

BIODEGRADABILIDADE DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE FARINHA DE ARROZ E BIOPOLÍMERO A PARTIR DE FARINHA DE MILHO

LUANA COLLING¹ e MAURICIO de ALMEIDA SCHMITT²

¹ Universidade Luterana do Brasil campus Canoas, Departamento de Engenharia Química

² Universidade Luterana do Brasil campus Canoas, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: massschmitt@gmail.com; mauricio.schmitt@ulbra.br

Palavras-Chave: Biofilme, amido, bioplástico.

Introdução

Durante sua longa jornada, o ser humano vem modificando diariamente o meio em que vive. Atualmente, em qualquer atividade humana, estamos sempre procurando novas substâncias, materiais, objetos, que nos ajudem a solucionar os mais variados problemas. No início do século XX foram desenvolvidos novos tipos de materiais, denominados plásticos, que aos poucos foram cada vez mais utilizados na fabricação de todo tipo de objeto. Um dos aspectos decisivos, responsáveis pela grande dispersão do plástico, é o econômico, pois é possível confeccionar os mais diferentes artigos e objetos, todos acessíveis à população.

Infelizmente estes materiais não trazem apenas benefícios à humanidade. Em função de seu uso tão difundido, grande parte dos resíduos que produzimos diariamente é composto desse material. Ele se decompõe muito lentamente e acaba acarretando sérios problemas ambientais (PIATTI e RODRIGUES, 2005). Por isso, a pesquisa para a criação de materiais ecologicamente corretos vem evoluindo e, nos últimos anos, os plásticos biodegradáveis começaram a apresentar estudos cada vez mais promissores (UNEP, 2018).

Por suas características químicas e físicas os materiais plásticos têm um tempo de vida muito longo.

De acordo com estimativas atuais, 40% de todo o plástico consumido se torna resíduo com menos de um mês, muitos deles sendo de uso único. Como apenas uma pequena porcentagem desse plástico é reciclada, grande parte é descartada em aterros, lixões ou incinerada (BISPO; VIANNA; MONTENEGRO, 2020).

Uma maneira de resolver os problemas relacionados aos plásticos convencionais se baseia no desenvolvimento e uso de polímeros biodegradáveis. Um material é considerado biodegradável quando se comprova a conversão de 60% deste material para dióxido de carbono (CO₂) em 180 dias ou menos (ASTM, 2004).

Os resíduos da indústria de alimentos, por serem ricos em polímeros naturais como carboidratos e proteínas, têm sido avaliados por pesquisadores como matéria-prima para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis (ANDRADE, 2014). Os filmes poliméricos a base de amido e fibras de resíduos agrícolas mostram-se favoráveis, uma vez que esses compostos apresentam características mecânicas e ambientais interessantes (BORGES; LAURINDO; SCHMIDT, 2017). Sendo assim, os subprodutos do beneficiamento do arroz e do milho, ricos em amido, entre eles a farinha de arroz e farinha de milho, são uma potencial matéria-prima para o desenvolvimento de polímero biodegradável (ZHOU et al., 2002).

Por essa razão, essa pesquisa se desenvolve a partir da ideia de que resíduos agroindustriais podem ser usados na produção de um filme biodegradável, pois apresentam

quantidade suficiente de amido e fibras em sua estrutura. Será avaliada, em paralelo, a metodologia para produção de um filme biodegradável a partir de subprodutos do processo de beneficiamento do arroz e do milho e a melhor forma de testar sua biodegradabilidade, comparando-a com materiais poliméricos comumente utilizados.

Material e Métodos

A metodologia do presente trabalho foi o estudo bibliográfico de diferentes fontes as comparando com os trabalhos já desenvolvidos na ULBRA por Bitencourt (2023) e Betti (2021). Na figura 1 a relação de matérias-primas utilizadas e suas respectivas quantidades para produção do biofilme e o fluxograma de produção em bancada (Betti, 2021 e Bitencourt, 2023).



