Aplicação de materiais sustentáveis no *design* de artefatos de uso cotidiano: o caso do cabo de tesoura em bambu laminado

Guilherme B. dos Santos, **guilherme.b.santos@unesp.br –** Programa de Pós-Graduação em *Design*, Departamento de Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil

Marco A. R. Pereira, **pereira@feb.unesp.br –** Programa de Pós-Graduação em *Design*, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil

Luis C. Paschoarelli, **luis.paschoarelli@unesp.br –** Programa de Pós-Graduação em *Design*, Departamento de *Design*, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil

Resumo

O desenvolvimento de produtos sustentáveis requer a pesquisa e aplicação de novos materiais e processos de baixo impacto ambiental. Alguns componentes utilizados na fabricação de artefatos de uso diário podem causar desequilíbrio ao meio ambiente quando descartados indevidamente, logo, a substituição dos materiais e processos atualmente empregados por outros menos nocivos indica vantagens ambientais e também competitivas. Esses tipos de materiais apontam para novas fontes de matérias-primas, inserem novos setores na cadeia de suprimentos e contribuem para a gestão em logística reversa. Considerando os fatores supracitados e o potencial do bambu, enquanto material alternativo, este trabalho objetiva demonstrar a aplicação do mesmo no desenvolvimento de um artefato de uso diário, a saber, em uma proposta de cabo de tesoura, sob uma abordagem que considera critérios biomecânicos, e sobretudo, aspectos ecológicos.

Palavras-chave**: **Design de artefato, Bambu, Materiais sustentáveis.

Sustainable materials application in daily use artifacts design: the case of the bamboo scissor cable

Abstract

The development of sustainable products requires the research and application of new materials and processes of low environmental impact. Some components used in the manufacture of daily use artifacts can cause unbalance to the environment when discarded improperly, thus replacing the materials and processes currently employed by less harmful ones, indicates environmental advantages and also competitive. These types of materials point to new sources of raw materials, insert new sectors in the supply chain and contribute to management in reverse logistics. Considering the aforementioned factors and the bamboo potential as alternative material, this work aims to demonstrate its application in the development of daily use artifact, namely a proposal of scissor cable, under an approach that considers biomechanical criteria, and especially ecological factors.

Keywords: Artifact design, Bamboo, Sustainable materials.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), a aplicação dos princípios de desenvolvimento sustentável busca minimizar os problemas acarretados pelas crescentes pressões da atividade humana sobre os mais diferentes ecossistemas do Planeta. Assim, fomenta a discussão pela busca do equilíbrio entre crescimento econômico, equidade social e preservação ambiental, a serem alcançados por meio de políticas públicas integradas e emprego de recursos tecnológicos.

Para tanto, o intuito de construção de uma sociedade sustentável deve se valer de ações que considerem princípios disciplinares, extraídos dos avanços nos paradigmas e teorias científicas, sendo: contingência; complexidade; sistêmica; recursividade; conjunção; e interdisciplinaridade (ROHDE, 2001). Neste sentido, para Flusser (2017), o *Design*, enquanto *locus* tipicamente interdisciplinar, sendo responsável por artefatos e serviços, que abastecem a sociedade, inscreve-se como ferramenta elementar às transformações das relações materiais e culturais.

O *Design* determina o desenvolvimento tecnológico humano, evidenciando o fato de que, no processo de criação dos objetos, faz-se presente a questão da responsabilidade, isto é, a decisão de responder por outros seres.

Os objetos permeiam o cotidiano, e interferem diretamente na percepção de qualidade de vida dos indivíduos, logo, prescreve-se aos projetos de produtos e serviços o favorecimento de objetivos comuns de vida harmoniosa, por meio de novos atributos que contemplem demandas individuais, proporcionem conforto e bem-estar e considerem questões ambientais.

Todavia, esse ideal pouco se aproxima da realidade, já que muitos produtos deixam a desejar no que concerne ao grau de satisfação de uso, bem como ao compromisso com questões ecológicas - com destaque para os artefatos de uso cotidiano. Tais produtos tem seu *design* voltado a cadeias de produção em massa, e assim preconizam fatores financeiros, sendo produzidos por materiais de baixo custo, mas não biocompatíveis, que quando descartados indevidamente, comprometem o meio ambiente, a biodiversidade, e em última análise a sustentabilidade do planeta.

Neste cenário, surgem novas abordagens de projeto de produto, as quais opõem-se às cadeias produtivas tradicionais, procurando superar as problemáticas ambientais por meio de conceitos como a redução do uso de insumos e as flexibilidades funcional e produtiva, compreendendo princípios em prol de soluções que minimizem impactos ambientais através de aspectos intrínsecos dos produtos e escolhas de produção.

Tais abordagens estão diretamente associadas ao uso de materiais alternativos, sejam eles de reaproveitamento ou provenientes de fontes renováveis, por estarem associados a caminhos produtivos menos degradantes, apresentando-se como opções promissoras ao *design* para sustentabilidade.

Um dos materiais alternativos ao uso dos derivados de petróleo na indústria de artefatos pode ser o bambu laminado colado (BLC). Resultado do processamento de colmos de bambu - uma cultura renovável de produção anual - o BLC apresenta boas propriedades físicas e mecânicas, textura diferenciada e possibilita diversas utilizações.

Considerando o fato de que o mercado consumidor torna-se cada vez mais exigente quanto ao compromisso sustentável dos produtos, as aplicações de materiais alternativos, a exemplo do bambu laminado colado, tornam-se cada vez mais pertinentes. Ademais, segundo Ashby e Johnson (2011), a seleção de um material para o desenvolvimento de um produto não se limita a propriedades físicas, também deve abranger soluções significativas às pessoas, que além de proporcionar novas experiências, gerem impacto positivo na sociedade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo dedica-se ao resgate histórico da relação entre a Sustentabilidade e o *Design*, a importância dos materiais neste contexto, mas também a um panorama descritivo sobre as possibilidades e características da matéria-prima aplicada no presente trabalho - o bambu.

