Materialidade sustentável no design biomimético: projeto de cobogó utilizando compósito formado por endocarpo do coco como carga em matriz polimérica

Sustainable materiality in biomimetic design: cobogó projetc using composite formed by coconut endocarp as filler in Polymer matrix

Laís Maria Carvalho de Almeida, graduanda, UFCG

lais.maria@estudante.ufcg.edu.br

Ana Karla Freire de Oliveira, doutora, UFCG

ana.karla@professor.ufcg.edu.br

Antônio Roberto Miranda de Oliveira, doutor, UFCG

antonio.roberto@professor.ufcg.edu.br

Resumo

Este estudo com perfil exploratório aborda as potencialidades do compósito formado por resina polimérica com carga do endocarpo do coco no âmbito do design biomimético e da materialidade sustentável no design. A pesquisa propõe a aplicação do compósito em um projeto de cobogó com inspiração biomimética, a partir da observação do processo de maturação e abertura do fruto da árvore pereiro (*Aspidosperma populifolium*) popularmente conhecido como “galinha de pereiro”. A estética e funcionamento do cobogó levando em conta a ventilação e a iluminação adequadas, com base nas premissas extraídas do fruto. A *Material Driven Design - MDD* foi empregada como metodologia no projeto buscando integrar aspectos de sustentabilidade, funcionalidade e economia circularpara promoção de design ecoeficiente e voltado para o aproveitamento de recursos naturais. A investigação destaca a importância dos materiais compósitos, especialmente os que utilizam resíduos agroindustriais, na busca por soluções menos impactantes ao meio ambiente e que possam ser aplicados no âmbito do design, da arquitetura e da construção civil. O uso de resíduos do coco como matéria-prima contribui tanto para mitigar ações do antropoceno, quanto na abertura de novas possibilidades para a sociedade que busca um consumo de produtos com menor impacto ambiental. O estudo demonstra como a união de design, biomimética e estudos exploratórios sobre materialidade pode gerar soluções ecologicamente responsáveis e funcionais.

Palavras-chave: Biomimética; Ecocompósito; Cobogó

Abstract

This exploratory study addresses the potential of the composite formed by polymeric resin with coconut endocarp filler in the context of biomimetic design and sustainable materiality in design. The research proposes the application of the composite in a cobogó project with biomimetic inspiration, based on the observation of the maturation and opening process of the fruit of the pear tree (Aspidosperma populifolium), popularly known as "pear chicken". The aesthetics and functioning of the cobogó considering adequate ventilation and lighting, based on the premises extracted from the fruit. Material Driven Design - MDD was used as a methodology in the project seeking to integrate aspects of sustainability, functionality and circular economy to promote eco-efficient design focused on the use of natural resources. The investigation highlights the importance of composite materials, especially those that use agro-industrial waste, in the search for solutions that have less impact on the environment and that can be applied in the fields of design, architecture and civil construction. The use of coconut waste as a raw material contributes both to mitigating the effects of the Anthropocene and to opening new possibilities for a society seeking to consume products with a lower environmental impact. The study demonstrates how the combination of design, biomimetics and exploratory studies on materiality can generate ecologically responsible and functional solutions.

Keywords: *Biomimicry; Ecocomposite; Cobogo*

1. Introdução

Manzini (2023) afirma que o designer não é um profissional isolado, onipotente e detentor de todo conhecimento. Pelo contrário, trata-se de um ser social que deve, além de explorar novos saberes, atuar em colaboração com profissionais, de diferentes áreas. É fundamental considerar os diversos fatores que influenciam no resultado de um produto e, sobretudo, atender às reais demandas dos usuários. Esse cenário de atuação transdisciplinar no design também é abordado por Ashby e Johnson (2010), na obra Materiais e Design: arte e ciência na seleção de materiais no design de produto.

Além da composição da equipe, outro fator que contribui para determinar se um objeto é considerado de qualidade, é à quantidade e à natureza das funções que ele atende. Segundo Löbach (2001, p. 54-66), os produtos são configurados a partir das funções que lhes são inseridas, tais como: a prática, a estética e a simbólica. Norman (2006, p. 15) afirma que: "(...). Bons designs incluem tudo isso - prazer estético, arte, criatividade -, e ao mesmo tempo são usáveis, de fácil operação e prazerosos.". Todavia, a contemporaneidade apresenta uma demanda urgente: ações que diminuam o impacto do antropoceno no meio ambiente. Dessa forma, o design sustentável se traduz como uma abordagem que considera os impactos ambientais, sociais e econômicos de produtos e serviços, objetivando apresentar soluções efetivas na redução do desperdício, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas.

Dessa forma, segundo Cavalcanti, Arruda e Nonato (2017) a associação de métodos projetuais de design com princípios da sustentabilidade vem ocorrendo desde a década de 70, entretanto esse movimento ganha força no final do século XX. Autores como Victor Papanek (1971), Ezio Manzini (2002) e Carlo Vezzoli (2024) representam algumas vozes no campo do design e sustentabilidade com importantes estudos sobre o tema.

