REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2021, Vol. 11, No. 23
DOI 10.23972/det2021iss23pp24-37

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Ecocompósito de matriz polimérica vegetal reforçada por resíduos de fibras de piaçava: Possibilidades de aplicações no design

Igor C. R. da Silva[1] ; Ana K. F. de Oliveira[2]

1 *Programa de Pós-Graduação em Design | PPGD EBA UFRJ | Pesquisador Mestrado*

2 *Programa de Pós-Graduação em Design | PPGD EBA UFRJ | Professora Associada*

RESUMO

Este artigo tem por objetivo expor o resultado de uma pesquisa de mestrado de perfil interdisciplinar, envolvendo as áreas do design sustentável e materiais, a partir do desenvolvimento de um ecocompósito e suas possíveis aplicações no design de produtos. Os ecocompósitos representam uma classe de materiais considerados de menor impacto ambiental, por serem, em sua grande maioria, oriundos de recursos renováveis, representando assim, uma possibilidade de matéria-prima para um design sustentável. Desta forma, o ecocompósito desenvolvido é formado por uma matriz polimérica à base de resina de mamona reforçada por resíduos de fibras de piaçava. Posteriormente, foram analisadas as possíveis aplicações do ecocompósito no campo do design de produtos, mais especificamente revestimentos e mobiliários. O Design Sustentável foi discutido por meio da abordagem de tópicos como a Economia Circular, O Ecodesign e a Seleção de Materiais, refletindo em uma pesquisa de perfil teórico-prático. O ecocompósito foi fabricado utilizando-se o processo de moldagem por compressão, em uma parceria do Programa de Pós-Graduação em Design e o Instituto de Macromoléculas Eloisa Mano, ambos da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foram confeccionados corpos-de-prova para fins de usinagem em marcenaria tradicional e observações das propriedades sensoriais e táteis do material. O aspecto visual do ecocompósito, suas propriedades táteis e de usinagem, proporcionaram possibilidades de aplicações no design de produtos, como um revestimento de parede e uma peça de mobiliário. Por representar certa originalidade em sua composição, o material desenvolvido apresentou-se como uma possibilidade a ser explorada na projetação de objetos pertinentes a cultura material do design sustentável.

PALAVRAS-CHAVE

Design & Materiais; Ecocompósito; Fibra de piaçava; Economia circular.

Ecocomposite of vegetal polymeric matrix reinforced by residues of piassava fibers: Possibilities of applications in design

ABSTRACT

This article aims to expose the result of a master's research with an interdisciplinary profile, involving the areas of sustainable design and materials, from the development of an ecocomposite and its possible applications in product design. Ecocomposites represent a class of materials considered to have a lower environmental impact, as they mostly come from renewable resources, thus representing a possibility of raw material for sustainable design. Thus, the ecocomposite developed is formed by a polymeric matrix based on castor resin reinforced by residues of piassava fibers. Subsequently, the possible applications of the ecocomposite in the field of product design were analyzed, more specifically coverings and furniture. Sustainable Design was discussed through the approach of topics such as Circular Economy, Ecodesign and Material Selection, reflecting on a research with a theoretical and practical profile. The ecocomposite was manufactured using the compression molding process, in a partnership between the Postgraduate Program in Design and the Eloisa Mano Institute of Macromolecules, both from the Federal University of Rio de Janeiro. Specimens were made for machining purposes in traditional joinery and observations of the material's sensory and tactile properties. The visual aspect of the ecocomposite, its tactile and machining properties, provided possibilities for applications in the design of products, such as a wall covering and a piece of furniture. As it represents a certain originality in its composition, the developed material presented itself as a possibility to be explored in the design of objects relevant to the material culture of sustainable design.

KEYWORDS

Design & Materials; Ecocomposite; Piassava fiber; Circular economy.

CONTATO: Igor C. R. da Silva – *icesardesign@gmail.com*

© 2021 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

ARRUDA et al., (2018, p. 5) ao abordarem os fenômenos relativos à sustentabilidade citam que estes não são entendidos nem enfrentados por metodologias únicas, nem por profissionais específicos de um campo de conhecimento, mas seu enfrentamento acontece por meio da multidisciplinaridade e interdisciplinaridade. Desta forma, uma nova ciência surge capaz de congregar conhecimentos para resolver problemas: a ciência da sustentabilidade.

O tema da sustentabilidade no design vem sendo discutido por vozes como Victor Papanek (na obra "*Design for the Real World*", 1976) e Ezio Manzini (na obra "O desenvolvimento de produtos sustentáveis", 2008). Tais publicações são consideradas fundamentais para o entendimento do design voltado para diminuir o impacto ambiental da cultura material por ele criada.

Por meio de revisão bibliográfica sistemática sobre o tema Design Sustentável, é possível concluir que tal atividade encontra-se diretamente relacionada, entre outros fatores sociais e econômicos, à correta seleção de materiais e processos de baixo impacto ambiental.

Victor Papanek na obra "*Green Imperative*" de 1995, sugere que o designer deve se questionar sobre o impacto ambiental e social que seu trabalho representa, atribuindo a este profissional a responsabilidade pelos resultados negativos ao meio ambiente, derivados diretamente da cultura material gerada pelo design.

Victor Papanek, como um designer revolucionário, já se preocupava com o impacto gerado por produtos de design. Ao delegar a responsabilidade ao designer, o autor ilustra duas situações, a primeira é negativa e aponta os designers como os maiores envolvidos com a poluição em relação à maioria das pessoas. Já a segunda situação é considerada positiva, pois menciona que frequentemente o design controla a seleção de materiais e processos ao compor produtos que podem apresentar um menor impacto no meio ambiente (PAPANEK, 1971, tradução nossa).

A partir das constantes indagações da sociedade sobre a problemática ambiental e o uso consciente dos seus recursos, o design é convidado a contribuir de forma efetiva para a solução da questão, por meio de projetos de produto e serviços menos danosos ao meio ambiente.

Neste sentido o presente artigo, fruto de pesquisa desenvolvida no mestrado em Design da Universidade Federal do Rio de Janeiro, tem por objetivo geral analisar a viabilidade de uso do ecocompósito formado por resíduos de fibra de piaçava (*Attalea funifera Martius)* e resina poliuretana derivada do óleo de mamona (*Ricinus communis*) enquanto material passível de aplicação no universo do design sustentável.

O termo compósito é definido por CALLISTER (2002, p.359) como, "qualquer material multifásico que exiba uma proporção significativa das propriedades de ambas as fases que o constituem", onde é possível obter uma melhor combinação de propriedades. Enquanto o ecocompósito descreve os materiais compósitos com vantagens ambientais e ecológicas sobre o compósito normal, podendo conter fibras naturais ou em sua constituição uma matriz derivada de um polímero natural (SOUZA FILHO, 2015, p. 34).

Atualmente, os ecocompósitos são materiais muito utilizados no desenvolvimento de produtos e sua relevância se faz presente quando suas partes respeitam metas ambientais. SCHUH & GAYER (1997) citado por TEIXEIRA & CESAR (2006, p.6), especificam as características dos ecocompósitos a partir dos seguintes pontos: serem de origem vegetal, derivados de fontes renováveis, atóxicos, abundantes e também originários do aproveitamento de resíduos agroindustriais, florestais, entre outros.

Com tais especificações, o material proposto e desenvolvido nesta pesquisa se enquadra no perfil dos ecocompósitos. Pois o mesmo é formado por resíduos das fibras da piaçava oriundos da fabricação de vassouras, como alternativa de reforço em matriz poliuretana derivada do óleo de mamona.

Novos materiais são desenvolvidos a todo instante e suas aplicações são cada vez mais surpreendentes. Para CALEGARI et.al., (2014, p.151) é possível observar que o desenvolvimento impulsionado pela ciência faz surgir novos materiais a serem utilizados no design de produto.

Desta forma, MIRANDA et al., (2015, p.01), citam que os últimos anos foram marcados pelo rápido desenvolvimento na área de compósitos reforçados por fibras vegetais. Este desenvolvimento tem ocorrido porque as fibras vegetais oferecem várias vantagens em relação às fibras sintéticas: baixa densidade, alta deformabilidade, baixa abrasividade aos moldes e aos equipamentos de mistura, podem ser facilmente modificadas por agentes químicos, são biodegradáveis e apresentam baixo custo. Além de todas as vantagens discutidas na literatura, é sempre relevante ressaltar que estes materiais são provenientes de fontes renováveis ilimitadas. A escolha da fibra na fabricação de compósitos poliméricos depende da sua disponibilidade na região. O Brasil se destaca na produção de algumas fibras naturais para possíveis aplicações em compósitos poliméricos tais como: sisal, bagaço de cana-de-açúcar, banana, curauá, coco, juta, piaçava, entre outras.

