

Use of green coconut (*Cocos nucifera*) husk with cassava starch in the production of biostraws

Fabson J. Bezerra¹

 orcid.org/0009-0006-4775-1559

Maysa K. S. Araújo⁴

 orcid.org/0000-0002-2475-3133

Gessica M. Martins²

 orcid.org/0009-0001-7034-9457

Lívia D. C. Freitas³

 orcid.org/0000-0001-9425-0630

¹Núcleo de atividades de ensino, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. E-mail: Fabsonfjb@gmail.com

² Centro Universitário FBV WYDEN, Recife, Brasil. E-mail: gessyka.marva@hotmail.com

³Núcleo de atividades de ensino, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. E-mail: livia.campelo@ufpe.br

⁴Núcleo de atividades de ensino, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. E-mail: Maysa.karla@ufpe.br

DOI: 10.25286/repa.v9i3.2775

Esta obra apresenta Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

Como citar este artigo pela NBR 6023/2018: Bezerra, F. J.; Maria, M. G.; Freitas, L. D. C.; Araújo, M. K. S. Use of green coconut (*Cocos nucifera*) husk with cassava starch in the production of biostraws. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v.9, n. 3, p. 19-26, 2024.

RESUMO

O tempo médio de utilização de um canudo plástico (CP) é de aproximadamente 4 min, muito inferior a seu tempo médio de decomposição no meio ambiente (cerca de 300 anos). Nesse sentido, uma maneira de reduzir possíveis danos ambientais que os CP possam causar nos ecossistemas naturais é a substituição desses CP por canudos biodegradáveis (biocanudos). O amido de mandioca (AM) é um material promissor para desenvolver filmes biodegradáveis que podem ser empregados na fabricação de biocanudos. Estes filmes podem ser produzidos, por exemplo, pela mistura do amido com resíduos do consumo do coco verde (CV) (parênquima, fibra ou extrativo). Neste trabalho foram produzidos biocanudos a base de AM utilizando como reforço proporções diferentes de fibra e pó (parênquima) da casca do CV. Os biocanudos foram caracterizados quanto à espessura, teor de umidade e solubilidade em água. Testes de viabilidade de uso e de resistência à imersão foram conduzidos em água mineral, suco industrializado, refrigerante tipo cola e solução salivar artificial. Verificou-se que a adição do resíduo de CV ocasionou melhoria na integridade e durabilidade dos biocanudos em comparação à amostra controle. Os melhores resultados, entre os avaliados, foram observados ao utilizar 1 e 1,5% de fibra como reforço.

PALAVRAS-CHAVE: Mandioca; Canudo plástico; Filme biodegradável; Fibra de coco.

ABSTRACT

The usage time of a plastic straw (CP) is approximately 4 minutes, much shorter than the average time it takes to decompose in the environment (around 300 years). In this sense, one way to reduce possible environmental damage that CP can cause in natural ecosystems is to replace these straws with biodegradable ones (biostraws). Cassava starch (AM) is a promising material for developing biodegradable films that can be used in manufacturing of biostraws. These films can be produced, for example, by mixing starch with green coconut consumption waste (CV) (parenchyma, fiber or extractive). In this work, AM-based biostraws were produced using different proportions of fiber and powder (parenchyma) as reinforcement. The biostraws were characterized regarding thickness, moisture content and water solubility. Tests for feasibility of use and resistance to immersion were carried out on mineral water, industrialized juice, cola and artificial salivary solution. It was found that the addition of CV residue resulted in an improvement in the integrity and durability of the biostraws compared to the control sample. The best results, among those evaluated, were observed when using 1 and 1.5% fiber as reinforcement.

KEYWORDS: Cassava starch; Biodegradable film; Coconut fiber; Plastic straw.

1 INTRODUÇÃO

O plástico tem um importante papel industrial e econômico, estando presente em diversas aplicações [1]. Porém, com o aumento de sua utilização, os problemas com descarte incorreto também aumentaram. Segundo o *World Wide Fund for Nature* (WWF), em 2019, o Brasil era o 4º maior produtor de lixo do mundo. Sendo o quantitativo plástico de, aproximadamente, 11 milhões de toneladas por ano [2][3].