Este artigo relata um dos resultados obtidos com as atividades e conteúdos propostos na disciplina de Design e Ecologia do curso de Design da Universidade Federal de Campina

Grande (UFCG), na qual trabalhou-se a temática da sustentabilidade por meio de leituras, reflexões e experimentações materiais. Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento de um material compósito de forma experimental no âmbito da disciplina, considerando o pó do endocarpo do coco como matéria-prima, mais especificamente como carga em matriz polimérica para o projeto de um cobogó. A estética e funcionalidade do artefato foram definidas a partir da observação – considerando princípios biomiméticos - do processo de amadurecimento e abertura do fruto do pereiro (*Aspidosperma populifolium*) popularmente conhecido como "galinha de pereiro". Sendo a biomimética uma das abordagens do design sustentável, ela se constitui como uma ciência que se inspira na natureza para gerar soluções inovadoras e sustentáveis para problemas enfrentados pela sociedade, atendendo os pilares social, ambiental e econômico. Deste modo, o artigo em questão apresenta o processo de desenvolvimento experimental do compósito, os estudos envolvendo a biomimética, sua modelagem 3D e as análises quanto o funcionamento futuro da peça quando construída e aplicada em ambientes diversos.

2. Fundamentação teórica

De acordo com Callister e Rethwisch (2007), os compósitos são uma classe de material distinta dos materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos, em virtude de serem projetados, por meio da combinação de materiais diferentes tendo em vista obter propriedades que não são encontradas entre nos materiais de forma isolada. É um material multifásico criado de forma artificial, sendo necessário que as fases que o constituem sejam quimicamente diferentes. São ainda formados por no mínimo duas fases: uma denominada fase matriz, que envolverá a outra, denominada fase dispersa. Segundo os autores, as propriedades do material compósito dependem das propriedades de cada uma das fases que o constituem, assim como suas respectivas quantidades e da geometria do material referente a fase dispersa (carga ou reforço).

Nesse sentido, o compósito que foi desenvolvido teve como fase dispersa o endocarpo do coco seco, popularmente conhecido como quenga de coco, que foi trabalhado com duas granulometrias diferentes: em pó e grânulos maiores de endocarpo. Neste sentido é importante frisar que a fase dispersa está sendo considerada como carga, pois ainda serão realizados ensaios mecânicos para determinar a resistência do compósito. Como fase matriz, foram trabalhados 3 tipos de materiais: gesso comum, cimento Portland CP II-E-32 e resina acrílica. Esses materiais foram considerados como matrizes por serem acessíveis, proporcionarem características táteis e visuais específicas e pela possibilidade de uma solução menos impactante ao meio ambiente. A resina acrílica foi utilizada neste primeiro momento do estudo para verificar as questões táteis e visuais do compósito, porém, para a continuidade da pesquisa será utilizada a resina poliuretana à base de óleo de mamona, um polímero menos impactante ambientalmente, segundo dados da empresa PROQUINOR – Produtos Químicos do Nordeste Ltda.

Considerando princípios de sustentabilidade, a fase dispersa do material compósito elaborado não foi escolhida de forma aleatória. É importante enfatizar que a criação e o desenvolvimento dos materiais compósitos devem ser orientados a solucionar problemas, não apenas criar mais um tipo de material. Assim, o endocarpo do coco seco foi escolhido, por se tratar de um resíduo sólido descartado em grandes quantidades diariamente no Brasil e no mundo.

De acordo com Araújo (2017) e a Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2021), o Brasil destina um total de 280.000 hectares para a plantação de coqueiros, correspondendo a uma produção equivalente a mais de 2 bilhões de frutos por ano, e,

consequentemente, de resíduo sólido gerado, após o consumo do líquido e da polpa. Segundo Araújo (2017) e Silva Junior (2020) a casca do coco corresponde de 80% a 85% do peso bruto do fruto e o endocarpo a 19% desse mesmo peso, sendo essas as partes descartadas e consideradas resíduos. O descarte do coco verde gera um grande volume de resíduos (em torno de 6,7 milhões de toneladas de casca por ano), o que se considera um problema ambiental, pois este volume gera gases como o metano que influencia no efeito estufa, um dos causadores do aquecimento global. Entretanto esse mesmo resíduo possui potencial de ser transformado em vários outros produtos, como o bioplástico ou obtenção de resinas naturais, podendo ser usado ainda em formulações de compósitos de grande valor ambiental (Passos, 2005).

De acordo com Figueiredo Sobrinho (2015) o endocarpo do coco é composto em sua estrutura por biopolímeros de lignina, celulose, hemicelulose, e por pectinas. Segundo Araújo (2017) a lignina se sobressai, por apresentar maior quantidade no endocarpo, possuir uma boa estabilidade térmica e elevada resistência a intempéries, o que a torna passível de ser aplicada em materiais de construção. Para além dessas características, o endocarpo do coco seco, como um todo, apresenta alta dureza, boa resistência acústica e à degradação de fungos, sendo ainda um material não tóxico, não sendo de fácil combustão.

O compósito foi confeccionado a partir de conceitos do *DIY (Do It Yourself) - Materials*[1], no qual de acordo com Rognoli (2015) é uma prática que permite aos designers produzirem e experimentarem os materiais, buscarem soluções para além das que são fornecidas pelo mercado, e ao mesmo tempo satisfazer os futuros usuários que buscam produtos diferenciados e menos impactantes ambientalmente. Essa abordagem demonstra que é possível desenvolver experimentações, até certo ponto controladas, fazendo uso de tecnologias apropriadas, que nada mais são do que materiais e ferramentas acessíveis. Nessa perspectiva, para a realização e confecção desse material foi utilizado a prática do *DIY* com referência no trabalho desenvolvido pela Prof.ª. Dra. Valentina Rognoli (Design – Politécnico de Milão) junto ao método *Material Driven Design* (MDD) desenvolvido por Elvin Karana (2015).

