

## USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS: TESTES EM POLPA MOLDADA

Ricardo Marques Sastre

e-mail: [ricsastre@gmail.com](mailto:ricsastre@gmail.com)

Departamento de pós graduação em engenharia de produção e transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – (DEPROT-UFRGS)

Cristiane Ferrari Zeni

e-mail: [ferrarizeni@gmail.com](mailto:ferrarizeni@gmail.com)

Departamento de pós graduação em engenharia de produção e transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – (DEPROT-UFRGS)

Istefani Carisio de Paula

e-mail: [istefanicpaula@gmail.com](mailto:istefanicpaula@gmail.com)

Departamento de pós graduação em engenharia de produção e transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – (DEPROT-UFRGS)

Stéfanie Horstmann da Conceição

e-mail: [stefanie9913@gmail.com](mailto:stefanie9913@gmail.com)

Departamento de design e expressão gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – (DEG-UFRGS)

### RESUMO

Em seu fim de vida a embalagem pode tornar-se um resíduo se não for descartada corretamente, tornando-se um componente visível do lixo produzido no planeta, com forma definida e que se comunica com o mundo. Igualmente, a produção agrícola em escala gera resíduos orgânicos que, embora sejam materiais ricos em fibras, são descartados, tais como a casca de arroz, casca de coco, fibras de madeiras, dentre outros. Para contribuir com soluções para minimizar o impacto ambiental das embalagens e resíduos orgânicos, o presente estudo tem por objetivo realizar testes preliminares da fabricação de embalagens de polpa moldada a partir de resíduos orgânicos, em um contexto de economia circular. A pesquisa ação foi utilizada como método para guiar a construção coletiva (equipe de projeto e empresas parceiras), e o direcionamento dos testes preliminares de embalagens a serem produzidas. Os testes realizados com as fibras de coco em moldagem por transferência e termoformagem foram promissores, mas exigiram a adição de substâncias aglutinantes como os derivados de amido, especialmente no método de moldagem por transferência. Além de usar fibras de fontes alternativas à da celulose, as embalagens propostas são potencialmente compostáveis e podem substituir materiais não renováveis como os polímeros derivados do petróleo.

**Palavras-chaves:** Embalagem; Polpa moldada; Economia circular.

## USE OF ORGANIC WASTE FOR PACKAGING DEVELOPMENT: TESTS ON MOLDED PULP

### ABSTRACT

At the end of its life, packaging can become waste if not disposed of correctly, becoming a visible component of the garbage produced on the planet, with a defined shape and that communicates with the world. Likewise, large-scale agricultural production generates organic residues that, although they are materials rich in fibers, are discarded, such as rice husks, coconut husks, wood fibers, among others. In order to contribute with solutions to minimize the environmental impact of

packaging and organic waste, this study aims to carry out preliminary tests on the manufacture of molded pulp packaging from organic waste, in a context of circular economy. Action research was used as a method to guide the collective construction (project team and partner companies), and the direction of preliminary tests of packaging to be produced. Tests carried out with coconut fibers in transfer molding and thermoforming were promising, but required the addition of binding substances such as starch derivatives, especially in the transfer molding method. In addition to using fibers from alternative sources to cellulose, the proposed packages are potentially compostable and can replace non-renewable materials such as petroleum-derived polymers.

**Keywords:** Packaging; Molded pulp; Circular economy.

## 1. INTRODUÇÃO

Todos os anos, uma grande quantidade de matérias-primas é destinada para fabricação de embalagens descartáveis e de uso único. Muitas vezes, são feitas de materiais não biodegradáveis e não renováveis, como plásticos, vidro e metais (DEBNAT ET AL., 2022). Alguns países como o Canadá, Costa Rica e União Europeia proibiram o uso destas embalagens. No Brasil, canudos e sacolas plásticas foram banidos em alguns estados. Segundo dados da Associação Brasileira de Embalagem (ABRE, 2022), o Brasil produziu o equivalente a R\$ 110.895 bilhões de reais em embalagens no ano de 2021, com crescimento de 31,1% em relação a 2020, devido ao aumento do consumo de compras online e entrega de alimentos prontos. Deste montante, os materiais mais utilizados são os plásticos com 37,1%; as embalagens em papel com 34,6% e as embalagens metálicas com 21,4%.