A relação entre os ecocompósitos e o desenvolvimento de novos produtos tem se intensificado na medida em que novos estudos se concretizam, crescendo assim o número de adeptos ao uso dos produtos fabricados a partir destes materiais.

Ao se pensar em fibras de piaçava é possível que se tenha uma ideia única de seu uso ligado tão somente à produção de vassouras, coberturas de cabanas, ou ao artesanato. Pouco se falando ou divulgando sua utilização em outros produtos, fato que será abordado neste artigo.

ESQUENAZI (2015, p.2) cita que as fibras da palmeira *Atallea funifera martius* são resistentes, rígidas, lisas, de textura impermeável, de alta flexibilidade, e conservam a elasticidade quando umedecidas o que as torna um material passível de uso em diversas aplicações.

PAIVA (2011, p.35) cita que a poliuretana derivada do óleo extraído das sementes da mamona, tem um elevado valor industrial, com boas propriedades em compósitos, muito boa resistência química, resistência ao impacto e boa resistência a abrasão.

Os parâmetros mencionados sobre a piaçava e resina poliuretana à base de óleo de mamona serviram de base para esta pesquisa de perfil teórico-prático. Em relação ao uso de ecocompósitos como matéria-prima no design, é possível afirmar que as pesquisas são abundantes, porém ainda carecem de mais adesão.

A expectativa é que em um futuro não tão distante, os produtos de design produzidos a partir de materiais ecocompósitos sejam mais acessíveis e promovam uma maior conscientização quanto ao uso de recursos naturais de forma responsável.

As possibilidades de aplicação projetual propostas neste artigo representam uma contribuição do design voltado para sustentabilidade e de forma alguma, tem a pretensão de esgotar em si, as aplicações possíveis do material desenvolvido. De acordo com as observações das

propriedades de usinagem e seus aspectos visuais, o material pode ser observado para outros fins de design.

2. BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para uma melhor contextualização do tema relativo ao Design Sustentável, serão abordados tópicos como: a relação Design & Materiais; a Economia Circular e o Ecodesign. Organizando e descrevendo tais tópicos a partir de uma tríade considerando os ecocompósitos como ponto central. Serão discutidos ainda que brevemente, as características da fibra de piaçava e a resina poliuretana à base de óleo de mamona. Por fim, serão apresentados os processos de fabricação de vassouras e a consequente geração de resíduos da fibra, bem como a importância dos ecocompósitos no campo do design.

2.1 Relação Design & Materiais

EVBOUMWAN et.al., (1995, p.1) apresentam uma importante reflexão sobre a relação Design & Materiais, afirmando que "Um produto permanece um conceito, uma ideia, ou talvez um desenho, se nenhum material estiver disponível para convertê-lo numa entidade tangível". WALTER (2006, p.9) complementa a reflexão ao citar que um produto necessariamente depende de um material e um processo de fabricação para lhe proprocionar a forma física.

Surge então o termo, materializar, que segundo DIAS (2009, p.35) refere-se a dar ou assumir uma consciência, concretizar algo, no sentido de transformar em realidade. Neste contexto, ASHBY & JOHNSON (2011, p.55), consideram que "materiais são a matéria de que é feito o design de produtos" ou ainda "a escolha do material é influenciada pela natureza do usuário: crianças, jovens ou idosos".

É por meio dos produtos que interagirmos com os materiais e através desta interação o usuário estabelece conexões emocionais com o produto utilizado, associam o objeto a determinadas características, como a textura, cheiro, brilho, etc, (ASHBY & JOHNSON, 2011, p.81).

Neste sentido os autores expressam a ideia de materialidade, como sendo um modo de construção com conexões táteis, envolvendo a criação do objeto e a própria experiência do usuário sobre o produto. Esta experiência material foi levada em conta para analisar as características táteis do ecocompósito produzido e sua possível experiência junto ao usuário.

2.2 Economia Circular e a Sensorialidade Material

Os resíduos da fibra de piaçava são usados de forma restaurativa e regenerativa, em uma perspectiva ambientalmente positiva, onde o que era fim se torna o começo, insumos para a produção de novos produtos. Algo diretamente relacionado ao conceito de Economia Circular.

A Economia Circular tem chamado atenção nos últimos anos, por ser "restaurativa e regenerativa por princípio e tem como objetivo manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade..." (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015, p.5).

A partir desta perspectiva, novas oportunidades materiais estão surgindo aliadas à sustentabilidade. Ao repensar um novo modelo de negócios, a Economia Circular é inseparável da inovação, do design industrial e dos sistemas produtivos (LEITÃO, 2015, p.153).

As preocupações e práticas da Economia Circular vão ao encontro da sustentabilidade, pois diante dos problemas ambientais e a escassez de recursos, a economia e o meio ambiente devem ser considerados por meio de uma relação circular (TIOSSI et al., 2017, p.5). Neste sentido, é importante repensar a eliminação dos resíduos por meio do seu uso no processo produtivo de objetos diversos, visando suas possibilidades e aplicação no universo do design sustentável.

ARRUDA et.al (2018, p.6) cita que a sustentabilidade está em tudo. Ela se relaciona também com a parte estética do design, pois há de se ter consciência de que pigmentos, texturas, formatos, promoverão ações fabris e produtivas que irão impactar sobremaneira no consumo de matéria-prima, de energia, de água, na geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, e assim por diante.

Por este artigo se tratar também de questões relacionadas a sensorialidade material, é importante citar a fenomenologia como uma influente escola de pensamento entre arquitetos e designers, não se restringindo a tais profissionais, entretanto. Ela despertou um novo interesse nas qualidades sensoriais dos materiais, da luz, da cor, bem como na importância simbólica e tátil das junções. A sensorialidade tem relação estreita com a "arquitetura dos sentidos", de Juhani Pallasmaa, (PAIVA, 2018, p.14).

2.3 Ecodesign

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (2012) afirma que o Ecodesign consiste no processo que contempla os aspectos ambientais e tem como objetivo principal projetar ambientes, desenvolver produtos e executar serviços que possibilitem uma redução do uso dos recursos não renováveis ou minimizar o impacto ambiental durante o seu ciclo de vida. O ecodesign tem alguns princípios que já estão sendo incorporados por algumas indústrias, tais como: a escolha de materiais de baixo impacto ambiental; eficiência energética; qualidade e durabilidade; modularidade e; reutilização/reaproveitamento. Esses pontos comprovam o potencial do ecodesign para a redução dos danos ambientais relacionados à produção de objetos para a sociedade.

Neste contexto, MANZINI & VEZZOLI (2011, p.20) citam que o ecodesign é a união do que é tecnicamente possível com o ecologicamente necessário.

O designer é fundamental para que cada etapa do processo de ecodesign seja concretizada de forma racional quanto ao uso correto dos recursos naturais. Seguindo padrões e soluções ecológicas para um bom desenvolvimento de projetos, principalmente ao iniciar a escolha dos materiais que compõem o produto.

A partir desta perspectiva, estabelece-se uma conexão entre esta pesquisa e o ecodesign, principalmente por abordar e reforçar a utilização de resíduos de piaçava, proporcionando-lhes uma nova finalidade, gerando novos produtos e reduzindo o impacto ambiental. Desta forma é possível contribuir para a criação de valor, a partir de materiais menos poluentes, de produção sustentável e oriundos de fontes naturais renováveis.

2.4 Tríade Materiais, Economia Circular e Ecodesign

A partir da breve revisão dos três tópicos (Materiais, Economia Circular e Ecodesign), foi possível propor uma tríade relacionando tais áreas para entender a importância dos ecocompósitos para o design. Desta forma, a Figura 01 ilustra a tríade, considerando-a como uma unidade a ser considerada para adotar práticas de design menos impactantes ao meio ambiente.

A tríade proposta influenciou diretamente a escrita e o desenvolvimento deste trabalho. A base é constituída pelos princípios da Economia Circular e dos Materiais (enquanto resíduos a serem aproveitados). No topo, apresenta-se o Ecodesign coordenando ações projetuais para serem obtidos materiais ecocompósitos de menor impacto ambiental.

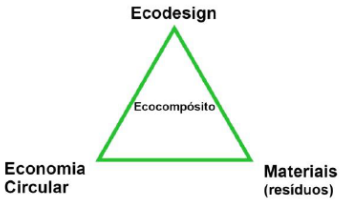


Figura 01: Tríade Materiais, Economia Circular e Ecodesign. Fonte: Autor, 2019.

