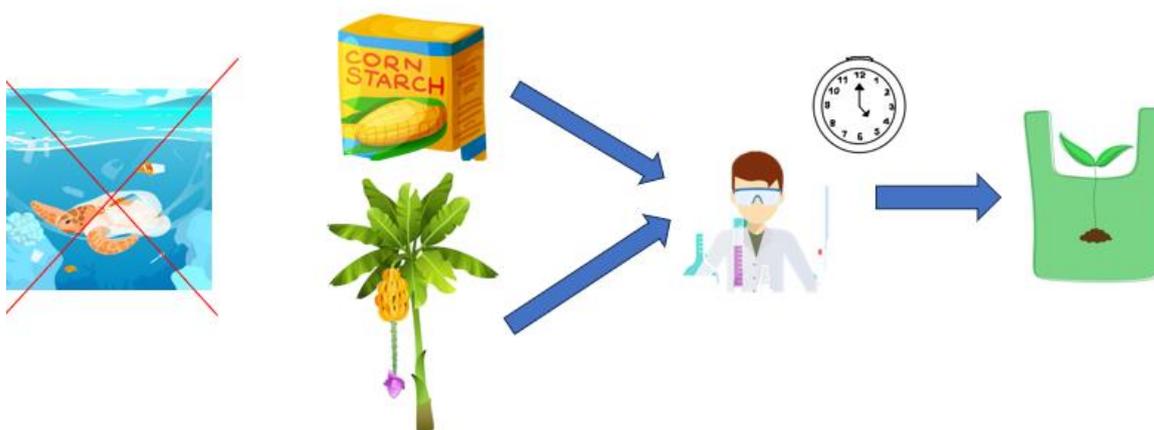


GRAPHICAL ABSTRACT



**COMPARAÇÃO VISUAL DE BIOPLÁSTICO DE AMIDO DE MILHO
COM E SEM ADIÇÃO DE NANOCELULOSE DA PSEUDOCALÇA DE
BANANEIRA**

*VISUAL COMPARISON OF CORN STARCH BIOPLASTIC WITH AND
WITHOUT THE ADDITION OF BANANA PSEUDOCCELLULOSE*

Laura Carvalho da Silva ¹, e Ítalo Vieira Dias, ¹

¹ Coordenadoria de Química Industrial, Av. Mogi das Cruzes, 1501 - Parque Suzano, Suzano - SP, Instituto Federal de São Paulo- Câmpus Suzano. 08673-010- Suzano- SP, Brasil.

*claura.568@gmail.com

Artigo submetido em 24/10/2023, aceito em 15/03/2024 e publicado em 25/03/2024.

Resumo: O estudo da produção de bioplástico de amido de milho é uma alternativa para a substituição de filmes ou plásticos originados de fontes não biodegradáveis e não renováveis. Assim, o objetivo deste artigo é analisar visualmente o bioplásticos que tem como princípio-ativo o amido de milho, através da adição de nanocelulose de fibras de pseudocaule de bananeira, a fim de atingir um bioplástico com melhores características visuais. A pseudocaule foi submetida ao processo de corte, secagem, trituração, branqueamento, explosão de vapor e hidrólise ácida com ácido oxálico, a fim de obter um fino material particulado. Para a formulação final do bioplástico com acréscimo de nanocelulose, testou-se teores de 1% e 0,5% de material celulósico e 4% e 5% de amido de milho. Ao fim obteve-se um filme plástico que apresentou melhores características com teores de 1% de nanocelulose e 5% de amido de milho ao comparar com o filme plástico que não contém o acréscimo de material celulósico. Após publicado, o presente trabalho busca contribuir técnica e cientificamente para a área de estudo e redução dos danos ambientais causados pelos polímeros convencionais presentes no comércio atual.

Palavras-chave: amido; bananeira; bioplástico; celulose; fibra; pseudocaule.

Abstract: The study of the production of corn starch bioplastic is an alternative to replacing films or plastics originating from non-biodegradable and non-renewable sources, so the objective of this article is to analyze the potential optimization of biofilms using cornstarch as the main ingredient and disseminate alternative methodology for extracting cellulosic fibers from banana pseudostem, in order to achieve a bioplastic with better mechanical resistance and durability. The pseudostem was subjected to the process of cutting, drying, grinding, bleaching, steam explosion at 115 Pascal and 200 °C and acid hydrolysis with oxalic acid, in order to obtain a fine particulate material. The process of adding cellulosic material to corn starch was carried out with 1.0 grams and 0.5 grams of cellulosic fibers and with levels of 4% and 5% cornstarch. In the end, a rigid plastic film with greater hardness and resistance was obtained with 1.0 grams of fiber and 5% corn starch compared to the film without the addition of cellulose fibers.