As práticas do *DIY*, serviram de base e referências para o desenvolvimento autônomo do material compósito citado, realizando as experimentações iniciais, e ao término delas, vislumbrou-se a aplicação do material em um projeto de cobogó, considerando a materialidade e seu processo de produção acessíveis de serem replicados por comunidades sociais diversas. O método MDD foi utilizado como guia que norteou todo o processo experimental para a produção do material compósito, sendo necessário uma base de caráter científico como alicerce para todo o processo de experimentação e análise de aplicações futuras em produtos.

A biomimética, enquanto abordagem projetual, busca na natureza soluções inteligentes para problemas humanos, observando formas, processos e sistemas biológicos. Neste estudo, a inspiração surgiu a partir do fruto do pereiro, cuja abertura gradual durante o amadurecimento revela uma estrutura que equilibra eficiência funcional e estética. A maneira como o fruto se divide, de forma estratégica, orientou o desenvolvimento do artefato, especialmente na definição de aberturas e encaixes que possibilitam ventilação, iluminação e expressão formal. Para a elaboração do design do cobogó, buscou-se referência direta nesse processo de amadurecimento e abertura do fruto, respeitando os princípios de ventilação e iluminação naturais do cobogó, um elemento vazado não estrutural. O cobogó pode ser aplicado em espaços

[1] Materiais do tipo "faça você mesmo" são criados por meio de experiências individuais ou coletivas de autoprodução geralmente por técnicas e processos de inovação do próprio designer, como resultado de um processo de mexer com materiais. Eles podem ser novos materiais com uso criativo de outras substâncias como ingredientes materiais, ou podem ser versões modificadas ou mais desenvolvidas de materiais existentes (Rognoli, V., Blanchini, M., Maffel, S., Karana, E., 2015). *Materials DIY. The Journal of Matirials and Design*, 86: 692-702.

internos e externos, com o intuito de separar ambientes e auxiliar na ventilação e iluminação desses ambientes.

Buscou-se observar os princípios da biomimética que de acordo com Benyus (1997), é a área que estuda a natureza, em sua morfologia, funcionalidade e relação, e partindo de sua análise é possível desenvolver soluções inovadoras, sempre considerando os seres naturais como modelos e mentores a serem seguidos. Nesse contexto, a biomimética foi aplicada por meio de uma análise inicial da forma do fruto do pereiro, especialmente no que diz respeito ao seu comportamento de abertura aplicando-o no interior do cobogó. Como complemento a essa abordagem, estudos recentes ressaltam o papel dos frutos como fontes valiosas de estruturas naturais e inspiração para o desenvolvimento de produtos inovadores. De acordo com Oliveira, Arruda e Langella (2021), cascas e estruturas de frutos como o pomelo, o coco e a noz apresentam estruturas sofisticadas que servem como referência para a criação de materiais e formas bioinspirados. Essas investigações evidenciam o potencial da biomimética no design de componentes funcionais, sustentáveis e adaptativos, com ampla aplicabilidade em produtos e sistemas arquitetônicos orientados pela lógica da natureza.

A natureza abriga uma ampla variedade de estruturas biológicas que desempenham funções essenciais à sobrevivência e adaptação dos seres vivos. Entre elas, os frutos têm sido estudados de forma estratégica, com o objetivo de compreender e transpor suas funcionalidades para o desenvolvimento de soluções inovadoras. Suas estruturas revelam estratégias sofisticadas de proteção, dispersão e eficiência funcional, tornando-se referências valiosas no campo da biomimética (Oliveira, Arruda e Langella, 2024).

3. Procedimentos metodológicos

Karana (2015), a partir do método MDD, trabalha e desenvolve projetos de design tendo como ponto de partida o material que será utilizado. Neste método, as fases que o constituem são direcionadas para definir e gerar experiências materiais que, de acordo com Karana, Hekker e Kandachar (2009) é resultante de um contexto completo e complexo, por meio da dinâmica existente entre o próprio material e o usuário. Neste contexto, o formato, as características estéticas/sensoriais do material, os processos de fabricação adotados, os usuários, e a própria ocasião na qual essa situação se desenrolou, interferem nas experiências com o produto e o material. Por meio dessas experiências o designer consegue identificar como o material se comporta em diferentes condições e diante de diferentes usuários. Por meio desse método, o designer pode identificar o melhor material a ser aplicado, em um certo cenário, fornecendo respostas significativas e positivas por parte do público. Nessa perspectiva, busca-se compreender o material, como ele é, como se comporta, o que ele remete ou significa, observa-se o que as pessoas sentem ou pensam quando entram em contato com ele. Por meio da análise desses fatores desenvolve-se um produto que é projetado de acordo com as características e propriedades do material, proporcionando aos futuros utilizadores uma boa experiência. Assim, é necessário destacar que esse método pode ser aplicado tanto para materiais já existentes e conhecidos, quanto para materiais que não são conhecidos e nem completamente desenvolvidos. Nesse contexto, Karana (2015, p. 40 e 41) aponta que:

> O método MDD tem quatro principais etapas de ação apresentados de maneira sequencial sendo elas: (1) Compreendendo o Material: Caracterização Técnica e Experiencial, (2) Criando Visões de Experiencia de Materiais, (3) Manifestando Padrões de Experiências de Materiais, (4) Projetando Conceitos de Materiais/Produtos. (…), o processo de MDD começa com um material (...), e termina com um produto ou um material desenvolvido posteriormente (Tradução nossa).