2.1 Design e Sustentabilidade

No campo do *Design*, reflexões sobre aspectos ambientais datam desde a década de 1970, porém ao longo de anos foram motivo de relutância, recebendo duras críticas. Um fenômeno resultante, de acordo com Flusser (2017), do histórico foco excessivo por parte dos projetistas em aspectos objetivos dos projetos - voltados estritamente ao consumo -, em detrimento de valores dialógicos, numa acepção em que o *design* concebido com responsabilidade é visto praticamente como algo retrógrado.

Só com a intensificação dos índices de poluição ambiental global, as reivindicações do *design* ecológico passaram a ter maior aceitação por parte da classe. Com a percepção sobre a crise ambiental global, pelo rápido crescimento da atividade econômica e população humana, depleção de recursos naturais, danos a ecossistemas e perda de biodiversidade, cresceu a demanda pública e privada, em todo o mundo, por produtos, sistemas e estilo de vida sustentáveis, que abordam questões sobre o consumo, população, tecnologia e recursos (REUBENS, 2010).

Dentre as reivindicações ecológicas, intenções voltadas para processos produtivos de baixo consumo energético, que apresentem as menores emissões tóxicas e utilizem materiais menos prejudiciais ao meio ambiente.

Um dos primeiros termos que denominaram a combinação entre *design* e a busca pela sustentabilidade ambiental, foi o *Ecodesign*. Entendido como enfoque de projeto, o *Ecodesign* abrange uma visão genérica sobre princípios ecológicos a serem adotados em etapas de desenvolvimento de produto, que ensejam a consciência socioambiental, constituindo uma abordagem pautada na incorporação de novas estratégias e atributos, que satisfaçam expectativas funcionais e ambientais. Todavia, segundo Manzini e Vezzoli (2016), por seu caráter difuso, o *Ecodesign* expressa uma ótica limitada sobre as estratégias em prol de alternativas de baixo impacto ambiental no campo do *design* industrial.

Para os autores, a devida compreensão da ecologia em meio ao *design* passa pela constante avaliação comparada das implicações ambientais produtivas e de concepção que condicionem um ciclo de vida de produto. Assim sendo, a adoção da metodologia do *Life Cycle Design* torna-se preponderante, pois garante a análise das possíveis implicações ambientais das escolhas de projeto, que repercutirão nas etapas de pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte do produto.

Assim, nota-se a relevância do *Design* perante o ideal global sustentável contemporâneo, haja vista seu perfil analítico enquanto área científica, sendo metodologicamente capaz de equacionar e direcionar esforços ecológicos em sistemas-produto, de modo a selecionar e articular materiais mais biocompatíveis, considerando os índices dos impactos ambientais da extração e processamento da matéria-prima, das inter-relações ligadas à fase de concepção e produção, até o descarte no término da vida útil do produto.

2.2 Design de Produtos e Materiais

Segundo Bonsiepe (1983) o *design* de produto é considerado uma atividade complexa e passível de controle, que se conduzida corretamente resulta em um produto satisfatório, isto é, aquele que preenche requisitos pré-estabelecidos, harmonizando características funcionais, estruturais, estéticas e formais, considerando os fatores técnico-econômicos, técnico-produtivos e socioculturais.

Para tanto, diversos são os métodos e procedimentos, que ao delimitarem etapas de projeto, estabelecendo os respectivos propósitos e ações, favorecem a eficiência de um desenvolvimento de produto.

Segundo Back *et al.* (2008), basicamente, o processo de desenvolvimento de produto é composto pelas fases de planejamento de produto, projeto do produto e etapas de validação. Apesar de ser estruturado de maneira distinta por muitos autores, genericamente, este processo compreende a utilização de ferramentas e técnicas multidisciplinares.

Isto pode ser observado desde etapas preliminares que se voltam à análise do problema, onde comumente colocam-se questionamentos relativos à relação homem-objeto, e que naturalmente tem suas respostas vinculadas a outros campos do conhecimento, sejam eles referentes à saúde, como a ergonomia e biomecânica, ou então sobre a percepção, como por exemplo a semiótica.

Em meio a tantas variáveis que caracterizam um artefato, e que devem ser articuladas pelo *designer*, tem-se aquelas que constituem a interface direta entre usuário e artefato, podendo-se citar: forma, volume, cor, textura, brilho. Tais elementos estão diretamente associados aos materiais aplicados no produto.

Além de determinar muitos dos aspectos constituintes da experiência estética, os materiais têm sua importância principalmente ligada à sua origem e às propriedades que carregam, e que por sua vez influenciam em aspectos operacionais de produção, assim como na durabilidade, custos, e no impacto ambiental do produto.

Portanto, já que a seleção dos materiais e respectivos processos de produção são atribuições do *designer*, compreende-se que em seu âmbito de competência, o mesmo pode proporcionar alternativas de baixo impacto ambiental, pois como afirma Romeiro filho (2010), surge a oportunidade de seleção de meios menos danosos.

2.3 Materiais Alternativos Sustentáveis

Segundo Manzini e Vezzoli (2016, p.150), todos os materiais determinam um certo nível de impacto ambiental, porém para que sejam feitas comparações, faz-se necessário considerar o contexto em que os mesmos serão inseridos e quais funções exercerão.

Entretanto, os autores destacam que fatores críticos à saúde, como o elevado índice de toxicidade em um material, por si só podem determinar se o mesmo deve ou não ser evitado. Em contrapartida, listam uma série de indicações que auxiliam na seleção de materiais alternativos de baixo impacto ambiental, como por exemplo: evitar aditivos; evitar acabamentos tóxicos; evitar materiais que estão para se exaurir; usar fontes renováveis; usar materiais provenientes de refugo.

