 566,8  $\mu\text{m}$  para a fração que ficou retida na peneira. O índice de dispersão (*span*) para a fração que passou pela peneira de 100 *mesh* foi de 3,0 e para a fração retida na peneira foi 1,7.



**Figura 1** – Distribuição de tamanho de partícula dos resíduos de mirtilo em pó: fração mais grosseira que ficou retida na peneira de 100 *mesh* (CG) e fração mais fina que passou na peneira de 100 *mesh* (C100).

Os filmes contendo a fração de resíduo de mirtilo mais grosseira (C3GMI) apresentaram-se visualmente mais heterogêneos em comparação aos filmes produzidos utilizando a fração mais fina (C3GMI100) de resíduo de mirtilo, que se apresentaram aparentemente mais uniformes e homogêneos, conforme pode ser visualizado na Fig. 2.



**Figura 2** – Aspecto visual do resíduo de mirtilo em diferentes granulometrias e dos filmes produzidos a partir dos respectivos pós. MI representa o pó que ficou retido na peneira de 100 *mesh*, ou seja, com partículas de maior tamanho (diâmetro médio das partículas igual a 310,7  $\mu\text{m}$ ) e MI100 representa o pó com menor granulometria (diâmetro médio das partículas igual a 87,2  $\mu\text{m}$ ).

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises de espessura, umidade, solubilidade e permeabilidade ao vapor de água dos filmes produzidos com resíduo de mirtilo em diferentes granulometrias. Os dados apresentados na Tabela 1 permitem verificar que, de maneira geral, a incorporação de diferentes frações do resíduo de mirtilo nos filmes de amido de mandioca não promoveu alterações significativas nos valores de umidade e solubilidade. Entretanto, maiores valores de espessura e permeabilidade ao vapor de água (PVA) foram reportados ao usar o resíduo de mirtilo nas formulações, principalmente quando foi utilizada a fração de resíduo de mirtilo que ficou retida na peneira de 100 *mesh* (CG). Apesar de alguns desses valores serem estatisticamente diferentes, não representam mudanças físicas consideráveis entre os filmes.

**Tabela 1** - Valores de espessura (mm), umidade (% , base seca), solubilidade em água (%), permeabilidade ao vapor de água ( $\text{g mm h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$ ) dos filmes à base de amido de mandioca com resíduo de mirtilo em diferentes granulometrias.

	C3G (controle)	C3GMI100	C3GMI
Espessura (mm)	$0,11 \pm 0,02^C$	$0,15 \pm 0,02^B$	$0,25 \pm 0,01^A$
Conteúdo de umidade (%)	$19,6 \pm 0,4^C$	$23,8 \pm 0,1^B$	$28,9 \pm 0,5^A$
Solubilidade em água (%)	$15,9 \pm 0,6^B$	$23,1 \pm 0,5^A$	$18,3 \pm 0,7^B$
Permeabilidade ao vapor de água ( $\text{g mm m}^{-2} \text{h}^{-1} \text{kPa}^{-1}$ )	$0,27 \pm 0,04^B$	$0,28 \pm 0,03^B$	$0,41 \pm 0,1^A$

\* C4G = filme de amido de mandioca (4%); C4GMI = filme de amido de mandioca contendo a fração de resíduo de mirtilo que ficou retida na peneira de 100 *mesh* e C4GMI100 = filme de amido de mandioca contendo a fração de resíduo de mirtilo que passou na peneira de 100 *mesh*.

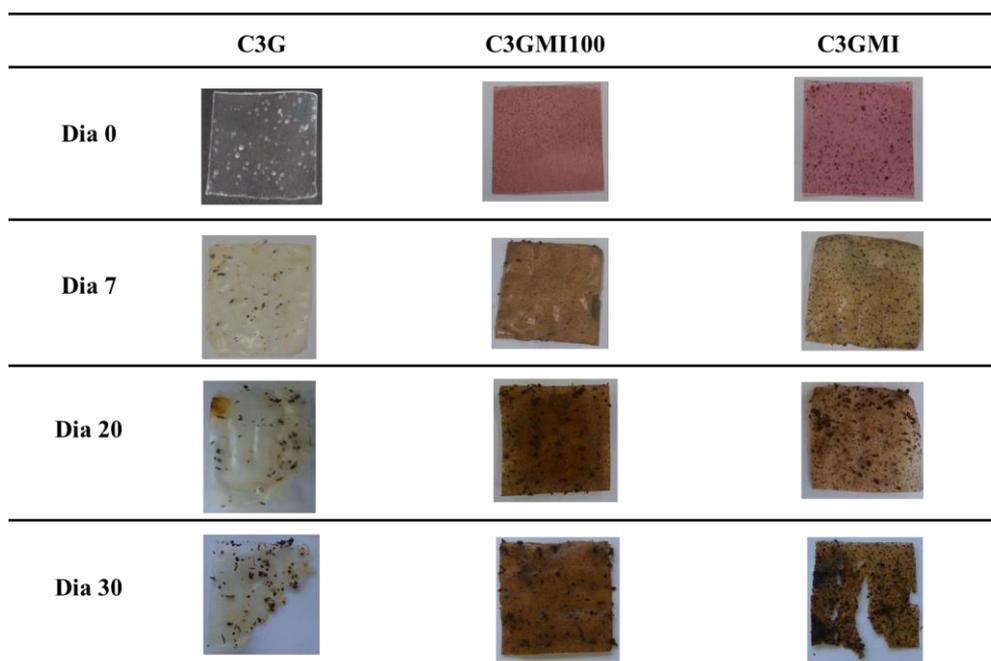
\*\* Letras diferentes nas linhas indicam que há diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey entre as amostras.

