

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU
CURSO DE DESIGN

RILLARY MARIA DE SOUZA MOREIRA

DESIGN DE EXPERIÊNCIA DO MATERIAL:
ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE USUÁRIOS SOBRE PRODUTO DE BAIXO IMPACTO
AMBIENTAL TENDO O *OPEN DESIGN* NO PROCESSO PRODUTIVO

MACEIÓ-AL

2023

RILLARY MARIA DE SOUZA MOREIRA

DESIGN DE EXPERIÊNCIA DO MATERIAL:

ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE USUÁRIOS SOBRE PRODUTO DE BAIXO IMPACTO
AMBIENTAL TENDO O *OPEN DESIGN* NO PROCESSO PRODUTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Design da Universidade Federal de
Alagoas como requisito parcial à obtenção do
título de bacharela em Design ou Designer.

Orientador: Prof. Dr. Edu Grieco Mazzini Junior.

MACEIÓ-AL

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

M838d Moreira, Rillary Maria de Souza.

Design de experiência do material : análise da percepção de usuários sobre produto de baixo impacto ambiental tendo o open design no processo produtivo / Rillary Maria de Souza Moreira. – 2023.

134 f. : il. color.

Orientador: Edu Grieco Mazzini Junior.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Design) –
Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 121-129.

Apêndices: f. 131-134.

1. Design de experiência. 2. Open design. 3. Fabricação digital. 4.
Ecodesign. 5. Materiais reciclados. I. Título.

CDU: 7.05 : 684.43

AGRADECIMENTOS

Este é um momento de grande realização para mim e pessoas próximas, logo, gostaria de agradecer a todos que ajudaram a fazer desta realização uma importante conquista.

Agradeço, sobretudo, à minha mãe Fátima, pela dedicação, compreensão, cuidado e amor incondicional. Ao meu pai e irmão – Rusanil e Júnior – pelo exemplo, trabalho e perseverança. Obrigada pelo incentivo a educação e por serem parte de quem sou. Tenho orgulho de vocês.

À minha avó Rosa pelo exemplo de força e superação e pelo apoio. Ainda agradeço às minhas tias e a toda minha família pela colaboração, presença e estímulos.

Ao meu amigo Mathias Cabrera pelo apoio e incentivo, principalmente nos momentos difíceis e de inseguranças, e por acreditar que tudo sairia bem. E aos companheiros de trabalho Cleo, Larissa, Josivaldo e João pelo encorajamento.

Ao meu orientador, Edu, por ter aceitado meu esboço de projeto. Sem as suas contribuições, empolgação e gestão das minhas preocupações nada teria sido possível. Agradeço a confiança, gentileza, paciência e por acreditar no meu potencial, isso fez toda a diferença.

Aos trabalhadores e colaboradores das empresas das placas recicladas e de MDF, das empresas de logística de transportes e da empresa de móveis planejados em foi realizada a fabricação digital, respectivamente: Leandro Intini Marques, Ricardo Ferreira, Débora Rodrigues, Fabrício Nunes, Cícero Rocha, Valdemir Silva, Isaías Ferreira e Arthur Ferreira. Agradeço a atenção e profissionalismo.

Aos colegas, familiares e amigos de familiares e colegas que participaram do estudo experiencial pela disponibilidade e colaboração voluntária.

À Universidade Federal de Alagoas e, especialmente, ao Curso de Design pela contribuição valiosa na minha formação profissional e pessoal. Agradeço aos docentes pelos esforços resilientes às adversidades, assim como aos discentes que reafirmam a relevância deste curso dentro da UFAL.

A todos o meu muito obrigada, e finalmente designer!

"Projetar significa expor-se e viver com paradoxos e contradições, mas nunca camuflá-los sob um manto harmonizador. O ato de projetar deve assumir e desvendar essas contradições. Em uma sociedade torturada por contradições, o design também está marcado por essas antinomias."

(Gui Bonsiepe)

RESUMO

A relação entre o homem e o material existe desde a primitividade, e isso nos ajudou a sobreviver e evoluir. A nossa conexão com os materiais precisa ser significativa, por isso, há alguns anos está sendo fundamentada a prática de projetar a experiência com e para o material. Desse modo, este trabalho objetiva estudar a viabilidade de um produto de open design elaborado com materiais de baixo impacto ambiental direcionado ao estudo de experiência do material pelo método proposto por Karana *et al.* (2015), intitulado *Material Driven Design* (MDD — Design Conduzido pelo Material). Através do MDD, foram realizadas a seleção dos materiais sustentáveis, a escolha do móvel de open design e as formas de avaliação da percepção dos produtos. Em seguida, identificou-se que os materiais reciclados obtiveram melhores valores quanto aos aspectos sensoriais e interpretativos, enquanto o *Medium Density Fiberboard* (MDF — Painel de Fibra de Média Densidade) apresentou os melhores valores quanto aos aspectos performáticos. O processo metodológico adaptado mostrou-se bastante satisfatório ao cumprir todas as etapas.

Palavras-chave: Design de experiência. Materiais reciclados. Ecodesign. Open Design. Fabricação digital.

ABSTRACT

The relationship between man and material has existed since primitive times, and this has helped us survive and evolve. Our connection with materials needs to be meaningful, which is why the practice of designing the experience with and for the material has been established for some years. Therefore, this work aims to study the feasibility of an open design product made with low environmental impact materials aimed at studying the experience of the material using the method proposed by Karana *et al.* (2015), entitled Material Driven Design (MDD). Through MDD, the selection of sustainable materials, the choice of open design furniture and ways of evaluating the perception of the products were carried out. Then, it was identified that recycled materials obtained better values in terms of sensorial and interpretative aspects, while Medium Density Fiberboard (MDF) presented the best values in terms of performative aspects. The adapted methodological process proved to be quite satisfactory in completing all stages.

Keywords: Experience design. Recycled materials. Ecodesign. Open Design. Digital manufacturing.

RESUMEN

La relación entre el hombre y la materia existe desde los tiempos primitivos, y esto nos ayudó a sobrevivir y evolucionar. Nuestra conexión con los materiales necesita ser significativa, por eso, desde hace algunos años se desarrolla la práctica de diseñar la experiencia con y para el material. De esa manera, este trabajo tiene como objetivo estudiar la viabilidad de un producto de diseño abierto elaborado con materiales de bajo impacto ambiental orientado a estudiar la experiencia del material mediante el método propuesto por Karana *et al.* (2015), titulado *Material Driven Design* (MDD — Diseño Guiado por el Material). A través del MDD se realizó la selección de materiales sostenibles, la elección del mobiliario de diseño abierto y formas de evaluación de la percepción de los productos. Luego, se identificó que los materiales reciclados obtuvieron mejores valores en términos de aspectos sensoriales e interpretativos, mientras que el *Medium Density Fiberboard* (MDF — Panel de Fibra de Densidad Media) presentó los mejores valores en términos de aspectos performativos. Al fin, el proceso metodológico adaptado resultó bastante satisfactorio al concretar todas las etapas.

Palabras clave: Diseño de experiencia. Materiales reciclados. Ecodiseño. Diseño abierto. Fabricación digital.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Escolhas metodológicas_____	29
Figura 2.	Estrutura analítica de projeto (EAP) _____	30
Figura 3.	Camadas do open design_____	41
Figura 4.	Máquinas de fabricação digital presentes nas FabLabs pelo mundo ____	44
Figura 5.	Elementos básicos de uma fresadora router CNC _____	46
Figura 6.	Camadas da área de trabalho de uma fresadora router CNC_____	47
Figura 7.	Diferença entre um motor spindle e tupa manual adaptada de uma fresadora router CNC _____	47
Figura 8.	Aspirador embutido de uma fresadora router CNC _____	48
Figura 9.	Monitor de controle de uma fresadora router CNC _____	48
Figura 10.	Diferença entre broca e fresa _____	49
Figura 11.	Tipos de fresas_____	50
Figura 12.	Tipos de operações de corte _____	51
Figura 13.	Esquema de arquivos para fabricação por fresadora router CNC_____	51
Figura 14.	Painéis derivados da madeira_____	53
Figura 15.	Esquema das frações de material particulado e seus locais de deposição no trato respiratório _____	55
Figura 16.	Conceito de ecodesign _____	57
Figura 17.	Trabalhos com materiais de baixo impacto ambiental _____	60
Figura 18.	Aplicações da metodologia de Karana <i>et al.</i> (2015) _____	63
Figura 19.	Processo de decisão _____	84
Figura 20.	Arquivo CAD da cadeira Valoví em formato DXF _____	86
Figura 21.	Arquivo CAM com as configurações de cortes e percursos _____	88
Figura 22.	Arquivo G-code sendo lido pela router CNC_____	89
Figura 23.	Chapas em corte por máquina router CNC_____	90
Figura 24.	Chapas com corte finalizado por máquina router CNC _____	90
Figura 25.	Chapas desenformadas _____	90
Figura 26.	Marcas das pontes nas peças usinadas_____	91
Figura 27.	Imagens sequenciais da aparência dos materiais reciclados desenformados _____	91