Figura 1 – relação de materiais e fluxograma de Produção em bancada

Existem diversas técnicas que podem ser usadas para produção do filme biodegradável. Dentre as técnicas disponíveis, a técnica de casting é a mais empregada em escala laboratorial para o estudo desses filmes a partir de amido. O tape-casting é um processo que se dá através de uma suspensão derramada em uma placa ou reservatório e espalhada com uma lâmina niveladora, logo a espessura do material a ser desenvolvido é determinada pela abertura entre a lâmina e a placa (MISTLER e TWINAME, 2000).

Para a avaliação da biodegradabilidade dos filmes tomou-se como base as metodologias de Iahnke (2015), a qual envolveu amostras em formato de tiras quadradas de dimensões 5 cm x 5 cm com espessura igual a 4mm extraídas de cada um dos filmes preparados e nas mesmas condições, também em triplicata, o PEBD. Para tanto, as amostras secas em estufa a 60°C, foram pesadas e acondicionadas em malha de alumínio, de massa conhecida, para facilitar a manipulação e o contato das amostras com o solo. As amostras dos biofilmes e do PEBD foram enterradas a 4 cm de profundidade em local a ser determinado de fácil acesso para autora.

Os resultados obtidos foram através da avaliação da perda de massa, avaliado no desenterramento das amostras em períodos previamente definidos. Para o cálculo utilizou-se a fórmula:

$$PM(\%) = ((M_d - M_0) / M_0) \times 100$$

Onde:

PM (%) = Perda de massa em porcentagem

M₀ = Massa do filme no início do experimento

M_d = Média da massa do filme x dias após a primeira pesagem

Além disso, também fora avaliado a temperatura ambiente a cada dois dias e o planilhamento dos registros. O pH do solo também fora avaliado, baseando-se na metodologia da Embrapa (2017).

Para compararmos a biodegradabilidade dos filmes produzidos, será avaliado a degradabilidade de um PEBD nas mesmas condições climáticas.

Resultados e Discussão

A matéria-prima a ser utilizada pode ser oriunda de três categorias: polissacarídeos, proteicos e lipídicos. Dentre os polissacarídeos, destaca-se o amido, visto que ele é uma matéria-prima abundante, não tóxica, biodegradável, de baixo custo de comercialização e está disponível em todo o mundo (SOBRAL, 2000).

A estrutura molecular do amido é formada por dois diferentes tipos de polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina. A forma em que a amilose e a amilopectina estão dispostas nos grânulos, tem como consequência a formação de regiões mais ou menos densas. A região onde se concentra a amilopectina é mais densa ou cristalina, onde sua parte linear é responsável pela origem desta cristalinidade. As áreas amorfas são formadas por cadeias de amilose e ramificações da amilopectina (JACOBS et al., 2020). A amilose é essencialmente linear, formada por unidades de glicose, enquanto que a amilopectina possui uma estrutura ramificada de cadeias glicosídicas (IMBERTY et al., 1991).

Segundo Souza & Andrade (2000), a parte linear das moléculas de amilopectina forma estruturas helicoidais duplas, que são estabilizadas por ligações de hidrogênio entre grupamentos hidroxila, dando origem às regiões cristalinas dos grânulos. A região amorfa é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações da amilopectina. De acordo com Rolland-Sabaté et al. (2012), a macromolécula de amilopectina, por possuir um grande número de ramificações e por apresentar, uma massa molar maior do que a da amilose, provavelmente possui uma mobilidade bem mais restrita do que a da molécula de amilose.

Os componentes amiláceos são naturalmente empacotados em regiões cristalinas para formar a estrutura semicristalina granular do amido. Os amidos cerosos contêm baixo teor de amilose no interior do grânulo, isto produz uma relação mais elevada de cristalinidade entre

amilopectina e amilose, produzindo uma estrutura mais plástica. Sendo assim, pode-se dizer que quanto maior o conteúdo de amilose, menor será a cristalinidade do grânulo de amido e consequentemente, quanto maior o conteúdo de amilopectina, maior será a cristalinidade do grânulo de amido (GUTIÉRREZ et al., 2015).

A amilopectina é uma molécula altamente ramificada, e suas ramificações de cadeia lateral se entrelaçam para formar as duplas hélices que são as bases dos cristais. Diferentes espécies de amido apresentam distintas proporções de amilose e amilopectina, embora para a maioria das espécies, a quantidade de amilopectina representa cerca de 70% do teor de polissacarídeo total; a arquitetura exata da molécula de amilopectina também é dependente da espécie (JACOBS et al., 2020).

