

Alternativas para a reutilização de uma fibra vegetal amazônica por meio de uma metodologia de Design orientada pelo material

Alternatives of reusing an Amazonian vegetal fiber through a Material-Driven Design Methodology

Alternativas de reutilización de una fibra vegetal amazónica mediante una metodología de diseño orientado a materiales

DOI: 10.5965/25944630932025e7514

Lauro Arthur Farias Paiva Cohen

Universidade do Estado de Minas Gerais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6361-1712>

Eliane Ayres

Universidade do Estado de Minas Gerais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8734-0056>

Nubia Suely Silva Santos

Universidade do Estado do Pará

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7174-8046>



Licenciante: *Revista de Ensino em Artes, Moda e Design*, Florianópolis, Brasil.

Este trabalho está licenciado sob uma licença **Creative Commons Attribution 4.0 International License**.

Publicado pela Universidade do Estado de Santa Catarina



Copyright: © 2025 pelos autores.

Submetido em: 01/07/2025

Aprovado em: 25/08/2025

Publicado em: 01/10/2025

Resumo

Nativo da Amazônia, o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma das frutas mais consumidas na região Norte do Brasil. Sua cadeia produtiva é importante devido à sua identidade cultural e econômica, bem como aos benefícios à saúde proporcionados pelo consumo da polpa. No entanto, os resíduos do processamento são responsáveis por problemas ambientais, sociais e econômicos. Dentre os subprodutos, destaca-se a fibra do caroço do açaí. Este artigo apresenta dois cenários e possibilidades (folhas de celulose e não-tecidos) para o reaproveitamento da fibra por meio de uma metodologia experimental denominada *Material Driven Design* (MDD), em um contexto de pesquisa e experimentação com resíduos. Como resultado, este trabalho oferece a possibilidade de relacionar dois processos produtivos distintos, mas com origens comuns, destacando narrativas ricas de ensino e aprendizagem. Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) nas fibras identificou a presença de bandas de absorção comumente encontradas em materiais alternativos utilizados na produção de papel. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) nos permitiu visualizar a microestrutura dos materiais desenvolvidos, revelando como as mudanças no processo impactam diretamente sua estrutura e propriedades. A análise visual e tangível é crucial para fornecer insights sobre as mudanças que ocorreram e porque ocorreram, conectando a teoria da literatura científica à prática laboratorial.

Palavras-chaves: Resíduos agroindustriais. Materiais alternativos. Design orientado à prática. Biodiversidade.

Abstract

A native species of the Amazon, açai (Euterpe oleracea Mart.) is one of the most consumed fruits in the northern region of Brazil. Its production chain is important due to its cultural and economic identity, as well as the health benefits that the consumption of the pulp provides. However, processing waste is responsible for environmental, social, and economic problems. Among the byproducts, the fiber from the açai seed stands out. The article presents two scenarios and possibilities (cellulose sheets and nonwoven) for reusing the fiber through an experimental methodology, called Material Driven Design (MDD), in a context of research and experimentation with waste. As a result, this work provides the possibility of relating two distinct production processes but with common backgrounds, highlighting rich teaching and learning narratives. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) on the fibers identified the presence of absorption bands commonly found in alternative materials used in paper production. Scanning Electron Microscopy (SEM) allowed visualizing the microstructure of the developed materials, revealing how changes in the processes directly impact their structure and properties. Visual and tangible analysis is crucial to provide insights into the changes that occurred and why they occurred, linking the theory of scientific bibliography to laboratory practice.

Keywords: Agro-industrial waste. Alternative materials. Practice-oriented design. Biodiversity.

¹ Lauro Arthur Farias Paiva Cohen, Mestre em Design pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Professor do Departamento de Design do Centro Universitário Senac, São Paulo - SP. Email: laurocohenn@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/5097323378241303>, <https://orcid.org/0000-0001-6361-1712>.

² Eliane Ayres, Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora do Programa de Pós-Graduação em Design (PPGD) da UEMG. Email: eliane.ayres.pu@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/1370798140664840>, <https://orcid.org/0000-0001-8734-0056>

³ Nubia Suely Silva Santos, Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Curadora do projeto Biblioteca de Materiais da UEPA. Professor do Departamento de Design da UEPA. Email: nubiasantos@uepa.br, <http://lattes.cnpq.br/3864632348448605>, <https://orcid.org/0000-0002-7174-8046>

Resumen

Originario de la Amazonia, el açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) es una de las frutas más consumidas en el norte de Brasil. Su cadena productiva es importante debido a su identidad cultural y económica, así como a los beneficios para la salud que brinda el consumo de su pulpa. Sin embargo, los residuos de su procesamiento son responsables de problemas ambientales, sociales y económicos. Entre los subproductos, destaca la fibra de la semilla de açaí. Este artículo presenta dos escenarios y posibilidades (láminas de celulosa y telas no tejidas) para la reutilización de fibras mediante una metodología experimental denominada Diseño Impulsado por Materiales (MDD), en un contexto de investigación y experimentación con residuos. Como resultado, este trabajo ofrece la posibilidad de relacionar dos procesos de producción distintos, pero con orígenes comunes, destacando narrativas enriquecedoras de enseñanza y aprendizaje. La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) en las fibras identificó la presencia de bandas de absorción comunes en materiales alternativos utilizados en la producción de papel. La microscopía electrónica de barrido (MEB) permitió visualizar la microestructura de los materiales desarrollados, revelando cómo los cambios en el proceso impactan directamente en su estructura y propiedades. El análisis visual y tangible es crucial para obtener información sobre los cambios que ocurrieron y por qué ocurrieron, conectando la teoría de la literatura científica con la práctica de laboratorio.

Keywords: Residuos agroindustriales. Materiales alternativos. Diseño orientado a la práctica. Biodiversidad.

1 Introdução

O esgotamento dos recursos pela exploração humana do meio ambiente, devido à extração de matérias-primas e à geração de resíduos, reforça a necessidade de pensar em novas alternativas aos modelos de produção atuais. Assim, a circularidade dos materiais surge como uma solução para o melhor aproveitamento dos recursos (Velenturf; Purnell, 2021).

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas e extrativistas do mundo. Nos últimos anos, a indústria de processamento tem gerado grandes quantidades de resíduos, que podem ser reutilizados de forma eficiente (Silva et al., 2020). A biomassa residual pode ser convertida em biocombustíveis, bioenergia e biofertilizantes, suprimindo deficiências energéticas nas indústrias e em toda a região brasileira. Outras possibilidades incluem o desenvolvimento de potenciais aplicações para *agrofibras* de base biológica, embalagens, design de interiores e produtos industriais (Siqueira et al., 2022; Santos, 2025).

Entre as espécies mais promissoras está o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Após a popularidade da fruta, a cadeia produtiva tornou-se uma das mais importantes para o Brasil, representando 13,32% da extração vegetal nacional (IBGE, 2024). Por outro lado, o interesse e a demanda por atendimento ao mercado externo são responsáveis pela alta produção de resíduos, que em muitas situações são descartados irregularmente nas áreas urbanas da região. O descarte de resíduos é feito, em grande parte, por meio do despejo em canais de esgoto, em áreas periféricas ou diretamente em rios e córregos (Miranda et al., 2022).

A atividade de Design é entendida como crucial para essa alternativa, pois se refere ao campo da criatividade, no qual ideias são geradas e um paralelo é feito entre possibilidades técnicas e oportunidades criativas. Além disso, a área é entendida como um importante vetor para identificação e agregação de valor às cadeias produtivas no país.

Este estudo tem como objetivo relatar o processo de desenvolvimento de possibilidades para o reaproveitamento de fibras, como folhas de celulose e não-tecidos.

A abordagem metodológica segue um caráter exploratório e experimental, com o objetivo de testar combinações por meio de experimentos. Este trabalho oferece a possibilidade de relacionar dois processos de produção distintos, mas com origens comuns, destacando narrativas ricas de ensino e aprendizagem.

1.1 Sustentabilidade e novas alternativas

Embora o sistema alimentar tenha alcançado ganhos de produtividade nos últimos séculos, atualmente é inadequado para atender às necessidades de longo prazo. A indústria tem avançado no aumento da produção global e no atendimento às demandas da crescente população mundial. No entanto, o cenário também traz consequências negativas, como poluição ambiental, descarte irregular e degradação de ambientes naturais ou urbanos (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

A região amazônica é um espaço com grande biodiversidade e conhecimentos tradicionais profundamente ligados à gestão dos recursos naturais. Contudo, os espaços nesse território estão se tornando cada vez mais urbanos, com a crescente demanda por serviços básicos, incluindo o gerenciamento de resíduos. É importante destacar que não existe uma solução única para garantir um futuro sustentável para a Amazônia, porém, o fator decisivo é conciliar conservação da biodiversidade, urbanização e desenvolvimento local (Paes; Campos-Silva; Oliveira, 2021).