O excesso de embalagens desafia o desenvolvimento sustentável da nossa sociedade (LU ET AL., 2020). O que fazer com os resíduos gerados pelas embalagens no planeta, quais as soluções encontradas para minimizar os impactos ambientais? A transição da economia linear dominante para um modelo baseado na circularidade por intenção e design pode construir uma nova base essencial para a economia de mercado e utilização de embalagens (CASAREJOS ET AL., 2018). Segundo WEETMAN (2019) ela é uma economia verdadeiramente sustentável, que funciona sem resíduos, poupa recursos e atua em sinergia com a biosfera. Em vez de tratar as emissões, os subprodutos e os bens danificados ou indesejados como “resíduos” ou “lixo”, esses itens, na economia circular, tornam-se matéria-prima e insumos para um novo ciclo de produção.

Nesse sentido, embalagens de polpa moldada vêm conquistando espaço no mercado ao serem percebidas como um material sustentável (WEVER AND TWEDE, 2007), por serem feitas de materiais renováveis e/ou reciclados, além de serem facilmente reaproveitados em ciclos sucessivos. À medida que o preço global da celulose de madeira está subindo e o avanço das mídias eletrônicas está diminuindo a reciclagem de fibras a partir de resíduos de papel, a demanda por fontes alternativas de matéria-prima para a criação das embalagens de polpa moldada vem aumentando continuamente (GOUW ET AL., 2017; JOHNSTON, 2016).

Esta pesquisa busca contribuir para o aproveitamento de resíduos orgânicos que possam estar sendo destinados incorretamente, gerando despesas ou danos ambientais para o produtor e/ou comunidade, como a contaminação do solo, custos de transporte ou taxas para destinação em aterros sanitários. Além disso, explora tecnicamente o desenvolvimento de embalagens compostáveis que substituam materiais de fonte não renováveis como o plástico, com projetos estruturais atrativos e funcionais, que agreguem valor ao resíduo, e que contribuam para o desenvolvimento local.

Na seção 2, são explicadas características dos materiais e processos de fabricação dos produtos de polpa moldada, e reunidos alguns exemplos de embalagens similares que já são comercializadas no mercado nacional e internacional. Na seção 3, há o detalhamento de dois testes realizados: o primeiro, utilizando fibras de coco e celulose em um processo tradicional de polpa moldada; o

segundo, utilizando fibras de coco, amido de mandioca e serragem da madeira Teca em um processo de termoformagem. Por fim, são comentados os principais aspectos observados durante os testes, com recomendações para pesquisas futuras.

## **2. OBJETIVO**

O presente estudo tem por objetivo realizar testes preliminares da fabricação de embalagens de polpa moldada a partir de resíduos orgânicos, num contexto de economia circular. Considerando a extensão do problema exposto, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa: é possível desenvolver embalagens a partir de resíduos orgânicos fibrosos?

## **3. REVISÃO TEÓRICA**

Os produtos de polpa moldada são atualmente usados no manuseio e embalagem de milhares de produtos manufaturados, fornecendo proteção aos produtos, conveniência aos clientes além de benefícios econômicos e ambientais (IMFA, 2022). De acordo com a International Molded Fiber Association (IMFA, 2022), os produtos de polpa moldada podem ser categorizados em quatro grupos com base no processo de fabricação e na qualidade dos materiais:

1. Parede grossa: Utiliza um molde simples e atinge espessura de parede entre 5 e 10 mm. Uma superfície é relativamente lisa, com o outro lado bastante rugoso. A secagem pode ser natural ou em fornos. Usado para embalagens de itens pesados (peças de veículos, móveis, motores etc.);
2. Moldado por Transferência: Utiliza um molde de formação e um molde de transferência, a espessura de parede atinge cerca de 3mm a 5mm. Superfícies são relativamente lisas dos dois lados, com um lado mais rugoso. A secagem pode ser natural ou em fornos. O uso mais comum é para bandejas de ovos e embalagens de produtos eletrônicos e eletrodomésticos;
3. Termoformado: Utiliza moldes aquecidos, onde o produto é prensado, densificado e seco - sem necessidade de cura em fornos. Atinge espessura de parede de cerca de 1 mm a 4 mm. As superfícies são lisas e as formas são bem detalhadas. Esses produtos podem ser usados como substitutos para itens plásticos termoformados;
4. Processado: esse tipo se refere a produtos que requerem algum tipo de tratamento secundário ou especial, tais como pós-prensagem, corte ou perfuração, impressão, formulações e aditivos especiais, relevos, dentre outros.

Para fins deste estudo, dá-se ênfase nos processos de moldagem por transferência e termoformagem, visto que seus resultados de acabamento são adequados a uma maior variedade de aplicações de embalagem. No processo de moldagem por transferência, o resultado é um produto com melhor precisão dimensional em relação aos produtos de parede grossa, uma vez que não apenas o acabamento se torna muito mais liso, mas também há a oportunidade de espremer mais água do material (DIDONE ET AL., 2017). Deste modo, as melhorias na precisão e estabilidade dimensional podem expandir a faixa de aplicação desses produtos. Já no processo de termoformagem, o objetivo é secar pelo menos parcialmente a polpa moldada enquanto ainda está sendo prensada. Em princípio, tal processo pode alcançar maior resistência, maiores taxas de produção e acabamentos mais detalhados (DIDONE ET AL., 2017).

DEBNATH ET AL, (2022) observa que, como resultado de um teor de sólidos mais alto (consistência) da polpa de fibras celulósicas, com fibras orientadas em todas as direções em vez de serem orientadas principalmente em um plano, pode-se esperar resultados muito diferentes em comparação com a fabricação de papel plano. Ademais, as fibras empregadas na produção de polpa moldada possivelmente são mais rígidas (menos refinadas), em comparação com a fabricação de produtos como papéis de impressão ou papelão, além de sofrerem a hornificação

(alterações estruturais nas fibras originadas da desidratação ou reciclagem da polpa fibrosa), que resulta em um aumento na rigidez das fibras úmidas, levando a uma estrutura de manta mais volumosa (ZHANG ET AL., 2022).

Na fabricação da polpa, podem ser utilizadas fibras virgens (primárias) derivadas de plantas lenhosas ou não lenhosas, assim como fibras recicladas (secundárias), derivadas de resíduos de papel e papelão (DEBNATH ET AL, 2022). As fibras naturais podem ser provenientes de vários recursos, como madeira (processos químicos e mecânicos de polpação), fibras recicladas, resíduos de biomassa agrícola, por exemplo, palha de trigo (ZHANG ET AL., 2022), bagaço de cana-de-açúcar, bambu (LIU ET AL., 2021), caule de banana, folhas de abacaxi (RATTANAWONGKUN ET AL., 2020), sisal, abacá, dendezeiro, coco (WESTMAN ET AL., 2010). Em geral, fibras relativamente longas fornecem resistência, tenacidade e estrutura, enquanto fibras mais curtas geralmente podem fornecer alto volume (baixa densidade), textura mais fechada e suavidade da superfície. A distribuição do comprimento da fibra também influencia uma série de propriedades. Por exemplo, uma distribuição de comprimento de fibra curta formará uma estrutura mais fina em comparação com uma distribuição com fibras longas (DEBNATH ET AL., 2022).

Com o objetivo identificar quais matérias-primas de origem vegetal atualmente estão sendo utilizadas para a fabricação de embalagens de polpa moldada em empresas nacionais e internacionais, foi realizada uma pesquisa desk a partir de informações disponíveis nas plataformas Google Explorer e Acadêmico. Após a identificação, foram selecionadas 15 empresas de diferentes países que fabricam tais produtos, e os dados analisados foram obtidos, principalmente, em seus respectivos sites e em plataformas de notícias. Em relação as empresas selecionadas, destacam-se a Growpack, Já fui mandioca, Ankur, Pulpac, Lifepack e Be green packaging. Os links dos sites encontram-se na listagem de referências no final deste artigo.