Portanto, os materiais alternativos viabilizam cadeias produtivas de baixo consumo energético e baixa emissão de poluentes em etapas de extração e processamento, quando comparadas a ciclos de materiais tradicionais, como por exemplo os de metais ou polímeros.

De modo geral, concentram-se nos materiais de origem florestal, mas também em compósitos de matriz plástica à base de refugo ou de fibras vegetais.

De fato, ao verificarmos a indexação estabelecida pelo *Ecoindicador 95,* comentada por Manzini e Vezzoli (2016), sobre o impacto ambiental para a produção de um quilograma (1 Kg) das madeiras pinus e acácia, respectivamente 1,14 e 0,46, aos 20,7 do alumínio, e 6,84 do poliestireno, nota-se a discrepância, sob o ponto de vista do impacto ambiental, entre os materiais de origem vegetal e os tradicionais.

Os compósitos por sua vez são materiais híbridos, ou seja, envolvem mais de um tipo de material, e portanto resultam de fontes distintas.

De acordo com Silvestre Filho (2001), os compósitos têm uma ou mais fases descontínuas (reforços) envolvidas por uma fase contínua (matrizes), de modo que a fase descontínua é usualmente mais rígida e mais resistente do que a fase contínua.

Assim como os demais tipos de materiais, os compósitos são classificados de acordo com suas propriedades mecânicas, que neste caso pautam-se na geometria dos reforços, uma vez que a forma e dimensão dos mesmos são determinantes ao desempenho do material.

Usualmente os reforços de compósitos encontram-se em forma de fibras ou de partículas, e por essa razão estes materiais são classificados entre os fibrosos e os particulados (SILVESTRE FILHO, 2001).

Mohanty et al. (2005) apud Calegari (2013), afirma que os materiais compósitos constituídos por fibras vegetais e polímeros sintéticos são considerados biocompósitos pelo fato de possuírem as fibras, que são materiais naturais.

Ademais, autores como Teixeira (2006) e Fuad-luke (2002), consideram a aplicação de biocompósitos como uma maneira de integração de recursos naturais alternativos em processos produtivos e em bens de consumo, que possibilitam a oferta de produtos inovadores e rentáveis, ao passo que contribuem para a preservação ambiental, atenuando a exploração excessiva de madeiras tropicais, e evitando ciclos de materiais de elevado impacto ambiental.

2.4 A Matéria-Prima: Bambu

Segundo Pereira (2012), "O bambu é uma cultura predominantemente tropical, renovável, perene, de produção anual, de rápido crescimento, com centenas de espécies espalhadas por todo o planeta e com milhares de aplicações". De acordo com Moizés (2007), "além de ser renovável, o bambu absorve grandes quantidades de carbono, (...) e se reproduz assexuadamente não necessitando de replantio."

Beraldo e Pereira (2016) apontam que o bambu é o recurso florestal natural que em menos tempo se renova, não havendo nenhuma espécie florestal que compita com o bambu em velocidade de crescimento e aproveitamento de área.

Os autores ressaltam a importância técnica do bambu, ao citar Janssen (2000), que define as propriedades estruturais do bambu tomadas pelas relações resistência/massa específica e rigidez/massa específica, como superiores às madeiras e o concreto, podendo ser inclusive, comparadas ao aço. Também destacam a facilidade de processamento para vários usos, considerando o bambu como uma relevante alternativa no desenvolvimento industrial.

Segundo van der Lugt e Vogtländer (2015) a partir de uma perspectiva global, ao considerarmos os benefícios do bambu (alto rendimento, colheita anual, reflorestamento em terras degradadas, tempo de estabelecimento curto, etc.), fica claro que o bambu é um contribuinte promissor para uma economia mais sustentável por: reduzir as emissões (e a perda de biodiversidade) causadas pelo desmatamento em áreas tropicais e subtropicais como uma alternativa viável à madeira tropical; reduzir as emissões da queima de combustíveis

fósseis; ser sequestrador de carbono através do reflorestamento de pastagens degradadas e encostas.

De acordo com Beraldo e Pereira (2016, p.36), "além de ser um eficiente sequestrador de carbono (...) pode ser empregado em diversas aplicações ao natural ou após sofrer um adequado processamento".

Em todo caso, para que o bambu tenha maior vida útil, é preciso que seja submetido a algum tipo de tratamento preservativo que amenize o amido presente nas paredes dos colmos, visto que é uma substâncias alvo de fungos e insetos.

Como mencionado, o bambu pode ser processado, e com isso ser integrado em outras cadeias produtivas, seja em forma de partículas ou de lâminas. Para tanto, em infraestrutura de marcenaria, parte-se do desdobro longitudinal dos colmos para a extração de ripas, que em seguida devem ser aparelhadas, em plaina ou desempenadeira, a fim da remoção da casca, além da obtenção de superfícies esquadrejadas, que são indispensáveis ao pleno desempenho de maquinários em etapas de usinagem. Estas ripas podem ser trituradas e assim servir de base para aglomerados, ou então podem ser prensadas, originando placas de laminados.

2.5 O Material: Bambu Laminado Colado

De acordo com Beraldo e Pereira (2016), talvez este seja o material derivado do bambu que gera maior valor agregado mercadológico, haja vista a possibilidade de obtenção de um bom acabamento superficial, e a singularidade da textura visual da parte lenhosa do bambu, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: Detalhe de uma placa de bambu laminado colado.

Baseado na distribuição e colagem de ripas de bambu laminado no sentido longitudinal, o bambu laminado colado (BLC) é considerado um biocompósito fibroso de matriz plástica, e é produzido de maneira similar aos compensados de madeira. A partir de estudos de caracterização deste material, Beraldo e Rivero (2003) afirmaram que o bambu laminado colado pode ser considerado um material leve, pois apresenta massa específica aparente situada na faixa de 0,50 g/cm³ a 0,75 g/cm³.