Figura 28. Diferença de resíduos produzidos pelos materiais _____	92
Figura 29. Sequência de montagem da cadeira Valoví por Denis Fujii _____	93
Figura 30. Ferramentas utilizadas no processo de montagem das cadeiras _____	93
Figura 31. Espessuras das peças usinadas _____	94
Figura 32. Estágios do processo de montagem das 3 cadeiras _____	95
Figura 33. Formulário online aplicado em edição _____	99
Figura 34. Usuários selecionados e intermediados _____	100
Figura 35. Usos das cadeiras pelos 9 usuários selecionados _____	102
Figura 36. Imagens das cadeiras após os dias de avaliação com os usuários _____	104
Figura 37. Detalhes das imagens das cadeiras após os dias de avaliação com os usuários _____	105
Figura 38. Estrutura de experiência dos materiais _____	106
Figura 39. Caracterizações não experienciais das cadeiras e seus materiais _____	108
Gráfico 1. Análise da percepção dos usuários selecionados _____	111
Gráfico 2. Análise da percepção dos usuários intermediados _____	111

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Análise paramétrica de materiais sustentáveis (parte 1)	68
Quadro 2. Análise paramétrica de materiais sustentáveis (parte 2)	69
Quadro 3. Análise paramétrica de materiais sustentáveis (parte 3)	70
Quadro 4. Caracterizações dos painéis de fibras da madeira de eucalipto e de pinus	72
Quadro 5. Critérios de seleção por filtragem	75
Quadro 6. Análise de mercado de móveis de open design (parte 1)	78
Quadro 7. Análise de mercado de móveis de open design (parte 2)	79
Quadro 8. Análise de mercado de móveis de open design (parte 3)	80
Quadro 9. Pares de adjetivos usados na MDS	98
Quadro 10. Informações coletadas sobre os usuários respondentes selecionados e intermediados	101
Tabela 1. Valores médios dos aspectos sensoriais obtidos pelos usuários selecionados e intermediados	112
Tabela 2. Valores médios dos aspectos interpretativos obtidos pelos usuários selecionados e intermediados	113
Tabela 3. Valores médios dos aspectos performáticos obtidos pelos usuários selecionados e intermediados	114

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

"	Polegada
€	Euro
2D	2-Dimensional Bidimensional
3D	3-Dimensional Tridimensional
AA	Absorção de água
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AI	Adesão interna
AL	Alagoas
ANSI	American National Standards Institute Instituto Nacional Americano de Padrões
ASTM	American Society for Testing and Materials Sociedade Americana de Testagem e Materiais
CAD	Computer Aided Design Projeto assistido por computador
CAM	Computer Aided Manufacturing
CBA	Center for Bits and Atoms Centro de Bits e Átomos Manufatura assistida por computador
CC	Creative Commons
CNC	Computer Numeric Control Controle numérico computadorizado
CSA	Canadian Standards Association Associação Canadense de Padrões
DiY	Do It Yourself Faça você mesmo
DiWO	Do It With Others Faça com os outros
DXF	Drawing Exchange Format

	Formato de troca de desenho
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
EN	European Norm Norma Europeia
EPI	Equipamento de proteção individual
EUA	Estados Unidos da América
FabLab	Fabrication Laboratory Laboratório de fabricação digital
FF	Fenol-formaldeído
FFF	Fused Filament Fabrication Fabricação por filamento fundido
GNU GPL	GNU General Public License GNU Licença Pública Geral
h	Hora
HDF	High Density Fiberboard Painel de fibras de alta densidade
IARC	International Agency for Research on Cancer Agência Internacional de Câncer
IE	Inchamento em espessura
INCA	Instituto Nacional de Câncer
ISO	International Organization for Standardization Organização Internacional para Padronização
kg	Quilograma
m	Metro
MDD	Material Driven Design Design conduzido pelo material
MDF	Medium Density Fiberboard Painel de fibras de média densidade
MDP	Medium Density Particleboard Painel de partículas de média densidade
MDS	Matriz de diferencial semântico

MF	Melamina-formaldeído
min	Minuto
MIT	Massachusetts Institute Technology Instituto de Tecnologia de Massachusetts
mm	Milímetro
MOE	Módulo de elasticidade
MOR	Módulo de ruptura
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
NSF	National Science Foundation Fundação Nacional da Ciência
ONU	Organização das Nações Unidas
OSB	Oriented Strand Board Painel de tiras de madeira orientadas
PEDB	Polietileno de baixa densidade
PET	Polietileno tereftalato
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de vinila
R\$	Real
RAM	Random Access Memory Memória de acesso aleatório
RF	Resorcinol-formaldeído
seg	segundo
SP	São Paulo
UF	Ureia-formaldeído
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
XPS	Poliestireno extrusado
µm	Micrometro
ρ	Densidade

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
1.1.	Motivações	20
1.2.	Problematização	21
1.3.	Objetivos	22
1.3.1.	Geral	22
1.3.2.	Específicos	22
1.4.	Estrutura do trabalho	23
2.	PROCESSO METODOLÓGICO	25
2.1.	Classificação de pesquisa	26
2.2.	Metodologia projetual	26
2.2.1.	Escolhas metodológicas	27
2.3.	Processo criativo em etapas	30
2.3.1.	Compreendendo os materiais	31
2.3.2.	Projetando conceito de produto	31
2.3.3.	Criando visão de experiência dos materiais	31
2.3.4.	Manifestando padrões de experiência dos materiais	32
3.	BASES CONCEITUAIS	33
3.1.	Open Design	34
a.	Open source	34
b.	Open design	35
c.	Ecosistema open design	36
d.	Plataformas virtuais	37
e.	Economia alternativa	38
f.	Abertura	39
g.	Metadesign	39
h.	Produção	40
i.	Como o open design projeta?	40
3.2.	Fabricação digital	42
a.	Customização em massa	42
b.	Laboratórios de fabricação digital	43

c.	Maquinários _____	43
d.	Máquinas CNC _____	44
e.	Fresadora router CNC _____	45
f.	Ferramenta de corte _____	49
g.	Processo de arquivos em uma fabricação digital _____	51
h.	Materiais mais convencionais _____	51
i.	Resinas sintéticas à base de formaldeído _____	54
3.3.	Ecodesign _____	56
a.	O que é o design _____	56
b.	Ecodesign _____	57
c.	Esforço global _____	58
d.	Contradição profissional _____	59
e.	Sustentabilidade _____	59
3.4.	Design e o material _____	61
a.	Design de experiência dos materiais _____	61
b.	Prática profissional do designer _____	62
c.	Aplicações da metodologia de Karana <i>et al.</i> (2015) _____	62
4.	CONDUZINDO O MATERIAL E SUAS DIREÇÕES _____	65
4.1.	Compreendendo os materiais _____	66
4.1.1.	Análise paramétrica _____	66
4.1.2.	Requisitos e parâmetros _____	71
4.1.3.	Critérios de seleção por filtragem _____	73
4.2.	Projetando conceito de produto _____	76
4.2.1.	Objeto _____	76
4.2.1.1.	Análise de mercado _____	77
4.2.1.2.	Escolha da melhor solução _____	81
4.2.2.	Processo _____	85
4.2.2.1.	Arquivo CAD _____	85
4.2.2.2.	Arquivo CAM _____	87
4.2.2.3.	Arquivo G-code _____	88
4.2.2.4.	Fabricação digital por router CNC _____	89

4.2.2.5.	Montagem	92
4.3.	Criando visão de experiência dos materiais	96
4.3.1.	Matriz de diferencial semântico	96
4.3.1.1.	Conhecendo os usuários e seus hábitos	99
4.3.1.2.	Observações pós-uso	103
4.4.	Manifestando padrões de experiência dos materiais	105
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	107
5.1.	Caracterizações não experienciais	108
5.2.	Caracterizações experienciais	110
5.2.1.	Aspectos sensoriais	112
5.2.2.	Aspectos interpretativos	112
5.2.3.	Aspectos performáticos	114
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
6.1.	Recomendações para trabalhos futuros	118
	REFERÊNCIAS	120
	REFERÊNCIAS – IMAGENS ADAPTADAS	128
	APÊNDICE A – FORMULÁRIOS APLICADOS	130

Motivações 1.1.
Problematização 1.2.
Objetivos 1.3.
 Geral 1.3.1.
 Específicos 1.3.2.
Estrutura do trabalho 1.4.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Desde a época primitiva o homem utiliza-se de materiais dispostos na natureza, ou desenvolvidos, para atender as suas necessidades de sobrevivência, alguns exemplos são a madeira, pedra, pele de animais, argila, fibras naturais e outros. O nosso modo de produção sofreu várias mudanças até os dias de hoje, em que nos encontramos no modo de produção capitalista caracterizado pelo consumo em excesso, busca incessante de inovação, celeridade e dinamismo de mercado. A indústria trabalha com milhares de lançamentos diários de produtos, e cerca de 99% dos produtos que consumimos vão ao lixo em até 6 meses, tais constatações propõem a reflexão de um design ecológico e socialmente responsável, mais que isso, feito para pessoas reais e o mundo atual (DIAS, 2009; PAPANÉK, 1977; HUMANIDADE..., 2018).