No Brasil, observou-se que as 8 empresas utilizam, em maior porção, palha de milho ou trigo, amido de mandioca ou bagaço de cana de açúcar na produção de suas embalagens. Em alguns casos, não é usado somente um único insumo na composição, podendo ser misturadas fibras de bambu, serragem de madeira ou cascas de arroz. No restante dos países, além dos materiais já empregados no Brasil, foram encontradas empresas que utilizam matérias-primas menos convencionais como caule de bananeira, fibra de coco (Figura 1.), palha de cânhamo, cepos de videira, entre outros. Além disso, menos da metade produzem a partir de insumos que são subprodutos, ou seja, resíduos agrícolas que não são tratados ou reaproveitados na cadeia de produção.

Figura 1. Exemplo de embalagem produzida com fibra de coco



O principal processo de fabricação utilizado por essas empresas é o de termoformagem. O resultado são produtos com acabamentos bem detalhados e que possuem uma aparência semelhante ao do material plástico (IMFA, 2022). Por possuir um bom acabamento, essas embalagens são principalmente destinadas ao setor alimentício, em sua maioria, de fast-food. Em poucos casos, quando o processo de moldagem é por transferência, elas são produzidas com a finalidade de proteger outros tipos de produtos, como eletrônicos, eletrodomésticos e móveis (IMFA, 2022).

#### 4. METODOLOGIA

A pesquisa é do tipo aplicada e caracteriza-se por seu interesse prático. A natureza da pesquisa é exploratória, pois tem como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2010). Com o objetivo de entender o estado da arte sobre a polpa moldada, foi realizado uma busca na base de dados *Web of science* no período entre 1 e 15 de setembro de 2022 utilizando o string: *pulp molding, molded pulp, packaging*. Foram extraídos 17 artigos sobre o tema. Para a realização dos testes preliminares, o método de pesquisa-ação foi utilizado. A pesquisa-ação possui uma base empírica que é concebida e realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, e compreende ciclos repetidos de análise, descoberta de fatos, conceituação, planejamento, implementação de ação e avaliação (GIL, 2010).

Neste contexto, a pesquisa é utilizada para a construção coletiva (equipe de projeto e empresas parceiras) dos testes preliminares de embalagens a serem produzidas a partir de resíduos. Para auxiliar no levantamento de dados sobre embalagens foi utilizado o Radar da Embalagem, um modelo de referência desenvolvido por (SASTRE ET AL., 2020), que considera o arcabouço teórico próprio de cada etapa do ciclo de vida da embalagem, oferece uma perspectiva ao mesmo tempo simples e sistêmica e serve de diretriz para o projeto de embalagens sustentáveis. Com base nas empresas parceiras foram definidos os parâmetros para testes preliminares.

#### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados os resultados dos testes preliminares de moldagem de polpa a partir de fibras de coco descartadas, celulose, amido de mandioca e serragem de madeira teca (*Tecnona grandis*). A fibra de coco e a serragem foram selecionadas pela equipe devido à disponibilidade de resíduos que atualmente são destinados a aterro por empresas parceiras do estudo. O amido de mandioca e a celulose foram selecionados por serem os insumos mais utilizados pelas indústrias convertedoras que colaboraram com os testes descritos a seguir. A equipe decidiu testar a moldagem por transferência e por termoformagem.

##### 5.1 Moldagem por transferência

Os testes de moldagem por transferência foram efetuados em uma indústria convertidora de embalagens de polpa moldada situada em São Bento do Sul, cidade situada no estado de Santa Catarina, Brasil em 29/09/2022. Para este estudo, foram utilizados resíduos desidratados do coco em fibras longas e em pó misturados com água. Os testes foram realizados em uma máquina manual com uma matriz de cantoneira para a conformação (Figura 2.a), resultando nos seguintes cenários: a) as fibras longas e o pó de coco puros não foram adequados para este processo, pois mesmo que houvessem misturadores no fundo do tanque, o material decantou e não se prendeu ao molde; b) à medida que foram adicionadas à mistura fibras celulósicas (aparas de papelão de pré consumo, fornecidas por empresas produtoras de embalagens) foram observados melhores resultados de aglutinação das fibras entre si e na moldagem; c) o melhor resultado observado continha uma mistura de 50/50 polpa de celulose e pó de coco. Nesta composição foi possível conformar a peça e secá-la com poucas deformações (Figura 2.c).