Nesse caso, os princípios da economia circular são essenciais para mudar o cenário descrito. Destaca-se a necessidade de eliminar o desperdício e a poluição para reduzir as ameaças à biodiversidade e circular produtos e materiais.

O setor têxtil pode ser definido como o setor que transforma fibras e fios em matérias-primas para uma ampla gama de produtos, como vestuário, roupa de cama, mesa e banho. Desde a revolução industrial, os produtos têxteis ganharam volume e importância nunca antes vistos. Há uma conscientização emergente sobre os diferentes impactos da indústria têxtil, com ênfase na necessidade de desenvolver e aplicar abordagens sustentáveis. Devido ao aumento do consumo de fibras têxteis, novas matérias-primas e processos circulares são foco de Pesquisa e Desenvolvimento em diferentes setores da cadeia (Felgueiras et al., 2021).

Um exemplo do aproveitamento de resíduos agroindustriais são as sacolas feitas a partir de resíduos da agroindústria do melão, nas quais as cascas passam por tratamento enzimático e resultam em um material maleável/resistente (Shibata et al., 2023). Na área têxtil, destaca-se a startup indiana Aamati Green, que produz capas com material semelhante ao couro, obtido a partir das fibras da casca da manga (Gomes, 2023).

Além de pesquisas, testes e alternativas, considera-se que o investimento financeiro no desenvolvimento de materiais sustentáveis aumentou consideravelmente no cenário global. Entre 2015 e 2024, US\$ 2,3 bilhões foram investidos em produtos de design e moda feitos a partir de resíduos, fungos, fibras vegetais e outras fontes alternativas. Estima-se que, até 2026, o setor representará 3% de um mercado avaliado em US\$ 70 bilhões (Material Innovation Initiative, 2024).

Ao longo da história, o papel, um material comum hoje em dia, já foi raro e caro. Sua escassez dificultou a transição da cultura oral para a literária, com as primeiras formas de transferência de conhecimento baseadas em pedra, argila, madeira ou pinturas murais (Lefteri, 2017). Historicamente, o papel era feito de biomassa vegetal, como linho, algodão, bambu e palha. No entanto, em meados do século XIX, o aumento da demanda levou ao uso de materiais lenhosos. Atualmente, há um interesse renovado por matérias-primas alternativas, dadas suas diversas características, dimensões das fibras e composições químicas, oferecendo grande potencial para a produção de papel (Eugenio et al., 2019).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de polpa de celulose, mas sua silvicultura depende principalmente de eucalipto e pinus. O eucalipto é predominantemente plantado devido à sua resiliência, rápido crescimento, adaptabilidade, potencial econômico e versatilidade no uso da madeira (Cunico et al., 2021).

Embora o eucalipto seja a matéria-prima predominante na indústria brasileira de celulose, sua monocultura causa problemas ambientais, como a simplificação dos ecossistemas e o esgotamento dos nutrientes do solo. No entanto, a crescente pesquisa por fontes alternativas de fibras é bastante promissora. Essas novas fontes oferecem a oportunidade de diversificar as características do papel, além de reduzir a dependência

de uma única espécie, contribuindo para uma produção mais sustentável e uma maior variedade de produtos, explorando as particularidades de cada fibra para atender às demandas específicas do mercado (Sanquetttta et al., 2020).

1.2 Design e desenvolvimento de materiais

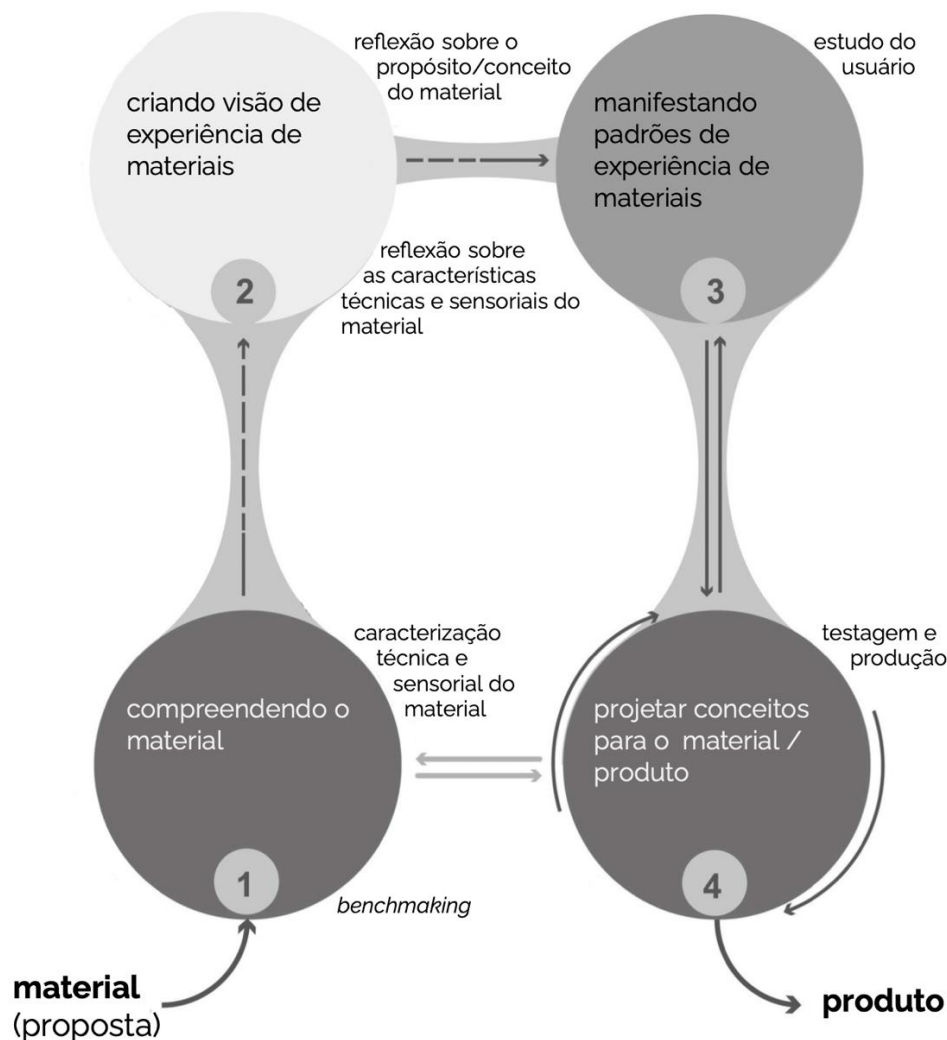
Historicamente, o desenvolvimento e o avanço da sociedade estiveram diretamente ligados às habilidades de produção e manipulação de materiais para atender às necessidades humanas. Em alguns casos, é comum associar certas civilizações à sua relação com os materiais (Callister; Rethwisch, 2020). O mundo e as percepções sobre os materiais estão passando por mudanças, impulsionados pela necessidade de encontrar soluções sustentáveis. Como resultado, o conhecimento sobre materiais está se tornando muito importante para designers, não apenas para desenvolver novos produtos, mas também para uma melhor compreensão de suas propriedades e valores (Lefteri, 2017).

Os profissionais de design encarregados do desenvolvimento de novos materiais devem navegar habilmente pelas nuances multifacetadas inerentes a um projeto de material. O manuseio prático e a experiência em laboratório são primordiais, fornecendo informações técnicas e experimentais essenciais para o design de produtos, que podem ser traduzidas em diversos aspectos.

Em um contexto de ensino e aprendizagem, essas experiências contribuem significativamente para a formação de designers e engenheiros, permitindo-lhes desenvolver uma compreensão profunda das propriedades dos materiais, dos processos de fabricação e de suas aplicações práticas, fomentando assim a inovação e a capacidade de resolver problemas complexos no desenvolvimento de produtos. Uma das abordagens de Design para desenvolvimento de materiais é exemplificada no método *Material Driven Design* (MDD), Figura 01. Trata-se de uma ferramenta que visa projetar com base nas experiências e percepções dos materiais, um dos seus objetivos é trazer o material para o centro do projeto, de modo que a prática de design seja guiada pelo desenvolvimento do material (Karana et al., 2015). A partir do desenvolvimento de um novo material ou produto no processo de MDD, o designer poderá saber como o material se comporta em diferentes circunstâncias e como ele reage quando submetido a

diferentes técnicas ou processos de fabricação. Este método é indicado para projetos de produtos com materiais provenientes de resíduos (Ferreira et al., 2024).