O desenvolvimento de produtos está intrinsecamente relacionado a criação e seleção de materiais. Assim, a busca pela inovação tecnológica e a competição entre materiais teve seu início com a inserção de materiais plásticos no mercado, criando uma concorrência com os materiais existentes (MANZINI, 1993). Nesse panorama de competição e consumo excessivo no mercado, o Brasil é tido como o maior produtor de resíduos urbanos da América Latina e Caribe e o 4º país que mais gera lixo plástico no mundo, descartando anualmente 10 milhões de toneladas de plásticos nos oceanos (PUENTE, 2022; BRASIL..., 2019). Compreendendo o dano do descarte de resíduos plásticos — sempre evidenciado pelo seu longo tempo de decomposição — e o volume de lixo produzido no país e mundialmente, direciona o design a projetar para essa realidade.

Ainda nesse sentido, os materiais estão sempre em transformação, o plástico citado e a coleta seletiva para o descarte inapropriado, por exemplo, são alternativas para trazer esses materiais de volta ao ciclo de vida. De acordo com a ONU... (2017), os países latino-americanos e caribenhos geram cerca de 540 mil toneladas de resíduos diários, com 30% da destinação a locais inadequados, acrescenta-se que os países com renda mais elevada geram mais lixo não proveniente de matéria orgânica. Melhor dizendo, não é somente um problema ambiental, mas social. Nessa

configuração, as relações com os materiais deveriam ser pensadas como ecológica, social e experiencialmente benéficas.

Segundo Karana *et al.* (2015), pesquisas mais recentes, ou seja, de 20 anos para os dias atuais, estão fundamentando a relação entre o design e os materiais na formação de experiências de produtos com e através dos materiais. O estabelecimento de um material no mercado requer um longo processo de aplicação e apreciação e, a título de exemplo, eles citam que inicialmente o plástico não produziu uma experiência satisfatória com as pessoas, porém, na década de 50, a Tupperware — empresa de venda de utensílios plásticos domésticos, como potes, vasilhas, garrafas e outros — introduziu seus produtos plásticos aplicando e qualificando suas propriedades a nível funcional e experiencial, o que levou seus produtos a apreciação dos consumidores e êxito comercial. Não é nova a ideia de as indústrias de materiais buscarem os designers para aplicar esses materiais a produtos para apreciação do público. Por isso, a participação do design junto das ciências dos materiais é proveitosa no contexto de novos materiais, novas aplicações e meios de inovação.

As aplicações do método de Karana *et al.* (2015) — metodologia utilizada nesta pesquisa —, como ainda serão vistas, baseiam-se, em geral, no desenvolvimento de novos produtos, e/ou elaboração de novas aplicações de materiais produzidos de modo artesanal e manual. Assim, um processo produtivo utilizado pelo mercado seria prático e ideal para a replicação ou adaptação deste estudo. Então, a fabricação digital por máquina computadorizada seria uma opção com inovação tecnológica, já dentro da indústria e em uso por produtores locais do ramo moveleiro.

No âmbito dos processos de design, o open design, que tem a fabricação digital como característica, apresentou-se como alternativa democrática, de baixo impacto ambiental e atrativa para o desenvolvimento do estudo de percepção. Em síntese, a disponibilização de arquivo digital editável e fabricável para qualquer lugar do mundo seria democrático e a construção por encaixes seria econômica, prática e atrativa.

À vista disso, o design de experiência do material justifica-se na análise da percepção de usuários/ consumidores reais como perspectiva relevante no

desenvolvimento de produtos de baixo impacto ambiental e em contexto inovador ao ter o open design como processo de design e a fabricação digital como processo produtivo.

1.1. Motivações

As experiências vividas ao longo da vida acadêmica e, agora da vida profissional, sobre a atuação do designer sempre foram instigantes no sentido de quem cria e curiosas pelo senso comum de quem consome o design. Portanto, as motivações para este trabalho poderiam simplesmente estarem baseadas em vários dos ensinamentos e discussões dentro do curso, mas é no ponto em que a vida acadêmica — no geral, de compreensão mais teórica que prática — e a realidade da prática profissional encontram-se que formulamos outras reflexões com quem realmente consome o que produzimos. A teoria e a prática misturam-se de modo a nos colocar em questões e contradições pouco confortáveis, mas é somente na fundamentação e prática do design que podemos contribuir para a sociedade frente as discussões atuais e suas alternâncias.

Criar alternativas para a preservação do Meio Ambiente, e conseqüentemente do planeta, já não é um tema novo, porém, cada vez mais urgente. Com isso, é uma responsabilidade de quem projeta pensar no desenvolvimento de produtos que possam ser ecologicamente benéficos. Papanek (1977), há algumas décadas, em seu livro *Design para o mundo real*, já explanava que devemos lutar contra o design frívolo e mal desenhado e pensar em um design ecológico e socialmente responsável.

Esses 2 pontos — bom desenho e baixo impacto ambiental — são tão originais quanto básicos. Quando se fala em bom desenho, é costumeiro pensar no valor estético e desassociá-lo do valor funcional, quando um é inerente ao outro. Na vida profissional não é incomum escutar algo como: “quero um ambiente funcional, não só ‘boniteza’”. Outra situação ocorreu durante o estudo de percepção dos usuários deste trabalho, quando houve o questionamento genuíno e curioso por parte de alguns, e pessoas próximas a eles, de saber se o produto era realmente para uso ou era somente

um “objeto de trabalho de design”, ainda que estando cientes da pesquisa. O que pode ser sugerido sobre a percepção popular, ou de senso comum, que está sendo criada é o estabelecimento do design como uma criação unicamente estética e plástica. Estendendo-a sobre a nossa atuação, o trabalho de designer acaba por ser subentendido, nesse contexto, como uma profissão superficial e supérflua.

Em suma, seria inspirador e estimulante desenvolver um produto para o mundo real, que fosse de baixo impacto ambiental, em um campo exploratório de materiais aplicáveis, realmente utilizáveis, e que possibilitasse a interação e conexão com o verdadeiro público consumidor.

1.2. Problematização

Bonsiepe (1984) propõe entender os fatores influentes dos problemas e alentar melhorias iniciais, logo, foram propostas 3 perguntas para nortear a situação inicial:

- **O quê?**

Alguns dos fatores influentes do problema foram expostos anteriormente ao apontar a nossa atual vivência consumista e seus danos às nossas formas de sobrevivência, a necessidade de melhorias da nossa experiência com o produto e o contexto de inovação que o design se encontra. Isso posto, o que se deve melhorar são as alternativas e/ou proposições de produtos e materiais sustentáveis conhecidos e bem estabelecidos no mercado com o intuito de mitigar tais danos de forma consciente e responsável.

- **Porquê?**

Seria benéfico e coerente aliar a prática do design de produtos à necessidade de utilização de materiais sustentáveis, empregando um processo produtivo tecnológico e condizente com a realidade de mercado para estudo da percepção dos usuários.

- **Como?**

O caminho a ser percorrido para chegar aos objetivos precisos em função dos problemas encontrados deveria utilizar-se de processos e métodos combinados e adaptados pensando nas possibilidades de resultados satisfatórios.

A exposição de uma situação inicial bem definida é vantajosa visto que a metodologia não tem finalidade em si mesma (BONSIEPE, 1984). Então, as respostas obtidas das perguntas realizadas foram pertinentes para a construção do processo metodológico.

1.3. Objetivos

Abaixo são apresentados o objetivo geral e objetivos específicos que guiaram as decisões projetuais ao longo do trabalho.

1.3.1. Geral

Este trabalho tem como objetivo geral o estudo da viabilidade de um produto de open design, como protótipo de produção, direcionado ao estudo de experiência do material pela metodologia de Karana *et al.* (2015) intitulada *Material Driven Design* (MDD - Design Conduzido pelo Material, em tradução do inglês).

1.3.2. Específicos

- a. Compreender o open design como processo criativo, a fabricação digital como processo produtivo, a necessidade de um design consciente e a relação do design com e através do material dentro da experiência do material proposta por Karana *et al.* (2015);

- b. Pesquisar e selecionar potenciais materiais sustentáveis, em forma de painéis, que possam ser utilizados na confecção de produtos por meio de fabricação digital por máquina CNC;
- c. Analisar e caracterizar os móveis de open design disponibilizados em plataformas digitais;
- d. Produzir móvel de open design por meio de fabricação digital com uma máquina router CNC;
- e. Elaborar forma avaliativa para estudo da percepção dos usuários sobre os produtos e seus materiais;
- f. Analisar a percepção dos usuários sobre os materiais de forma comparativa.

1.4. Estrutura do trabalho

O conteúdo deste trabalho está organizado em 6 capítulos:

- **Capítulo 1**

Na "Introdução" encontram-se a contextualização, motivações e problematização da pesquisa. Também são apresentados os objetivos geral e específicos, e a descrição da estruturação deste trabalho.

- **Capítulo 2**

Em "Processo metodológico" são descritas a classificação de pesquisa e a metodologia projetual, indicando as escolhas metodológicas realizadas. Ainda, é apresentado o processo criativo utilizado em suas 4 etapas.