Por outro lado, de acordo com os autores, mostra-se mecanicamente superior, em algumas propriedades, a alguns tipos de madeira, como observado em ensaio de cisalhamento paralelo às fibras, onde apresentou valores médios da ordem de 20,0 MPa, valores esses superiores àqueles de madeiras usualmente empregadas na construção, tais como, Maçaranduba (14,9 MPa), Guarucaia (15,5 MPa) e Jatobá (15,7 MPa). Todavia, de acordo com os autores, faz-se válido destacar que tais propriedades do material, naturalmente, variam de acordo com o tipo de matriz polimérica utilizada.

É um material que pode substituir a madeira, e portanto pode constituir produtos, tais como, pisos, painéis, cabos de utensílios ou ferramentas, mobiliários e componentes da construção civil (BERALDO e PEREIRA, 2016).

3. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a viabilidade técnica e operacional de desenvolvimento de um artefato de uso cotidiano, verificando e analisando a aplicação de um material alternativo de origem renovável - o bambu laminado colado - em um contexto de *design* para o meio ambiente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se por ser experimental e exploratório, e divide-se em duas etapas. A primeira corresponde à demonstração do processo de *design*, englobando etapas conceituais, de representação gráfica e detalhamento técnico.

Já a segunda diz respeito à etapa de produção do protótipo, abrangendo o processamento da matéria-prima, para a obtenção o material a ser usinado, a utilização de tecnologia computadorizada para usinagem das peças e a montagem do produto.

No que se refere ao projeto de produto foram adaptadas etapas estabelecidas por Back et. al (2008), de modo que o projeto informacional, projeto conceitual e projeto preliminar, foram contemplados. Inicialmente, no levantamento de dados, foi pesquisada a concepção de tesouras, aspectos morfológicos e ergonômicos. Durante a etapa de desenvolvimento projetual foi elaborado um modelo virtual em software paramétrico, para posterior confecção em prototipagem rápida por meio de tecnologia CNC de corte a laser.

Para os cabos da tesoura foram utilizadas ripas de bambu *Dendrocalamus Asper,* já as lâminas de metal foram adaptadas de um outro produto já comercializado. A montagem ocorreu por meio da utilização de cola e grampos de preensão.

Considerando a necessidade em verificar a qualidade ergonômica do protótipo, foi aplicado um teste de biofotogrametria (CARVALHO, MAZZER e BARBIERI, 2012) para verificação inicial da interação humana com o artefato, através da avaliação do desvio ulnar causado pelo uso do protótipo e por uma tesoura com cabo convencional.

5. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo restringe-se à demonstração das etapas envolvidas no processo de projeto do cabo da tesoura, bem como de materialização da proposta de produto elaborada.

Portanto, foram abordados aspectos da conceituação do produto, da cadeia produtiva do material e da utilização de tecnologias de prototipagem.

5.1 Processo de Desenvolvimento de Produto

Na etapa informacional foram realizadas pesquisas bibliográficas em busca de informações sobre o *design* de instrumentos manuais, visando reunir dados antropométricos e recomendações ergonômicas indispensáveis ao uso do artefato.

Como apoio, foi consultada uma lista compilada por Patkin (2001), sobre itens do *design* de pegas e empunhaduras.

A partir dessa etapa pôde-se fundar o princípio conceitual do produto, a partir da identificação de uma oportunidade de inovação em uma nova forma de manuseio do produto que prevenisse desvios do punho durante o uso da tesoura.

Com o objetivo ergonômico estabelecido, foi iniciada a etapa de detalhamento do cabo da tesoura, recorrendo a dados antropométricos sobre a mão humana, compilados por Garrett (1971), os quais caracterizam dimensões médias das distâncias entres os dedos, assim como a circunferência, profundidade e comprimento dos mesmos, como mostra a figura 2.

Para o correto dimensionamento das peças, houve a conversão dos dados dispostos na tabela, que atendiam ao sistema americano - em polegadas -, para o sistema métrico.

Adiante, intuindo o cumprimento da postura neutra do punho durante o uso do novo produto, foram estabelecidas novas disposições de alças para a tesoura, partindo da simetria longitudinal do punho como eixo horizontal de posicionamento, associada à perpendicularidade entre as alças do cabo.

120–April, 1971 HUMAN FACTORS

TABLE 1 (continued)

Dimension	Mean	Standard Deviation	5th Percentile	95th Percentile
Digit 3: Distal Interphalangeal Joint; Depth	0.63 0.52	0.05 0.04	0.54 0.46	0.71 0.58
Digit 3: Distal Interphalangeal Joint; Circumference	2.13 1.76	0.13 0.10	1.92 1.61	2.36 1.94
Digit 3: Proximal Interphalangeal Joint; Breadth	0.86 0.72	0.05 0.04	0.78 0.66	0.95 0.79
Digit 3: Proximal Interphalangeal Joint; Depth	0.79 0.66	0.06 0.04	0.70 0.59	0.89 0.73
Digit 3: Proximal Interphalangeal Joint; Circumference	2.60 2.17	0.15 0.11	2.37 1.99	2.84 2.36
Wrist Breadth	2.67 2.29	0.15 0.13	2.47 2.11	2.88 2.54
Digit 1 Height: Perpendicular to Wrist Crease	3.95 3.40	0.36 0.33	3.42 2.75	4.54 3.94
Digit 2 Height: Perpendicular to Wrist Crease	7.21 6.47	0.35 0.36	6.65 5.87	7.84 7.05
Digit 3 Height: Perpendicular to Wrist Crease	7.69 6.94	0.36 0.35	7.12 6.38	8.28 7.50
Digit 4 Height: Perpendicular to Wrist Crease	7.16 6.44	0.35 0.35	6.69 5.88	7.78 7.02

Figura 2: Trecho de tabela sobre antropometria da mão humana, por Garrett (1971).