Figura 2. a) Máquina manual para moldagem por transferência; b) Peça moldada com celulose e pó de coco antes da secagem; c) Peça moldada seca



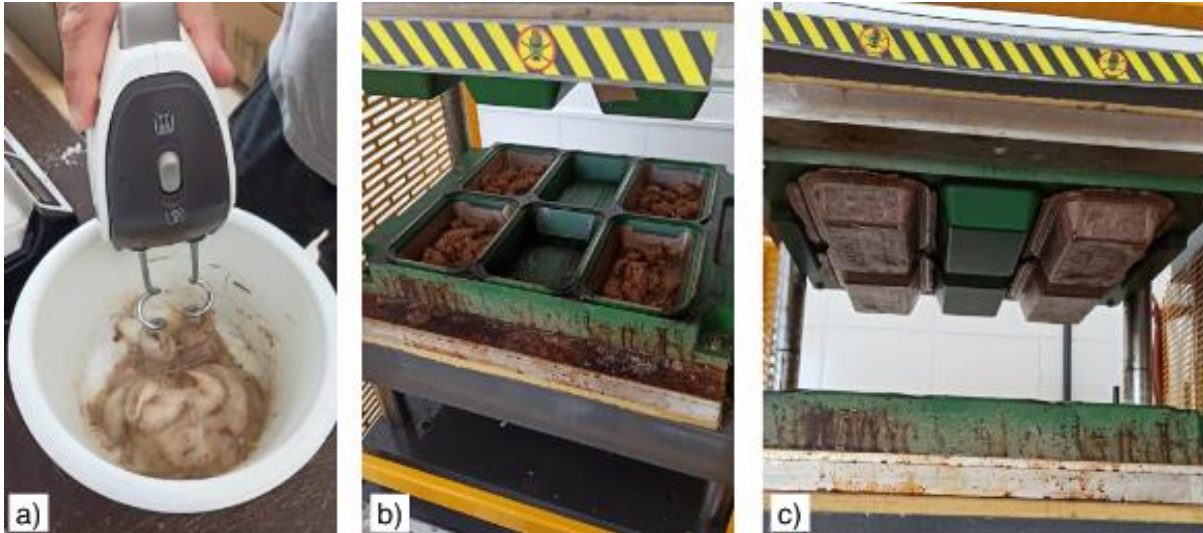
Neste processo, utiliza-se em torno de 90% a 92% de água na composição para mistura nos tanques e passagem nas tubulações, entretanto, grande parte da água é removida durante a moldagem e retorna ao processo. De acordo com a indústria convertidora, peças danificadas e material residual retornam aos tanques para reprocessamento, não havendo geração de resíduos pré-consumo.

Tratando-se de uma empresa especializada em fabricação de embalagens e componentes produzidos a partir de polpa moldada de celulose (aparas de papelão sem impressão adquiridas de indústrias de caixas de embarque), os testes tornaram-se viáveis e rápidos. Os cocos verdes foram desidratados e enviados em formato de fibra longa e curta para a empresa. O laboratório interno de análise de materiais, após vários testes, constatou que a fibra curta de coco poderia seguir com os testes em máquina, pois apresentaram características similares a fibra celulósica. Os testes práticos determinaram o percentual de fibra de coco viável para a formação da peça. Apesar dos resultados preliminares satisfatórios, como estudos futuros, pretende-se aprofundar os testes de melhoria no processo de confecção da fibra curta do coco, bem como ampliar os recursos no equipamento principal da empresa, explorando toda a sua capacidade produtiva. O objetivo do presente estudo é utilizar resíduos orgânicos na fabricação de embalagem. Apesar da fibra celulósica ser compostável, a meta é conseguir utilizar o maior percentual da fibra de coco em sua composição.