- **Capítulo 3**

Em "Bases conceituais" são abordados os 4 temas conceituais deste trabalho: o "Open Design", a "Fabricação digital", o "Ecodesign" e a relação com o material em "Design e o material".

- **Capítulo 4**

Em “Conduzindo o material e suas direções” desenvolvem-se todas as ferramentas e técnicas da metodologia projetual nas 4 macroetapas definidas.

- **Capítulo 5**

Em “Resultados e discussões” explanam-se as caracterizações não experienciais e caracterizações experienciais a partir das análises da percepção dos usuários selecionados e intermediados.

- **Capítulo 6**

Nas “Considerações finais” apresentam-se as considerações gerais da pesquisa, incluindo os resultados obtidos, as limitações encontradas e as recomendações para trabalhos futuros.

Ao final do trabalho, encontram-se as referências utilizadas e adaptadas e os apêndices elaborados.

Classificação de pesquisa 2.1.
Metodologia projetual 2.2.
Escolhas metodológicas 2.2.1.
Processo criativo em etapas 2.3.
Compreendendo os materiais 2.3.1.
Projetando conceito de produto 2.3.2.
Criando visão de experiência dos materiais 2.3.3.
Manifestando padrões de experiência dos materiais 2.3.4.

2. PROCESSO METODOLÓGICO

2. PROCESSO METODOLÓGICO

O processo metodológico de uma pesquisa na área de design, por vezes, pode ser algo confuso quando lidamos com a metodologia projetual em uma estrutura bem estabelecida de pesquisa. Dessa forma, foi descrita a classificação desta pesquisa e a metodologia projetual utilizada.

2.1. Classificação de pesquisa

A composição da pesquisa científica segue uma metodologia e tem suas classificações, indicando a estrutura de trabalho. Dentro dessa estrutura, técnicas e processos são adotados conforme a área de atuação do estudo. A pesquisa científica pode ser caracterizada quanto a sua natureza, métodos ou abordagens metodológicas, objetivos e procedimentos.

Esta, classifica-se como aplicada, quanto à natureza, pela sua aplicação prática; qualitativa e também quantitativa (ou quali-quantitativa), quanto à abordagem, pois os dados coletados basearam-se na percepção subjetiva de usuários através da semântica, assim como a análise dos dados foi objetiva ao comparar os valores médios obtidos; exploratória, quanto aos objetivos, por explorar informações e investigar o problema com proximidade e clareza; e experimental, quanto aos procedimentos, pelas avaliações, formas de análise e observações sobre os produtos estudados (NASCIMENTO; SOUSA, 2016).

2.2. Metodologia projetual

Uma citação clássica entre os designers de produtos é que "a metodologia projetual não deve ser confundida com um livro de receitas de bolo" (BONSIEPE, 1984, p. 34). Na prática projetual não há fórmulas prontas, mas ainda que as tivesse, até o final de cada etapa as decisões podem ser indefinidas, então, somente assimilando as ações realizadas e os objetivos almejados é possível tomar decisões assertivas. E pelo caráter plural da proposta aspirada neste trabalho, o que requereu um embasamento

adequado para as atividades desenvolvidas e suas necessidades, foi aplicada uma metodologia atual e recente adaptada.

2.2.1. Escolhas metodológicas

No processo de design, o desenvolvimento projetual é imprescindível. A ampla e precisa abordagem da problemática aliada a uma metodologia adequada ao projeto e gerenciada aumenta a probabilidade de soluções e resultados satisfatórios. Desse modo, as escolhas metodológicas foram baseadas em Karana *et al.* (2015), para as macrofases, que trazem um método eficaz e com uma abordagem atual entre o design e o material; em Avital (2011), para as microfases do projeto do produto, que esquematiza as camadas conceituais do open design, auxiliando na compreensão do desenvolvimento de um produto aberto; em Baxter (2000) e Löbach (2001), para técnicas e ferramentas, que apresentam metodologias conhecidas e bem estabelecidas na área de design de produtos; e ainda, em Pazmino (2015), Kotler e Keller (2018), Giaccardi e Karana (2015), Dias (2009) e Anaya e González (2022) para a construção de ferramentas adaptadas a este processo criativo de design.

Segundo Karana *et al.* (2015), a relação entre o design e o material mudou, pois ela já não se limita a simples seleção de materiais ou definição de requisitos para a escolha do material mais adequado a determinado produto, mas deve ser projetada junto a experiência com e para tal material. Evidenciam que para um material ser bem estabelecido e aceito no mercado, há um longo período entre estudos, pesquisas, aplicações e aceitações. E é nesse último ponto que o design para experiência dos materiais se sobrepõe. Os materiais, por consequência utilitária, são obrigados a terem bons desempenhos nas funções para as quais pretendem ser aplicados, porém, a experiência do usuário é que pode definir suas vantagens ou desvantagens mercadológicas.

Na conjuntura essencial do design, como projeto voltado para o usuário, foi utilizado o método de Design Conduzido pelo Material (*Material Driven Design - MDD*). Nele, Karana *et al.* (2015) apresentam 3 cenários em que o método seria aplicável,

respectivamente: para o projeto de material relativamente conhecido com amostra totalmente desenvolvida, para o projeto de material relativamente desconhecido com amostra totalmente desenvolvida ou para o projeto de uma proposição material com amostra semidesenvolvida ou exploratória.

Faz-se necessário ratificar que aqui não se pretende desenvolver um material, mas investigar potenciais materiais sustentáveis para o desenvolvimento de produto por fabricação digital, podendo inserir-se em algum dos cenários expostos.

O método MDD apresenta 4 etapas, iniciando com uma proposta de material e finalizando com um produto ou material desenvolvido: (1) Compreender o material: caracterização técnica e experiencial, (2) Criar visão de experiência de materiais, (3) Manifestar padrões de experiência de materiais e (4) Projetar conceitos de materiais e/ou produtos. Neste caso, intencionou-se projetar um conceito de produto primeiro para criar a visão de experiência do material, então a 4ª etapa foi realocada entre a 1ª e a 2ª etapa.

Avital (2011) classifica o open design em algumas camadas, dentre elas encontram-se objeto e processo. Respectivamente, referem-se à distribuição de produtos abertos por meio de projetos configuráveis e sua fabricação por maquinário CNC. Essas camadas titulam as microfases da atual 2ª etapa: projetando conceito de produto. O esquema da próxima página representa a organização das escolhas metodológicas realizadas (figura 1).

Organizando a metodologia...

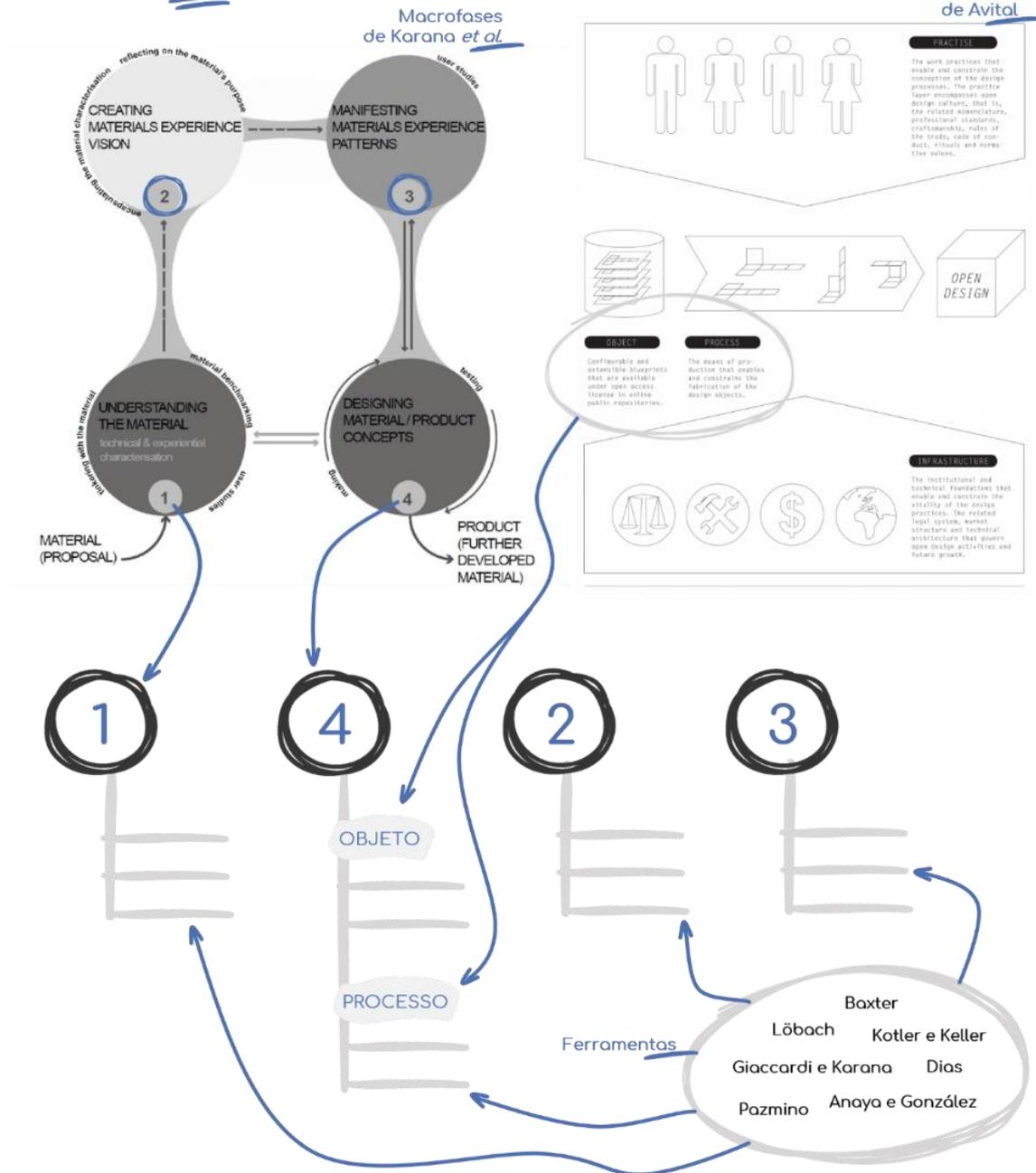


Figura 1 — Escolhas metodológicas. Fonte: da autora (2023).