Os resíduos de uso único, a exemplo dos canudos plásticos, fazem parte da maioria desse lixo, correspondendo a cerca de 4% do total gerado. Apenas uma pequena parte de todo o material plástico produzido é reciclado. A redução, reutilização e reciclagem do plástico vêm sendo incentivada, assim como as pesquisas referentes ao desenvolvimento de materiais biodegradáveis, como os filmes derivados de fontes renováveis, em substituição aos convencionais [4][5].

O amido é um material promissor para produção de biofilmes, por ser um polissacarídeo de custo acessível e abundante. Os biofilmes produzidos a partir do amido de mandioca têm apresentando resultados promissores em embalagens alimentícias, elevando o período de armazenamento e conservando características sensoriais do produto [6][7].

Porém, a utilização apenas do amido na produção dos biofilmes apresenta limitações relacionadas às propriedades mecânicas e afinidade por água. Para reduzir tais limitações e melhorar as características dos biofilmes pode-se adicionar outros materiais, também biodegradáveis, que melhorem as características mecânicas e sensoriais do biofilme, a exemplo da fibra do coco verde (mesocarpo), o que pode resultar num compósito biodegradável e com características interessantes [2][5][6][7][8].

Os resíduos agrícolas do coco verde (*Cocos nucifera*) têm recebido destaque por seu baixo custo, potencial de remoção de água (adsorvente), recurso energético (valor combustível) e potencial de reforço [9][10].

Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo desenvolver canudos biodegradáveis a base de amido de mandioca, utilizando como reforço resíduos do coco verde (CV).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os resíduos plásticos quando incorretamente descartados ou reutilizados provocam perdas econômicas e impactos ambientais. Segundo KARBALAEI [11], 75% dos detritos marinhos são plásticos e aproximadamente 800 espécies marinhas já foram impactadas por consumo ou emaranhamento em material plástico.

Os canudos representam 4% de todo o lixo plástico no mundo. Produzidos a partir de fontes não renováveis (petróleo), não são biodegradáveis. Estima-se que o tempo médio de utilização de um canudo é de 4 min. Por outro lado, o tempo de sua decomposição é cerca de 300 anos. Como alternativa ao plástico, cresce a pesquisa em polímeros biodegradáveis e materiais à base de biomassa [8][12][13].

Dentre os biopolímeros tem-se o amido. Trata-se de um polissacarídeo composto por amilose linear amorfa e amilopectina ramificada cristalina, presente em tubérculos, sementes, bulbos e rizomas. Seu uso industrial abrange, entre outras, a área alimentícia, têxtil, química e farmacêutica por sua disponibilidade e custo acessível [14]. Ao absorver água, o amido da origem a uma pasta transparente e viscosa (gelatinização). Após a gelatinização a amilose e a amilopectina dispersas na solução se reorganizam no processo de secagem, originando uma matriz contínua e coesa (biofilme). Filmes à base de amido são flexíveis e fortes, mas os grupos hidroxila livres na estrutura do amido tornam o filme hidrofílico [15][16].

Uma maneira de aumentar a resistência dos biofilmes é a adição de fibras. As fibras vegetais são constituídas basicamente por celulose, lignina, hemicelulose, pectina e minerais. Fibras com elevado teor de lignina, como as fibras de coco verde, fornecem características de maior rigidez ao material a que forem adicionadas [11].

A fibra do CV pode ser reutilizada como reforços em compósitos com plástico, apresentando vantagens quando comparadas a outros materiais sintéticos. São biodegradáveis, com baixa densidade, elevadas propriedades mecânicas e baixo custo.

Após o consumo do CV os resíduos são descartados. A casca, resíduo mais abundante, é composta por tecido parenquimatoso (pó de coco), tecido fibroso (fibra do coco) e uma pequena

fração de extrativos (carboidratos, gomas, sais, graxas, pectinas) [17][18].