Contudo, é necessário informar que algumas das atividades que constituem suas etapas não foram realizadas, uma vez que se buscou analisar inicialmente as características sensoriais desse material e suas respostas a algumas ações de usinagem tradicional como furação, corte e polimento.

3.1. Fase de experimentação

O endocarpo de coco foi adquirido na Feira Central da cidade de Campina Grande (PB), localizado na Rua Dr. Carlos Agra no bairro Centro, onde há a comercialização de diversos produtos e mercadorias, entre elas o coco seco, que dele é retirado - *in loco* - a água e a polpa do fruto, sendo desprezado o endocarpo. Desse descarte foi obtido o equivalente a 15 e meio de endocarpos, correspondendo a 31 partes, uma vez que o coco é seccionado ao meio para ser retirado o líquido e a polpa do fruto.

Após a coleta do resíduo foi necessário que ele passasse por algumas etapas até ser utilizado como fase dispersa no compósito, conforme ilustrado na Figura 1.

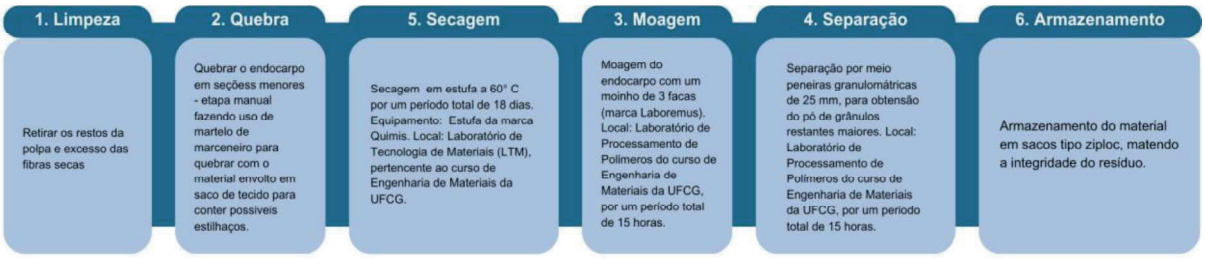


Figura 1: Etapas para obtenção do resíduo. Fonte: Autores.

3.2. Justificativa estética e estrutural do cobogó

Para o projeto do cobogó foram considerados fatores como funcionalidade, estética e noções básicas de funcionamento deste artefato que permite iluminação e ventilação sem renunciar à privacidade. Dessa forma, decidiu-se estudar o fruto da árvore pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), uma planta presente no semiárido nordestino e o processo de amadurecimento de seu fruto. Segundo Carvalho (2008, p. 448), o fruto do Pereiro "é periforme, lenhoso e castanho, com uma pequena palmatória ou raquete, que na sua deiscência abre-se em duas bandas, deixando cair 4 a 5 sementes." Seu formato (Figura 2), quando aberto possui uma forma orgânica permitindo que o vento passe facilmente entre suas bandas dispersando as sementes pela terra.

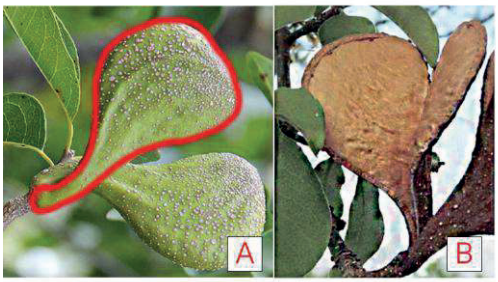


Figura 2: Fruto do pereiro verde (A) e amadurecido (B).
Fonte: https://www.flickr.com/photos/pedropabc/18382081201 (A) e https://www.istockphoto.com/br/foto/belezas-da-caatinga-fruto-do-pereiro-gm898122086-247781923 (B).

Com base nisso, optou-se por aplicar no cobogó tanto a forma perfilar do fruto, de maneira mais simplificada, como também sua forma aerodinâmica e fluidez, essa última foi aplicada por meio do boleamento das bordas e de um formato tridimensional desenvolvido a partir do desenho perfilar do fruto, dando origem a uma forma cônica. Tais características visam direcionar os ventos, facilitando a passagem e a troca de ar entre os ambientes

Foi elaborado no software de modelagem 3D *Rhinoceros* o modelo de funcionamento e o projeto do cobogó, buscando estudar tanto sua forma, como extrair suas medidas, para posteriormente realizar a confecção do molde físico - matriz. A Figura 3 ilustra o cobogó desenvolvido e o aspecto do material obtido considerando a matriz polimérica de resina acrílica, sendo possível observar que o material possui uma textura interessante para aplicação em ambientes diversos (Figura 4).