2.5 Fibra de piaçava: panorama geral

Para MOREAU (apud AQUINO, D'ALMEIDA e MONTEIRO, 2002) a adaptação da piaçava em solos de baixa fertilidade está entre as suas principais características, com tempo de vida de até 20 anos. Antes de abordar especificamente as fibras de piaçava, é importante conhecer as características da palmeira *Attalea funifera Martius.*

GUIMARÃES & SILVA (2012, p.51) ao pesquisarem sobre a piaçava da Bahia, citam que o caule desde o subterrâneo tem de 1,5 a 15 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro, com uma planta adulta apresentando em média de 5 a 10 folhas, podendo atingir um número maior. Os autores mencionam também VINHA & SILVA (1998) ao especificar que as folhas da palmeira podem alcançar 9 metros de comprimento total.

PIMENTEL (2015, p.96) obteve informações dos agroextrativistas e, com suas observações de campo, salienta que em um dia de trabalho um extrativista sozinho consegue subir na palmeira, realizar a limpeza e extração de 30 kg de fibras brutas, o que equivale a duas arrobas de piaçava. Amarram individualmente entre 8 e 10 arrobas por dia.

SAVASTANO JR. & PIMENTEL (2000, p.107) informam ainda que no processo de limpeza e penteamento da fibra, em torno de 30% de refugo, que são queimados ao ar livre, podem ser aproveitados; outro resíduo de fácil aproveitamento vem das fábricas de vassouras, onde as fibras com menos de 50 cm de comprimento são descartadas.

MIRANDA et al., (2015, p.01) citam que a palmeira Attalea funifera Martius, conhecida por piaçava ou piaçaba, é espécie nativa e endêmica do sul do Estado da Bahia. A importância econômica da piaçaveira está na extração das suas fibras industriais, destacando-se a fabricação de vassouras, enchimento nos assentos de carros, cordoaria e escovões. O rejeito obtido de sua limpeza, que é conhecido como bagaço, fita ou borra, serve para cobertura de casas e quiosques nos meios rurais e urbanos. Esse material é classificado com a denominação de "refugo" no Decreto Federal 42.430, de 14-10-1957, por não apresentar as mesmas características da fibra.

Neste sentido se faz interessante citar que o ecocompósito produzido utilizou como material a própria fibra de piaçava e a borra na forma de refugos.

Ao realizar investigação sobre as propriedades das fibras de piaçava observou-se na composição química um alto teor de lignina, comparável ao teor encontrado na fibra de coco. A análise cristalográfica revelou que a celulose é o principal constituinte cristalino, conferindo à fibra boas propriedades térmicas e mecânicas. Essas características fazem da fibra de piaçava um material promissor para a utilização como reforço em compósitos poliméricos. A baixa densidade da fibra é de grande interesse industrial devido à possibilidade de produzir materiais resistentes e leves (MIRANDA et al., 2015, p.01).

A partir de importantes propriedades da piaçava, este estudo se propôs a estudar as possibilidades de seus resíduos (fibra e borra/bacina) como matéria de reforço em matrizes poliméricas, mais especificamente, na poliuretana à base de óleo de mamona.

2.6 Resina poliuretana a base de óleo de mamona

Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária S.A (EMBRAPA, 2011), a mamona da espécie *Ricinus communis* é a mais comum no Brasil. Possuindo um óleo que permite diversas utilizações para a indústria, desde próteses ósseas até lubrificantes de motores. São inúmeras as aplicações e seu óleo extraído das sementes faz da mamoneira uma oleaginosa de grande importância econômica e social.

De acordo com SCHNEIDER (2003, p.8) a mamoneira (Figuras 2 e 3) é radicular e tem uma parte aérea ramificada, de coloração verde avermelhada. As folhas são lobadas; sua inflorescência apresenta flores femininas, na parte superior, e masculina na parte inferior. O fruto é uma cápsula tricota com espinhos.

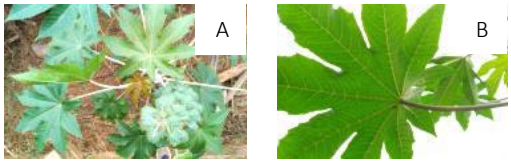


Figura 2: Fruto da mamoneira (A) e folha (B). Fonte: Autor, 2019



Figura 3: Fruto com flor (A); com a casca seca (B); aberto com as sementes (C). Fonte: Autor, 2019.

Para OLIVEIRA (2011, pp.68-70) o produto principal no processo de extração é o óleo da semente da mamona, tendo uma boa cotação no mercado ao ser comparado aos outros óleos vegetais. O subproduto desse processo é a torta de mamona, que ao se extrair a toxina gera-se um farelo que é utilizado para rações animais, isolantes proteicos e aminoácidos suplementares às rações. Os principais derivados do óleo de mamona são: Óleo de Mamona Hidrogenado (HCO); Ácido 12-Hidro Esteárico (HSA); Óleo de Mamona Desidratado (DCO); Polióis; Resinas de Poliuretano; Ácido Sebáceo e Ácido Undecilênico.

Uma das características da resina poliuretana derivada do óleo de mamona é que por ser isenta de solventes, atóxica, acaba por não ser agressiva ao homem e nem ao meio ambiente. A polimerização final ocorre em torno de 24 horas e sua secagem ao toque varia entre 10 e 30 minutos, dependendo de fatores ambientais. Desta forma, esta foi a matriz polimérica utilizada na pesquisa, sendo a mesma reforçada com resíduos da fibra de piaçava.

2.7 Processo de fabricação de vassouras de piaçava e a geração de resíduos

Durante o primeiro semestre de 2019 foram realizadas visitas técnicas em três empresas no Rio de Janeiro que trabalham com a fibra de piaçava – duas na fabricação de vassouras e uma na confecção de coberturas. A ordem de visitação se deu da seguinte maneira:

Empresa Divino Piaçava – Localizada na Rua Óbidos, nº 141, Vila Valqueire – RJ. A empresa trabalha especificamente com a palha da piaçava na confecção de pentes (Figura 4), para a preparação de coberturas de quiosques, varandas, etc. Possui 7 funcionários e sua produção é referência nesse tipo de produto. A visita foi realizada no dia 03 de março de 2019 e

ao final da entrevista foi possível recolher amostras da palha de piaçava, mesmo não sendo utilizada para a formulação do ecocompósito proposto nesta pesquisa.



Figura 4: Palhas amarradas nas ripas. Fonte: Autor, 2019.

Associação Aliança dos Cegos – Localizada na Rua 24 de Maio, nº 47, São Francisco Xavier – RJ, tem a finalidade de amparar e readaptar deficientes visuais adultos. A AAC emprega pessoas videntes e deficientes visuais. Os recursos financeiros advêm de associados mantenedores e a produção consiste em vassouras, rodos e espanadores. A visita foi realizada no dia 16 de abril de 2019, com recolhimento de amostras da fibra de piaçava e da bacina/borra, resíduos resultantes da fabricação das vassouras. Atualmente a produção de vassouras é realizada por dois funcionários videntes. A Figura 5 ilustra as etapas de produção da vassoura, iniciando-se com a separação das fibras, bacina e piaçava, e em seguida, ocorrendo o penteamento das fibras (neste momento já ocorre o acúmulo de fibras descartadas).

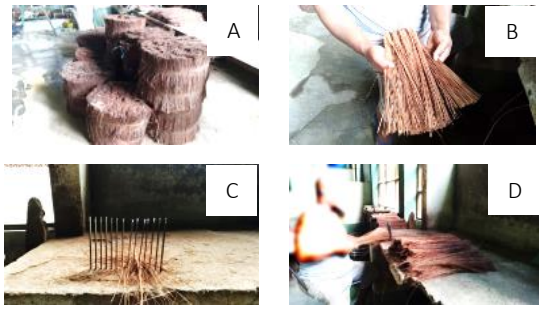


Figura 5: Fibras em fardos (A); soltas (B); pente (C) e penteamento das fibras (D). Fonte: Autor, 2019.

O penteamento é a etapa na qual a fibra é limpa, separada e padronizada, além de eliminar possíveis insetos, como alguns besouros, que vivem nas palmeiras.

Após o penteamento, é preciso molhar a piaçava para moldá-la na prensa, antes de colocar a base na "lata" para fixar as fibras, obtendo assim o aspecto da vassoura, ilustrada na Figura 6. Na etapa seguinte, se faz o acabamento na guilhotina, na qual são eliminados cerca de 3 centímetros das fibras salientes (Figura 7).



Figura 6: Umedecimento das fibras (A); máquina de prensagem (B e C) e fibras presas na lata (D). Fonte: Autor, 2019.



Figura 7: Acabamento na guilhotina. Fonte: Autor, 2019.