Pelo fato de o desenvolvimento do artefato ter sido pautado na aplicação do material, a etapa de concepção sofreu significativa restrição no tange ao desenvolvimento morfológico das peças, o que inviabilizou a inclusão de superfícies com aspecto formal orgânico.

Considerando a utilização de lâminas de bambu, em estado normalizado, para a usinagem das peças, naturalmente, foi necessário caracterizar a morfologia do artefato a formatos planificados.

Assim, foi configurado um aspecto visual geometrizado essencialmente funcional, ademais, tal condicionante determinou o sistema de estruturação e união das peças, e por conseguinte, da montagem do conjunto por um método baseado na sobreposição de camadas.

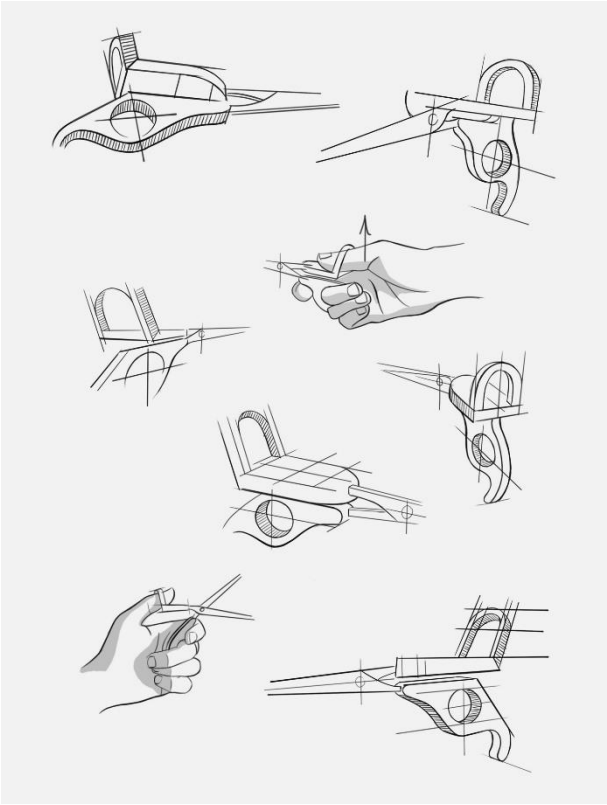


Figura 3: Vistas da alternativa esboçada digitalmente.

Com a estrutura formal definida, houve um processo de subdivisão da peças de modo a favorecer o máximo aproveitamento da lâmina de bambu, mas que também estabelece um arranjo constituído pelo menor número de componentes.

Dessa maneira, obteve-se o dimensionamento de 35 mm de largura, 148 mm de comprimento e 94 mm de altura para o cabo da tesoura, o qual é constituído por 8 peças que são executadas em uma lâmina de bambu laminado de 400 x 50 x 3 mm. Com isso foram cumpridas as etapas metodológicas de desenvolvimento. A figura 3 sintetiza aspectos desta sequência do desenvolvimento de produto do cabo da tesoura.

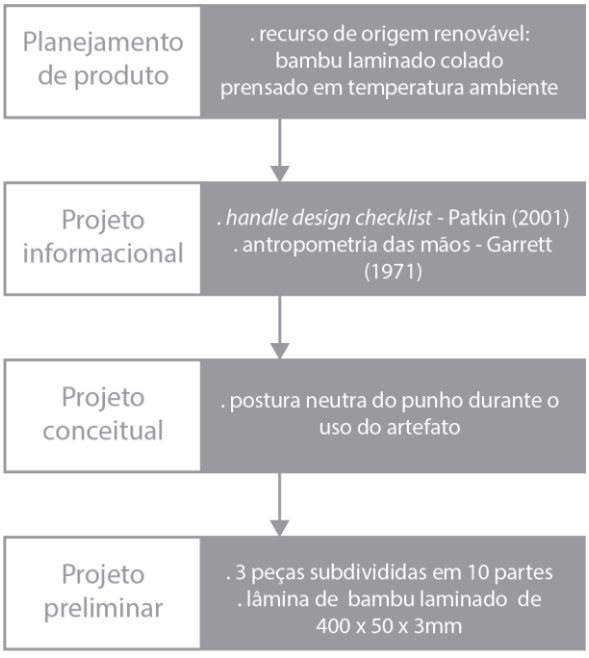


Figura 4: Fluxograma do processo de desenvolvimento do cabo da tesoura.

Definidas as dimensões básicas do produto, pôde-se iniciar a etapa de modelagem virtual tridimensional (Figura 5) em software paramétrico. Optou-se pela utilização do programa *SolidWorks* 2016, por conta de sua praticidade no ambiente de montagem de componentes. Além de proporcionar a pré-visualização tridimensional, esse processo permitiu o aperfeiçoamento gráfico das peças, a extração dos arquivos ao processo de usinagem, assim como a esquematização do processo de montagem física do produto.

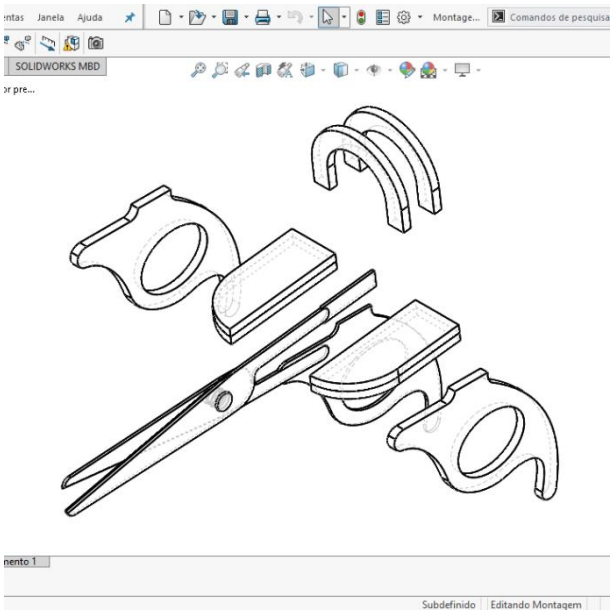


Figura 5: Interface de montagem no Solidworks.