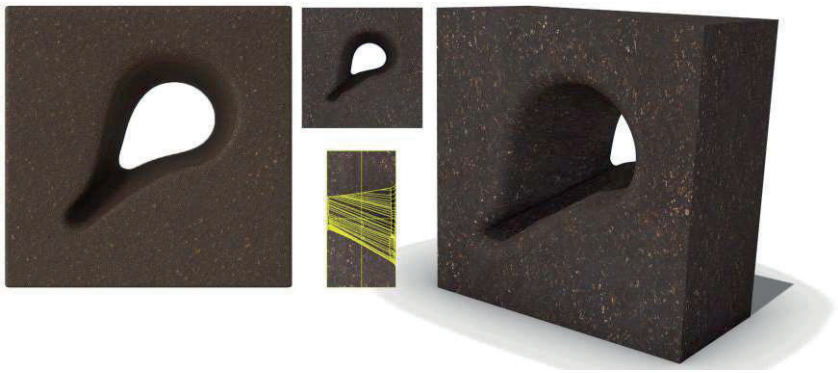


Figura 3: Modelo 3D. Fonte: Autores.



Figura 4: Renderização do cobogó aplicado em um ambiente. Fonte: Autores.

3.3. Confecção dos moldes

Para o desenvolvimento desse trabalho foram confeccionados dois moldes: sendo o primeiro para a elaboração das amostras de estudo do material nas dimensões de 9cm x 9cm x 2cm; e o segundo para as amostras dos cobogós em escala 1⁄2, nas dimensões de 10cm x 10cm x 4cm). As estruturas internas que constituem as áreas vazadas foram fabricadas com poliestireno expandido, para as três matrizes.

3.4. Amostras iniciais de cobogós em escala reduzida

O processo de confecção do compósito seguiu a proporção 50/50, na qual 50% do peso do compósito é referente a matriz e os outros 50% são de resíduo orgânico. Essa proporção foi utilizada nas três matrizes que foram trabalhadas (cimento cinza, gesso e resina acrílica), buscando obter uma medida padrão entre elas. Entende-se que essas proporções poderão mudar futuramente, principalmente no que diz respeito a diminuição da matriz e aumento do resíduo. Para a confecção das amostras (Figura 5) foram utilizados os seguintes equipamentos: balança digital doméstica; potes plásticos limpos para a mistura dos componentes, espátulas e desmoldante.

Para o compósito gesso e resíduos de endocarpo foi utilizada a proporção de 106 gramas de gesso e 106 gramas de endocarpo (66g de grânulos maiores e 40 gramas de granulometria em pó). As partes secas foram misturadas e posteriormente acrescentada a água para formar a massa e ligar os componentes. Em seguida a mistura foi adensada em mesa vibratória evitar bolhas de ar que poderiam fragilizar o compósito. O desmolde foi realizado em 5 dias, pois a umidade na cidade de Campina Grande no mês de abril se apresentou bastante alta. A cura completa do cobogó levou de 4 a 5 semanas.

No segundo cobogó foram utilizadas as mesmas medidas aplicadas na primeira amostra, porém com a matriz de cimento Portland. O processo de adensamento foi o mesmo que o anterior. O intervalo de tempo para a cura da peça para realizar o desmolde foi de 6 dias, em virtude das condições climáticas locais, e de 3 a 4 semanas para a cura completa.

No terceiro cobogó foi usado, em acréscimo, uma seringa, para retirar a resina e o solvente nas quantidades exatas, tendo a resina acrílica como matriz. As medidas referentes ao endocarpo foram as mesmas que das duas amostras anteriores. Referente as medidas usadas na matriz polimérica, foi utilizado 75 ml de resina, que equivale a 79 gramas, e 25 ml de catalisador, correspondendo a 26 gramas, totalizando em 100 ml de resina equivalente a 105 gramas ao todo. O processo de cura ocorreu dentro de 6 horas.

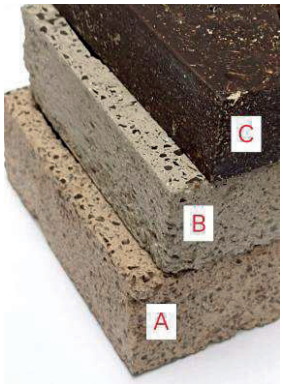


Figura 5: Aspectos das placas construídas para análises técnicas e sensoriais, sendo: A (matriz de gesso); B (matriz de cimento) e C (matriz de resina). Fonte: Autores.

3.5. Testes de usinagem tradicional

A partir das observações realizadas previamente nas placas de cada material compósito desenvolvido e ilustrado na Figura 5, optou-se por realizar os testes de usinagem tradicional no compósito com matriz polimérica, observando-se características técnicas do material para tal demanda. Dessa forma, foram realizados testes de usinagem com o objetivo de observar o comportamento do compósito citado diante de ferramentas tradicionais de marcenaria. Foram realizados testes de corte, furação com prego e parafuso, arranque e lixamento/polimento,

fazendo uso das seguintes ferramentas: martelo de marceneiro, chave de fenda, pregos com cabeça de tamanhos diferentes, furadeira, broca de para furar metal, parafuso, lixas d'água de medidas diferentes, placa de vidro temperada, paquímetro.

3.5.1. **Furação**

Foram utilizados um martelo, três pregos, um maior (7x9) e dois menores (6x6), uma furadeira da marca BOSCH, uma chave de fenda e um parafuso auto atarrachante de cabeça chata (4,2x19).

Nos testes de perfuração com pregos (Figura 6), observou-se que estes conseguiram penetrar superficialmente o material inicialmente, e, somente, após um tempo, depois de uma série de impactos com o martelo, foram entortados. Apesar dos impactos gerados, o material não sofreu deformação significativa e não apresentou fissuras ao redor dos furos (Figura 7). Pelo fato de os pregos não terem conseguido perfurar o material, profundamente, o seu arranque foi fácil sendo desnecessário o uso do martelo para tal ação.