Nesta fábrica, por ter um número reduzido de funcionários, a produção é considerada pequena. Não souberam informar a quantidade de resíduos descartados bem como seu tempo de acúmulo.

Vassouras Irajá – Localizada na Rua Pedro Teixeira, nº 556, Irajá – RJ. A visita foi realizada no dia 16 de abril de 2019, recolhendo-se amostras da fibra de piaçava e da bacina. Conta com um quadro de 8 funcionários. É uma empresa que fabrica uma grande quantidade de vassouras, aproximadamente 50 dúzias diariamente, ou seja, 600 vassouras produzidas todos os dias, o que gera um volume considerável de resíduos (Figura 8). A empresa é reconhecida pela qualidade do material produzido.



Figura 8: Fibra sem tratamento (A); em rolos (B); fabricação (C) e resíduos (D). Fonte: Autor, 2019.

Sua produção gera o mínimo de 4 sacos de 300 litros de resíduos por dia (Figura 9). Por esta razão, as amostras utilizadas para a formação do ecocompósito proposto na pesquisa foram obtidas desta empresa.



Figura 9: Resíduos gerados na guilhotina (A) e o descarte (B). Fonte: Autor, 2019.

Há uma variação no comprimento das fibras de piaçava tidas como resíduo (Figura 10), apresentando-se com comprimentos de 1 a 11 cm. Esses resíduos são considerados pelos trabalhadores da empresa como um material sem potencial de utilização e talvez esse fato se dê por falta de mão de obra e conhecimento para confeccionar outro produto.

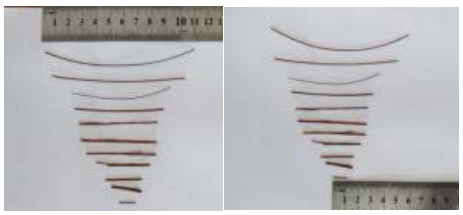


Figura 10: Resíduos com variação de comprimentos. Fonte: Autor, 2019.

É importante mencionar que durante as visitas nas duas fábricas, *AAC* e a *Vassouras Irajá*, foi relatado o uso da bacina, que também é uma fibra de piaçava, porém, originária do médio Rio Negro (Manaus). Sua função, por ser mais leve, é preencher e dar volume ao miolo da vassoura, enquanto a piaçava da Bahia, ao contrário é mais grossa e resistente, proporcionando maior firmeza à estrutura externa no conjunto de fibras. A **Figura 11** ilustra a diferença entre a bacina que é mais volumosa e um pouco disforme (A e B), enquanto a piaçava é mais uniforme e com menos volume (C e D).



Figura 11: Bacina (A e B) e piaçava penteada (C e D). Fonte: Autor, 2019.

As duas fibras, piaçava e bacina, geram resíduos simultaneamente durante a etapa inicial, com o penteamento e durante o acabamento da vassoura (etapa final). Esses resíduos não são separados durante a fabricação da vassoura e ambos foram utilizados na confecção do ecocompósito proposto nesta pesquisa.

2.8 Ecocompósitos no design

Em relação aos ecocompósitos, é importante ressaltar que, por ser um novo material, se faz necessário focar inicialmente o projeto na fibra e resina, para posteriormente detalhar as suas características e, determinar suas aplicações (CALEGARI et al, 2014, p.155).

A relação entre os ecocompósitos e o desenvolvimento de novos produtos tem se intensificado na medida em que novos estudos se concretizam, crescendo assim o número de adeptos ao uso dos produtos fabricados a partir destes materiais.

A expectativa é que em um futuro não muito distante, os produtos produzidos a partir de materiais ecocompósitos tenham mais adeptos. Um bom exemplo a ser citado vem do trabalho desenvolvido por pesquisadores da USP, especificamente do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Materiais para Biossistemas (BioSMat), que desenvolveram embalagens biodegradáveis para o transporte de frutas, hortaliças e bebidas, a partir de resíduos do bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana a base de óleo de mamona.

Outro exemplo de projeto de design (pisos e revestimentos) a partir de um ecocompósito, partiu de OLIVEIRA (2011). Ao pesquisar o uso do compósito de fibra de tururi (saco fibroso encontrado na palmeira *Manicaria saccifera*) reforçando a resina polimérica a base do óleo de mamona. Com esta pesquisa foi possível produzir um revestimento do tipo taco para residências, provando que o ecocompósito em questão apresentou dados de resistência mecânica e estética para tal fim.

Na esfera do design sustentável, PAZMINO (2007, p. 7) cita que o mesmo "é um processo mais abrangente e complexo que contempla que o produto seja economicamente viável, ecologicamente correto e socialmente equitativo", satisfazendo assim as necessidades básicas da sociedade.

Neste contexto, Manzini em seu livro *Design para inovação social e sustentabilidade* (2008), nos mostra a preocupação referente à crescente produção industrial e o consumo de materiais e processos prejudiciais ao meio ambiente. Ele reforça que para conceber e realizar projetos sustentáveis, é necessário pensar em soluções, onde "mudar a perspectiva, imaginar soluções alternativas, avaliar, desenvolver as soluções mais adequadas" trazem vantagens sociais e ambientais (MANZINI, 2008, p.29).

Para finalizar a série de bons exemplos de projetos a partir de materiais ecocompósitos, cita-se o Bananaplac, material desenvolvido pela Empresa Fibra Design. O ecocompósito é formado por fibras de bananeira em matriz de resina de base vegetal (mamona, soja e óleo de milho). O segundo exemplo é a guitarra desenvolvida pelo músico e designer Rodrigo Novaes, produzida a partir de um compósito polimérico reforçado por uma fibra vegetal: os resíduos do malte utilizados na fabricação de cerveja. De acordo com a informação dada à Revista FAPESP (2016, p.16), as propriedades acústicas do material são comparáveis à madeira mogno e foram ligeiramente superiores às da madeira marupá, comumente utilizadas para a confecção de certas guitarras no Brasil.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada se configura na tipologia de pesquisa-ação, na qual um grupo de pesquisadores de formações em diferentes áreas se unem para trabalhar na resolução de uma determinada problemática de forma interdisciplinar. Primeiramente, foi realizada uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), orientada por professores da área do design e de materiais. Posteriormente, foram feitas visitas técnicas às empresas que fabricam vassouras de piaçava, com o intuito de caracterizar e coletar resíduos da fibra. A próxima fase da metodologia se deu por meio da caracterização dos resíduos da fibra experimentação em laboratório e a realização de tarefas de usinagem, análise da taticidade e características sensoriais do material, visando à caracterização do ecocompósito, para verificação por fim, das possibilidades reais de uso do material.

3.1 Materiais

Para este trabalho a fibra de piaçava foi recolhida em dois momentos, o primeiro durante a etapa de acabamento da vassoura, fase em que há o acúmulo dos resíduos no chão ou bancadas. Já no segundo momento, o resíduo já estava ensacado para ser recolhido pelo serviço de limpeza urbana. A fibra de piaçava utilizada vem da palmeira *Attalea funifera Martius*, espécie nativa e endêmica do sul do Estado da Bahia.

A resina poliuretana a base de óleo de mamona foi cedida pela empresa *Imperveg — Polímeros Indústria e Comércio LTDA.*, situada na cidade de Aguaí - SP. De acordo com o fabricante, a resina bicomponente é um poliuretano de código *AGT 1315* (**Figura 12**) à base do óleo de mamona, 100% sólido (isento de solventes). Não libera vapores tóxicos,

formulado pela mistura a frio de um pré-polímero (componente A) e um poliol (componente B), resultando em polímeros com diferentes características, de excepcional estabilidade físico-química, elasticidade e impermeabilidade. A *Imperveg AGT 1315* é fornecida na forma bicomponente (A + B) e apresenta como sugestão de mistura a proporção dos componentes de 1:1,5 (uma parte do componente A + uma parte e meia do componente B, em volume respectivamente). Após a mistura dos componentes o tempo de trabalho (*pot life*) gira em torno de 15 minutos, quando a resina entra no ponto de gel dificultando o manuseio do material.



Figura 12: Componente A e componente B da resina de mamona utilizada. Fonte: Autor, 2020.

3.2 Método de Fabricação do Ecocompósito

Para a produção do ecocompósito foi estabelecido uma parceria com o Instituto de Macromoléculas Professora Eloísa Mano — IMA/UFRJ, onde foi possível utilizar o laboratório com os equipamentos necessários para a produção do material e dos consequentes corpos-de-prova. O Laboratório de Apoio Tecnológico / Caracterização - LAPTEC 2 localiza-se na sala J — 102, no prédio do IMA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária - Av. Horácio Macedo nº 2030 - Centro de Tecnologia - Bloco J.