Figura 01: Método Material-Driven Design (MDD)



Fonte: Karana et. al, 2015

A partir desse contexto, uma variedade de possibilidades pode ser compreendida na experimentação com matérias-primas. A proximidade com o conhecimento e a manipulação de materiais permite que designers controlem a fabricação de seus próprios projetos, com a capacidade de projetar com base em critérios de sustentabilidade e romper uma barreira na exploração de novos recursos, capazes de representar alternativas valiosas e sustentáveis (Bak-Andersen, 2021).

1.3 Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

A palmeira-açaí, Figura 02, é uma palmeira típica da região amazônica, da qual se obtém o fruto do açaí. Ocorre espontaneamente nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão e Amapá. Densos e quase homogêneos, os açaizeiros nativos são comuns em várzeas, igapós (terras constantemente alagadas) e terras secas, fazendo parte do cotidiano das pessoas que habitam as regiões das ilhas ou são banhadas pelo rio. Açaí é um termo de origem indígena (yassa"y) que significa "palmeira-d'água" (Nogueira et al., 1995).

Figura 02: Palmeira de açaí e fruto de Açaí



Fonte: Autores, 2025.

Até o final da década de 1990, a fruta não era considerada, em termos financeiros, uma atividade relevante para a lógica de mercado. O cenário mudou devido ao interesse nacional e internacional, atrelado aos benefícios naturais e à comercialização da polpa. Atualmente, a indústria do açaí é uma das fontes econômicas mais importantes para a região Norte. Um levantamento mostra que, em 2023, foram produzidas 232.892 toneladas da fruta, sendo o estado do Pará o maior produtor (167.625 toneladas), seguido pelo Amazonas (43.877 toneladas). Em termos de valor da produção, a produção gerou R\$ 1.854.764,00 mil no ano (IBGE, 2024).

A principal desvantagem da cadeia produtiva é a quantidade de resíduos de biomassa, compostos pelo caroço, fibras (que reverterem para o caroço) e lodo do processamento da polpa. A quantidade de resíduos gerados varia de 71% a 95% da massa processada da fruta (Bufalino et al., 2018). Os resíduos, como mostra a Figura 03, acumulam-se em depósitos, localizados em frente a estabelecimentos comerciais de açaí ou em áreas periféricas, o que aumenta a poluição urbana e reforça um cenário de desenvolvimento predatório na região.

Figura 03: Resíduos de açaí em contexto urbano na cidade de Belém (Pará-Brasil)



Fonte: Autores, 2025.

Do ponto de vista material, o resíduo de açaí é um alvo de pesquisa atraente, visto que é um subproduto industrial abundante. Diversas alternativas têm sido encontradas, como o desenvolvimento de compósitos com matriz de poliuretano e resina de mamona, com aplicações em design de produtos e interiores (Cavalcanti et al., 2021; Mesquita et al., 2018), compósito de poli(ácido láctico) para uso em filamentos de impressão 3D (Cohen; Ayres, 2025) e o uso de partículas na construção civil (Barbosa et al., 2019). Em estudo anterior, a importância da cadeia produtiva foi reforçada pela viabilidade e utilização de seus subprodutos para outras atividades. No entanto, uma lacuna notável em estudos e experimentos de design frequentemente direciona as investigações a se concentrarem predominantemente nos parâmetros técnicos dos materiais.

Em um contexto de ensino e aprendizagem, isso destaca uma área crucial para o desenvolvimento curricular e a exploração prática, incentivando os alunos não apenas a compreender as propriedades dos materiais, mas também a investigar as implicações mais amplas das cadeias de produção, os princípios da economia circular e o potencial

de inovação em design por meio da valorização de subprodutos. Essa abordagem promove uma compreensão mais holística do papel do design em práticas sustentáveis e na otimização de recursos.

2 Metodologia

Quanto aos procedimentos metodológicos, o método experimental foi utilizado para o desenvolvimento de materiais, com o objetivo de testar novas combinações por meio de experimentos em laboratório e avaliar os resultados obtidos. Para a pesquisa em Design, o método experimental é utilizado como ferramenta para visualizar percepções e potenciais aplicações. O processo experimental foi baseado no método MDD, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Descrição das fases do MDD e sua aplicação em pesquisa

Fase	Técnicas de Descrição	Cenário de aplicação Karana (et al., 2015)	Ferramentas e estratégias Karana (et al., 2015)	Aplicação na pesquisa proposta
Compreendendo o material (Fase 1)	Conhecimento das propriedades técnicas e subjetivas do material.	- Material Desconhecido; - Amostra em desenvolvimento; - Busca definir propriedades e estudar áreas de aplicação.	- Revisão bibliográfica; - Experimentos manuais e de laboratório.	- Coleta de material em contexto de resíduos; - Experimentos manuais com a fibra/Experiências laboratoriais para desenvolvimento e caracterização de amostras;

Fonte: Autores, 2025.

Os materiais foram coletados pelos pesquisadores em sacos de resíduos encontrados nas ruas de Belém (Pará – Brasil), gerados por estabelecimentos comerciais de polpação (popularmente conhecidos como “Casas de Açaí”). Foi necessário utilizar equipamentos de segurança e separar o material coletado com uma peneira, para separar os resíduos de açaí de outros resíduos encontrados nos sacos (como restos de comida e lixo doméstico). As atividades a seguir foram desenvolvidas em laboratórios científicos.

2.1 Folha de celulose

O processamento das fibras de açaí para a produção de folhas de celulose iniciou-se com o branqueamento do material (remoção da lignina). Para esse processo, foram utilizados clorito de sódio fornecido pela Petra Química Indústria e Comércio de Produtos Químicos (Apucarana – PR), hidróxido de sódio e ácido acético glacial fornecidos pela Dinâmica Química Contemporânea (Indaiatuba – SP).

Duas soluções foram preparadas: (I) solução de clorito de sódio, na qual 17 g de clorito de sódio foram pesados e o volume completado para 1000 mL com água deionizada; (II) solução tampão acetato, na qual 27 g de hidróxido de sódio foram dissolvidos em 700 mL de água deionizada e 75 mL de ácido acético glacial foram adicionados. O volume foi então completado para 1000 mL com água deionizada. O branqueamento foi realizado em um balão de três vias com ambas as soluções na proporção de 1:1 por 1 hora à temperatura de refluxo.

Para produzir a folha de celulose, foi preparada uma solução de 1:10, considerando a razão entre a massa de fibra branqueada e o volume da solução. Dois métodos de produção da folha de celulose foram avaliados: (i) sistema de filtração a vácuo com membrana Millipore de 0,22 μm e secagem à temperatura ambiente; (ii) tela retangular de nylon e secagem à temperatura ambiente.

Para observar as alterações na morfologia da superfície das amostras, foram obtidas imagens de MEV da fibra in natura e branqueada, além de imagens das folhas de celulose produzidas. Outra caracterização foi o FTIR da folha de celulose, com o objetivo de investigar a presença de bandas de absorção comumente encontradas em materiais alternativos utilizados na produção de papel.

As imagens de MEV foram obtidas utilizando um scanner de feixe de elétrons de bancada Hitachi 4000 Plus operando a 15 kV. As amostras foram revestidas e fixadas a um porta amostras com fita de carbono condutiva e representadas com um detector de elétrons retroespalhados. O FTIR foi realizado usando um espectrômetro Perkin Elmer Frontier FT-IR no modo de reflexão total atenuada, e os espectros foram registrados em números de onda de 500 a 4000 cm^{-1} com uma resolução de 4 cm^{-1} .

2.2 Não-tecido

O desenvolvimento do não-tecido iniciou-se com a formação de uma manta de fibras de açaí. Para isso, foram utilizados dois moldes poliméricos, um retangular (11,5 x 20 cm) e outro quadrado (8 x 8 cm). As fibras foram dispersas nos recipientes com o auxílio de uma peneira. A espessura foi controlada pela quantidade de material despejado. Para o molde retangular, foram utilizados 5 gramas de fibra e, para o molde quadrado, 2 gramas.

Para consolidar a manta, foi preparada uma solução com amido de mandioca. O amido de mandioca, um dos biopolímeros mais disponíveis e economicamente viáveis, é utilizado como ligante natural no desenvolvimento de compósitos poliméricos e em diferentes tecnologias verdes (Matheus et al., 2023).