## 5.2 Termoformagem

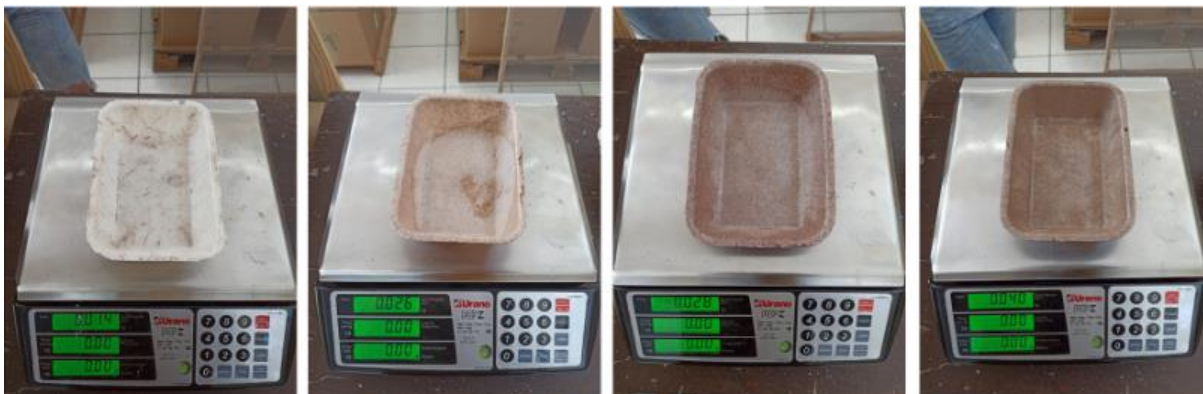
Em uma segunda etapa de testes, utilizou-se a termoformagem para observar as diferenças entre os processos e os resultados. Os testes foram realizados em uma fábrica de embalagens compostáveis na cidade de Novo Hamburgo, estado do Rio Grande do Sul, Brasil, no dia 08/10/2022. Esta Indústria utiliza o amido de mandioca como matéria-prima base na composição de seus produtos. Foram testadas 4 composições diferentes com amido de mandioca, fibra longa de coco, pó de coco, serragem de Teca (*Tecnona grandis*) e água, em uma matriz de bandeja para alimentos, conforme descrito a seguir (proporções em relação ao peso de cada item): a) 59,7% de água, 38,3% de amido de mandioca e 1,9% de fibra longa de coco; b) 40,74% de água, 43,82% de amido de mandioca, 3,08% de fibra longa de coco e 12,34% de pó de coco; c) 25,16% de água, 38,7% de amido de mandioca e 36,13% de pó de coco; d) 37,82% de água, 35,23% de amido de mandioca e 26,94% de serragem, (Figure 3).

Figura 3. a) Mistura da composição I; b) Composição levada à matriz de termoformagem; c) bandejas termoformadas.



As misturas foram feitas de forma manual (Figura 3.a) e levadas à termoformagem durante o mesmo tempo (3'3'') e a mesma pressão (20 bar). O acréscimo de água nas composições variou de acordo com a textura e o volume que apresentaram durante a mistura. Todas as composições apresentaram resultados de conformação satisfatórios, porém, devido à sua composição e evaporação da água, revelaram pesos finais bastante diferentes (14g, 26g, 28g e 40g, respectivamente), conforme mostra a Figure 4.

Figura 4. a) Resultado visual e o peso (em gramas) de cada composição testada.



Este processo também utiliza água em sua composição, sendo um elemento essencial para a mistura dos materiais, expansão e aglutinação do amido no calor. Em contraste com a moldagem por transferência, este processo perde água por evaporação, e os resíduos pré-consumo não podem ser reprocessados, mas são compostáveis.

Esta empresa está em fase inicial de produção e adaptou uma prensa elétrica utilizada para fabricação de solado de sapatos. Atualmente eles produzem embalagem compostáveis em pequena escala, mas querem aumentar sua capacidade produtiva e dispor de outros resíduos além do amido de mandioca. Os testes com a fibra de coco e serragem de *tecnona grandis* se tornou viável devido a configuração fabril da empresa. Uma boa parte das informações sobre a viabilidade

dos testes foram fornecidas previamente pelas profissionais da empresa, reduzindo o número de tentativas até chegar no produto mínimo viável.