Assim, a utilização de resíduos de CV como reforço de biofilmes de AM, para a produção de biocanudos, é uma proposta economicamente viável.

3 METODOLOGIA

3.1 MATÉRIA-PRIMA

Para a produção dos biocanudos foram utilizados biofilmes a base de amido de mandioca O'Linda®, Glicerina (Quimibrás®) e resíduos do coco verde (casca) obtidos em mercado local (Recife/PE). A produção e caracterização dos biocanudos foram realizadas no laboratório de química do núcleo integrado de atividades de ensino (NIATE) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

3.2 SEPARAÇÃO DO PÓ E DA FIBRA

As cascas do coco verde foram lavadas em água corrente e retalhadas, com o auxílio de uma faca, para a separação do mesocarpo. O Mesocarpo foi cortado em cavacos, pesado (m_i) e seco em estufa a $105 \pm 1^\circ \text{C}$ por 24 horas (Figura 1).

Figura 1 – Processo de extração do mesocarpo: (1) Separação, (2) produção de cavacos e (3) Secagem.



Fonte: Os Autores.

Após secagem, o mesocarpo foi pesado (m_f), triturado em moinho de facas e peneirado para separar o tecido fibroso do parenquimatoso (pó). O percentual de umidade foi calculado de acordo com Equação (1)[19].

$$\% \text{ umidade} = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

O material triturado foi inicialmente peneirado em peneira de 100 mesh, separando-se para os testes a fração passante (pó) de

granulometria inferior a 0,149 mm.

Posteriormente, a fração retida na peneira de 100 mesh foi peneirada em peneira de 80 mesh, separando-se para os testes a fração passante (fibra) de granulometria inferior a 0,177 mm [20].

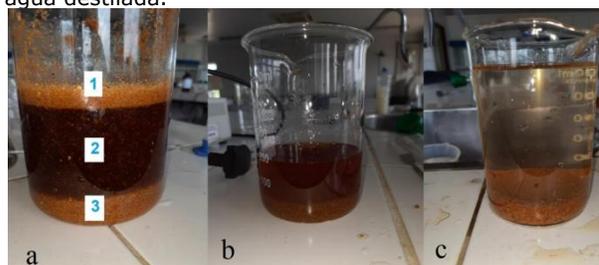
3.3 REMOÇÕES DE EXTRATIVOS E RESÍDUOS DOS CONSTITUINTES

A casca do CV é composta por diversos componentes dentre eles os chamados extrativos [18]. Com o objetivo de obter de forma isolada o tecido parenquimatoso (pó de coco) e o tecido fibroso (fibra do coco) realizou-se a remoção dos extrativos.

A remoção dos extratos foi realizada, com adaptações, conforme LEÃO [21] e SISTONS [22]. Em um béquer lavou-se o mesocarpo triturado com uma solução de acetona 1:1(v/v) para remoção de extratos insolúveis. Ao término da lavagem visualizaram-se três fases oriundas da diferença de densidade (Figura 2.a). Removeu-se o resíduo de pó (menos denso) com o auxílio de uma peneira e reservou-se.

Em seguida separou-se a fibra, depositada no fundo do béquer (Figura 2.b), do extrato com o auxílio de uma peneira e reservou-se. Repetiu-se o processo de lavagem substituindo a solução de acetona por água destilada, para remoção dos extratos hidrossolúveis (Figura 2.c). Todas as lavagens foram realizadas em triplicata.

Figura 2 – (a) Lavagem do tecido fibroso do mesocarpo: (1) pó, (2) extratos, (3) fibra; (b) lavagem da fibra com solução de acetona 1:1 (v/v) e (c) lavagem da fibra com água destilada.