Etapas como a moagem das fibras, moldagem do compósito e fabricação dos corpos-de-prova para usinagem foram realizadas neste laboratório. É possível descrever este processo de fabricação do seguinte modo:

3.2.1 Moagem das fibras de piaçava

Para tal etapa foi utilizado o Moinho de Facas da marca *Marconi*. No processo de moagem (Figura 13), foram gerados de 6 a 8 kg de resíduos da fibra aproximadamente. Foram obtidas duas granulometrias para o material, a primeira com a fibra em pó com granulometria de 1 mm e o segundo com as fibras mais curtas como sobras que não passaram pelo filtro de granulagem.

Nesta primeira fase não houve a secagem das fibras em estufa. Pois, seriam fabricados dois ecocompósitos, um realizando a secagem das fibras (para analisar o efeito da secagem na adesão fibra/matriz) e outro sem secagem. Porém, com a pandemia do COVID-19, não foi possível realizar a etapa de secagem das fibras em estufa. Desta forma, o material foi produzido a partir da fibra com sua umidade natural.



Figura 13: Facas do moedor (A) e funil de entrada (B). Fonte: Autor, 2020.

3.2.2 Pesagem e mistura dos componentes da resina

A relação do pré-polímero e do poliol se deu na proporção de 1:2 onde foi pesada a resina com seus componentes separadamente, obtendo 86,2 g do componente A e 128,4 g do componente B, somando um total de 214,6 g, o que equivale a 66% do ecocompósito.

Esta proporção se deu seguindo o recomendado na literatura por alguns trabalhos, bem como a quantidade necessária para o molde projetado. Os componentes A e B da resina foram misturados até apresentar uniformidade, por meio da cor e redução de bolhas de ar. O processo de cura da resina inicia quando os componentes entram em contato e são misturados. Após a mistura o tempo máximo de trabalho foi de 15 minutos.

3.2.3 Pesagem das fibras

A fibra moída resultou em granulometria de pó de piaçava, sendo utilizado 114g, o que equivale 34% de fibra empregada na confecção da placa do ecocompósito, ou seja, 66% de resina e 34% de fibra. Se faz necessário esclarecer que estavam previstas a fabricação de ecocompósitos com diferentes proporções de fibras, até atingir a maior parte de resíduos e menor fração de resina. Porém, com a pandemia do COVID-19 estas tarefas ficaram impossibilitadas de serem realizadas, pois exigiam a presença em laboratórios da instituição, que se encontravam fechados por questões de segurança sanitária.

3.2.4 Mistura da resina com a fibra

Após a pesagem da fibra e da resina, ambos foram misturados por, aproximadamente 5 minutos, para se obter uniformidade e molhabilidade da fibra pela resina, conforme ilustrado na Figura 14.



Figura 14: Mistura da resina com o pó de piaçava. Fonte:Autor, 2020

3.2.5 Vertendo o ecocompósito no molde

Para facilitar a desmoldagem do material foi utilizada cera de carnaúba como desmoldante bem como, um plástico filme para proporcionar brilho à superfície do ecocompósito, o que contribuiu também para uma fácil desmoldagem.

Para a confecção da placa de ecocompósito foi fabricado um molde de compensado naval que apresentou as seguintes dimensões: 14,8 X 21 X 3 cm (comprimento, largura e espessura interna). A Figura 15 ilustra o molde produzido e a Figura 16 o seu esquema técnico.

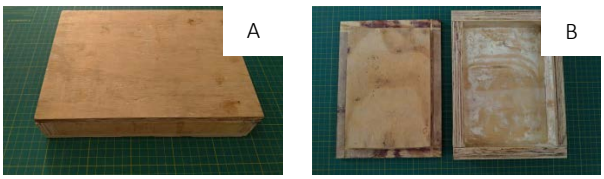


Figura 15: Molde fechado (A) e molde aberto (B). Fonte: Autor, 2020.

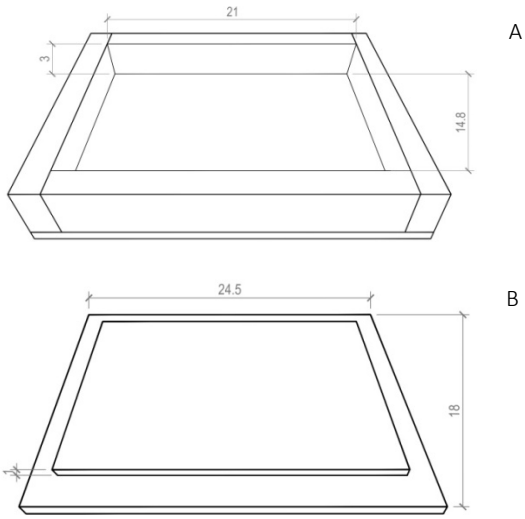


Figura 16: Esquema técnico do molde aberto (A) e tampa (B). Fonte: Autor, 2020.

O ecocompósito foi posto no molde (**Figura 17**) preenchendo todo o espaço interno, sendo em seguida fechado e posto em prensa hidráulica.



Figura 17: Compósito no molde. Fonte: Autor, 2020.

3.2.6 Prensagem do ecocompósito

Já no molde, o ecocompósito foi inserido na prensa hidráulica (de marca C*arver*) em uma compressão de 1000 libras por polegadas quadradas (força equivalente a 0.45 t) por um tempo estipulado de 1 hora (**Figura 18**).



Figura 18: Material na prensa hidráulica. Fonte: Autor, 2020.

3.2.7 Retirada do ecocompósito da prensa

Após a retirada do molde da prensa, procedeu-se a desmoldagem da placa de ecocompósito, tarefa que ocorreu com facilidade. Notou-se uma pequena redução de sua dimensão em relação ao tamanho do molde, deixando a placa com espessura de 1, 8 cm, largura de 14, 5 cm e o comprimento de 20, 8 cm, provavelmente ocasionado pela a expansão da resina e cura do material ecocompósito. Com a placa do material produzido, foi possível realizar testes de usinagem, observar seus aspectos visuais e suas características sensoriais/táteis. A **Figura 19** ilustra o resultado obtido após a prensagem e retirada do molde.

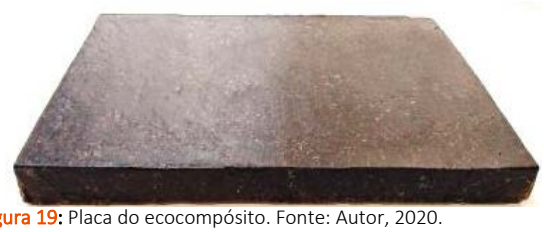


Figura 19: Placa do ecocompósito. Fonte: Autor, 2020.

3.2.8 Metodologia de análise sensorial/tátil do material

CALEGARI (2013, p.37) considera que um produto é um canal de comunicação entre o designer e o usuário, ou seja, o designer é o emissor, o produto é o canal de comunicação e o usuário é quem recebe a mensagem, o receptor. A partir da análise da autora, LÖBACH (2001, p.54) complementa, que nas relações entre usuários e produtos existem aspectos essenciais, funções, as quais se tornam perceptíveis no processo de uso e possibilitam a satisfação de certas necessidades.

Em um projeto de design, nota-se que durante o processo de elaboração e confecção do protótipo, as características e comportamentos visuais e táteis estão sempre presentes. Vale destacar que as características tangíveis definem a configuração do produto, sua geometria, dimensão, resistência, estabilidade, eficiência (DIAS, 2009, p.22). Enquanto as características intangíveis são os significados atribuídos e as emoções evocadas de um material, que não podem ser identificados com valores numéricos ou quantitativos (DIAS, 2009, p.136).

As sensações e percepções vivenciadas com o ecocompósito desenvolvido permitiu a realização de uma apreciação tátil e visual do material. Algumas características são identificadas, como ilustram as **Figuras 20** e **21**, tais como a textura, superfície com brilho ou opacidade, peso (desde que esteja com o material em mãos), coloração e o resultado da incidência de luz solar no material. Neste contexto, Mello (2013, p.106) relata que a superfície do material influencia no gerenciamento da luz, ou seja, enquanto alguns produtos geram intensidade luminosa excessiva, outros refletem a luz de maneira que interferem na visão de quem interage com o material. A interferência visual que a luz solar causa na placa é observada principalmente na variação de tons em sua coloração. Isso não significa que esta interferência seja prejudicial, apenas cria novas significações na estética do material.



Figura 20: Apreciação tátil e visual do ecocompósito. Fonte: Autor, 2020.



Figura 21: Placa exposta a luz solar. Fonte: Autor, 2020.