Segundo Jacobs (2020) a aplicação do amido na produção de filmes se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua capacidade para formar filmes. Além disso, para formação de um material termoplástico, é necessário que haja a destruição da organização dos grânulos de amido que pode ocorrer através do processo de gelatinização.

A gelatinização é a transformação irreversível do amido granular em uma pasta viscoelástica, ocorrendo na presença de água e leva a destruição da cristalinidade e da ordem molecular do grânulo através do rompimento das ligações de hidrogênio que, inicialmente mantinham a integridade deste. Dependendo da fonte produtora de amido, a temperatura em que a gelatinização vai ocorrer pode variar (GERMANI, 2008).

Além disso, se faz necessário a adição de um plastificante para superar a fragilidade dos biofilmes, que ficam quebradiços devido às extensivas forças intermoleculares. Os plastificantes reduzem essas forças, suavizam a rigidez da estrutura do filme e aumentam a mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, melhorando as propriedades mecânicas do filme (DIAS, 2008). Um dos plastificantes mais indicados para serem empregados em filmes de amido são os polióis, como o glicerol, que é um material que interage com as cadeias de amido através de pontes de hidrogênio (MALI, 2002).

Devido as características do arroz e do milho, a presente pesquisa utilizará os subprodutos desses dois produtos agrícolas para produção dos biofilmes. O arroz é uma matéria-prima rica em amido e disponível em larga escala na região sul do Brasil, pois os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina são os maiores produtores de arroz do país no cultivo irrigado (EMBRAPA, 2007). O arroz quebrado ou os subprodutos de arroz possuem baixo valor agregado, representando aproximadamente 14% do total do arroz branco polido beneficiado. Como possui aproximadamente 90% de amido em sua composição, esse resíduo possui grande potencial para a produção de biofilmes (ZHOU et al., 2002). Além disso, o amido de milho tem sido a matéria-prima predominante para a produção de polímeros biodegradáveis, possivelmente por ser a principal fonte de amido produzido mundialmente – aproximadamente 64% (SOUZA, DITCHFIEL e TADINI, 2010). O milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, sendo que 90% da produção concentraram-se nas regiões Sul (40,8% da

produção), Centro-Oeste (30,2% da produção) e Sudeste (19,1% da produção) (EMBRAPA, 2007).

As propriedades estruturais finais dos filmes à base de amido dependem de vários fatores, tais como: a fonte de amido; a proporção de amilose/amilopectina; o grau de cristalinidade; as interações entre o amido e os plastificantes utilizados; o método de processamento utilizado para o desenvolvimento dos filmes, entre outros (LÓPEZ et al., 2015). A proporção desses dois materiais - amilose e amilopectina - no amido varia de acordo com o tipo de planta, mas na maioria dos vegetais se encontra em média 25% de amilose e 75% de amilopectina (LÓPEZ et al., 2015). De acordo com pesquisas, essa fração pode variar muito de acordo com o produtor ou até mesmo a marca do produto agrícola em questão.

Todo o estudo e importância que se dá para produção de filmes biodegradáveis se justifica pela biodegradação dos mesmos. O termo biodegradável define todos os materiais que são capazes de sofrerem decomposição em água, metano, dióxido de carbono, biomassa ou compostos inorgânicos, tendo como mecanismo predominante de decomposição a ação enzimática de microrganismos (BRITO et al., 2011). De acordo com Ghem (2006), a biodegradabilidade é uma das variedades de quimiodegradação. Os compostos quimicamente ativos são, neste caso, produzidos por parte dos microrganismos.

Conclusões

De acordo com as referências bibliográficas, conclui-se que é possível produzir um biofilme com subprodutos de milho e arroz, apresentando biodegradabilidade satisfatória.

Agradecimentos

ULBRA

CRQ-V

ABQRS.

Referências

ANDRADE, R. M. S. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base de resíduos de frutas e hortaliças**. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ASTM D6400-04, **Standard Specification for Compostable Plastics**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004, www.astm.org.