A fim de confirmar as intenções de desenvolvimento para o produto final, foi efetuado o processo de visualização simulada por meio da renderização do modelo tridimensional, ao vincular texturas visuais dos materiais através do software Keyshot 6.0, como mostrado na figura 6.



Figura 3: Renderização do modelo tridimensional.

5.2 Materialização da Proposta: Prototipagem

Para a obtenção das lâminas de bambu, foram seguidas as etapas da cadeia produtiva do bambu descritas em Beraldo e Pereira (2016). Como especificação técnica do artefato, foi selecionada a espécie *Dendrocalamus Asper*, do grupo de espécies prioritárias de bambu, pertencentes a Área Agrícola do Campus da Unesp de Bauru (Figura 6).

A escolha desta espécie seu deu por suas características anatômicas. Pelo fato de apresentar colmos de grande porte, possibilita a extração de ripas com largura superior a 25mm, que corresponde ao padrão para espécies de médio porte.



Figura 6: Moitas de bambu na Área agrícola da Unesp de Bauru.

Após a colheita, os colmos foram imersos em solução de octaborato de sódio, por cerca de 24 horas, para que fossem imunizados contra fungos e insetos. Adiante, os mesmos foram submetidos ao processo de secagem em estufa, também por cerca de 24 horas, e posteriormente pelo desdobro, em serra dupla refiladeira, sendo transformados em ripas.

Por fim, as ripas foram processadas em maquinários voltados ao aparelhamento de superfícies, como a Super Taquara - maquinário específico para bambu – e em desempenadeira (Figura 7), para que fosse possível obter a espessura desejada das lâminas.



Figura 7: Processamento do bambu em desempenadeira.

Tendo em vista a lógica construtiva estabelecida no projeto conceitual e as dimensões das peças, neste desenvolvimento foi definida a utilização de lâminas com 3 mm de espessura e 50 mm de largura.

Para a confecção das peças, foram extraídos a partir do modelo virtual os arquivos bidimensionais das peças para a usinagem em tecnologia CNC, onde se optou pelo corte a laser, como mostra a Figura 8.

A programação do corte consistiu no posicionamento computadorizado das peças ao longo das lâminas na região entre nós - onde concentram-se as melhores propriedades estruturais do material - e na escolha de potência de setenta por cento (70%) com velocidade de 24mm/s.



Figura 8: Processo de corte a laser em lâmina de bambu.

Para a confecção de todas a peças do cabo da tesoura, é utilizada uma lâmina de bambu laminado com cerca de 400 x 50 x 3 mm, sendo que as sobras de material podem ser, por exemplo, trituradas e utilizadas na confecção de chapas aglomeradas para outros fins. Tendo em vista a queima superficial das laterais das peças, por conta da alta temperatura do laser, fez-se necessário realizar lixamentos manuais com lixa para madeira, a fim da devida correção do aspecto original do material. Com todas as peças lixadas pôde-se iniciar o processo de montagem. Tal etapa, mostrada na Figura 9, ocorreu por meio de colagem e prensagem das peças utilizando cola de precisão e grampos de preensão.



Figura 9: Etapa de montagem do cabo da tesoura.

Com os itens devidamente unidos, foi iniciada a etapa de acabamento. Para a obtenção de superfícies uniformes e lisas, foram realizados lixamentos manuais, mas também com auxílio de lixadeira orbital e micro retífica com lixas de grão 220 e 320. A finalização do acabamento do protótipo consistiu na selagem superficial com Cera de Carnaúba.

Tendo o protótipo finalizado, pôde-se realizar testes preliminares relativos ao uso do artefato. Considerando os atributos de desenho conferidos ao novo artefato, optou-se, inicialmente, por verificar como ocorre a interação de uso sob o ponto de vista biomecânico.

Assim, foi realizada uma análise biofotogramétrica (CARVALHO, MAZZER e BARBIERI, 2012), comparando a condição goniométrica do punho, durante o uso da nova versão de tesoura, com uma versão comercial.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do desenvolvimento do artefato, a proposta materializada é apresentada na Figura 10. É possível observar uma nova alternativa na condição postural da extremidade do membro superior para a preensão da tesoura.

Na porção superior do artefato, destaca-se o apoio para o polegar, o qual permite encaixar toda extremidade da falange distal do mesmo.



Figura 10: Vistas em perspectiva do protótipo finalizado.

Uma das formas de avaliação da interação entre este artefato e a mão humana, que pode confirmar ou não sua qualidade ergonômica, ocorre sob o ponto de vista biomecânico, mais particularmente no plano do desvio radial e ulnar.

É importante destacar que esta análise inicial é fundamental neste processo de desenvolvimento, visto que não se alcançariam objetivos do ponto de vista do *design* para a sustentabilidade ambiental, caso o artefato desenvolvido não apresentasse qualidades de uso.

Neste sentido, a análise visual apresentada na figura 11 mostra um comparativo entre os graus de desvio postural ulnar entre uma tesoura comum e o novo artefato.



Figura 11: Empunhaduras da tesoura comum e do protótipo.

A Figura 12, a qual demonstra a aplicação de técnicas de avaliação baseadas na biofotogrametria confirmam que, em um mesmo plano, houve uma redução de aproximadamente 26º, o que representa um ganho biomecânico para as atividades cotidianas desenvolvidas com este novo equipamento. Tal variável ergonômica também é corroborada por Dianat *et al.* (2017), em estudo sobre tesouras para corte de tecido, os quais salientam que um dos princípios ergonômicos inquestionáveis é o de "dobrar a ferramenta, e não o punho", pois favorece a redução dos desvios e desconfortos do punho, garantindo a boa usabilidade da ferramenta.