Fonte: Os Autores

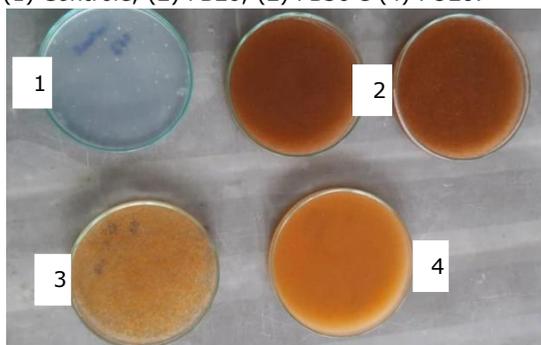
3.4 PRODUÇÃO DO BIOFILME E DOS CANUDOS BIODEGRADÁVEIS

Os biofilmes foram obtidos por meio da técnica de *casting*, utilizando amido de mandioca, água destilada, glicerina como plastificante e reforço (pó de parênquima ou fibra de coco). Uma

amostra sem reforço também foi produzida (controle) (Tabela 1).

Os componentes foram pesados em balança analítica (weblabor®, modelo M214Ai), misturados e posteriormente aquecidos em chapa aquecedora (Nova Ética®, modelo 114) sob agitação manual com auxílio do bastão de vidro, a 70 °C por 10 min, obtendo uma solução viscosa. Pesou-se 43,00g da solução ainda aquecida em placas de Petri (ø 9cm), em seguida as placas foram secas em estufa 35 ± 1° C por 48h (Figura 3). Após secagem os filmes foram acondicionados em dessecadores com cloreto de cálcio anidro por 24h para posteriormente serem removidos e cortados em formatos retangulares (8,5 x 6 cm).

Figura 3 – Soluções filmogênicas de amido reforçadas: (1) Controle, (2) FB20, (2) FB30 e (4) PO20.



Fonte: Os Autores.

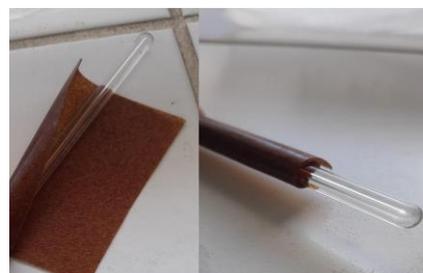
Tabela 1- Formulações dos biofilmes.

Amostra	Controle	Fibra 20	Fibra 30	Pó 20
Código	CT	FB20	FB30	PO20
Amido (%)	5,0	5,0	5,0	5,0
Glicerina (%)	2,5	2,5	2,5	2,5
Reforço (%)	0	1	1,5	1,0
Água destilada (%)	92,5	91,5	91,0	91,5

Fonte: Os Autores.

Os filmes foram moldados em forma de canudo, com auxílio do bastão de vidro (ø 6 mm) (Figura 4). Os filmes tiveram a forma fixada com ajuda da solução geradora do filme, conferindo o formato cilíndrico de um canudo convencional.

Figura 4 – Filme sendo moldado em forma de canudo com o auxílio do bastão de vidro.



Fonte: Os Autores.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS CANUDOS BIODEGRADÁVEIS

A espessura média do biofilme foi avaliada usando um paquímetro digital LEE Tools® por meio de 05 medições aleatórias em pontos distintos.

O teor de umidade do biofilme foi mensurado de acordo com metodologia adaptada de ALTMANN, ATZ e ROSA [19]. Amostras de 1g, dos diferentes biofilmes produzidos, foram aquecidas em estufa 105 ± 1 °C, tendo sua massa pesada a cada 30 min até atingir massa constante. Após arrefecimento em estufa as amostras foram novamente pesadas e a umidade foi calculada de acordo com Equação (1).

A solubilidade em água foi avaliada utilizando metodologia adaptada de ALMEIDA [23]. Três amostras de cada biofilme, com % de massa seca conhecida, foram adicionados a beakers contendo 50 mL de água destilada e mantidos sob agitação de 120 rpm por 24 h. Em seguida o material foi filtrado, seco em estufa (105 ± 1 °C por 2h) e pesado, obtendo-se a massa não solubilizada de acordo com a equação (2)[19].

$$\% \text{ MS} = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

Sendo m_i é massa inicial úmida, m_f é massa final seca e MS massa não solubilizada.