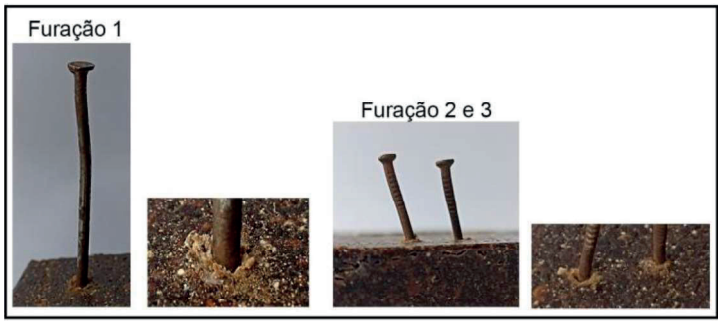


Figura 6: Furação com pregos. Fonte: Autores.

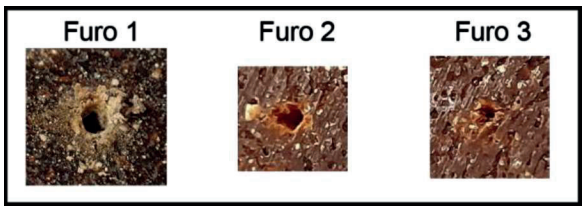


Figura 7:Ausência de fissuras no material. Fonte: Autores.

Nos testes de furação com parafuso, foram realizadas duas furações com o mesmo parafuso. O material demonstrou permanecer firme e sólido mediante o processo contínuo de perfuração, não apresentando fissuras. Apresentou facilidade no momento de perfurar, fazendo uso de uma broca para furação em metal, e pouca vibração no transcorrer dos testes. A inserção e a retirada do parafuso ocorreram com facilidade, não sendo observadas fissuras ou trincas ao redor dos furos (Figura 8).

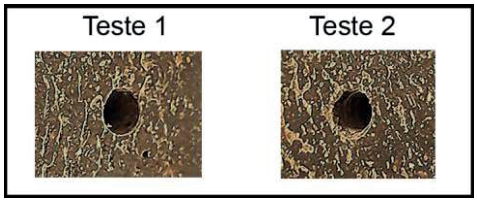


Figura 8: Furação com parafusos e material sem fissuras. Fonte: Autores.

3.5.2. **Lixamento/polimento**

Para realizar os testes de lixamento/polimento foram utilizadas quatro numerações de lixas com numeração P180, P240 e P400 usadas a seco, enquanto a lixa P600 foi utilizada com água, a fim de se obter maior polimento. Ao longo dessa atividade, observou-se que o material forneceu maior resistência quando se utilizou a lixa P180, exigindo mais força manual, todavia deve-se considerar que era o primeiro processo de polimento e que havia irregularidades na superfície que poderiam fornecer obstáculos. O transcorrer dos testes executados com as outras lixas foram mais fáceis e rápidas, uma vez que a amostra não fornecia mais tanta resistência. Além disso, observou-se que ao utilizar a lixa P600 com água, houve maior facilidade no uso, pelo fato do material já ter passado por etapas de lixamento. Para a execução deste teste foram utilizadas quatro lixas manuais de granulações diferentes, água, placa de vidro temperado, tecido, soprador e paquímetro

Por fim, observou-se que não houve perdas significativas do material após o teste de polimento, pois no início a amostra de cobogó possuía espessura de 27 mm e após o polimento possuía 26 mm, sendo suas medidas aferidas com o paquímetro. Os autores reconhecem que para tal etapa, seria necessária uma balança de precisão, a fim de obter a pesagem do material antes e depois do lixamento. Porém, pelo fato de o local não dispor de tal equipamento, os autores lançaram mão do uso do paquímetro. Após as etapas de polimento observou-se que material apresentou superfície polida e acetinada, com textura interessante para ser aplicada em diversos produtos no âmbito do design industrial, desde que realizados testes técnicos para complementar tal observação.

4. Análise sensorial

Esse artigo teve como objeto de pesquisa o compósito desenvolvido a partir do resíduo orgânico de endocarpo do coco seco, tendo como base as práticas "*Do It Yourself*" (*DIY*), voltadas para a experimentação e criação de materiais sobre uma óptica mais acessível. Em tal cenário, não se faz uso de recursos avançados, sendo utilizadas ferramentas e tecnologias acessíveis e do cotidiano, sendo executadas em espaços como é o caso de oficinas de modelos tridimensionais existentes nos cursos de Design no Brasil com o mínimo do ferramental anteriormente descrito.

Em razão do material residual selecionado possuir dureza elevada e do clima da cidade de Campina Grande, no período de abril a junho do ano de 2024, apresentar instabilidade e alto índice de umidade, característicos da época e local, foi necessário fazer uso de duas tecnologias para possibilitar a confecção do compósito: uma estufa à 60°C e um moinho de três facas. Mesmo fazendo uso dessas tecnologias, o caráter experimental do *DIY* não foi alterado, sendo elas acessíveis por existirem dentro do curso de Engenharia de Materiais da UFCG.