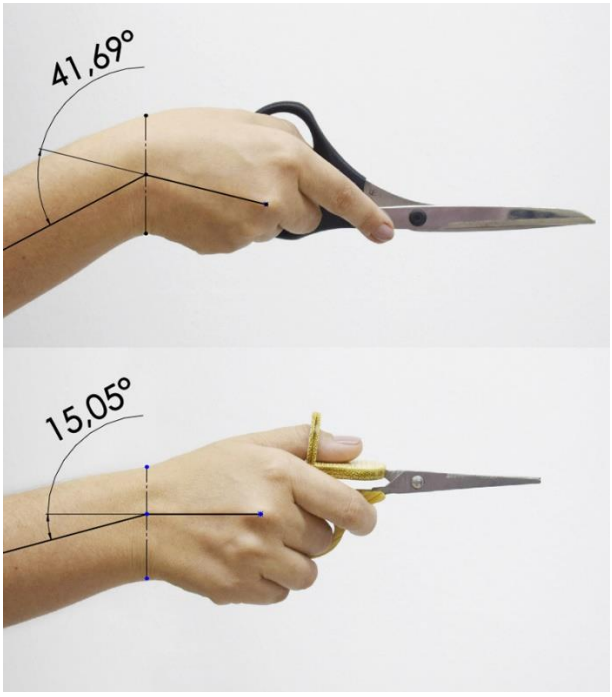


Figura 12: Desvios posturais (ulnar) causados pela tesoura comum e pelo protótipo.

O protótipo do novo artefato indica que a condição postural na interação entre cabo de tesoura e mão humana minimiza um dos riscos biomecânicos da tarefa. Por outro lado, há outros fatores humanos que condicionam a usabilidade desse produto, sendo um deles a assimetria lateral humana, que reflete-se na dominância manual, por sua vez, caracterizada pelo uso preferencial, parcial ou total de uma das mãos para o cumprimento de tarefas manuais (PASCHOARELLI, et al. 2006).

Paschoarelli e Coury (2000) afirmam que as ferramentas manuais necessitam estar aptas ao uso por diferentes mãos, direita e esquerda, o que deve contribuir para a melhoria da usabilidade dos produtos, minimizando os constrangimentos entre o equipamento e o usuário.

O novo artefato parece favorecer este aspecto, apesar de haver a necessidade de ajustes quanto ao posicionamento das lâminas de metal, para que de fato seja garantido o pleno uso ao todos os potenciais usuários.

Outro aspecto importante a ser verificado, diz respeito à influência do cabo desenvolvido à força de preensão exercida pelos usuários, pois como destacam Imrhan e Jenkins (1999), as características de um objeto, tais como, acabamento superficial, as dimensões, os materiais, e o desenho, influenciam decisivamente nas atividades de manejo que envolvem forças manuais. Ademais, de acordo com Iida (2005) o desenho adequado dos manejos tem grande influência no desempenho do sistema homem-máquina, isto é, entre usuário e artefato.

Outros estudos sobre fatores humanos associados ao *design* de instrumentos manuais (CAMPOS, 2014; KILBOM, 1993; LEWIS e NARAYAN, 1993; TUNTURI, 1988) versam sobre algumas das recomendações observadas durante a conceituação, e que também devem ser verificadas, tais como: aumento da interface de contato; simetria dos cabos para que seja possível mudar a posição de preensão; direcionamento do centro de gravidade da ferramenta ao ponto central da mão. Com o novo protótipo, outros testes que verifiquem o atendimento destes aspectos poderão ser realizados.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho compreendeu a demonstração da aplicação de um material derivado de uma matéria-prima considerada sustentável sob a perspectiva ambiental, no desenvolvimento de um artefato de uso cotidiano, a saber, um cabo de tesoura, o qual abordou etapas do projeto de produto, bem como da cadeia produtiva do material aplicado, com a finalidade de validação técnica do mesmo perante o segmento do produto em questão.

Durante o desenvolvimento do projeto, foram abordados procedimentos do *Life Cycle Design*, através do acompanhamento de processos limpos, desde a pré-produção do material, assim como pela produção propriamente dita das peças do artefato, considerando fatores da usinagem e geração de resíduos.

Houve a adoção de uma abordagem de caráter eco eficiente, a qual preconizou pelo melhor aproveitamento do material, e determinação de baixo número de componentes, durante a conceituação e confecção do modelo.

Neste processo foi confirmada a adequação do bambu laminado colado ao produto sob o ponto de vista técnico, por conta de suas características como a resistência e leveza, que são primordiais ao tipo de artefato abordado. No mais, pôde-se constatar o significativo diferencial visual conferido ao produto pela textura única do bambu laminado colado, aspecto esse que pode contribuir ao grau de valor percebido por parte de potenciais usuários.

Quanto ao percurso de processo de desenvolvimento de

produto demonstrado, constata-se que a adoção de uma abordagem ecológica, e portanto que tenha como escopo recursos limpos, processos simples e poucas operações, impõe significativas limitações ao desenvolvimento conceitual sob o ponto de vista da elaboração morfológica do artefato. Entretanto, apesar disto, entende-se que foi possível verificar a conciliação de objetivos de uso do produto às restrições materiais presentes.

O protótipo possibilitou a obtenção de resultados satisfatórios, no que se refere ao cumprimento de pré-requisitos de desempenho durante o uso em uma primeira avaliação biomecânica da interação entre usuário e o produto.

Portanto, tendo em vista a vantagem ergonômica proporcionada pelo *design* de produto do cabo da tesoura, e a satisfatória aplicação do bambu laminado colado a esse tipo de artefato, entende-se como oportuna a realização de outros estudos exploratórios sobre a usabilidade, percepção de conforto físico e percepção estética do produto, envolvendo usuários potenciais e condições experimentais de atividades cotidianas.