Além disso, trata-se de uma matéria-prima encontrada abundantemente na região amazônica. Durante o desenvolvimento do projeto do novo material, esse parâmetro foi levado em consideração para que a matéria-prima pudesse ser replicada em diferentes cenários amazônicos com facilidade. Após a conclusão, as amostras foram submetidas ao processo de laminação em um conjunto de cilindros rotativos.

Para observar a formação do tecido não-tecido ao microscópio, foram obtidas imagens de MEV do material processado. As imagens de MEV foram obtidas com o auxílio de um equipamento de bancada Hitachi 4000 Plus com feixe de elétrons operando a 15 kV. As amostras foram fixadas em um porta amostras com o auxílio de uma fita de carbono condutora e capturadas com o detector de elétrons retroespalhados.

3 Resultados e discussões

O processo de experimentação com os materiais teve início com a obtenção dos resíduos de açaí e os tratamentos iniciais de limpeza para separar os componentes da matéria-prima, conforme mostrado na Figura 4. Parte do método foi intuitivo devido à ausência de um protocolo específico para a manutenção dos subprodutos da cadeia produtiva do açaí. Com base no método MDD, esta é uma oportunidade para o projetista avaliar critérios de sustentabilidade do processo, conduzir o processamento e gerar insights de acordo com questões relevantes para a pesquisa (Karana et al., 2015).

Figura 04: Resíduos mistos; caroços; fibras e borra de açaí - respectivamente



Fonte: Autores, 2025.

Nesse processo, utilizou-se água corrente e uma peneira de náilon para a separação inicial da borra de açaí. Após a secagem em temperatura ambiente, as fibras foram separadas manualmente das sementes.

"Durante esse processo, o atrito da peneira facilitou a remoção das fibras, que se desprenderam da semente sem a interferência direta do pesquisador. Uma alternativa para evitar o trabalho manual seria inserir as sementes com as fibras em um moinho de batelada. No entanto, durante os experimentos, optou-se pela separação manual para evitar o consumo de energia elétrica e a mistura das fibras com a semente em partículas menores.

Nesses ambientes, o conhecimento sobre design e materiais é construído fundamentalmente por meio da imersão prática. A experiência em laboratório proporciona uma compreensão aprofundada das nuances dos materiais e suas aplicações, gerando insights críticos que emergem diretamente da experimentação e da manipulação. Diferentemente do modelo tradicional de ensino em sala de aula, em que a teoria precede a prática, aqui a aprendizagem é intrínseca à prática, permitindo que designers e pesquisadores explorem limitações e potencialidades de forma orgânica, com base na realidade dos materiais (Bak-Andersen, 2021).

A experiência manual foi crucial para que o projetista compreendesse as limitações da extração da fibra de açaí e do projeto. Essa experiência prática demonstrou que o método atual não é viável em escala industrial, exigindo adaptações para processos mais rápidos e rigoroso controle de qualidade, revelando as reais barreiras para a otimização do projeto.

Em contraste com o método experimental adotado no presente estudo, a pesquisa de Mesquita et al. (2018) concentra-se na extração mecânica de fibras de açaí utilizando uma lixadeira circular de bancada. Observa-se uma divergência fundamental em termos de escala, finalidade e técnica. Essa abordagem visou obter um volume maior de fibras de referência, padronizadas para atender a requisitos técnicos específicos para a fabricação de painéis, distanciando-se do escopo experimental e da menor escala de amostras de folhas de celulose e não-tecidos.

Por outro lado, a técnica empírica empregada apresentou notável semelhança com o método tradicionalmente utilizado pelos artesãos da comunidade do Maracanã, na cidade de São Luís (Brasil). As sementes de açaí são uma matéria-prima valiosa para os artesãos, e seu ponto alto é a venda durante os períodos festivos da comunidade. Se descartados para uma finalidade específica, os resíduos restantes (fibras e borras) são utilizados em experimentos para a produção de painéis, vasos e outros ornamentos que nem sempre são comercializados (Saraiva et al., 2021). Essa relação revela uma valiosa convergência entre o conhecimento científico e as práticas ancestrais, destacando a sabedoria das técnicas manuais e o potencial de diálogo e enriquecimento mútuo entre a pesquisa em design e o conhecimento popular.

3.1 Folha de celulose

Após o branqueamento, as fibras naturais, de coloração marrom, sofrem uma mudança significativa em seu aspecto visual, conforme ilustrado na Figura 5. Além da mudança para uma coloração clara, o tratamento químico favorece a formação de fibras mais finas e leves (Gavrilas et al., 2024).

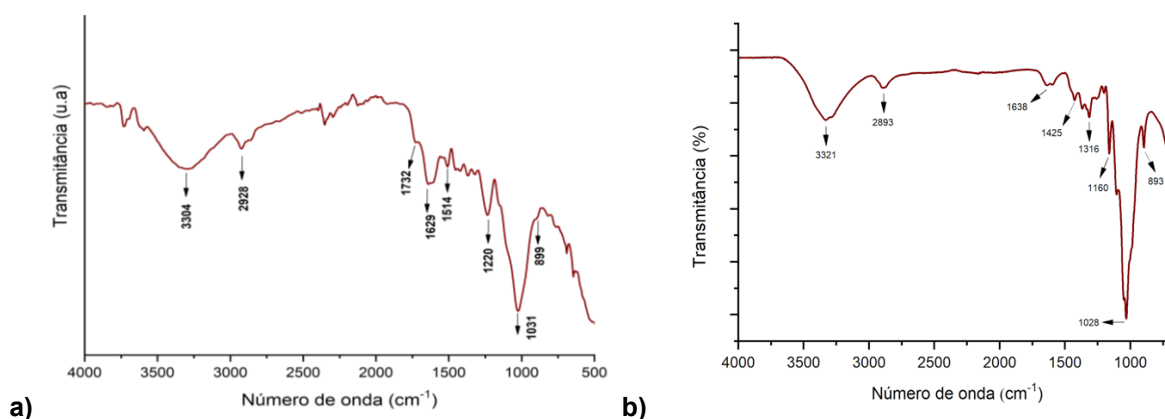
Figura 05: Amostras de fibra de açaí crua e amostras de fibra branqueada



Fonte: Autores, 2025.

De acordo com a Figura 6a, o espectro de FTIR das fibras de açaí apresenta as principais bandas atribuídas a materiais lignocelulósicos. Assim, os grupos funcionais detectados são aqueles devidos à hemicelulose, celulose e lignina. A banda em 3304 cm^{-1} corresponde à ligação O-H, enquanto a banda em 2928 cm^{-1} é atribuída ao estiramento assimétrico de CH e CH₂ (Oliveira et al., 2019; Sena Neto et al., 2013).

Figura 06: Espectro FTIR: **a)** fibra de açaí *in natura*; **b)** fibra de açaí branqueada



Fonte: Autores, 2025.

As bandas em 1732 e 1629 cm^{-1} estão relacionadas a grupos acetila e ligações C=O, que são características da hemicelulose. Um pico de lignina está localizado na banda de 1514 cm^{-1} devido a vibrações aromáticas no plano C=C. As

bandas em 1220 cm^{-1} e 1240 cm^{-1} foram encontradas na literatura como alongamento dos grupos acetila (-COR) da hemicelulose (Oliveira et al., 2019; Sena Neto et al., 2013).

Em 1220 cm^{-1} , observa-se respiração do anel aromático com estiramento C-O e C=O da lignina. A banda em 1031 cm^{-1} está associada ao alongamento dos grupos C-O-C presentes na hemicelulose, lignina e celulose. Além disso, pequenas bandas em comprimentos de onda mais curtos seriam interpretadas como o alongamento da ligação Si-O, indicando a presença de cristais de sílica (Aridi et al., 2020).

Como mostrado na Figura 6b, o espectro de FTIR da polpa de fibra branqueada apresenta as principais bandas atribuídas aos materiais lignocelulósicos após o branqueamento. Assim, os principais grupos funcionais detectados são aqueles derivados da celulose. A banda de 1732 cm^{-1} atribuída à hemicelulose na fibra *in natura* de açaí desapareceu após o tratamento alcalino. As bandas de 1220 cm^{-1} e 1514 cm^{-1} associadas, respectivamente, ao anel aromático e ao pico de lignina também desapareceram (Oliveira et al., 2019).

A análise de FTIR em projetos e pesquisas de materiais é crucial para a compreensão das mudanças na composição química da fibra de açaí *in natura* e da branqueada, impactando diretamente o processo de design do produto. A compreensão dessas mudanças químicas permite que os projetistas selecionem o tipo de fibra mais adequado para uma aplicação específica.