O artigo não teve o objetivo, neste momento, de levantar os dados técnicos do compósito, mas sim seus dados sensoriais, considerando as práticas *DIY* que vão ao encontro dos objetivos do método *Material Driven Design*. A fabricação de uma amostra de cobogó em escala reduzida 1:2, com o compósito criado e experimentado, mostra que o designer pode projetar produtos, mas, também, realizar experimentações com materiais e a partir dos resultados obtidos, sugerindo aplicações em produtos. Estes designers que experimentam e projetam materiais são considerados "novos materiologistas", de acordo com Lefteri (2017, p.60).

Neste trabalho, a razão para desenvolver este material foi o de fornecer um destino alternativo para a quantidade elevada de endocarpos de coco seco descartados todos os anos, e como objetivo espera-se que esse compósito possa substituir algum material existente no mercado que não se deteriora corretamente.

A escolha do cobogó como produto resultante deste estudo foi realizada pelo fato de ser um artefato não estrutural de perfil cultural e adequado ao clima do Nordeste e outras regiões brasileiras. É preciso frisar sobre a necessidade de etapas posteriores de estudos técnicos (ensaios de resistência à tração, à flexão, à abrasão, densidade, umidade, entre outros) pois são desconhecidas as características e propriedades técnicas do compósito. Com isso, o estudo focou seus esforços na análise dos dados sensoriais do material criado, considerando três dos cincos sentidos humanos, o tato, a visão e o olfato, conforme disposto no Quadro 1.

Quadro 1: Dados sensoriais dos cobogós, através do tato, visão e olfato.

Matriz	Tátil	Visual	Olfativo
Gesso	Áspero Sem flexibilidade Rígido pesado/leve com 257g Aspecto de terra, pedra	Opaco Fosco pós acabamento (com molde de superfície polida) Fosco (sob a luz do Sol Aparenta ser leve, poroso Cor marrom menos saturado Lembra superfície de granito	Remete ao cheiro de coco ou de uma madeira
Cimento	Áspero Sem flexibilidade Rígido Pesado/leve com 229g Aspecto de giz, parede e pedra	Opaco Fosco pós acabamento (molde de superfície polida) Fosco (sob a luz do Sol) Aparenta ser mais pesado Cor cinza Lembra a superfície de granito	Remete ao cheiro de concreto
Resina acrílica	Liso Sem flexibilidade Rígido Pesado/leve com 196g Aspecto de revestimento cerâmico polido, madeira polida/envernizada	Opaco Brilhante (molde de superfície polida) Acetinado (pós acabamento com lixas P180, P240, P400 e P600) Acetinado (sob a luz do Sol) Aparenta ser pesado/compacto Remete a superfície de granito, silestone, café, chocolate.	Cheiro da própria resina

Fonte: Autores.

A percepção dessas propriedades sensoriais que lhes são inerentes, podem parecer sem sentido, quando não se sabe em que ele pode ser aplicado. Entretanto, a princípio, não saber as propriedades técnicas, nesse momento, é o objetivo. No geral, as propriedades técnicas são mais valorizadas e informadas em detrimento das sensoriais. Os designers são profissionais que fazem mais do que projetar produtos de forma automática e mecânica, eles buscam pensar a partir do ponto de vista dos usuários, para isso ele precisa de ambas as informações tanto as técnicas quanto às sensoriais, almejando fornecer produtos de qualidade, que funcionem e que sejam estética e sensorialmente agradáveis ao público, proporcionando diferentes tipos de experiências materiais. Para isso, é necessário mais do que as qualidades técnicas.

De acordo com Karana, Hekkert e Kandachar (2009) a forma como ocorrerá a interação entre usuário e o produto depende do material nele aplicado e dos processos de fabricação, que convertem o conceito inicial em uma unidade física tangível. Esse processo influência no resultado e em como o usuário se comporta diante do artefato, pois é através de seus sentidos que ele fornecerá uma resposta positiva ou negativa em relação à experiência de uso. Em suma, não basta desenvolver produtos apenas funcionais. Quando o profissional do design projeta, ele precisa ter em mente que os usuários, consciente ou inconscientemente, farão uso de seus sentidos para avaliar os produtos, e é no transcorrer e execução de um projeto que os dados sensoriais podem e realizam um papel preponderante.

5. Análises dos Resultados

Esse artigo apresentou o processo de desenvolvimento de um compósito que possui como fase dispersa, o endocarpo do coco seco, aplicado em três matrizes diferentes, gesso, cimento Portland e resina acrílica. O processo de criação foi amparado pelas práticas "*Do It Yourself*" (*DIY*) e pelo método *Material Driven Design* (*MDD*), desenvolvido por Karana, Barati, Rognoli e Laan (2015), que nortearam e forneceram as bases para desenvolver o material de forma experimental.

Como resultado, observou-se que, tanto no sentido tátil quanto no visual, há algumas características sensoriais compartilhadas entre os materiais. E dos três sentidos, observou-se que apenas o do olfato forneceu sensações distintas para cada amostra. Além disso, dentre os três cobogós, a amostra de matriz polimérica apresentou resultados mais diferenciados em todos os três sentidos analisados. Dessa forma, mesmo apresentando semelhanças, cada uma das amostras fornece sensações específicas que as distinguem. São esses dados sensoriais, únicos e inerentes de cada material, que auxiliam e pesam no processo projetual de design, sem desconsiderar as informações técnicas. Além disso, entre as três amostras, observou-se que a que utilizou matriz polimérica possui uma aparência e textura mais interessante, com cor semelhante à encontrada no fruto da árvore pereiro.