Análises de integridade foram realizadas conforme metodologia adaptada de SILVA [13]. Os biocanudos foram imersos em refrigerante tipo cola (pH=2,2), suco de laranja industrializado (pH=3,9) e água mineral (pH=6,8) nas temperaturas de 7 e 25 °C, em solução de saliva artificial (Kin Hidrat®) na temperatura de 36 °C e apenas em água mineral na temperatura de 70 °C. Todos em diferentes intervalos de tempo (5, 10 e 15 min).

As análises foram realizadas em conjunto com avaliações estéticas visuais referentes a

homogeneidade do filme, ausência de bolhas e deformação durante utilização (sucção).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO

O mesocarpo do coco verde apresentou 88,65% de umidade, sendo 31,74% da massa seca referente às fibras. Os filmes produzidos de acordo com a Tabela 1 geraram biofilmes visualmente uniformes, de fácil manuseio e com ausência de bolhas (Figura 5).

Figura 5 – Filmes de amido reforçados: (1) Controle, (2)FB20, (3) FB30 e (4) PO20.



Fonte: Os Autores.

Como esperado todos os filmes reforçados apresentaram aumento na espessura, quando comparados com a formulação CT (Tabela 2), este ganho é atribuído ao aumento do teor de sólidos, não havendo diferença significativa entre FB20 e PO20. O aumento na espessura do filme gera incremento também nas propriedades de tração e desempenho térmico [15][24].

O teor de umidade das amostras FB20 e FB30 foi estatisticamente semelhante a da amostra CT. Logo, a quantia de fibra de coco adicionada como reforço não foi suficiente para alterar a hidrofobicidade do filme de amido de mandioca. Já a amostra PO20 apresentou aumento no percentual de umidade em virtude da adição de tecido parenquimatoso (pó) que aumentou a absorção de água em virtude de sua porosidade [15].

Quanto a solubilidade em água as amostras FB20 e FB30 apresentaram redução em relação a amostra CT sendo a menos solúvel a amostra com maior quantidade de fibras (FB30). A adição de fibras provocou aumento de hidrofobicidade suficiente para reduzir a solubilidade das amostras. A amostra PO20, em concordância com o comportamento do

percentual de umidade apresentou solubilidade maior que a CT.

Resultados semelhantes foram encontrados por MACHADO [25] e MARQUES [5], ao produzirem filmes reforçados com nanofibras de celulose da fibra do coco e nanofibras de celulose de rami, respectivamente.

Tabela 2- Características dos biofilmes de amido de mandioca.

Amostra	Espessura (mm)	Umidade (%)	Solubilidade em água (%)
CT	0,30 ± 0,02 ^a	16,13 ± 0,24 ^a	39,68 ± 0,18 ^a
FB20	0,48 ± 0,02 ^b	16,47 ± 0,35 ^a	33,44 ± 1,13 ^b
FB30	0,53 ± 0,01 ^c	16,29 ± 0,06 ^a	29,76 ± 1,81 ^c
PO20	0,43 ± 0,06 ^b	17,47 ± 0,25 ^b	43,28 ± 0,28 ^d