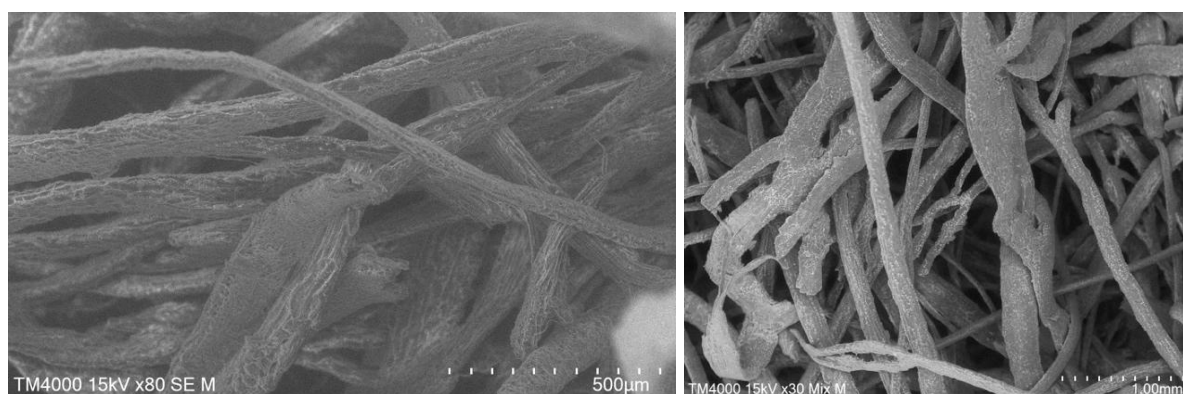
Além do FTIR, a eficiência do branqueamento pode ser monitorada medindo-se a redução de corpos coloridos (Anisuzzaman, 2025), conforme demonstrado na Figura 5 desta pesquisa. Os estudos corroboram a importância do controle dos processos de beneficiamento e branqueamento para a eficiência da polpação, destacando que o uso de soluções alcalinas, como o NaOH, promove a manipulação seletiva de lignina e hemicelulose, favorecendo a purificação das fibras celulósicas e a alteração da cor (Martins et al., 2025).

Ao identificar alterações em grupos funcionais, o FTIR revela as implicações dos tratamentos de branqueamento nas propriedades das fibras, como estabilidade térmica e compatibilidade com diferentes matrizes (Aridi et al., 2020). Uma fibra branqueada com menor teor de lignina pode oferecer melhor adesão em determinados

compósitos ou maior clareza visual, enquanto a fibra natural pode reter maior resistência mecânica e sustentabilidade (Oliveira et al., 2019; Sena Neto et al., 2013).

As imagens de MEV, Figura 07, mostram que a fibra *in natura* não possui uma superfície lisa e homogênea. Pontos brilhantes são encontrados e sugerem a presença do elemento silício, com número atômico superior ao do carbono e do hidrogênio, o que justifica a reflexão na imagem (Gavrilas et al., 2024).

Figura 07: Imagens MEV da fibra *in natura*

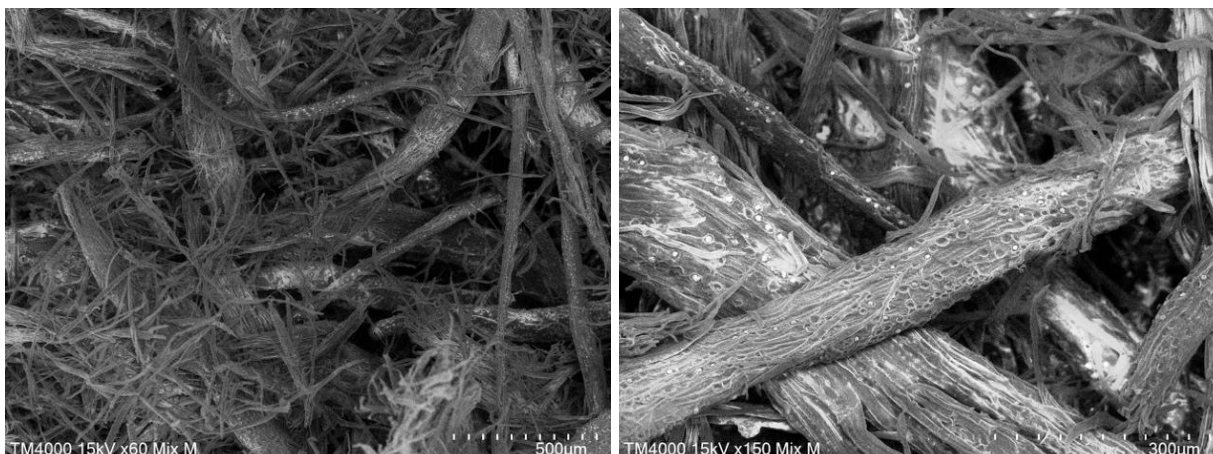


Fonte: Autores, 2025.

Essa sugestão está de acordo com os resultados de FTIR, que mostraram pequenas bandas em comprimentos de onda correspondentes às ligações Si-O encontradas na sílica. Quando a fibra vegetal passa por tratamento químico para remoção de lignina, sua rugosidade aumenta (Vinod et al., 2020). Estudos revelam que essas estruturas obstruídas são canais de trincheira. Após o processo relatado, os canais ficam desobstruídos. Essa estrutura, porosa e com grandes cavidades, possui potencial de adsorção e filtração (Oliveira et al., 2019; Pessoa et al., 2010).

As imagens de MEV da fibra branqueada, Figura 08, ilustram que o tratamento químico foi responsável por alterar a estrutura superficial do material. Como consequência, houve a desfibrilação da fibra e a individualização de seus feixes. Após o branqueamento, a superfície tornou-se rugosa e alguns canais ficaram desobstruídos, embora ainda tenha sido encontrada sílica, como indicado pela presença de pontos brancos. Além disso, as imagens comprovam a diminuição do diâmetro do material.

Figura 08: Imagens MEV da fibra após o branqueamento



Fonte: Autores, 2025.

A amostra formada por meio de filtração a vácuo, Figura 09a, apresenta maleabilidade e resistência (análise qualitativa). Após o processo de secagem, uma das superfícies do material apresentou a topografia da superfície do filtro. Recomenda-se que as amostras sejam removidas após o material estar completamente seco, pois, quando em contato com a umidade, apresenta uma estrutura frágil e propensa a rasgos, conforme mostrado na Figura 09b.

Figura 09: a) Amostra de folha de celulose filtrada a vácuo; b) Amostras deformadas durante a retirada do filtro



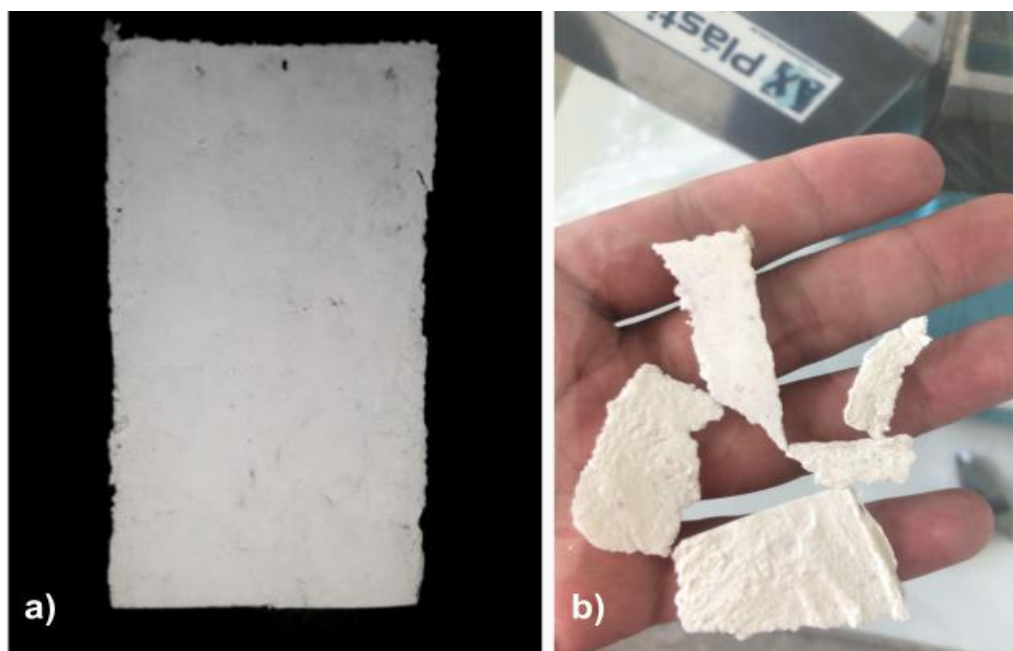
Fonte: Autores, 2025.