Referente aos testes de usinagem realizados na amostra com resina, inicialmente, foi possível observar que esse material possui uma dureza considerável, característica essa observada nos testes de furação com pregos, que não conseguirem penetrar no material. Os furos não apresentaram fissuras ao redor.

Em contrapartida, a furação do material com a furadeira, fazendo uso de uma broca para furar metal, foi fácil, rápido, apresentando pouca vibração no transcorrer da atividade. Além disso os furos realizados não apresentaram fissuras, deformações ou trincas. Ou seja, há a necessidade de realizar testes e ensaios em laboratórios para estabelecer as propriedades técnicas do material, buscando compreendê-lo e estabelecer em quais produtos poderia ser melhor aplicado.

A partir dos testes de lixamento, percebeu-se a necessidade de trabalhar com um quantitativo maior de amostras, o que permitirá comparar as diferenças entre os acabamentos realizados, bem como as perdas de material ao fim de cada polimento. Porém, considerando-se os testes de usinagem realizados inicialmente, o material não apresentou grandes desgaste no polimento.

Conclusão

Este artigo se propôs a desenvolver um compósito com o endocarpo do coco seco como carga em três matrizes diferentes, sobre uma perspectiva sustentável, uma vez que são descartados grandes volumes deste resíduo orgânico todos os anos e nas cinco regiões do país, buscando fornecer uma possível alternativa de destino a esse material. As atividades de pesquisa foram realizadas a partir de práticas do *DIY* que abordam a experimentação sobre um viés mais acessível, fazendo uso de materiais, tecnologias e ferramentas comuns do cotidiano. Atentou-se ainda para os princípios do método *MDD* que guiou todo o processo de experimentação, fornecendo suporte teórico e permitindo inicialmente observar o material de forma sensorial para posteriormente propor a realização de testes de resistência física. Em consequência, trabalhos futuros serão realizados utilizando-se uma matriz poliuretana oriunda do óleo da mamona, por ser um polímero menos impactante ambientalmente e atóxico, a fim de realizar um comparativo com a amostra em resina acrílica. Além disso, o material segue agora para a realização de ensaios mecânicos e físicos, no sentido de levantar dados técnicos do compósito desenvolvido, seguida de uma análise sensorial mais abrangente e detalhada.

Referências

ARAÚJO, Alexandre Everton Freire de. **Fabricação e caracterização de um compósito polimérico a base de endocarpo do coco seco como carga e poliamida 6 como matriz**. 2017. Dissertação de Mestrado. Brasil.

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. **Materiais e Design: Arte e Ciência da Seleção de Materiais no Design de Produto**. 2011.

BENYUS, Janine M. et al. **Biomimecry: Innovation inspired by nature**. New York: Morrow, 1997.

CALLISTER, William D. et al. **Materials science and engineering: an introduction**. New York: John wiley & sons, 2007.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Espécies arbóreas brasileiras (**Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, 5 volumes**). 1 ed. Colombo (PR). Embrapa Florestas, 2008.

CAVALCANTI, Alberes Vasconcelos; ARRUDA, André Oliveira; NONATO, Clarissa Borges; "Sustentabilidade no século XXI: História e possibilidades de avanços através do PSS", p. 43-60. **Design & complexidade - Vol. 1**. São Paulo: Blucher, 2017. ISBN: 9788580392159, DOI 10.5151/9788580392159-03

DE OLIVEIRA, Antônio Roberto Miranda; ARRUDA, Amilton J. V.; LANGELLA, Carla. Biomimetics as a strategy for development of bioinspired structures for energy absorption based on fruits. **Cuadernos del Centro de Estudios em Diseño y Comunicacíon. Ensayos**, n. 149, p. 189-206, 2021.

FIGUEIREDO SOBRINHO, F. et al. **Caracterização físico-química do endocarpo do coco seco como matéria-prima na extração de lignina**.

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.

KARANA, Elvin; HEKKERT, Paul; KANDACHAR, Prabhu. Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. **Materials & Design**, v. 30, n. 7, p. 2778-2784, 2009.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LEFTERI, Chris**. Materiais em Design**. São Paulo: Blucher, 2017.

MANZINI, Ezio. **Políticas do cotidiano**. Editora Blucher, 2023.

NORMAN, Donald A. **O design do dia-a-dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 200 M6.

OLIVEIRA, Antônio Roberto Miranda; ARRUDA, Amilton J. V.; LANGELLA, Carla; "Proposta para desenvolvimento de produtos bioinspirados: um olhar sobre as estruturas naturais presents nas frutas tropicais", p. 146-173. **Fronteiras do design: (entre) outros possíveis – Vol. 4**. São Paulo: Blucher, 2024. ISBN: 9786555503210, DOI 10.5151/9786555503210-06

PASSOS, P. R. A. **Destinação sustentável de cascas de coco verde: Obtenção de telhas e chapas de partículas. 186 f**. 2005. Tese de Doutorado. Tese de doutorado.

ROGNOLI, Valentina et al. DIY materials. **Materials & Design**, v. 86, p. 692-702, 2015.

SANTOS, I.S ; DANTAS, I. R.; AMARAL, T. N. . UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O APROVEITAMENTO DA FIBRA DE COCO VERDE NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL. In: **XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÂO**, 2016, João Pessoa- PB. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil (Anais eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção), 2016. vXXXVI, p. 1-14