Para Ashby & Johnson (2011, p.15) a estética estimula e atrai os sentidos, para os designers a combinação de elementos estéticos criam oportunidades e experiências de projeto. Os autores reforçam ainda que embora a estética tenha diversas nuanças de significado, esta é a que melhor abrange os atributos sensoriais de materiais e produtos.

É possível perceber na Figura 22 que a combinação da fibra de piaçava moída e a resina de mamona resultaram em um material capaz de gerar reações quanto a seu aspecto estético, seja por meio de características sensoriais, estéticas e simbólicas, influenciando diretamente nas possíveis aplicações no design.



Figura 22: Detalhes que compõe a placa. Fonte: Autor, 2020.

De acordo com Ashby & Johnson (2011, p.81) "Interagimos com materiais por intermédio de produtos", porém esta pesquisa permitiu o autor interagir com o material desde a fibra bruta até a confecção do compósito. O fato é que o material produzido permite realizar associações com alguns tipos de madeiras, somando-se aos atributos que dão personalidade ao ecocompósito, seja por meio da textura ou da cor, características essas que inspiram algumas aplicações no design. Nota-se em sua superfície a presença de algumas estrias ou riscos, mas isso se deu pelo enrugamento do plástico usado em sua superfície no processo de moldagem.

O Quadro 1 ilustra as características identificadas quanto aos atributos sensoriais e táteis identificados no material a partir do seu manuseio e observação visual.

Quadro 1: Atributos táteis e visuais da placa do ecocompósito. Fonte: Autor, 2020.

TÁTIL	VISUAL
Liso	Opaco
Sem flexibilidade	Fosco (com superfície do molde fosca)
Rígido	Semi-brilho (com superfície do molde polida)
Leve	Brilhante (quando exposto à luz solar)
Resistente ao risco	Pesado
Aspecto de madeira	Cor amadeirada

Além das características citadas, é traçado um paralelo aos variados tipos de madeiras utilizadas em móveis e revestimentos, onde foi possível identificar semelhanças táteis e de temperatura. Quando a densidade, o material também surpreende, pois a placa aparenta ser mais pesada do que realmente é, ou seja, a pesquisa resultou na obtenção de um material rígido e extremamente leve. O que causa uma sensação de surpresa ao manusear o objeto e influencia diretamente na experiência material do usuário.

Por suas características sensoriais/táteis observadas, o ecocompósito pode ter seu uso sugerido no design industrial e na arquitetura de interiores. Deixa-se claro, neste trabalho, que essas sugestões de aplicações são baseadas inicialmente na observação das características sensoriais do material, devendo ser realizados ensaios técnicos para comprovar a viabilidade do material para tais fins. No design industrial e na arquitetura, sugere-se o uso do ecocompósito em partes não estruturais, como tampo de mesa e de banco, e revestimentos horizontais (para tanto, é preciso observar a resistência a compressão e abrasão) ou verticais (por não requererem resistência física de compressão), pois sua geometria poderá variar do laminado ao bloco. É importante mencionar a similaridade do material com a coloração e aspectos de alguns tipos de madeira, por exemplo, cabreuva vermelha, ipê escuro, jatobá, muirapiranga, roxinho e sucupira como ilustram as imagens da Figura 23 (A, B, C, D, E e F).



Figura 23: Madeiras naturais: cabreuva vermelha (A); ipê escuro (B);jatobá (C); muirapiranga (D); roxinho (E) e sucupira (F).

Como frisado anteriormente, todas as sugestões de uso dependem do conhecimento das propriedades técnicas a serem estudadas, algo que se dará com a realização dos ensaios físico/mecânicos previstos que não puderam ser realizados devido a pandemia do COVID-19. Possivelmente em uma pesquisa de doutorado, será dada continuidade no estudo do material.

3.3 Testes de Usinagem em Equipamentos de Marcenaria Tradicional

Os testes de usinagem foram realizados com o objetivo de observar o comportamento do ecocompósito produzido frente a equipamentos de marcenaria dita tradicional. Segue a descrição das ações:

3.3.1 Corte na serra circular esquadrejadeira

No dia 15 de junho de 2020, foi realizado o teste de corte na carpintaria e marcenaria *Irmãos Bento,* localizada na Rua Antônio de Almeida, nº 13 – Sapucaia, RJ. A etapa de testes proporcionou uma nova experiência com o material confeccionado e as observações decorrentes deste processo são descritas a seguir.

O primeiro passo consistiu em cortar a placa do ecocompósito em duas seções de 2 cm × 14,5 cm, sendo este o seu menor lado. Posteriormente uma seção foi cortada em sete cubos de 2 cm^2, sendo utilizados três para a realização

dos testes de perfuração com prego e três para perfuração com parafuso. A outra seção foi torneada para em seguida ser dividida em seis cilindros com diâmetro de 1,8cm, para o teste de polimento em lixadeira de cinta.

A resposta ao corte na serra circular esquadrejadeira foi positiva, não houve fissuras do material, sendo este equipamento considerado ideal para o corte de MDF, MDP, madeiras, entre outros derivados de madeira. A serra utilizada foi a da marca *Baldan SEC 3,* indicada para marcenaria, indústria de móveis e construção civil. Por este motivo, a placa do ecocompósito foi cortada com o disco *Freud* possuindo 80 dentes em seu corpo e espessura de corte correspondente a 2,5 mm, sem que ocorresse deformação do material.

Foi observado no momento em que a placa de ecocompósito estava sendo cortada (Figura 20), que a mesma não liberou pó ou resíduo visível. Diferente do MDF, que quando é cortado elimina grande quantidade de resíduos, podendo gerar assim impacto ambiental caso não tenha uma destinação correta do pó acumulado.

A Figura 24 ilustra em detalhe o corte do ecocompósito, sendo possível perceber que não houve perda significativa de material e não se observou danos à sua estrutura, conforme ilustra a Figura 25. O ecocompósito foi cortado sem a necessidade de força física, bastou-se o apoio das mãos para que a serra cortasse rapidamente as duas seções.



Figura 24: Processo de corte do material ecocompósito. Fonte: Autor, 2020.



Figura 25: Detalhe do ecocompósito após o corte na serra circular**.** Fonte: Autor, 2020.

Não foram observadas fissuras na superfície do material ao se realizar o corte com a serra circular, evidenciado a possível eficiência da adesão entre a fibra de piaçava moída e a resina de mamona. Frisando-se que para confirmar tal hipótese, é preciso a realização de ensaios físico-mecânicos no material desenvolvido.

3.3.2 Perfuração com prego e parafuso

Utilizando uma esquadrejadeira (Baldan SEC 3) com serra circular, foram realizados testes de perfuração com prego (13mm x 18mm) e parafuso rosca soberba (Philips cabeça chata de 3,5 mm x 40 mm). Este teste de usinagem ocorreu na Marcenaria Irmão Bento, já citada anteriormente.

O procedimento para a perfuração com prego ocorreu em três cubos, totalizando três repetições. Após processo de furação, as amostras se mostraram eficientes ao impulso de arranque gerado (Figura 26). Notou-se que nos três cubos testados não houve trincas ao redor dos furos e os pregos ofereceram resistência ao serem fixados (Figura 27). Este fato surpreendeu o marceneiro, pois o processo não causou fissuras ou deformações no material. Para os profissionais da marcenaria visitada, o material por ser diferenciado em sua composição, gerou boas expectativas em sua utilização, devido ao seu aspecto e possibilidades de manuseio.



Figura 26: Perfuração com o prego. Fonte: Autor, 2020.



Figura 27: Detalhe da saída do prego.Fonte: Autor, 2020.

Por visualmente não ter ocorrido fissuras no processo de perfuração com prego, o material respondeu de forma positiva a este teste.

Para o teste de perfuração com o parafuso, foram realizadas três repetições com a furadeira e parafusadeira de impacto da marca *DeWalt*, indicada para uso em alvenaria, metal, madeira e tijolo (com uma broca de 3 mm de ponteira comum Philips). O material aparentemente demonstrou solidez e firmeza ao impacto gerado pela ferramenta, mantendo sua estrutura sem deformações.

Após os corpos de prova serem perfurados com parafusos, os mesmos foram retirados de modo a verificar o seu comportamento e mudança em sua estrutura. Feito isto, a Figura 28 ilustra os três cubos sem os parafusos, evidenciando os furos de entrada e os de saída sem trincas aparentes, com a estrutura externa intacta. Deste modo, a perfuração com parafuso também foi positiva para o material.