As ferramentas utilizadas basearam-se em vários autores, algumas com adaptações necessárias para chegar aos resultados pretendidos. Todas elas foram identificadas no processo criativo e foram discriminadas detalhadamente em seus respectivos conteúdos de aplicação.

2.3. Processo criativo em etapas

Considerando as escolhas metodológicas realizadas e o funcionamento do processo criativo de design, foi elaborada uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP), ou *Work Breakdown Structure* (WBS). A EAP é uma ferramenta de gerenciamento de projetos que propõe uma estrutura organizacional gráfica e hierárquica. Assim, foi elaborada uma estrutura metodológica linear, temporal e sem *feedbacks* (retroalimentação, em tradução do inglês) entre as etapas (figura 2).

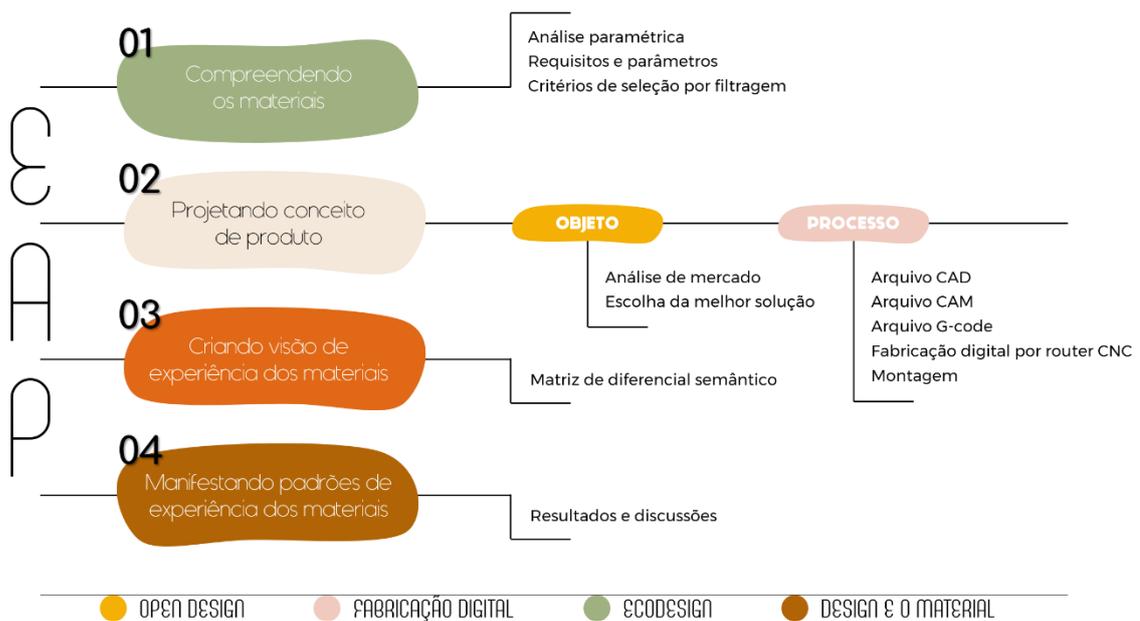


Figura 2 — Estrutura analítica de projeto (EAP). Fonte: da autora (2023).

Já justificadas as escolhas metodológicas, pode-se ver graficamente a aplicação do método MDD com suas etapas adaptadas em função das condições de projeto. Segundo Karana *et al.* (2015), o MDD é uma sugestão de etapas que o designer deve ter liberdade para explorar e buscar novas aplicações de materiais, pois dessa maneira o método trará boas práticas e usos para o design.

Tendo isso em vista e a formulação metodológica para este estudo-projeto, a condução do material ocorreu nas citadas 4 macroetapas para o direcionamento de suas atividades e ferramentas.

2.3.1. Compreendendo os materiais

Nesta 1ª etapa, busca-se compreender e caracterizar os materiais técnica e experiencialmente, para isso, foi desenvolvida uma análise paramétrica de materiais sustentáveis que possibilitasse a coleta de dados de propriedades técnicas, como de informações experienciais a nível interpretativo e performático. Sabendo que os materiais foram selecionados por meio de pesquisa exploratória, significa que não estavam dispostos fisicamente para experiências a nível sensorial e afetivo, como em aprofundamentos a nível interpretativo e performático. Também foram aplicadas as ferramentas de requisitos e parâmetros e critérios de seleção por filtragem para eleger o(s) material(is) adequado(s) para a confecção do produto de open design.

2.3.2. Projetando conceito de produto

Nesta 2ª etapa, propôs-se a escolha e fabricação de um produto de open design para que se pudesse avaliar, adiante, algumas caracterizações experienciais e não experienciais dos materiais quando aplicados em um protótipo de produção utilizável pelos usuários. Esta macroetapa foi dividida em 2 microetapas: objeto e processo. Em objeto foram realizadas a análise de mercado dos produtos de open design e a escolha da melhor solução. Em processo foram configurados o arquivo CAD, o arquivo CAM e o arquivo G-code para a fabricação digital por router CNC e a montagem dos objetos.

2.3.3. Criando visão de experiência dos materiais

Nesta 3ª etapa, desenvolveu-se o processo avaliativo de percepção dos usuários sobre os produtos e seus materiais, explorando e mapeando suas caracterizações. Essas descobertas auxiliariam no conhecimento das qualidades, aplicações, relações e experiências que tais materiais poderiam proporcionar na concepção de um produto de design. Assim, foi composta a ferramenta de matriz de diferencial semântico (MDS) e sua aplicação, sendo apresentados alguns dos dados coletados.

2.3.4. Manifestando padrões de experiência dos materiais

Nesta 4ª e última etapa, sintetiza-se os resultados obtidos e refletidos sobre as interações entre os usuários e os produtos. Uma amálgama de significados e interpretações que ajudariam a identificar padrões e a ter outras percepções ao lidar com determinados materiais. Então, foi realizada uma análise comparativa para caracterizações experienciais e não experienciais dos materiais no capítulo de resultados e discussões.

Open design 3.1.
Fabricação digital 3.2.
Ecodesign 3.3.
Design e o material 3.4.

3. BASES CONCEITUAIS

3. BASES CONCEITUAIS

O presente trabalho está apoiado em 4 pilares conceituais que são as bases de toda a fundamentação teórica. O open design, a fabricação digital, o ecodesign e o design e o material são abordagens essenciais e que se interseccionam suscitando a conscientização e intencionalidade do design.

Compreender o open design dentro das vertentes do design, seu processo de fabricação digital e a relação que esses processos, criativo e produtivo, podem ter com a sustentabilidade e as experiências com os materiais é substancial neste desenvolvimento.

3.1. Open Design

A conceituação do Open Design (ou Design Aberto) dificilmente pode ser compreendida fora do contexto em que foi desenvolvida, isto é, dentro do Movimento Open Source. O termo **open source** (código aberto, em tradução do inglês) refere-se a abertura de código-fonte de um software. Em pormenores, smartphones e computadores possuem essencialmente hardware e software. O hardware é conhecido como a parte física, ou seja, os componentes que compõem a máquina, como a Unidade Central de Processamento (*Central Processing Unit* - CPU), placa-mãe, memória RAM, entre outros. Enquanto o software seria a parte racional da máquina, pois é o conjunto de comandos e instruções lógicas enviado ao hardware que permitem o funcionamento do computador, como sistemas operacionais, aplicativos de trabalho/escritório, jogos etc. Já o código-fonte é o conjunto de instruções e arquivos textuais em linguagem de programação — no geral, por símbolos e letras da língua inglesa e elementos matemáticos — desenvolvido para dizer ao software como operar, melhor dizendo, é como se originam os programas de computador (MORAES, 2021; KOVACS, 2021).