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

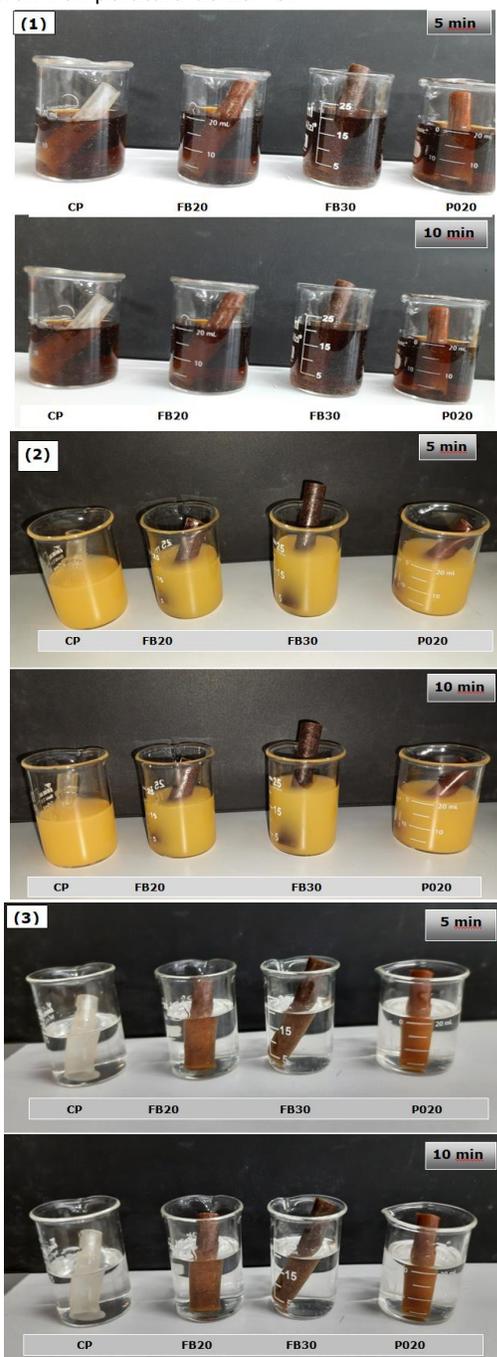
4.2 CARACTERIZAÇÃO ANÁLISE DE INTEGRIDADE

Os biocanudos submetidos aos testes de imersão e sucção em refrigerante tipo cola, suco de laranja industrializado e água mineral não apresentaram diferença estética entre si quando imersos durante 5 e 10 min, na temperatura de 25 °C (Figura 5).

Após 15 min de imersão as amostras CT e PO20 apresentaram alterações que comprometeram sua utilização (deformação parcial). Tal comportamento indica que, na temperatura estudada, a diferença de pH entre as bebidas testadas não influenciou a deformação dos canudos, apenas o tempo de contato. Comportamento semelhante foi observado a temperatura de 7 °C. Segundo SILVA [13] o tempo médio de utilização de um canudo plástico é de 4 min, logo, os resultados obtidos para os biocanudos testados são promissores.

Os biocanudos imersos em solução salivar artificial a 36 °C, para simular a saliva bucal, não apresentaram deformação que impossibilitassem seu uso nos intervalos de tempo estudados.

Figura 5– Biocanudos imersos em: (1) Refrigerante tipo cola, (2) Suco de laranja industrializado e (3) Água mineral. Temperatura de 25 °C.



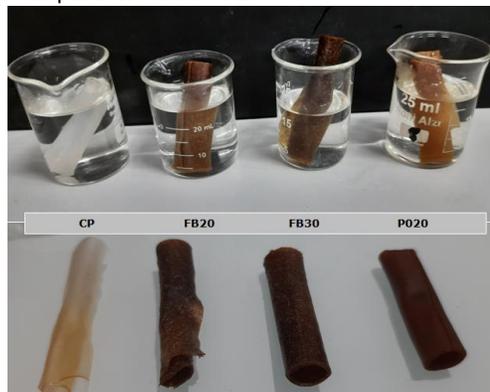
Fonte: Os Autores.

Os biocanudos submetidos à imersão em água mineral aquecida a 70 °C desintegraram e romperam parcialmente nos primeiros 5 minutos de imersão (Figura 6), indicando que os biocanudos produzidos não são recomendados para utilização em bebidas aquecidas, visto que, segundo AGARWARE [15] a temperatura de

gelatinização do amido de mandioca se situa no intervalo de 56 a 63 °C.

Assim, os dados demonstram que, nas condições experimentais utilizadas, as formulações FB20 e FB30 foram as que apresentaram melhor resistência a deformação e desintegração. Comportamento que pode ser atribuído a maior espessura e menor solubilidade oriunda da fibra adicionada ao biofilme (Tabela 2).

Figura 6– Biocanudos imersão em água mineral por 5 min a temperatura de 70 °C.



Fonte: Os Autores.