A moldagem por transferência permite a produção em larga escala, tornando viável atender mercados maiores, como o alimentício, por exemplo. Este processo possui a vantagem de causar menor impacto ambiental, tendo o consumo de energia reduzido e o reaproveitamento da água no processo de fabricação, bem como a reinserção das embalagens como matéria prima. O processo de termoformagem consome bastante energia elétrica em sua prensa e ocorre a evaporação da água no processo de fabricação. As embalagens não podem ser reinseridas no processo, porém, são compostáveis. O que diferencia positivamente é o acabamento sofisticado e a possibilidade maior de acondicionar alimentos, devido ao seu processo de prensagem em alta temperatura, eliminando uma boa parte de contaminação por bactérias.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com a crescente demanda por embalagens descartáveis, os modelos em polpa moldada têm conquistado espaço no mercado ao serem percebidas como um material sustentável, apesar de suas limitações estéticas e geométricas (WEVER AND TWEDE, 2007). Ao testar novas alternativas de matérias-primas para os processos de polpa moldada, o estudo evidenciou que existe a oportunidade de uso de resíduos agrícolas para substituir embalagens que são produzidas a partir de polímeros, como bandejas para alimentação, peças para proteção de produtos eletrônicos e eletrodomésticos, dentre outras.

Os testes preliminares realizados com as fibras de coco foram promissores, mas exigiram a adição de substâncias aglutinantes como os derivados de amido (na termoformagem) e a celulose (na moldagem por transferência). Os testes por termoformagem com a fibra de coco obtiveram resultados satisfatórios, porém seus resíduos não podem ser reprocessados, ao contrário da moldagem por transferência. Os parâmetros estudados serão base para a proposição de desenhos experimentais e análises de impacto dos processos fabris. Variáveis relacionadas com as composições das matérias-primas e ajustes nos parâmetros de processos permitirão inferir sobre a viabilidade técnica de produção de embalagens de polpa moldada em larga escala. Deverão ser propostos indicadores de acompanhamento dos ensaios futuros. Ademais, pretende-se aprofundar os levantamentos sobre a polpa moldada, sobre modelos produtivos existentes em outros países e aprofundar os estudos sobre adjuvantes orgânicos com propriedades aglutinantes, de brilho e outras. Respondendo à questão de pesquisa se é possível desenvolver embalagens a partir de rejeitos orgânicos fibrosos, os testes realizados em dois processos de produção distintos demonstraram viabilidade e fortes indícios de escalabilidade, importante para a viabilidade econômica, necessária para a substituição de matérias-primas de fontes não renováveis.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP por todo apoio prestado nesta pesquisa. Empresa Colepack, fabricante de embalagens em Polpa Moldada a partir de celulose; Empresa Ankur, embalagens compostáveis; Associação Brasileira de Embalagem – ABRE; Empresa Narita Design de embalagens; Empresa Mudrá inteligência em embalagens; Empresa Hélice consultoria em economia circular; e Empresa Trashin gerenciamento de resíduos.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM – ABRE. Available in: < <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2021-2/> >. access in out. 19, 2022.  
ANKUR. Available in: < <https://www.ankur.com.br> >. access in out. 19, 2022.  
BE GREEN PACKAGING. Available in: < <https://begreenpackaging.com> >. access in out. 19, 2022.