É importante salientar que o escopo do trabalho volta-se à validação do material alternativo, e não a um planejamento final de produção, assim, no desenvolvimento do protótipo fez-se válido seguir pela eficiência dos processos, vide a escolha de corte a laser e a utilização de uma cola comum de precisão para estruturação do produto.

No entanto, entende-se que em possível planejamento de produção que procure atender, de maneira efetiva, os princípios ecológicos, a usinagem das peças deve ser planejada para maquinários com custo acessível, preferencialmente em infraestrutura de marcenaria. Ademais, se faz necessária a aplicação de uma resina polimérica majoritariamente biodegradável, com baixo índice de toxicidade, no processo de confecção do bambu laminado colado, para que, de fato, seja configurado um produto que apresente baixo impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

[1]. ASHBY, M.; JOHNSON, K. Materiais e Design – Arte e Ciência de Materiais no Design de Produto. Editora Elsevier, 2011.

[2]. BACK, N. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.

[3]. BERALDO. A. L.; PEREIRA, M. A. R.; Bambu de Corpo e Alma. 352p. 2ª edição Editora Canal 6, São Paulo, 2016.

[4]. BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. Bambu laminado colado (BLC). Floresta e ambiente. v. 10, n. 2, p. 36-46, 2003.

[5]. BONSIEPE, G. A "tecnologia" da Tecnologia. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1983. 196p.

[6]. CALEGARI, E. P. Estudo da aplicação de compósitos biodegradáveis à base de biopolímero e fibras de curauá no design de produto. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Design. UFRGS. Porto Alegre. 2013.

[7]. CAMPOS, Lívia Flávia de Albuquerque. Usabilidade, percepção estética e força de preensão manual: influência no design ergonômico de instrumentos manuais - um estudo com tesouras de poda. 2014. 289 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2014.

[8]. CARVALHO, Rosana Martins Ferreira de; MAZZER, Nilton; BARBIERI, Claudio Henrique. Análise da confiabilidade e reprodutibilidade da goniometria em relação à fotogrametria na mão. Acta ortopédica brasileira, São Paulo, v.20, nº 3, p. 139-149, 2012.

[9]. DIANAT, Iman; ASADOLLAHI, Soudabeh; NEDAEI, Moein. Ergonomic investigation of bent-handle fabric scissors. In: Work 57(4):529-534. doi: 10.3233/WOR-172583, 2017.BÜRDEK BE. *História Teoria e Prática do Design de Produtos.* Edgar Blücher, São Paulo, 2006.

[10]. FLUSSER, V. O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação. 224p. Ubu Editora, São Paulo, 2017.

[11]. FUAD-LUKE, A. Manuel de diseño ecológico. Un catálogo completo de mobiliário y objetos para la casa y oficina. Editorial Cartago: Palma de Mallorca, 2002.

[12]. GARRETT. J. W. The human hand: some anthropometric and biomechanical considerations. Human Factors, 13 (02): p. 131- 171, 1971.

[13]. IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2005.

[14]. IMRHAN, S. N.; JENKINS, G. K. Flexion-extension hand torque strengths: applications in maintenance tasks. International Journal of Industrial Ergonomics, v. 23, n. 04, p. 359-371, 1999.

[15]. KILBOM, Å., MÄKÄRÄINEN, M., SPERLING, L., KADEFORS, R., LIEDBERG, L. Tool design, user characteristics and performance: a case study on plate-shears. Applied Ergonomics. v. 24, nº 3, p. 221-230, 1993.

[16]. LEWIS, W.; NARAYAN, C.V. Design and sizing of ergonomic handles for hand tools, Applied Ergonomics, nº 24, v.5, p. 351–356, 1993.

[17]. MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

[18]. MOIZÉS, Fábio Alexandre. Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo. 113f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2007.

[19]. OECD. "Overview and Recommendations". Sustainable Materials Management: Making Better Use of Resources. OECD Publishing, Paris, 2012.

[20]. PASCHOARELLI, L. C.; COURY, H. J. C. G. Aspectos ergonômicos e de usabilidade no design de pegas e empunhaduras. Estudo em Design. 08 (01): p. 79-101, 2000.

[21]. PASCHOARELLI, Luis Carlos; SOUZA, B. C. de; SILVA, Danilo Corrêa. A influência da manipulação de tesouras por destros e canhotos nos aspectos de percepção ergonômica do produto. FIEP, 2006.

[22]. PATKIN, M. A checklist for handle design. In: Ergonomics Australia On-Line, 15 (suppl.), 2001. (http://ergonomics.uq.edu.au/eaol/handle.pdf).

[23]. PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. Projeto bambu: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 200 f. Tese (livre-docência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012.

[24]. REUBENS, R. Bamboo in Sustainable Contemporary Design. INBAR Working Paper, Beijing, nº 60, 2010.

[25]. ROHDE, Geraldo Mário. Mudanças de paradigma e desenvolvimento sustentado. In: CAVALCANTI, Clóvis (Org.). Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2001.

[26]. ROMEIRO FILHO, E. (Coord.); FERREIRA, C. V. et al. Projeto do produto. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

[27]. SILVESTRE FILHO, G. D. Comportamento do poliuretano derivado de óleo de mamona reforçado por fibra de carbono: contribuição para projeto de hastes de implante

de quadril. São Paulo, 2001. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, 2001.

[28]. TEIXEIRA, M. G; CÉSAR, S. F. Produção com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial. Anais do 10º encontro brasileiro em madeira e estruturas de madeira – EBRAMEM. São Pedro, 2006.

[29]. TUNTURI, P.J. (Ed.). Korroosiokäsikirja, Suomen korroosioyhdistys SKY, Suomen korroosioyhdistyksen julkaisuja. Hanko, 1988.

[30]. VAN DER LUGT, P.; VOGTLÄNDER, J. The Environmental Impact of Industrial Bamboo Products – Life-Cycle Assessment and Carbon Sequestration. INBAR Technical Report, Beijing, nº 35, 2015.