Keywords: starch; banana; bioplastic; cellulose, fiber; pseudostem.

1 INTRODUÇÃO

Os plásticos petroquímicos presentes no cotidiano da população brasileira são poliestireno (PS), polipropileno (PP), policloreto de vinil (PVC), polietileno (PE), politereftalato de etileno (PET), estes polímeros orgânicos sintéticos estão presentes nas tarefas diárias (Cardoso, 2016). Infelizmente, estes compostos não são facilmente degradáveis, podendo permanecer na natureza por centenas de anos, com isso, alternativas são importantes para o bem do meio ambiente (Ferreira, 2004).

A organização Programa das Nações Unidas para o Ambiente divulgou um relatório da ONU (Organização das Nações Unidas) afirmando que 85% dos resíduos, como garrafas PET's e sacolas plásticas, que estão nos oceanos são feitos de plástico e preveem que até 2040, se nada for feito, a quantidade irá triplicar (UNEP, 2021). Com isso, a proposta ambiental deste artigo é contribuir com pesquisas científicas propondo alternativas no uso do plástico convencional.

Os plásticos sintéticos são polímeros de origens petroquímicas de baixo custo e não biodegradável, já os bioplásticos são como filmes biodegradáveis compostos por três constituintes um agente formador de filme (polissacarídeos, lipídeos e proteínas), um solvente e um plastificante. A produção de bioplástico de amido é uma alternativa, já que são compostos de biopolímeros feitos de amido (polissacarídeo) que podem apresentar propriedades mecânicas semelhantes às do plástico sintético, sendo biodegradáveis (Silva, et. al, 2020).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

AMIDO

Os filmes de amido podem ser obtidos de diferentes fontes, como por

exemplo batata, milho, trigo e mandioca, sendo que cada uma dessas fontes irá prover uma determinada quantidade de amido (Silva, et. al, 2020).

O amido é um polissacarídeo formado por amilose e amilopectina. A molécula da amilose é linear e polimérica composta de unidades de glicose e a amilopectina é uma molécula ramificada também contendo unidades de glicose com ligações α -(1,4) e ramificações α -(1,6) (ELLIS et al., 1998).

Segundo Moreira et al. (2022), a utilização do amido como material plástico, apesar de ser promissora, é ainda limitada por sua baixa resistência à água, envelhecimento (retrogradação) do filme, e pelas variações nas propriedades mecânicas sob umidade.

Assim, observar diferenças visuais entre a produção de bioplásticos com amido de milho na presença e ausência de nanocelulose da pseudocaule é o objeto desta pesquisa.

FIBRA DE PSEUDOCAULE DE BANANEIRA

A banana é a fruta mais produzida no mundo (153,2 milhões de toneladas - 2017) e a segunda mais produzida no Brasil (6,7 milhões de toneladas - 2017) (DERAL, 2020).

Devido à grande produção mundial e nacional, a geração de resíduos também apresenta altas quantidades. Segundo Athayde (2014), os resíduos da cultura da banana são compostos pela folha, coração, fruto de descarte e pseudocaule, sendo que deste último são geradas de 50 a 150 toneladas/ano. Também por isso, a pseudocaule foi utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa.

A fibra de pseudocaule de bananeira é composta basicamente por celulose, lignina e hemicelulose, a fibra da pseudocaule contém celulose que é o polissacarídeo e é encontrada

abundantemente na natureza. Está presente nas paredes celulares das plantas (organismo biológico mais numeroso). A celulose é um polímero linear de resíduos de glicopiranoses ligados por β (1 \rightarrow 4) (Campbell-Platt, 2015).

A nanoestruturação da celulose dá origem ao material que denominado de nanocelulose, ou seja, “Nanocelulose são os domínios cristalinos de fibras celulósicas isolados por meio de hidrólise ácida” (Machado, 2011).