BALL, S.G.; VAN DE WAL, M.H.B.J.; VISSER, R.G.F. (1998). Progress in understanding the biosynthesis of amylose. **Trends in Plant Science**, v. 3, no12, p. 462-467.

BARNES, David K. A., **Acumulação e fragmentação de detritos plásticos em ambientes globais**. Biological Sciences, 2009. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0205>, Acesso em: 14 de abr. de 2024.

- BETTI, T. D. **Desenvolvimento de filme biodegradável com farinha e casca de arroz via técnica tape-casting**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2021.
- BISPO, Daisy; VIANNA, Manoela; MONTENEGRO, Marcelo. **Atlas do plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020.
- BITENCOURT, Alex F. **Desenvolvimento de filme biodegradável de farinha e casca de arroz tratada**. 2023. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2023.
- BORGES, A. L. G.; LAURINDO, J. B.; SCHMIDT, V. C. R. **Preparação de filmes biodegradáveis de amido de mandioca pelo método tape-casting e com secagem ao sol**. XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, UFSCar – São Carlos – SP, 16 a 19 de julho de 2017. Disponível em: https://web.archive.org/web/20180720004030id_/http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeqic2017/391.pdf . Acesso em: 10 abr. 2024.
- BRITO, G. V. et al. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2011.
- COPELAND, L.; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M.C. (2009). Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1527-1534.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo** – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF, 2017.
- GERMANI, R. **Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades**. Agosto de 2008. Notas de Aula. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária.
- GUTIÉRREZ, T.J.; TAPIA, M.S.; PÉREZ, E.; FAMÁ, L. Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cush-cush yam and cassava starch. **Food Hydrocolloids**, v. 45, p. 211-217. 2015.
- IAHNKE, A. O. S. **Filmes biodegradáveis com propriedades funcionais produzidos a partir de resíduos industriais**. 2015. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- IMBERTY, A.; BULEÓN, A.; TRAN, V.; PEREZ, S. (1991). Recent advances in knowledge of starch structure. **Starch/Stärke**, v. 43, p. 375-384.
- JACOBS, V., et al. Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, 21(3), 107-119, 2020.
- LÓPEZ, O.V.; VERSINO, F.; VILLAR, M.A.; GARCÍA, M.A. (2015). Agro-industrial residue from starch extraction of *Pachyrhizus ahipa* as filler of thermoplastic corn starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 134, p. 324-332.
- MALI, S. **Produção, caracterização e aplicação de filmes plásticos biodegradáveis a base de amido de cará**. 2002. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência em Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.



MAZHANDU, Z.S. et al., **Revisão Integrada e Consolidada da Gestão de Resíduos Plásticos e Plásticos Biodegradáveis de Base Biológica: Desafios e Oportunidades**. MDPI, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/20/8360>. Acesso em: 14 de abr. de 2024.

MISTLER, R.E.; TWINAME, E.R. **Tape-casting: theory and practice**. Westerville: The American Ceramic Society, 2000. 298p.

PIATTI, Tania M.; RODRIGUES, Reinaldo A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió, EDUFAL, 2005. Disponível em:

https://usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2024.

SOBRAL, P.J.A. (2000). Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1-14.

SOUZA, R.C.R.; ANDRADE, C.T. (2000). Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, p. 24-30.

SOUZA, A.C.; DITCHFIELD, C.; TADINI, C.C. (2010). Biodegradable films based on biopolymer for food industries. In: **M.L. Passos & C.P. Ribeiro (Eds). Innovation in Food Engineering: New techniques and products**, Boca Raton, FL: CRC Press, p. 511-537.

ROLLAND-SABATÉ, A.; SÁNCHEZ, T.; BULÉON, A.; COLONNA, P.; JAILLAIS, B.; CEBALLOS, H.; DUFOUR, D. (2012). Structural characterization of novel cassava starches with low and high-amylose contents in comparison with other commercial sources. **Food Hydrocolloids**, v. 27, p. 161-174.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). The state of plastics: World environment day outlook 2018. Disponível em:

<https://www.unenvironment.org/resources/report/state-plastics-world-environment-day-outlook-2018>>. Acesso em: 10 de abr. de 2024.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. *Composition and functional properties of rice*. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p. 849-868, 2002.