Sabendo disso, o pesquisador Richard Stallman do Laboratório de Inteligência Artificial do Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT AI Lab) criou o projeto GNU

em 1984 (hoje, GNU *General Public License* - GPL). Esse projeto veio à luz a partir de um dilema moral de Stallman que pensava não ter sentido não poder compartilhar conhecimento ou ajudar seus pares, algo tão comum alguns anos antes, simplesmente pela ideia estabelecida de software proprietário — softwares com direitos restritos para compartilhamento ou alterações. O projeto consistia no desenvolvimento de um software livre, libertando a comunidade da ciência da computação das amarras da dominante indústria de computadores (DiBONA; OCKMAN; STONE, 1999; STALLMAN, 1999).

A princípio, software livre representava o caráter libertário do projeto GNU GPL, porém, a palavra *free* (de *software free*, em inglês) poderia significar *liberdade* ou *grátis*, destacando erroneamente que o software não seria pago, e deixando de enfatizar sua pretensão de disseminação de conhecimento. Por essa razão, em 1997, Eric Raymond, um dos líderes da comunidade de software livre, propôs o nome *open source* como parte de uma campanha de marketing para atrair e dar maior compreensão ao público usuário e mercadológico (DiBONA; OCKMAN; STONE, 1999).

A abertura de código-fonte de um software para compartilhamento de informações foi o marco de um movimento tecnopolítico e, como todo grande movimento, desenvolveu vertentes, algumas delas dentro do âmbito tecnológico e outras nas mais diversas áreas do conhecimento. O *open design*, por exemplo, é um braço advindo desse movimento na área de Design, Arquitetura e Artes como concordam Lima e Rocha (2020).

O **open design** pode ser tão simples ao mesmo tempo que complexo. O termo *open + design* pode ser compreendido de forma intuitiva como alguns autores o apresentam, mas seus aspectos e abordagens o tornam complexo em conceito e ambíguo. Para Neves e Rossi (2011), o conceito de *open design* é de difícil definição e ainda estaria em construção paulatina por profissionais e entusiastas da área, porém, com algum esforço e balizas em acadêmicos e estudiosos do tema faz-se procedentes alguns desdobramentos.

Com o advento da internet na década de 1990, o movimento open source e as mudanças na forma como nos comunicamos e interagimos com as mídias sociais foram fatores catalisadores do open design. Para Lima e Rocha (2020), o surgimento e a popularização dos meios digitais, assim como a difusão e maior acessibilidade a máquinas e equipamentos de fabricação digital, horizontalizaram e encurtaram a cadeia processual que tem início no designer seguindo em direção ao seu usuário final.

No Manifesto do Open Design (*Open Design Manifest*), o designer Kadushin (2010) enxerga o movimento como uma “revolução no desenvolvimento, produção e distribuição de produtos”, e que essa conjuntura foi concebível “devido à natureza disruptiva da internet e ao fácil acesso às máquinas CNC”. Para ele, o open design é uma atualização do design industrial para a contemporaneidade conectada e informada na qual vivemos.

Segundo Avital (2011, p. 58), o open design é um “design acessível na forma de projetos que são abertos publicamente para visualização, modificação e uso sob termos de acesso aberto”, melhor dizendo, um *design para baixar*. Neves e Rossi (2011) sintetizam o termo ao entenderem o *design + open* como um projeto aberto que busca um processo de design mais colaborativo, inteligente, equitativo e acessível. E refletem ao acrescentar que o open design “é adotar o sentido de cocriação ao invés de originalidade porque se acredita que as ideias pertencem ao mundo e que somente podemos dividir seus créditos” (p. 4). A democratização do acesso à informação relaciona todos os conceitos, dado que Lima e Rocha (2020, p. 6) definem o open design como “uma estratégia de trabalho que está intimamente relacionada aos processos criativos colaborativos e compartilhados impulsionados pelo digital”.

O open design pode ser compreendido quanto a um conjunto de relações entre colaboradores e desses últimos com os artefatos e fluxos de interação implicados nos processos, a isso, Cabeza, Rossi e Moura (2015) nomeiam **ecossistema open design**. Eles o definem como “uma comunidade de indivíduos, no ambiente das tecnologias [...], que interagem mutuamente, para produzir, mesclar, copiar e modificar artefatos, sistemas, serviços, hardware e software, por meio de um fluxo de informação

e conhecimento" (p. 9). Assim, o conteúdo livre e sem restrições legais é o que faz o conhecimento aberto (OPEN KNOWLEDGE BRASIL, 2023).

Esses consensos ressaltam características inerentes do open design como processo projetual criativo e processo produtivo digital. Pode-se dizer que o processo projetual criativo está ancorado na acessibilidade de conhecimento e cocriação, mantendo estreita relação entre o designer e o usuário. Hummels (2011, p. 165) acredita no open design como um modelo educacional equitativo ao dizer que ele "é baseado em uma relação libertária entre designers e usuários potenciais, e não em uma relação racional em que o designer é visto como superior". E, quando falamos de seu processo produtivo colocamos seus pilares na adaptabilidade, compartilhamento e distribuição. Poder copiar, alterar ou modificar um projeto antes de produzi-lo é libertário, frequentemente acontece de se achar o produto ideal para o seu ambiente, mas se ele fosse um pouco menor ou maior e tivesse um acessório ou suporte para aquele seu objeto seria perfeito, e é justamente dessa adaptabilidade e praticidade do *design para download* que destacam Klaassen e Troxler (2011). Para Avital (2011), o design aberto tem sua proposta de valor na fabricação distribuída, pois é atuante sobre e com os consumidores e sua capacidade de abertura se relaciona ao uso.

Dessa forma, quando se fala de design aberto, nos remetemos ao seu aspecto mais inerente que é a abertura. Sem ela, não existiriam suas características libertárias e colaborativas. Os meios digitais são as plataformas comuns de compartilhamento dessas informações, seja por profissionais da área, entusiastas e até mesmo curiosos. Os meios mais formais de conhecimento, como este trabalho por exemplo, não são tão acessíveis para aquele último e maior público. Assim, além de ser essencial o entendimento do open design pela perspectiva de estudiosos do assunto, faz-se necessária a compreensão do termo pelas **plataformas virtuais**, as quais esses consumidores-fabricantes e interessados no tema têm livre acesso.

As plataformas e sites que disponibilizam produtos de open design, no geral, não falam ou o descrevem, mas contextualizam sobre o fazer e o compartilhar criativo dentro da ideia de se estar inserido em uma comunidade maior com interesses em comum. Muitos desses espaços virtuais não entregam somente um produto, mas

incentivam e encorajam o aprendizado e a partilha, independentemente de você ser um profissional, um entusiasta ou um curioso de passagem. 3axis, AtFAB, Autodesk Instructables, DXF Downloads, Etsy, GrabCAD, Inventables, Mono Design, Obrary, Opendesk, PEV Labs, SketchChair, Sketchfab, Thingiverse e Vectors File são algumas dessas plataformas e comunidades. Elas focam na parte do fabricar do produto, apresentando um leque extenso de artefatos, enfatizando elementos dessa etapa como a documentação compartilhável sob uma licença de conteúdo aberto e/ou o local e formas de esse produto ser desenvolvido por fabricação digital.

Adicionando que algumas dessas plataformas também oferecem produtos pagos. Talvez, isso possa soar como: “mas não é tudo gratuito?”, então é válido lembrar que o *free* não significa *grátis* e sim *livre*, como “liberdade de expressão”, decorrente de uma preocupação dos líderes da comunidade de software livre com a visibilidade “anti-negócios” que o termo poderia passar (DiBONA; OCKMAN; STONE, 1999).

A aceitação do modelo “open” como uma forma de **economia alternati-va** foi pouco compreendida em seus primórdios, na década de 1990. Para Vallance, Kiani e Nayfeh (2021, p. 35), o open design realmente poderia ser entendido como domínio público, pois “parece se opor à manutenção da propriedade intelectual ou segredos comerciais, mas as licenças de design aberto foram projetadas para permitir que subsistemas ‘proprietários’ e ‘livres’ sejam integrados harmoniosamente”. Logo, entende-se que as licenças de produtos abertos podem ser comerciais ou não, como podem ter outras limitações de uso.

Lima e Rocha (2020) afirmam que se não há cobrança financeira sobre os projetos, a camada de valor é a troca de conhecimentos ou o movimento tecnopolítico — open source — como um fator motivacional. Porém, também entendem que as concepções contemporâneas de trabalho se caracterizam pela flexibilidade e abertura econômica. Nesse nível de abertura apresentado por eles, analisam que a colaboração social produtiva traz o real desenvolvimento das necessidades que o produto busca solucionar, tendo mais valor agregado que o produto em si, ou seja, eles veem que a produção imaterial é mais relevante nesta era de dados e informações.

Destrinchar o conceito de **abertura** (*openness*) seria tão extenso quanto embaraçado neste momento, pois há abertura na filosofia política, nas artes, design e arquitetura, nas ciências, na web, nas tecnologias etc. Cabeza (2014) concorda que essa dificuldade de definição se deve ao seu "caráter polissêmico" e temporal, pois o conceito sofreu mudanças pelas ações do tempo até chegar aos nossos comportamentos como sociedade e indivíduo, influenciando a inovação e o desenvolvimento tecnológico atuais.