De acordo com a literatura, fibras vegetais mais curtas são adequadas para a formação de folhas de celulose com propriedades físicas satisfatórias (El-Sayed; El-Sakhawy; El-Sakhawy, 2020). Com a ação química, a parede celular da fibra é danificada e esse fenômeno é muito importante, pois aumenta a área específica e a capacidade das

fibras de se unirem, de modo que as polpas para produção de papel tendem a ser menos floculadas. A conformabilidade da fibra também tem seu desempenho aprimorado, o que significa que a quantidade de contato entre as fibras aumenta na folha de celulose (Passas, 2012).

Durante o processo de secagem, as amostras formadas com telas de náilon, Figura 10a, apresentaram um material com superfície uniforme, lisa e sensível ao toque. Obteve-se um material consistente, porém rígido, quebradiço e menos maleável, Figura 10b, quando comparado às amostras do primeiro processamento, o que não permite flexão sem danificar a estrutura.

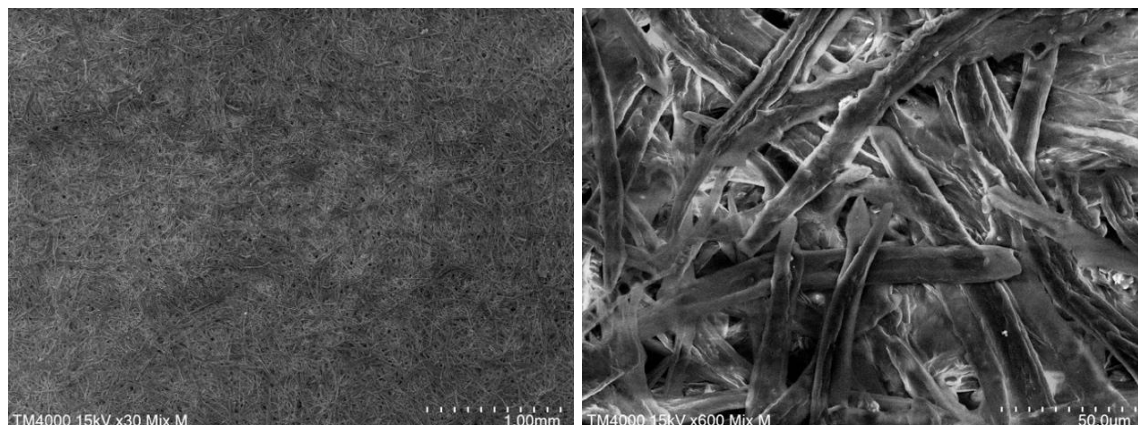
Figura 10: Amostras de folhas de celulose formadas através de telas de náilon



Fonte: Autores, 2025.

A diferença nas características entre os materiais, desenvolvidos pelos dois processos distintos, podem ser compreendidas comparando-se as imagens de MEV das duas amostras. O material obtido por filtração a vácuo, Figura 11, apresenta baixa presença de espaços vazios em sua superfície, além da proximidade entre as fibras de açaí por meio do entrelaçamento.

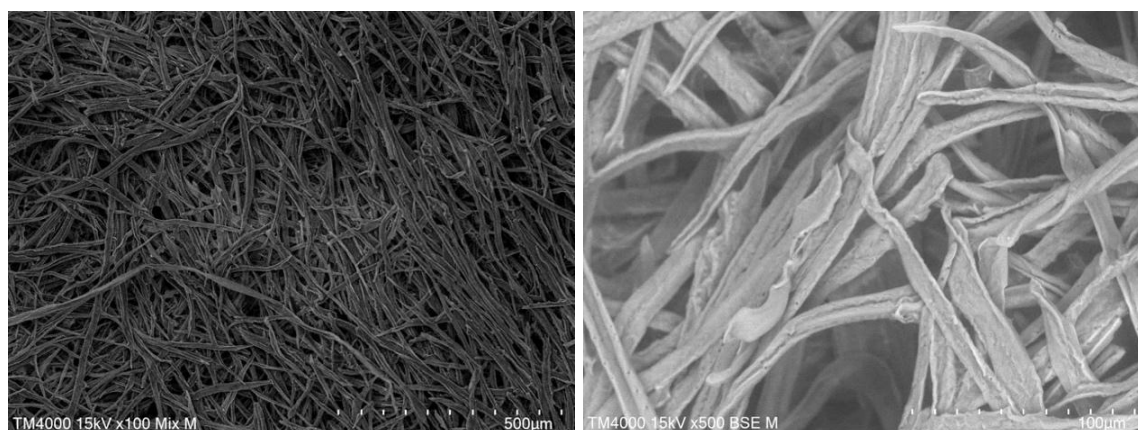
Figura 11: Imagens MEV de folha de celulose formada por filtração a vácuo



Fonte: Autores, 2025.

Apesar da dispersão e formação de superfície semelhantes, as imagens MEV da folha de celulose formada usando a malha de náilon (Figura 12). Indicam que as fibras estão entrelaçadas com um maior número de superfícies vazias.

Figura 12: Imagens MEV da folha de celulose formada usando a malha de náilon



Fonte: Autores, 2025.

Entende-se que, durante o processo artesanal, há certa dificuldade em manter o controle sobre as condições em que o material é conformado e, de acordo com os resultados obtidos, há necessidade de aprimorar o processo de conformação da chapa com a malha de náilon. Nesses casos, recomenda-se a adição de aditivos, como cola CMC (carboximetilcelulose) ou PVA (acetato de polivinila), para conferir resistência, preencher as superfícies vazias e estruturar (El-Sayed; El-Sakhawy; El-Sakhawy, 2020).

A caracterização por MEV desempenha um papel extremamente importante na pesquisa em design de materiais e no aprofundamento do conhecimento sobre

matérias-primas. Como uma ferramenta visual e tangível, a MEV permite uma compreensão profunda da microestrutura do material, revelando detalhes cruciais para o aprendizado do projetista.

Além de fornecer insights valiosos sobre os processos de transformação (evidenciando visualmente o que mudou, como e por que mudou nas diferentes etapas de manipulação ou tratamento), a análise MEV atua como uma ponte essencial entre a teoria presente na literatura científica e a prática realizada em laboratório, solidificando o conhecimento e possibilitando o desenvolvimento de soluções de projeto mais informadas e eficazes (Bak-Andersen, 2021).

Na literatura, existem estudos sobre o uso de fibras vegetais, derivadas de resíduos de processos produtivos, na produção de papel reciclado. Um deles é a produção artesanal de papel com fibras do pseudocaule da bananeira, matéria-prima descartada após a colheita do fruto, como é o caso do açaí. Duas possibilidades foram investigadas: a primeira era um papel feito apenas com fibras de bananeira, que se mostrou um material flexível, porém quebradiço. A segunda era um material feito com fibras misturadas com papel pós-consumo, que se mostrou mais flexível e maleável (Balda et al., 2021).

Outra iniciativa é o papel produzido com as bainhas residuais do processamento do palmito de pupunha. Para indicar a possibilidade de aplicação, avaliou-se por MEV o fechamento superficial da matéria-prima, com a baixa presença de espaços vazios e a proximidade entre os elementos celulares do resíduo. Dentre as características obtidas, destacam-se a maleabilidade, a grande variabilidade de aplicações e a possibilidade de reprodução artesanal. Foram confeccionadas embalagens para talheres e as possíveis aplicações incluíram embalagens para bandejas de papel e itens de papelaria (Gottardi, 2019).

O método MDD, conforme descrito por Karana et al. (2015), representa uma abordagem inovadora que se distancia das metodologias tradicionais de pesquisa de materiais, colocando o material no centro do processo de design. O MDD visa capacitar designers a aprofundar sua compreensão das distintas propriedades e qualidades experienciais dos materiais, permitindo-lhes explorar, definir e aplicar essas características de forma eficaz no desenvolvimento de produtos (Ferreira et al., 2024).

A prática e a compreensão aprofundadas dos materiais, especialmente em relação às transformações químicas, são cruciais para o desenvolvimento de processos mais sustentáveis. Por meio do MDD, fica claro que a ação de manipular e experimentar materiais revela complexidades ocultas. No contexto do branqueamento, por exemplo, reconhecer as reações químicas envolvidas e seus subprodutos é essencial para uma avaliação completa da sustentabilidade (Cohen; Ayres, 2025).