- CASAREJOS, F., BASTOS, C.R., RUFIN, C. AND FROTA, M.N. (2018), "Rethinking packaging production and consumption vis-à-vis circular economy: A case study of compostable cassava starch-based material", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier B.V., Vol. 201, pp. 1019–1028. doi.org/ 10.1016/j.jclepro.2018.08.114
- DEBNATH ET AL. (2022), "Molded\_Pulp\_Sustainable\_Packaging", *Bioresources*, available at: <https://doi.org/10.15376/biores.17.2.Debnath>.
- DIDONE, M., SAXENA, P., BRILHUIS-MEIJER, E., TOSELLO, G., BISSACCO, G., MCALOONE, T.C., PIGOSSO, D.C.A., ET AL. (2017), "Moulded Pulp Manufacturing: Overview and Prospects for the Process Technology", *Packaging Technology and Science*, John Wiley and Sons Ltd, 1 June. doi.org/ 10.1002/pts.2412
- FERRER, A., PAL, L. AND HUBBE, M. (2017), "Nanocellulose in packaging: Advances in barrier layer technologies", *Industrial Crops and Products*, Elsevier B.V., Vol. 95, pp. 574–582. doi.org/ 10.1016/j.indcrop.2016.11.012
- Gil, A.C. (2010), *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*, edited by Atlas, 1st ed., São Paulo.
- GOUW, V.P., JUNG, J., SIMONSEN, J. AND ZHAO, Y. (2017), "Fruit pomace as a source of alternative fibers and cellulose nanofiber as reinforcement agent to create molded pulp packaging boards", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 99, pp. 48–57. doi.org/ 10.1016/j.compositesa.2017.04.007
- International Molded Fiber Association. Available in: <<https://www.imfa.org/>>  
Access in out. 06, 2022.
- GROWPACK. Available in: < <https://www.growpack.bio>>. access in out. 19, 2022.
- Já fui mandioca. Available in: < <https://jafuimandioca.com.br>>. access in out. 19, 2022.
- JOHNSTON, C.M.T. (2016), "Global paper market forecasts to 2030 under future internet demand scenarios", *Journal of Forest Economics*, Vol. 25, pp. 14–28. doi.org/ 10.1016/j.jfe.2016.07.003
- Lifepack. Available in: < <https://lifepack.com.co>>. access in out. 19, 2022.
- LIU, Q., LOXTON, C., MOHAMED, A.A., JAWAID, M., BRAGANCA, R. AND ELIAS, R. (2021), "Development of pulp moulded packaging samples from empty fruit bunch fibre", *Pertanika Journal of Science and Technology*, Universiti Putra Malaysia Press, Vol. 29 No. 4, pp. 2901–2912. doi.org/ 10.47836/PJST.29.4.36
- LU, S., YANG, L., LIU, W. AND JIA, L. (2020), "User preference for electronic commerce overpackaging solutions: Implications for cleaner production", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier Ltd, Vol. 258, available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120936>.
- Pulpac. Available in: < <https://www.pulpac.com>>. access in out. 19, 2022.
- RATTANAWONGKUN, P., KERDDONFAG, N., TAWICHAI, N., INTATHA, U. AND SOYKEABKAEW, N. (2020), "Improving agricultural waste pulps via self-blending concept with potential use in moulded pulp packaging", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Elsevier Ltd, Vol. 8 No. 5, available at: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104320>.
- SASTRE, R.M., DE PAULA, I.C., ZENI, C.F. AND ECHEVESTE, M.E.S. (2020), "Packaging Radar: a Preliminary Reference for Packaging Design in a Systemic and Complex Context", *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference*, Vol. 1 No. 2002, pp. 2139–2148. doi.org/ 10.1017/dsd.2020.324
- WEETMAN, C. (2019), *Economia Circular: Conceitos e Estratégias Para Fazer Negócios de Forma Mais Inteligente Sustentável e Lucrativa*, 1st ed., Autêntica Business, São Paulo.
- WESTMAN, M.P., FIFIELD, L.S., SIMMONS, K.L., LADDHA, S. AND KAFENTZIS, T.A. (2010), *Natural Fiber Composites: A Review*, Richland, WA (United States), available at: <https://doi.org/10.2172/989448>.
- WEVER, R. AND TWEDE, D. (2007), *The History of Molded Fiber Packaging; a 20 Th Century Pulp Story*, available at: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com). <https://doi.org/10.4324/9781315882857-7>
- ZHANG, Y., DUAN, C., BOKKA, S.K., HE, Z. AND NI, Y. (2022), "Molded fiber and pulp products as green and sustainable alternatives to plastics: A mini review", *Journal of Bioresources and Bioproducts*, KeAi Communications Co., 1 February. doi.org/ 10.1016/j.jobab.2021.10.003