Aplicando uma pesquisa do termo abertura em base de dados, Freire, Monteiro e Ferreira (2018) encontraram mais de 200 resultados, os quais conseguiu desenvolver 4 princípios: transparência (a todos os documentos do processo projetual sem restrições), acessibilidade (quanto a alterações ou modificações e aos formatos e arquivos da documentação), replicabilidade (do artefato disponibilizado, podendo produzi-lo) e modularidade (do projeto ao poder seccioná-lo em módulos específicos, o que facilitaria suas modificações, reproduções e outras aplicações em pontos focais). Enquanto isso, Thackara (2011, p. 44) foi categórico ao dizer que "a abertura, em suma, é mais do que uma questão comercial e cultural. É uma questão de sobrevivência". Para ele, a forma como lidamos com os nossos recursos, como se fossem infinitos, necessita de processo criativos colaborativos. Tooze *et al.* (2014) corrobora ao falar da colaboração inata a nós como uma forte característica sociocultural da humanidade.

A forma de pensar o design para o designer produzir design não é tão nova, e isso se deve ao nosso desenvolvimento tecnológico e a nossa forma de viver em meio a globalização e imposição da rapidez e agilidade, assim, o **metadesign** surge com o pensar do design sobre seus métodos e ferramentas para a solução dos problemas cada vez mais complexos vindos da pós-modernidade e a reflexão profunda sobre os artefatos que produzimos (CARVALHO; MONTE; SILVEIRA, 2017). De Mul (2011) acredita que o open design nos impulsiona a redesenhar a tarefa do designer e criar novos caminhos. De uma forma simplista, entende o designer como um metadesigner que na cocriação de um design acessível dá o lugar de codesigner ao seu usuário.

Para Avital (2011), com o open design, o design volta a sua “razão de ser” ao se voltar inteiramente aos seus consumidores, agora fabricantes também. Ele acredita ser benéfico a compactação da cadeia tradicional de produção industrial. Antes, a relação com o produto como meio era verticalizada pelo esquema *designer-fabricante-distribuidor-consumidor*, enquanto agora ela se dá pela relação horizontal e direta entre *designer-consumidor final/usuário* (AVITAL, 2011; LIMA; ROCHA, 2020).

O modelo de open design modifica os conceitos tradicionais de **produção** fabril ao se desvincular da produção seriada, apresentando os conceitos do movimento *maker* — como *faça você mesmo (Do It Yourself - DiY)* e *faça com os outros (Do It With Others - DiWO)* — e de produção local (*local production*), e ainda, levando os maquinários de galpões industriais a laboratórios de fabricação digital em qualquer parte do mundo (NEVES; ROSSI, 2011). Essa descentralização e quebra de poder dos meios de produção é uma das 3 características marcantes da cultura aberta, juntamente com a liberdade de compartilhamento e o colaborativismo.

Assim como o open design democratiza as práticas projetuais, a manufatura digital democratiza a mentalidade produtiva por meio de processos cognitivos práticos e imateriais e processos produtivos horizontais e em espaços compartilhados. Neves e Rossi (2011) explicam que esse viés colaborativo, que já é característico do campo do design, contribui para o processo criativo projetual, visto que há pessoas de diferentes lugares do mundo com diferentes realidades e perspectivas que fornecem diferentes contribuições para uma mesma prática.

Em meio a tantos entendimentos sobre práticas projetuais e produtivas, é natural surgir o questionamento: “e **como o open design projeta?**”. De acordo com Avital (2011), a complexidade do open design pode ser dividida em 4 camadas principais: prática, objeto, processo e infraestrutura (figura 3). O fluxo dessas camadas interdependentes começa pela prática, que se refere às práticas e processo de design abrangendo o conceito da cultura do open design. A camada objeto refere-se as configurações projetuais e documentação alteráveis do produto compartilhável, sob licença de conteúdo aberto, em repositórios virtuais. A camada processo refere-se à fabricação dos produtos por meio de maquinários de controle numérico

computadorizado (CNC). Por fim, a camada infraestrutura, que se subdivide em 4 diretrizes, refere-se às bases normativas e técnicas das práticas de design ao abranger “o sistema jurídico relacionado, a estrutura de mercado e a arquitetura técnica” (AVITAL, 2011, p. 53).

CAMADAS DO OPEN DESIGN

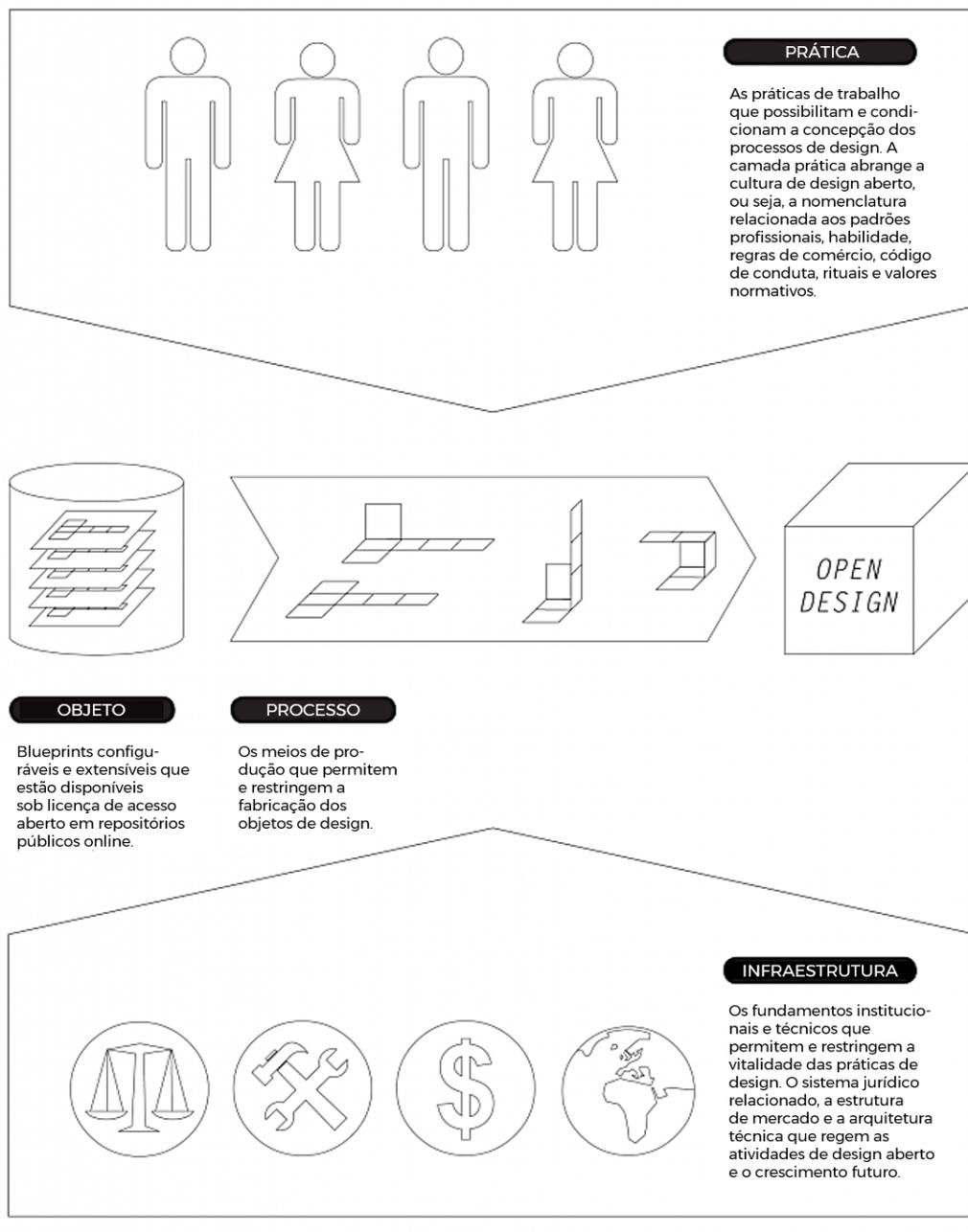


Figura 3 — Camadas do open design. Fonte: Avital (2011, tradução da autora).

Em seu manifesto, Kadushin (2010) aponta 2 dessas camadas como pré-condições para que o artefato de open design seja projetado: documentação completa, com informações necessárias, feita em programa de desenho assistido por computador (CAD) e sob licença de conteúdo aberto — cita a licença Creative Commons — e o produto deve estar apto a ser produzido por máquinas CNC sem a necessidade de outras ferramentas.

3.2. Fabricação digital

A abertura e flexibilidade que vem com o open design deve-se ao fortalecimento do setor terciário com a prestação de serviços e o comércio de modo digital que se sobrepõe ao modelo industrial tradicional (LIMA; ROCHA, 2020). O uso de meios digitais para atender as nossas necessidades do mundo físico está sendo chamado de “A Nova Revolução Industrial”, ou simplesmente “A Revolução Digital”. Estabelecido o fácil acesso a computadores e smartphones, qualquer pessoa com uma boa ideia ou buscando um site para fabricar seu produto, pode fazê-lo. Isso se deve a proliferação de *fablabs*, *makerspaces*, *hackerspaces* e *techshops* em todo o mundo.