Sem esse estudo detalhado, é impossível determinar o verdadeiro impacto ambiental do processo, reforçando a necessidade de uma abordagem mais investigativa para garantir práticas verdadeiramente sustentáveis. A manipulação visual e tátil dos materiais desenvolvidos complementa essas percepções, oferecendo insights práticos sobre as mudanças percebidas, unindo a teoria da literatura científica à prática laboratorial e fornecendo aos designers as informações necessárias para tomar decisões informadas sobre o uso da fibra de açaí branqueada.

3.2 Não-tecido

As fibras foram dispersas de forma a controlar a espessura que a manta poderia assumir. Observou-se que, mesmo sem a adição de qualquer ligante, as fibras formaram uma boa ligação entre si, Figura 13. Estima-se que as rupturas e a irregularidade da superfície, observadas na imagem microscópica, favoreçam a ligação.

Figura 13: Manta de fibras após dispersão



Fonte: Autores, 2025.

Observou-se que, com o manuseio, parte da manta de fibras se desintegrou até a completa desintegração do véu, Figura 14. Essa ação sinalizou a necessidade de

um ligante para consolidar a união das fibras. Como oportunidades, destaca-se a predisposição natural das fibras do açaí para formar uma manta, por indução ou manipulação.

Figura 14: Manta desintegrada após manuseio

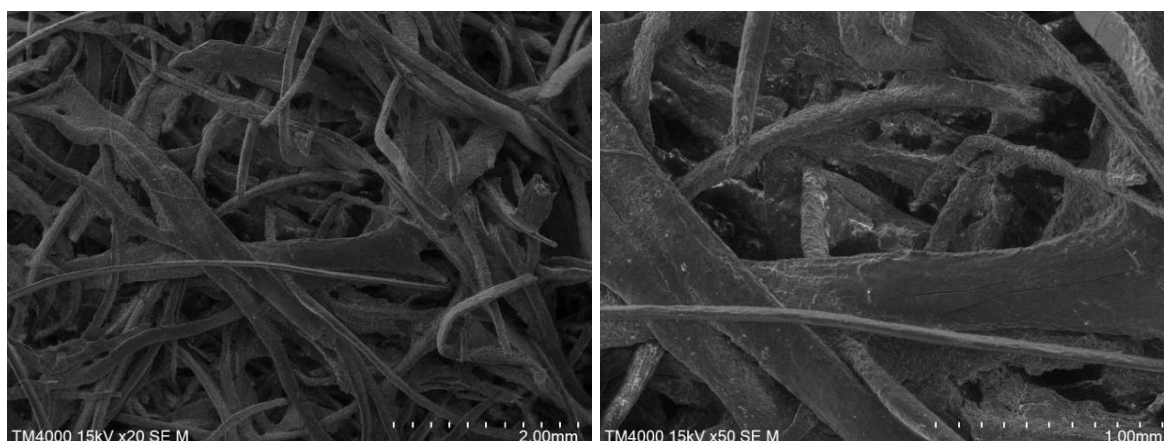


Fonte: Autores, 2025.

O MEV do não-tecido, Figura 15, fornece insights cruciais sobre a abordagem de aprendizagem de materiais, revelando a estrutura complexa das fibras e sua relação com a percepção tátil. As imagens de MEV indicam que a fibra possui uma superfície naturalmente rugosa e uma tendência inata a se entrelaçar, formando uma estrutura coesa.

O MEV da fibra *in natura* de açaí revela que sua superfície não é lisa e homogênea, apresentando pontos brilhantes que sugerem a presença de elementos como o silício, conforme indicado pelo FTIR. Essa rugosidade e heterogeneidade da superfície são características que contribuem diretamente para a capacidade de entrelaçamento e percepção tátil da fibra no não-tecido, como mencionado anteriormente.

Figura 15: Imagens MEV do não-tecido de fibras de açaí



Fonte: Autores, 2025.

O benefício do uso de fibras curtas, como a de açaí, nesses processos é a facilidade de estruturação por meio de arranjo aleatório. Estudos levaram à fabricação de um não-tecido dispersível com fibras curtas de algodão e mostraram que o material pode ser disperso e estruturado porque as extremidades das fibras formam teias, que podem ser unidas com ligantes biodegradáveis (Santos; Ferreira; Maloney, 2021).

A solução de amido foi bem-sucedida como ligante para a manta, o que ajudou a manter a estrutura do material e impediu sua desintegração durante o manuseio. Amplamente utilizada em estudos com fibras de coco, piaçava e juta, a solução de amido atua como plastificante/aglutinante, e a dispersão das fibras vegetais facilita sua união com a solução para formar estruturas não tecidas (Ávila-Orta et al., 2023).

As relações químicas e de propriedades estruturais do amido demonstram seu potencial como uma fonte atrativa de matéria-prima, que pode ser explorada para conversão em diversos produtos de base biológica de alto valor. O processamento do amido para o desenvolvimento de fibras de base biológica pode resultar na substituição sustentável de materiais de alto valor à base de petróleo por produtos econômicos, ecologicamente corretos e abundantes (Temesgen et al., 2021).

Para esta pesquisa, esta matéria-prima foi escolhida por ser localmente disponível. Dentre as características sensoriais, destaca-se que a solução conferiu brilho superficial ao material. O tecido não-tecido de açaí apresenta uma superfície plana, flexível, maleável e porosa. Diferentemente dos tecidos planos, sua forma estrutural é

composta por fibras dispostas aleatoriamente e com baixa espessura em relação às demais dimensões do material (largura e comprimento).

Diversos processos de acabamento capazes de melhorar a aparência e a estética do não-tecido após a produção estão sendo explorados em diferentes pesquisas. O papel dessas tecnologias na modificação das propriedades do tecido após o dimensionamento e na personalização do desempenho é crucial para a forma final da matéria-prima, resultando em produtos com durabilidade, resistência, textura aprimorada e cores mais vibrantes, expandindo significativamente suas aplicações (Tipper; Ward, 2022).

O processo de laminação foi realizado na amostra, o que resultou na redução da espessura do material, Figura 16. O controle consistiu em um processo puramente mecânico, sem alteração de temperatura ou aplicação de outro componente ao não-tecido. Após esse processo, o material continuou apresentando boa aglutinação entre as fibras, sem gerar resíduos ou deformações na estrutura externa do não-tecido.

Figura 16: Tecido não-tecido com fibras de açaí consolidadas



Fonte: Autores, 2025.

A compreensão dessas composições inerentes permite aos designers não apenas prever o comportamento do material durante o processamento, mas também integrá-las conscientemente ao conceito do produto, transformando o que poderia ser

visto como uma limitação em uma característica distintiva e desejável, moldando a estética e a funcionalidade. Ao comparar as imagens de MEV, observa-se que a amostra de folha de celulose filtrada a vácuo apresenta menos vazios em sua estrutura quando comparada ao não-tecido e à folha de celulose feita com malha de náilon (que passou por um processo manual de formação estrutural).

Isso sugere que a forma como a estrutura é formada pode, em certos casos, ter um impacto visual e tátil semelhante na microestrutura final, independentemente de alguns tratamentos prévios. Essas descobertas orientam os designers a considerarem não apenas a composição química, mas também as técnicas de processamento como fatores determinantes para alcançar as propriedades desejadas do material e a experiência do produto, permitindo a escolha de métodos que otimizem tanto o desempenho quanto a sustentabilidade.

4 Considerações finais

Por meio da experimentação, foram obtidas amostras de folhas de celulose e não-tecidos, e realizado um processo de branqueamento em fibras de açaí, o que demonstra a viabilidade do processamento de resíduos da cadeia produtiva em novos materiais. A MEV permitiu compreender a formação estrutural dos materiais, além de compreender as mudanças com os processos produtivos.

O método MDD permitiu a experimentação com materiais orientada para a técnica e o aprendizado. No campo do conhecimento científico, os temas apresentados situam-se em formas de discutir problemas e apresentar soluções voltadas para a realidade amazônica, por meio do caráter inovador do design, apoiado pela experimentação com materiais. Espera-se que as oportunidades e os desafios expostos e discutidos no estudo possam ser considerados em futuras investigações ou pesquisas em andamento.