Segundo Machado (2011), a nanocelulose são monocristais de alta perfeição obtidos a partir da celulose, chamados de nanocelulose, que tem como características alta polaridade, alta rigidez, excelente tensão de ruptura e alto grau de cristalinidade, podendo ser utilizado para melhorar as propriedades mecânicas dos filmes à base de amido e mantendo a principal característica que é a biodegradabilidade.

Lubis et al. (2018) observaram que a produção de bioplástico a partir de amido de semente de jaca reforçado com nanocelulose do cacau trouxe ao bioplásticos melhores propriedades mecânicas e visuais.

Este potencial citado pode ser corroborado pela diversidade de materiais já utilizados para o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis, como por exemplo, no trabalho de Azevedo, Almeida e Santos (2017) empregou-se fécula de batata, farinha de trigo integral e farinha de maracujá para produção de diversos filmes poliméricos biodegradáveis, com resultado agradável com a fécula de batata com alta resistência, dureza e boa decomposição em água e baixa maleabilidade. Já no trabalho de Telles, Saran e Unêda-Trevisolli, (2011) estudou-se a produção do polihidroxibutirato (PHB), pertencente à família dos poliésteres. Tal bioplástico foi produzido através da fermentação da cana-de-açúcar. A síntese desta matéria prima pelo microrganismo proporcionou a produção deste polímero renovável e biodegradável.

Por fim, podemos salientar o estudo realizado por Altmann, Atz e Rosa (2018), onde houve o desenvolvimento e a caracterização de filmes biodegradáveis por meio do amido de milho, mas com características pouco proveitosas para a sua aplicação comercial, propiciando a necessidade novos estudos e pesquisas referentes ao bioplástico em questão.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e reagentes utilizados para a produção do biofilme foram o amido de milho (Maizena®), água destilada, glicerol (C₃H₈O₃), pseudocaule de bananeira, hidróxido de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido oxálico, todos os reagentes da marca Dinâmica®, estufa com circulação e renovação de ar 500x400x500mm Marconi®, termômetro, peneira granulométrica, moinho de facas (moinho multiuso, modelo SL-35 SOLAB) e autoclave vertical Phoenix Luterco®.

A metodologia e métodos utilizados foram baseadas e adaptadas de Vasconcelos, et al.,(2013), Pereira, et al. (2010) e Abraham et al. (2011).

No primeiro momento a extração da celulose do pseudocaule de bananeira foi realizada em oito etapas, como segue:

Etapa 1: corte com tesouras dos pseudocaulos *in natura* em tamanho de aproximadamente 6 centímetros de comprimento, 3 centímetros de largura e 2 cm de profundidade.

Etapa 2: secagem na estufa por 48 horas a $55 \pm 5^\circ\text{C}$, retirá-las da estufa e esperar esfriar até a temperatura ambiente.

Etapa 3: Trituração das fibras secas em moinho de facas, modelo SL-35 SOLAB) até obter pó fino com granulometria atingindo a granulometria 150 micrometros (Mesh 100).

Etapa 5: Imediatamente, após essa etapa, colocou-se a fibra em pó totalmente mergulhada em água destilada em béqueres de 100 ml a uma explosão de vapor na autoclave (Autoclave Vertical – Phoenix Luterco) com aproximadamente 115 Pascal

por 1 hora, atingindo 200-250 ° C, aguardou-se o resfriamento até a temperatura ambiente.

Durante a sequência de execução, caso houvesse necessidade de armazenamento, as fibras ficavam em béqueres vedados na geladeira 5° C cobertas com água destilada para dar continuidade no dia seguinte.

Após a etapa 5 as fibras passaram por uma peneira de Mesh 400 com a finalidade de retirar a água que ficaram mergulhadas, formando um bolo/pasta de cor marrom, seguindo-se, assim, para a etapa 6.

Etapa 6: As fibras passaram pelo branqueamento com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 35% (v/v) e hidróxido de sódio (NaOH) 5% (m/v), completando com água destilada apresentando 100 ml de volume final sob agitação durante 1 hora. Em seguida, passaram por uma peneira com Mesh 400, formando novamente um bolo/pasta de cor branca e secos na estufa por 24h a 55 ± 5° C.

Etapa 7: As fibras secas e levemente endurecidas, pós-estufa, foram submetidas a hidrólise ácida a frio. Utilizou-se ácido oxálico 5% (m/v) em 100ml de água destilada por 1 hora. sob agitação em um agitador magnético.