Os canudos também foram avaliados quanto a alguns aspectos visuais de utilização e classificados como Ruim (R), Bom (B) e Excelente (E) (Tabela 3). Sendo o FB20 o melhor avaliado entre os reforçados, tendo aspecto similar a amostra controle. Ressalta-se que não foi observado transferência de sabor dos biocanudos para as bebidas durante utilização.

Tabela 3- Avaliação visual dos biocanudos.

Amostra	Controle	FB20	FB30	P020
Estética	B	B	B	E
Homogeneidade do filme	E	E	B	B
Ausência de bolhas	E	E	E	E
Deformação durante sucção	E	E	E	E

Fonte: Os Autores.

5 CONCLUSÕES

A produção de canudos de amido de mandioca, reforçados com material fibroso do coco verde, em substituição aos canudos plásticos se mostrou promissora. Os resultados obtidos foram

satisfatórios para as três formulações propostas, com destaque para FB20. Os resultados apresentados pelas amostras FB20 e FB30 confirmam a característica das fibras vegetais como reforço em filmes a base de amido. A maior espessura nas formulações ocasionou a melhoria no desempenho térmico e integridade durante a utilização, levando a um maior tempo de vida útil no consumo. A adição de fibras alterou a solubilidade em água, melhorando a resistência à água e conferindo melhorias nas propriedades de barreiras, quando comparados com amido sem reforço. Pois, introduziram-se grupos hidrofóbicos e bloqueou-se o grupo hidroxila, hidrofílico, das moléculas de amido. O teor de umidade não apresentou variação estatisticamente significativa entre as formulações FB20 e FB30, indicando baixa interação da matriz com a fibra do coco *in natura*. Os biocanudos apresentaram-se flexíveis e resistentes quando submetidos às condições de uso do dia a dia. Assim, podemos concluir que as formulações FB20 e FB30 mostraram-se como alternativas promissoras na produção canudos biodegradáveis.

REFERÊNCIAS

- [1] Importância do plástico para a sociedade. **Tonin Plásticos e embalagens**. Disponível em <https://toninembalagens.com.br/importancia-do-plastico-para-a-sociedade/> Acesso em 14/05/2023.
- [2] ANDRETTA, R. *et al.* Development and characterization of pH-indicator films based on cassava starch and blueberry residue by thermocompression. **Food Hydrocolloids**, v. 93, p. 317- 324. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.019>
- [3] WWF BRASIL. Brasil é o 4º pai do mundo que mais gera lixo plástico. Disponível em < <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico> > Acesso em 13/09/2023.
- [4] DAVID, C. C . L.; SANTOS, E. R.; OLIVEIRA, M. S. Estudo de alternativas para reduzir custos ambientais com desperdício. **Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia - REIVA**, v.1, n.03, p.1-10. 2018
- [5] MARQUES, G. S. **Obtenção de filmes biodegradáveis de amido de mandioca reforçados com nanofibras de celulose de rami**. 2018. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Disponível em <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/55283/R%20-%20D%20-%20GEOVANA%20SILVA%20MARQUES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 01 jun às 08h37 min.
- [6] PRADEEP, M. *et al.* 2022. Investigations on chitin and coconut fiber reinforcements on mechanical and moisture absorption properties of corn starch bioplastics. **Materials Today: Proceeding**, v. 58, p. 65-70. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.585>
- [7] SYAMANI, F. A. *et al.* Characteristics of Bioplastic Made from Cassava Starch Filled with Fibers from Oil Palm Trunk at Various Amount. **Open Access proceedings Journal of Physics: Conference series**. 2020. DOI: 10.1088/1755-1315/439/1/012035
- [8] DONG, T. *et al.* Water-stable, strong, biodegradable lignocellulose straws replacement for plastic straws. **Chemical Engineering Journal**, v. 451. 2023. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138970>
- [9] CHELLAMUTHUA, K.; VASANTHANATHAN, A. Experimental investigation of fibre reinforced plastics (frp) structure with coconut husk under low velocity impact. **Materials Today: Proceedings**. v, 45. p. 7030-7034. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.078>
- [10] ZARATE, V. H. L. *et al.* Coconut endocarp and mesocarp as both biosorbents of dissolved hydrocarbons in fuel spills and as a power source when exhausted. **Journal of Environmental Management**. v. 211, p. 108-111. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.041>
- [11] KARBALAEI, S. *et al.* Abundance and characteristics of microplastics in commercial marine fish from Malaysia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 148, p. 5 -15. 2019. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.07.072
- [12] SANTOS, J. C. 2019. 47f. **A proibição do plástico de uso único: uma análise do projeto de lei n. 263/2018**. Monografia, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/ti8ifdf7cdi0xkf/Template%20REPA%202022.docx?dl=0>. Acesso em: 20 nov. 2023 às 22h15min.
- [13] SILVA, L. A.; SOUZA, T. D.; LIMA, C. M. G.; BENEDITO, L. Z. SANTANA, R. F. & PINTO JÚNIOR, W. R. 2021. **Protótipo de canudo biodegradável à base de amido e gel de aloe**