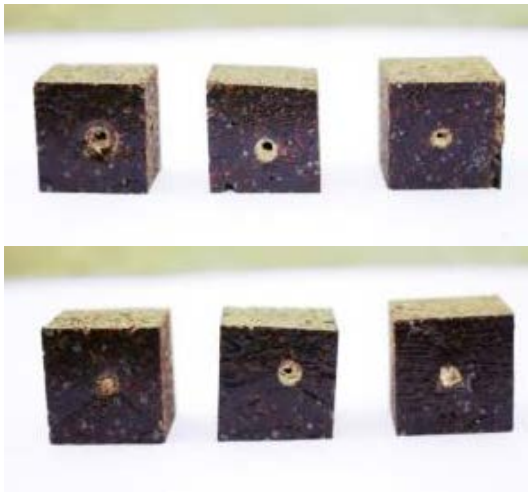


Figura 28: Detalhe de entrada (A) e saída do parafuso (B).

Fonte: Autor, 2020

3.3.3 Torneamento

A seção de 2 cm × 14,5 cm foi torneada na empresa *Tornearia Canemar*, localizada na Rua Paulino Fernandes Silva, nº 313 – Sapucaia – RJ.

Foi utilizado o torno mecânico da marca *Romi* e modelo *NTS – 410.* Antes de iniciar o torneamento, a seção do ecocompósito foi acoplada em duas extremidades, a primeira chamada de contra ponto rotativo e a segunda de placa universal. Após este encaixe, a peça foi torneada em 1000 RPM por meio do corte de vídia, que é utilizado para material macio, até atingir forma cilíndrica (Figura 29). O corte foi realizado a seco sem necessidade de aditivo para facilitar o torneamento.



Figura 29: Processo de torneamento.. Fonte: Autor, 2020.

Durante o processo de torneamento as mesmas características aparentes, no corte da serra circular se mantiveram presentes, ou seja, sem fissuras aparentes e deformações. Enquanto o material estava sendo torneado, não foram observadas grandes quantidades de resíduos gerados. O material agradou o profissional torneiro, pelas características identificadas, como a leveza e resistência, e com uma observação importante: a maciez do material durante o processo de torneamento.

Com a precisão do equipamento, o resultado obtido foram seis cilindros de 2 cm de altura por 1,8 cm de diâmetro, cortados no próprio torno mecânico (Figura 30), que posteriormente foram utilizados para testes simples de polimento em lixa abrasiva tradicional de marcenaria.



Figura 30: Corte dos cilindros. Fonte: Autor, 2020.

3.3.4 Polimento/Lixamento

No dia 26 de junho de 2020, ao retornar na marcenaria *Irmãos Bento,* realizou-se o teste de polimento/lixamento, na lixadeira de cinta. Este teste teve a intenção apenas de analisar o comportamento do material frente às tarefas de acabamento superficial e possível geração de resíduos no processo.

O procedimento se deu na lixadeira de marca *Ferrari* com lixa *Deerfos* de grão 50. Os corpos de prova foram presos a uma pequena placa de MDF para dar sustentação e segurança, permitindo o toque do ecocompósito com a lixa. Para cada cilindro (no total de cinco) foi repetido o processo por um tempo estipulado de um (01) minuto, sendo cinco repetições realizados no meio da lixadeira, onde a área de contato é maior, mais firme e estável, como ilustra a Figura 31.



Figura 31: Teste de polimento/lixamento. Fonte: Autor, 2020.

Observou-se que os corpos de prova com área mais porosa (com mais bolhas de ar) perdiam mais massa que os corpos de prova que apresentavam área mais densa e compactada. Este fato deve-se, possivelmente, à prensagem da placa não ter sido tão uniforme (tal informação deve ser mais bem detalhada para comprovar tal hipótese). A Figura 32 ilustra um cilindro em destaque com superfície mais irregular que os outros corpos de prova, devendo-se tal fato, possivelmente a forma como o mesmo foi fixado para a tarefa de polimento. A área lixada apresentou superfície opaca.



Figura 32: Variação de perda. Fonte: Autor, 2020.

A variação de perda (em altura) foi de 1 a 2 mm entre as cinco peças testadas (medidas com paquímetro) e podem ser observadas na Tabela 1. Por ausência de balança científica – equipamento de laboratório – não foi possível realizar a pesagem dos corpos de prova antes e depois do processo de polimento/lixamento (o laboratório de pesquisa do IMA estava fechado por conta da pandemia SARS-COVID-19).

Tabela 1: Total de perda em mm após polimento/lixamento. Fonte: Autor, 2020.

Amostra	Altura Inicial	Altura Final	Total de Perda
1	20 mm	18,5 mm	1, 5 mm
2	20 mm	19 mm	1 mm
3	20 mm	19 mm	1 mm
4	20 mm	18 mm	2 mm
5	20 mm	19 mm	1 mm

Diante dos resultados observados neste processo, pode-se sugerir que os desgastes apresentados nos cilindros foram razoavelmente baixos em relação ao tempo de lixamento, porém se faz necessária a realização do teste de abrasão para confirmar tal hipótese. Sugere-se o uso de lixas de granulações diferentes para avaliar os possíveis efeitos de superfície de acabamento.

Por fim, a partir dos resultados das tarefas de usinagem realizadas e seus aspectos sensoriais/táteis, foram sugeridas algumas aplicações para o material desenvolvido. Uma aplicação em peça de mobiliário e outra para revestimento vertical e horizontal. Sempre ressaltando que essas sugestões deverão ser avaliadas por meio de ensaios físicos-mecânicos,

para comprovação da eficiência do material. Tal etapa poderá se dar em uma futura pesquisa de doutorado.

4. PROJETO DE DESIGN – SUGESTÕES DE APLICAÇÃO DO MATERIAL

Esta fase teve por objetivo a proposição de possíveis aplicações do ecocompósito desenvolvido no campo do design, mais especificamente, nos setores de mobiliário e de revestimentos residenciais.

4.1 Projeto de design

Baseado nos comportamentos e respostas obtidas nos testes de usinagem e nas observações sobre as características sensoriais/táteis do material desenvolvido foi possível propor aplicações práticas do mesmo em produtos como o revestimento 3D para parede, piso tipo assoalho e um banco longo.

4.1.1 Revestimento Vertical 3D

Para obter movimento e volume na composição do revestimento, optou-se pelo formato hexagonal com três espessuras opcionais, sendo elas em 10 mm, 30 mm e 50 mm ilustradas na Figura 33. O processo de fabricação sugerido é o de moldagem por compressão, por gerar custos mais acessíveis.



Figura 33: Espessuras do revestimento 3D: 10mm (A), 30 mm (B) e 50 mm (C). Fonte: Autor,2020.

A aplicação deste revestimento em diferentes espessuras, possibilita dinamismo ao ambiente, aconchego e sofisticação, como pode ser verificado na simulação ilustrada na Figura 34.



Figura 34: Aplicação do revestimento 3D. Fonte: Autor, 2020.

4.1.2 Piso tipo Assoalho

Considerando a resistência e o teste de polimento/lixamento realizados, as respostas demonstram pouca perda de massa e com isso se torna um material interessante a ser aplicado como revestimento horizontal. Porém, essa consideração é apresentada neste estudo como uma sugestão, algo que precisa ser comprovado com a realização de ensaios mecânicos. O método de fabricação também se daria por meio da moldagem por compressão.

O desenho sugerido (Figura 35) possui encaixe macho-fêmea, que pode ser confeccionado de maneira simples por meio da serra de disco.



Figura 35: Piso do tipo assoalho. Fonte: Autor, 2020.

4.1.3 Banco Longo

O banco aqui proposto (Figura 36), sugere sua fabricação a partir do ecocompósito produzido. A partir dos testes de usinagem realizados em marcenaria, o material revelou potencial para ser utilizado na tarefa de corte, perfuração com prego e parafuso, assim como o torneamento e lixamento (instrumentos e técnicas comuns na produção de móveis).



Figura 36: Banco longo. Fonte: Autor, 2020.

Em primeiro momento o banco pode ser fabricado com a placa do ecocompósito cru, apenas aplicando um selador ou verniz fosco na sua superfície. O banco possui o seu assento produzido com a chapa do ecocompósito acrescido de parafusos à sua estrutura em metalon que também pode ser substituído por outra madeira de manejo sustentável, como pinus ou eucalipto.

4.1.4 Desenvolvimento de identidade visual

Esta etapa se refere ao desenvolvimento da identidade visual que caracteriza o produto, tais como o logotipo, tipografia e descrição das cores em Pantone, RGB e CMYK.

Logotipo – Piamam foi o nome sugerido para o compósito desenvolvido na pesquisa e sua arte encontra-se ilustrada na Figura 37. Localizado no centro do quadrado, o logotipo piamam representa as junções das palavras piaçava e mamona, materiais utilizados para a confecção do ecocompósito. Suas linhas tipográficas fazem alusão à flexibilidade e resistência da fibra de piaçava, enquanto os traços em amarelo destacam as palavras que são unidas. Suas cores representam à resina poliuretana a base do óleo da mamona. O quadrado sólido que envolve o piamam, de cor marrom, é atribuído à cor da piaçava e a placa resultante do compósito.