Como sugestões para trabalhos futuros, indicamos o desenvolvimento de protótipos de produtos com os materiais desenvolvidos, testes de biodegradação e a análise da percepção de potenciais usuários quanto aos resultados obtidos, com o objetivo de compreender possíveis experiências e aceitação da solução. Embora exista uma gama de resíduos agroindustriais no país, além do potencial para a biodiversidade,

o uso sustentável desses recursos ainda é restrito ou com pouco acesso ao restante do país. A matéria-prima desenvolvida contribui para ser uma alternativa democrática, que busca promover um cenário que preserve a biodiversidade da floresta, o que pode contribuir para o fortalecimento de uma cadeia produtiva consolidada, apresentar novas oportunidades para a população local e garantir condições de vida dignas em centros urbanos e áreas periféricas de cidades na Amazônia⁴.

⁴ Revisão realizada por João Farias, licenciado em Letras pela Universidade do Estado do Pará, PA. 2025. E-mail: joao.farias99@gmail.com

Referências:

- ARIDI, Aida Safina et al. Structural FTIR analysis of cellulose functional groups isolated from *Leucaena leucocephala* pods using different bleaching agents. **AgriRxiv**, n. 2020, p. 20203561010, 2020.
- ANISUZZAMAN, S. M. Decolorization of Rice Bran Oil Using Coconut Shell-Derived Activated Carbon. **Journal of Engineering & Technological Advances**, v. 10, n. 1, p. 73-93, 2025.
- ÁVILA-ORTA, Carlos Alberto et al. PLA/modified-starch blends and their application for the fabrication of non-woven fabrics by melt-blowing. **Carbohydrate Polymers**, v. 316, p. 120975, 2023.
- BAK-ANDERSEN, Mette. **Reintroducing materials for sustainable design: Design process and educational practice**. Routledge, 2021.
- BALDA, Sanjeev et al. Banana fibre: a natural and sustainable bioresource for eco-friendly applications. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 23, n. 5, p. 1389-1401, 2021.
- BARBOSA, Andrezza de Melo et al. Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, p. e12435, 2019.
- BUFALINO, Lina et al. Local variability of yield and physical properties of açaí waste and improvement of its energetic attributes by separation of lignocellulosic fibers and seeds. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v. 10, n. 5, 2018.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, R. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. Editora LTC, 2020.
- COHEN, L. A. F. P.; AYRES, E. Uso de resíduos agroindustriais da Amazônia em experimentos com materiais e design. **Revista Poliedro**, v. 9, n. 11, p. 11-26, 2025.
- CAVALCANTI, Brenna Paula Boaventura Corrêa et al. The usage of the açaí stone as reinforcement for the modeling of plant polyurethane matrix composite material. **Mix sustentável**, v. 7, n. 3, p. 19-28, 2021.

CUNICO, Nadine. Fibras vegetais para produção de polpa celulósica/Vegetable fibers for cellulosic pulp production. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Cidades e uma economia circular para alimentos, 2019.

ABD EL-SAYED, Essam S.; EL-SAKHAWY, Mohamed; EL-SAKHAWY, Mohamed Abdel-Monem. Non-wood fibers as raw material for pulp and paper industry. **Nordic Pulp & Paper Research Journal**, v. 35, n. 2, p. 215-230, 2020.

EUGENIO, María Eugenia et al. Alternative raw materials for pulp and paper production in the concept of a lignocellulosic biorefinery. In: **Cellulose**. IntechOpen, 2019.

FELGUEIRAS, Catarina et al. Trends on the cellulose-based textiles: raw materials and technologies. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, p. 608826, 2021.

FERREIRA, Gabriela Ramos; NORONHA, Raquel Gomes; PAGNAN, Caroline Salvan. Práticas colaborativas em comunidade quilombola através do método Material Driven Design. **Revista Transverso: Diálogos entre Design, Cultura e Sociedade**, v. 1, n. 16, 2024.

GAVRILAŞ, Simona et al. Use of Vegetable Waste for New Ecological Methods in Wool Fibre Treatments. **Clean Technologies**, v. 6, n. 4, p. 1326-1339, 2024.

GOMES, A. C. **Aamati Aamati Green produz couro vegano de manga**, 2023.

Gottardi, F. M. et al. Fibras residuais de pupunheira: Estudo de aplicações ao design sustentável. In **Anais do 8º Simpósio de Design Sustentável** (Curitiba). Editora UFPR, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de extração vegetal e da silvicultura**: Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por meio de produção extrativa, 2024.

KARANA, Elvin et al. Material driven design (MDD): A method to design for material experiences. **International journal of design**, v. 9, n. 2, p. 35-54, 2015.

LEFTERI, C. **Materials for Design**. Blucher: São Paulo, 2017.

MARTINS, Síntique Sanny de Macêdo et al. Sustentabilidade na produção de papel: uso de fibras vegetais e têxteis – revisão bibliográfica. **ARACÊ**, v. 7, n. 7, p. 40799–40824, 2025.

MATHEUS, Julia Rabelo Vaz et al. Cassava starch films for food packaging: Trends over the last decade and future research. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 225, p. 658-672, 2023.

MESQUITA, Antonio et al. Eco-particleboard manufactured from chemically treated fibrous vascular tissue of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) Fruit: A new alternative for the particleboard industry with its potential application in civil construction and furniture. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 644-651, 2018.

NOGUEIRA, O. L. et al. **A cultura do açaí**. EMBRAPA: Brasília, 1995.

PASSAS, Raphaël. Natural fibres for paper and packaging. In: **Handbook of natural fibres**. Woodhead Publishing, 2012. p. 367-400.

DE OLIVEIRA, Dhimitrius NPS et al. Enhancement of the Amazonian açaí waste fibers through variations of alkali pretreatment parameters. **Chemistry & Biodiversity**, v. 16, n. 9, p. e1900275, 2019.

PAES, Michel Xocaira; CAMPOS-SILVA, João Vitor; DE OLIVEIRA, José Antonio Puppim. Integrating circular economy in urban Amazon. **npj Urban Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 29, 2021.

PESSOA, José Dalton Cruz et al. Characterization of açaí (*E. oleracea*) fruits and its processing residues. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, p. 1451-1460, 2010.

SANQUETTA, Carlos Roberto et al. Mercado de Celulose no Brasil e em Cinco Grandes Países. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 189–194, 2020.

SANTOS, Maele et al. Biogas, hydrogen, green ammonia and electricity production from canned peach processing residues: Aspects of the circular economy for the Brazilian agroindustry. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 105, p. 45-55, 2025.

SARAIVA, G. C. D. R. et al. **Juçara da minha cor**: reconhecendo e valorizando o território. EdUFMA: Maranhão, 2021.

SIQUEIRA, Mylena Uhlig et al. Brazilian agro-industrial wastes as potential textile and other raw materials: a sustainable approach. **Materials Circular Economy**, v. 4, n. 1, p. 9, 2022.

TEMESGEN, Selamu et al. Review on spinning of biopolymer fibers from starch. **Polymers**, v. 13, n. 7, p. 1121, 2021.

MAKAROV, Igor S. et al. Nonwoven materials based on natural and artificial fibers. **Cellulose**, v. 31, n. 3, p. 1927-1940, 2024.

SENA NETO, Alfredo R. et al. Characterization and comparative evaluation of thermal, structural, chemical, mechanical and morphological properties of six pineapple leaf fiber varieties for use in composites. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 529-537, 2013.

SHIBATA, Vitor Kenzo et al. Bolsa produzida a partir da casca do melão Amarelo tratada por via biotecnológica. **Modapalavra e-periódico**, v. 16, n. 40, p. 167-215, 2023.

VELENTURF, Anne PM; PURNELL, Phil. Principles for a sustainable circular economy. **Sustainable production and consumption**, v. 27, p. 1437-1457, 2021.

Agência de Financiamento de Pesquisa

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo apoio financeiro à pesquisa.

Declaração de conflitos de interesses

Os autores declaram não ter conflitos de interesse financeiros ou relacionamentos pessoais conhecidos que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

Contribuições (CRediT - Taxonomia de Funções do Contribuidor)

Nubia Santos supervisionou o estudo e a metodologia para o desenvolvimento do não-tecido, Eliane Ayres supervisionou o estudo e a metodologia para o desenvolvimento da folha de celulose, Lauro Cohen organizou e conduziu a visualização, redação – revisão e edição crítica do artigo.

Material suplementar

Todos os dados necessários para reproduzir os resultados estão contidos no próprio artigo.

Agradecimentos

Sinceros agradecimentos ao Laboratório de Design e Materiais da Universidade do Estado do Pará (UEPA) e ao Centro de Design e Experimentação da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) pela cedência do espaço e da infraestrutura, ambos essenciais para o desenvolvimento da pesquisa em materiais.

Lauro Arthur Farias Paiva Cohen; Eliane Ayres; Nubia Suely Silva Santos