vera: caracterização e análise da integridade. Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 4, p 403-416. Editora científica digital. DOI: 10.37885/210203344

[14] FRANCO, C. M. L. *et al.* **Propriedades gerais do amido.** . Campinas: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. . Acesso em: 29 jan. 2024. , 2001

[15] AGARWAL, S. Major factors affecting the characteristics of starch based biopolymer films. **European Polymer Journal.** v. 160. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110788>

[16] ALCÁZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology.** v. 35. p. 215-23. 2015 DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>

[17] SILVA, R. V. *et al.* Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. 2006. **Composites Science Technology, Barking,** v. 66, n. 10, p. 1328-1335. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.10.012>

[18] FORNARI JUNIOR, C. C. M.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, A. M. Extração de solúveis do mesocarpo de coco verde utilizando solventes e sucessivas extrações. 2016. **Engvista.** v. 18, n. 1, p. 43-61. DOI: <https://doi.org/10.22409/engevista.v18i1.685>

[19] ALTMANN, I.; ATZ N. R.; ROSA S. M. L.; desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos a partir de amido de milho: uma proposta experimental de produção de biofilmes em sala de aula. 2018. **Química Nova Escola** v 40, Nº 1, p. 53-58. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160104>.

[20] ROSA, M. *et al.* CARACTERIZAÇÃO DO PÓ DA CASCA DE COCO VERDE USADO COMO SUBSTRATO AGRÍCOLA. *Comunicado Técnico da Embrapa Agroindustrial Tropical* n. 54, p.1-6, 2001. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/423156/1/Ct054.pdf>> Acesso em 02 nov. 2023.

[21] LEÃO, R. M. **Tratamento superficial de fibra de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno.** 2012. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas), Universidade de Brasília.

Departamento de Engenharia mecânica, Brasília, 2012. Disponível < <https://repositorio.unb.br/handle/10482/11071>>. Acesso em 01/12/2023.

[22] SISTONS, R. D. *et al.* Solubilidade da biomassa da fibra do coco (*cocos nucifera l.*) em diferentes concentrações de NaOH. *in: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA.* 2017. Campinas. **Anais** [...] CBCTEM:Campinas, 2017. Disponível em < [file:///C:/Users/L%C3%ADvia/Downloads/galao-proceedings--cbctem--61411%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/L%C3%ADvia/Downloads/galao-proceedings--cbctem--61411%20(1).pdf): > Acesso em 19/09/2022.

[23] ALMEIDA, C.; **Características estruturais e funcionais de biofilmes produzidos com zeína e óleos vegetais comestíveis.** Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2010. Disponível em < <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/3b87c9b2-1448-44f6-a204-ecd1aee46c24/content>> Acesso em 20/02/2023.

[24] OLUWASINA, O. O. *et al.* Evaluation of the effects of additives on the properties of starch-based bioplastic film. 2021 **SN Applied Sciences.** DOI: [10.1007/s42452-021-04433-7](https://doi.org/10.1007/s42452-021-04433-7)

[24] MACHADO, B. A. S. *et al.* Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol. 2014. **Química nova,** v. 37, n. 8, p. 1275-1282. DOI: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140220>