Etapa 8: Realizou-se, novamente, uma explosão de vapor na autoclave com pressão de aproximadamente 115 Pascal por 1 hora, atingindo 200-250 ° com a fibra mergulhada em água. Em seguida foram escorridas/filtradas em uma peneira com Mesh 400 e secas na estufa por 24h a 55 ± 5° C. Após saírem da estufa, as fibras apresentavam aspectos endurecidos.

Após a etapa 8 a fibra ficava armazenadas no dessecador dentro de placas de petri fechadas.

Obtendo-se dessa forma fibras nano celulósicas.

A produção do bioplástico foi realizada a 4% e 5% de amido de milho e na presença e ausência das fibras celulósicas e 1,0 ml de glicerol, para cada solução foram homogeneizadas em 100 ml (volume final)

de água destilada, conforme o Quadro 1 e dispersadas uma alíquota de 15 ml na placa de Petri e em seguidas levadas à estufa por 24 horas a 60 °C.

Quadro 1: Testes realizados com teores de amido e celulose

	Amido de milho	Fibra	Glicerol
Placa 1	4 %	-	1 %
Placa 2	5 %	-	1 %
Placa 3	4%	0,5 %	1 %
Placa 4	4 %	1%	1 %
Placa 5	5 %	0,5%	1%
Placa 6	5 %	1 %	1%

Fonte: Próprios autores, (2023).

Por fim, para uma análise sobre a resistência do bioplástico produzido que apresentou as melhores características visuais. O experimento foi realizado em duplicata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de branqueamento e na etapa da hidrólise com ácido oxálico é utilizada para quebra das moléculas de lignina expondo a celulose presente na fibra de pseudocaule de bananeira (Abraham et al. 2011). O glicerol é utilizado como plastificante proporcionando maior adesão entre os componentes como foi acrescentado quantidades iguais de glicerol não é o fator determinante na mudança de aspecto dos bioplásticos.

Após a retirada da estufa os bioplásticos apresentados na Figura 4 foram deslocados da placa de petri com auxílio de uma pinça. Observa-se que placas com ausência de nanocelulose não foi possível retirar o bioplástico inteiro, já que estava rachado/quebradiço.

A fibra de pseudocaule após o branqueamento está representada na Figura 1, sob a lente da lupa.

A produção do biopolímero de amido de milho sem nanocelulose, alcançou-se um resultado não satisfatório, apresentando característica quebradiça e baixa resistência, assim como foi observado os biopolímeros com adição de 0,5 % de

nanocelulose também não apresentaram resistência à manipulação. Por outro lado, os dois biopolímeros com adição de 1,0 % de nanocelulose apresentaram ótimas características, em comparação aos outros, boa resistência corroborada pela não-quebra mostrada na Figura 2. Talvez a quantidade 0,5% de nanocelulose seja muito baixa para que haja interação significativa no entre o amido e a nanocelulose.

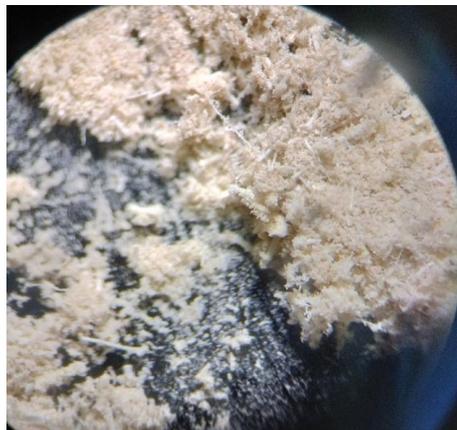
Entretanto, com 1,0 % em massa de nanocelulose o aspecto físico melhorou consideravelmente.

Lubis, (2018) desenvolveu um biopolímero com nanocelulose e observou também uma melhora na resistência após a inserção de nanocelulose pela formação de ligações de hidrogênio analisado na espectroscopia.

Os autores acreditam que isso deva-se às ligações químicas realizadas entre o amido e a nanocelulose, sendo necessário testes posteriores para verificar.

Observa-se que nenhum dos bioplásticos biodegradáveis são resistentes à água ou umidade.