Figura 37: Logotipo criado para o material ecocompósito.

Fonte: Autor, 2020.

Escala de cores – As cores empregadas no logo piamam são (Figura 38): o marrom Pantone 161C e o amarelo Pantone 130 C. Caracterizando assim a escala de cores utilizadas em material impresso (CMYK) e digital (RGB).

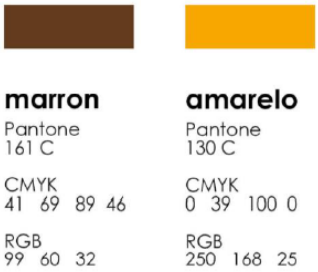


Figura 38: Cores em pantone, CMYK e RGB. Fonte: Autor, 2020.

Tipografia – A tipografia escolhida para a identidade visual foi a Gabriola regular, uma fonte elegante que tem boa visibilidade em tamanhos maiores e também em espaços menores.



Versão Preto / Branco e Tons de Cinza – Em caso de limitações quanto ao número de cores disponíveis em um processo de impressão, podem ser utilizadas as versões em preto e branco e tons de cinza (80% e 35%), ilustrado na Figura 39.



Figura 39: Versão PB e Tons de cinza: Autor, 2020.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar novas possibilidades para os resíduos agroindustriais, oriundos do processo de fabricação de vassouras de piaçava e o seu reaproveitamento, atentando para questões da sustentabilidade no design.

Os resíduos de fibra de piaçava representam um material alternativo, de origem natural, que reforçar a resina poliuretana a base do óleo da mamona, de origem renovável, poderá contribuir para a diminuição do impacto ambiental na produção de novos produtos de design, arquitetura e engenharia.

Após a fabricação do ecocompósito e a confecção dos corpos de prova, foi possível a realização de testes de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design. O material apresentou coloração amadeirada, leveza e resistência à deflexão de forma manual. Despertou o interesse e admiração dos profissionais de marcenaria e tornearia, por seu aspecto e comportamento na usinagem, notando-se um bom desempenho do material.

As características sensoriais e táteis do ecocompósito (textura lisa, rígida, leve, resistente ao risco e de aspecto amadeirado) proporcionaram identidade ao material. Sendo possível assim, sugerir aplicações possíveis do material em produtos de mobiliário e revestimento.

O resultado desta pesquisa (Figura 40), em sua perspectiva, possibilita projetos de design sustentável, do revestimento ao mobiliário. Reforçando assim, a importância do estudo da relação Design & Materiais com foco na sustentabilidade.



Figura 40: Apresentação final. Fonte: Autor, 2020.

REFERÊNCIAS

1. ARRUDA, A. J. V.; FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I. Design, artefatos e sistema sustentável. Série [designCONTEXTO] – Ensaios sobre Design, Cultura e Tecnologia. São Paulo: Blucher, 2018

2. AQUINO, R.C.M.P. Desenvolvimento de compósitos de fibras de piaçava da espécie Attalea Funifera Mart e resina de matriz poliéster. 2003. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciências dos Materiais). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

3. AQUINO, R.; D'ALMEIDA, J.; MONTEIRO, S. Desenvolvimento de compósitos de matriz polimérica e piaçava, como substitutivo de produtos de madeira, n1, ano 4, 2002. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/DESENVOLVIMENTO-DE-COMP%C3%93SITOS-DE-MATRIZ-POLIM%C3%89RICA-Aquino-D'almeida/013f80c84ae8a9c055e1af3717e6aa63a8c58fa7 > Acesso em: 07 Ago. 2018.

4. ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. Materiais e Design: Arte e Ciências da Seleção de Materiais do Design do Produto. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2011.

5. CALEGARI, E.P.; OLIVEIRA, B. F de. Um estudo focado na relação entre design e materiais. Projética, v.4, n.1, Jan./Jun. 2013. Disponível em: <http://www.uel.br

/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/14348. Acesso em: 10 Nov. 2018.

6. CALLISTER, JR. W. D. Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução. Trad. Sérgio Murilo Stamile Soares. Revisão técnica Paulo Emílio Valadão de Miranda. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2002.

7. DIAS, M.R.A.C Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatus. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

8. ELLEN MACARTHUR FUNDADION. Economia Circular. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/conceito>. Acesso em: 24 Jun.2019.

9. EMBRAPA. Óleo de mamona. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw7kz02wx5eo0a2ndxymoanjml.html>. Acesso em: 13 Ago. 2019.

10. ESQUENAZI, S. M.; Potencial de uso da fibra da piaçava. Disponível em:<http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2015/resumos_pdf/ctch/ARQ/Sofia%20Moreira%20Esquenazi.pdf> Acesso em: 25 Nov. 2018.

11. EVBUOMWAN, N. F. O.; SIVALOGANATHAN, S.; JEBB, A. Concurrent Materials and Manufacturing Process Selection in Design Function Deployment. Concurrent

    Engineering: Research And Aplication. V3, n.2. p.135-144. Jun, 1995. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1063293X9500300208>. Acesso em 25 Out. 2020.

12. GUIMARÃES, C.A.L.; SILVA, L.A.M. Piaçava da bahia (*Attalea funifera martius*: do extrativismo a cultura agrícola. Bahia: EDITUS, 2012.

13. LEITÃO, A. Economia Circular: Uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting. V1, nº.2, Set. 2015. Disponível em: <http://u3isjournal.isvouga.pt/index.php/PJFMA/article/view/114>. Acesso em 12 Mar. 2020.

14. MIRANDA, C. S.; FIUZA, R.P.; CARVALHO, R. F.; JOSÈ, N. M. Efeito dos tratamentos superficiais nas propriedades do bagaço da fibra de piaçava *Attalea funifera Martius*, n2, vol. 38, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/WBgkfpHM6ynvrrQkLkBmc4R/?lang=pt# Acesso em: 25 Nov 2021.

15. OLIVEIRA, A.K.F. Estudo da viabilidade técnica de utilização do compósito poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos. 2011. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais). Pontifica Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

16. PAIVA, A. F. Estudo de compósito de fibra de juta e resina vegetal como substituto dos laminados de fibra de vidro na fabricação da carroceria de veículo de rali. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Ouro Preto. REDEMAT. Ouro Preto, 2011.

17. PAPANEK, V. Design for The Real World. Human ecology and Social Change. Editora Bantam edition published, 1973. Copyright, 1971 by Victor Papanek.

18. PAZMINO, A.V. Uma reflexão sobre design social, eco design e design sustentável. 2007. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE DESIGN I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESIGN SUSTENTÁVEL. Disponível em: http://naolab.nexodesign.com.br/wp-content/uploads/2012/03/PAZMINO2007-DSocial-EcoD-e-DSustentavel.pdf>. Acesso em: 9 Jun. 2019.

19. PIMENTEL, N. M. Uso Tradicional, Manejo e Processamento da Piaçava da Bahia (*Attalea funifera mart*.). 2015. 210 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

20. SAVASTANO JUNIOR. H; PIMENTEL, L.L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.103-110, Jan./Abr. 2000. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662000000100019&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 19 Jul. 2019.

21. SOUZA FILHO, J.R. DE. Obtenção e caracterização de um ecocompósito a base de látex e bainha da palha do coqueiro para isolamento térmico e acústico. 2015. 139f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

22. SCHNEIDER, R. C. S. Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino. 2003. Tese (Doutorado em Química.). Instituto de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003.

23. TEIXEIRA, M. G.; CESAR, S. F. Compósitos biônicos: misturando pó residual de madeira com plástico. 2006. Disponível em:< <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAAWgoAD/compositos-bionicos-misturando-po-residual-madeira-com-plastico>. Acesso em 26 Nov. 2018.

24. TIOSSI, F. M; SIMON, A. T.; TERNERO, E. M Sustentabilidade e economia circular: um estudo sistemático da literatura na última década. Disponível em:<http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/272.pdf>. Acesso em:14 Jun. 2019.

25. MANZINI, E. Design para a inovação social e sustentabilidade: Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. 1ª edição. Editora E-papers, 2008.

26. MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. Tradução de Astrid de Carvalho. 1 ed. 3.r – São Paulo: EDUSP, 2011.

27. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Ecodesign. Disponível em <https://www.mma.gov.br/informma/item/7654-ecodesign.html>. Acesso em: 20 Ago. 2019.

28. NUNES, T.V.L. Seleção de materiais e design: um método com base nas redesneurais artficiais. 2015. 147 f. Tese (Doutorado em Design). Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2015.