Salas-Valero, Tapia-Blácido & Menegalli [7] produziram filmes à base de amido de milho, glicerol e farinha cañihua por casting e encontraram valores de permeabilidade ao vapor de água variando entre 0,09 e  $0,6 \text{ g mm h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$ . Andrade, Ferreira & Gonçalves [8] desenvolveram filmes biodegradáveis à base de amido contendo resíduos de frutas e hortaliças e encontraram valores de permeabilidade ao vapor de água variando entre 2,4 e  $2,8 \text{ g mm m}^{-2} \text{h}^{-1} \text{kPa}^{-1}$ . Crizel et al. [9] avaliaram a permeabilidade ao vapor de água e a solubilidade de filmes à base de gelatina e glicerol com a incorporação de resíduo de mirtilo (na forma de fibras ou extrato), e encontraram valores variando entre 0,5 e  $1 \text{ g mm m}^{-2} \text{h}^{-1} \text{kPa}^{-1}$ ; os valores de solubilidade variaram entre 26 e 32,5 %.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados da análise de biodegradabilidade (até 30 dias) dos filmes. Pode ser visto, que, após 7 dias de armazenamento em composto vegetal, todos os filmes apresentaram mudanças na cor, na tonalidade e na integridade, com alguns danos físicos, indicando o início do processo de degradação. As amostras contendo resíduo de mirtilo apresentaram intensa mudança de coloração visual, visto que em ambiente básico, como o do solo (pH~8,6), as antocianinas adquirem coloração diferente. Além disso, visualmente verificou-se que os filmes contendo o resíduo apresentaram-se mais íntegros após 30 dias de estudo, principalmente o filme contendo a fração de resíduo de mirtilo que passou pela peneira de 100 *mesh*.

Jaramillo et al. [10] verificaram que a decomposição dos filmes de amido de mandioca sem e com adição de extrato de erva mate ocorreu quase inteiramente após 12 dias. Além disso, aparentemente, a incorporação do extrato de erva-mate em filmes de amido-glicerol acelerou o processo de biodegradação, provavelmente devido à presença de compostos de baixa massa molar no extrato de erva-mate, que sofreram degradação antes do amido.

Piñeros-Hernandez et al. [6] avaliaram a influência da adição de extratos de alecrim na biodegradabilidade de filmes de amido mandioca. Esses autores observaram a desintegração completa dos filmes em duas semanas de compostagem, no entanto, diferentemente dos resultados apresentados por Jaramillo et al. [10], a integridade dos filmes contendo extrato de alecrim foi melhor preservada em comparação com os filmes sem extrato. Provavelmente, esse comportamento está relacionado à presença de compostos fenólicos naturais que podem ter afetado a atividade dos microrganismos presentes no ambiente de compostagem [5], similar ao que ocorreu neste estudo.



**Figura 3** - Fotografias mostrando o aspecto visual dos filmes de amido de mandioca (3 %) sem e com resíduo de mirtilo em diferentes granulometrias durante a análise de biodegradabilidade após 7, 20 e 30 dias enterrados em solo.

## Conclusões

Os resultados indicam que a adição de mirtilo em pó promoveu a formação de filmes de amido de mandioca mais resistentes e menos flexíveis (menor percentual de alongação), com maiores valores de espessura e de permeabilidade ao vapor de água. No teste de biodegradabilidade, observou-se que, após 7 dias de armazenamento em composto vegetal, todos os filmes iniciaram o processo de degradação. É importante relatar que a utilização de glicerol, como plastificante, para a produção de filmes parece ser uma alternativa viável, por ser um subproduto da produção de diesel.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERG, à CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

## Referências

1. M.R. Alezandro, P. Dubé, Y. Desjardins, F.M. Lajolo, M.I. Genovese. *Food Res. Int.* 2013, 54, 468.
2. C.A. Nayak, N.K. Rastogi. *Sep. Purif. Technol.* 2010, 71, 144.
3. T.J. Lopes, M.F. Xavier, M. Gabriela, N. Quadri, M.B. Quadri. *Rev. Bras. Agroc.* 2007, 13, 291.
4. M.H. Hosseini, S.H. Razavi, M.A. Mousavi. *J. Food Process. Preserv.* 2009, 33, 727.
5. P. Cerruti, G. Santagata, G. Gomez D'Ayala, V. Ambrogi, C. Carfagna, M. Malinconico, P. Persico. *Polym. Degrad. Stab.* 2011, 96, 839.
6. D. Piñeros-Hernandez, C. Medina-Jaramillo, A. López-Córdoba, S. Goyanes. *Food Hydrocoll.* 2017, 63, 488.
7. L.M. Salas-Valero, D.R. Tapia-Blácido, F.C. Menegalli. *Quim. Nova.* 2015, 38, 14.
8. R.M.S. Andrade, M.S.L. Ferreira, É.C.B.A. Gonçalves. *J. Food Sci.* 2016, 81, E412.
9. T. de Moraes Crizel, T.M. Haas Costa, A. de Oliveira Rios, S. Hickmann Flôres. *Ind. Crops Prod.* 2016, 87, 218.
10. C. Medina Jaramillo, T.J. Gutiérrez, S. Goyanes, C. Bernal, L. Famá. *Carbohydr. Polym.* 2016, 151, 150.