Figura 1- Aspecto da fibra celulósica após o branqueamento observado na lupa



Fonte: Próprios autores, 2023

Figura 2- Bioplástico com 5% de amido e 1,0 grama de nanocelulose



Fonte: Próprios autores, 2023

Figura 3- Bioplástico com 4% de amido e ausência de nanocelulose



Figura 4: Bioplástico retirados da estufa



Fonte: Próprios autores, 2023

5 CONCLUSÃO & PERSPECTIVAS

A partir dos estudos promovidos por este trabalho, verifica-se que a inserção de nanocelulose com 1% de fibras de pseudocaule melhora a resistência do bioplástico desenvolvido em comparação a ausência e com 0,5% da nanocelulose. Sendo necessário verificar qual a quantidade que a nanocelulose interfere na bioplástico. Os autores entendem que existe a necessidade de continuar os estudos sobre a utilização de fibras celulósicas de diferentes fontes vegetais para que as

propriedades dos bioplásticos fiquem mais resistentes à manipulação e a umidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de São Paulo- Câmpus Suzano, pela colaboração e disponibilização de materiais e espaço de pesquisa.

REFERÊNCIAS

Abraham, E, Deepa, B, Pothan, LA et al. 2011. Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulosic fibres: a novel approach. **Carbohydrate Polymers**, Vol 86(4), pp 1468– 1475

ATHAYDE, CAROLINA SAMPAIO. **Análise dos resíduos gerados pela bananicultura como possível fonte de geração de energia**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

CARDOSO, Frederico Aragão, **Levantamento do Cenário Mundial dos Bioplásticos em comparação aos Plásticos Petroquímicos: ênfase aspectos produtivos e ambientais**, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

DERAL, DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL, Estado do Paraná. **Fruticultura: Análise da Conjuntura**. Curitiba, 2020. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf> Acesso em: 19/09/2023.

ELLIS, R.P.; COCHRANE, M. P.; DALE, M. F. B.; DUFFUS, C. M.; LYNN, A.; MORRISON, I. .; PRENTICE, R. D. M.; SWANSTON, J. S.; TILLER, S. A. **Starch production and industrial use (Review)**.

Journal of Science Food and Agriculture, London, v.77,n. 3, p.289-311, 1998. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199807\)77:3<289::AID-JSFA38>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199807)77:3<289::AID-JSFA38>3.0.CO;2-D)

FERREIRA, José Carlos de Gouveia, **Estudo da degradabilidade de poliestireno modificado quimicamente**, 2004. Dissertação de Mestrado- Universidade do Minho, Largo do Paço, Portugal 2004.

LUBIS, M., GANA A. , MAYSARAH S., GINTING, M. H. S. , AND HARAHAP, M. B . Production of bioplastic from jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) reinforced with microcrystalline cellulose from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) using glycerol as plasticizer. IOP Conf. Series: **Materials Science and Engineering 309** 2018. doi:10.1088/1757-899X/309/1/012100

MACHADO, Bruna Aparecida Souza. Desenvolvimento e Caracterização de Filmes Flexíveis de Amido de Mandioca com Nanocelulose de Coco, 2011.161 f.: il. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal da Bahia – Faculdade de Farmácia, 2011.

MOREIRA, C. .; SCHNEIDER, B. S. .; KUNST, S. R.; MORISSO, F. D. P. .; OLIVEIRA, C. T. .; MACHADO, T. C. . Development and characterization of bioplastic composites based on corn starch with different reinforcement materials. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 13, p. e451111335676, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i13.35676.

SILVA, M. L. T., BRINQUES, G. B., & GURAK, P. D. Development and characterization of corn starch bioplastics containing dry sprout by-product flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, 23, e2018326. 2020

<https://doi.org/10.1590/1981-6723.32618>

PEREIRA, A. L. S. et al. Extração e caracterização de nanocelulose de fibras do pseudocaule da bananeira. **Congresso Norte-Nordeste Pesquisa e Inovação**. Maceió, 2010. p. 1-8

UNEP, **United Nations Environment Programme**, From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution. Disponível em: <<https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>> Acesso em: 05/10/2023.

VASCONCELOS, N. F. et al. Otimização do processo de obtenção de nanocelulose do pseudocaule da bananeira por hidrólise ácida. **Vii Workshop De Nanotecnologia Aplicada Ao Agronegócio**, Anais. Embrapa: São Carlos, Rede Gro Nano. 10 a 13 de junho de 2013. p. 334-336