Para Neves e Rossi (2011), um dos principais aliados do open design é a fabricação digital. Assim, chamam de **customização em massa** o processo de produção local em referência ao termo “fabricação em massa” dado às produções fabris. O atual modelo econômico e o maior interesse da população pelo que consomem estimulou a participação dos consumidores por saberem os processos de seu produto, assim como modificá-los ou adaptá-los, aprendendo ao longo dessa prática (LIMA; ROCHA, 2020).

O anseio de tornar real algo que vem do mundo virtual pode soar encantador, assim como instigante ao ver que as elaborações e compartilhamentos se transformam e impactam no mundo físico. O movimento *maker* é amplo, mas por base une o artesanal ao tecnológico, sendo necessárias ferramentas digitais para trazer os projetos em tela para a mesa. Esta geração nascente na era digital, ou introduzida nela, acostumou-se a partilhar tudo por redes sociais, o que aumenta significativamente a

escala do movimento, considerando que você precisa ser visto para ser compartilhado e precisa compartilhar para ser visto. Todas as redes e movimentos vivem desse círculo virtuoso e transformador (ANDERSON, 2012).

Um indivíduo, hoje, tem capacidade de produzir local e globalmente. O desenvolvimento de ferramentas de produção foi tão expansivo que, em alguns casos, quase não há distinção entre um trabalho de amador e de um empresário. Dependendo do maquinário, um amador pode se converter em uma fábrica com alguns cliques. Atkinson (2011) complementa ao lembrar o esforço de manutenção da distinção entre o amador e o profissional, com o avanço das práticas DiY, pelos órgãos e institucionais no intuito de resguardar seus meios de subsistência.

Dentro dos espaços do fazer *maker*, há os conhecidos **Laboratórios de Fabricação Digital** (*Fabrication Laboratory* - FabLab). Eles surgiram de um projeto bem-sucedido do professor de artes e ciências da mídia e diretor do Centro de Bits e Átomos (*Center for Bits and Atoms* - CBA) do MIT Neil Gershenfeld e da Fundação Nacional da Ciência (*National Science Foundation* - NSF). Eles criaram o CBA em 2001, mas só em 2003 com Mel King puderam criar o laboratório *South End Technology Center* (SETC). Essa iniciativa consistia em um projeto de extensão que levou acessibilidade tecnológica às comunidades de Boston (capital de Massachusetts, EUA). Pouco tempo depois, foi pedido que o projeto do laboratório pudesse ser replicado em Gana, logo na África do Sul, Noruega, Índia, cada vez mais pedidos, atingindo uma escala global. E assim nasceu a rede FabLab (WINN, 2023).

Os espaços criativos, em geral, possuem equipamentos de prototipagem rápida, como fresadoras controladas por computador, gravadoras e cortadoras a laser e impressoras 3D, facilitando sua instalação em qualquer lugar do mundo. Também há outros equipamentos como máquinas de corte de vinil, digitalizadores ou scanners 3D etc. Os **maquinários** podem ter diferentes tamanhos, o que afeta a escala do produto ou protótipo, e serem próprios para diferentes materiais (figura 4). Esses equipamentos podem ser adquiridos, e também podem ser produzidos por meio de compartilhamentos de *open source hardware* (ou hardware aberto ou hardware livre). Um exemplo disso é a RepRap, uma impressora 3D *open source* que é autorreplicante,

ou seja, parte de seus itens construtivos podem ser impressos por outra impressora 3D. Ela é utilizada em muitas FabLabs mundo afora pelo seu baixo custo.



Figura 4 — Máquinas de fabricação digital presentes nas FabLabs pelo mundo. Fonte: adaptado de Fablabs.io (2023a; 2023b; 2023c; 2023d; 2023e; 2023f); LabMec (2023).

Aparte das impressoras 3D, outra máquina indispensável em um espaço criativo é a fresadora router CNC. A primeira fresadora CNC foi construída em 1952, no MIT, desde então, não parou mais de se desenvolver. Atualmente, existem vários tipos e usos de **máquinas CNC** que se diferenciam por características como:

- **Tipos:** *Mill CNC Machine* (máquina CNC do moinho, em tradução aproximada do inglês), *Lathe CNC Machine* (torno CNC, em tradução aproximada do inglês), *Drilling CNC Machine* (máquina CNC de perfuração, em tradução aproximada do inglês), *Grinding CNC Machine* (máquina CNC de moagem, em tradução aproximada do inglês), *Laser Cutting CNC Machine* (máquina CNC de corte a laser, em tradução aproximada do inglês), *Plasma Cutting*

CNC Machine (máquina CNC de corte a plasma, em tradução aproximada do inglês), *Waterjet Cutting CNC Machine* (máquina CNC de corte a jato de água, em tradução aproximada do inglês), *Electric Discharge Machine* (máquina de descarga elétrica - EDM, em tradução aproximada do inglês), *CNC Router Machine* (máquina roteadora CNC, em tradução aproximada do inglês) e *Multi-Axis CNC Machine* (máquina CNC multi-eixos, em tradução aproximada do inglês);

- **Uso e trabalhabilidade de materiais:** madeira, derivados da madeira — como MDF, MDP, OSB e outros —, metal — como alumínio, bronze, cobre, aço inox e outros —, plásticos — como PVC, PS, XPS, acrílico e outros —, couro PU etc.;
- **Sistema de processamento automatizado:** influencia na agilidade e precisão de fabricação de peças;
- **Número de eixos de coordenadas:** 2 eixos, 3 eixos, 4 eixos, 5 eixos, 6 eixos, 7 eixos, 9 eixos e 12 eixos;
- **Sistemas de controle:** controle de posicionamento ponto a ponto (do inglês, *Point-to-Point Positioning Control* - PTP), controle de posicionamento de corte reto ou linear (do inglês, *Straight Cut Positioning Control*) e o controle de caminho de contorno (do inglês, *Contouring Path CNC System*).

Em comum, as máquinas CNC, como seu nome sugere, são controladas numericamente por computador, ou seja, o computador acoplado à máquina envia comandos, em linguagem numérica, aos seus elementos de funcionamento para que possam operar automaticamente sob ordens previamente definidas.

Sobre a **fresadora router CNC**, comumente encontrada em espaços de fabricação digital e marcenarias/ fábricas de móveis planejados, ela possui 3 eixos e apresenta alguns elementos básicos de funcionamento (figura 5). Pode ser usada para produzir molduras, entalhes, esculturas, móveis, decorações para interiores e exteriores, sinalização, instrumentos musicais, barcos e muitos outros artefatos.



Figura 5 — Elementos básicos de uma fresadora router CNC. Fonte: adaptado de Jaraguá CNC (2023).

Essas máquinas podem ter tamanhos variados, o que influencia em como estão dispostos os seus elementos. Neste caso da figura 5, o tamanho da cama — que seria a **área útil de trabalho** — é de 2800 x 1850 mm para comportar as chapas padrão de derivados da madeira que medem 2750 x 1830 mm. Algumas máquinas, por exemplo, trabalham com a área útil de $\frac{1}{4}$ (um quarto) de chapa de MDF, isso limita o tamanho da peça final ou necessita que o corte seja dividido em partes menores.

O espaço da área útil de trabalho é composto, basicamente, por 4 níveis no momento de corte: (1) O nível base da mesa de trabalho possui os setores do sistema de fixação — também chamado de sistema de vácuo —, esse sistema dá mais segurança e precisão ao corte ao fixar as peças na mesa, por sucção, impedindo que o material se movimente durante o processo; (2) Sobre a mesa base terá a mesa de vácuo, ela é uma chapa de MDF cru (de 6 mm ou 15 mm) colada e parafusada, sendo recomendável a colocação de fita de borda nos 4 lados e a selagem com cola PU (poliuretano de alta performance), pois isso forçaria a sucção através do MDF, não havendo perda de ar pelas laterais; (3) Sobre essa mesa de vácuo terá a mesa de limpeza — também conhecida como mesa ou chapa de sacrifício —, ela é uma outra chapa de MDF cru (de 6 mm ou 15 mm) colada, selada ou apoiada para que a mesa de vácuo fique perfeitamente assentada e uniforme, evitando problemas de cortes em espessura e danos na mesa de vácuo; (4) Sobre a mesa de sacrifício já pode ser colocado o material de trabalho para a usinagem desejada (figura 6).



Figura 6 — Camadas da área de trabalho de uma fresadora router CNC. Fonte: adaptado de Medeiros (2023).

O **motor Spindle** (ou tupaia em alguns casos), lembra a ferramenta de corte manual tupaia. Porém, o spindle é um fuso que gira a fresa para o corte de precisão nos 3 eixos. Algumas máquinas criadas de forma *maker*, em fablabs por exemplo, utilizam-se de uma tupaia adaptada como motor. A figura 7 mostra a diferença entre uma máquina com o motor spindle e outra com uma tupaia manual adaptada ao lado do mesmo modelo de tupaia manual profissional.



Figura 7 — Diferença entre um motor spindle e tupaia manual adaptada de uma fresadora router CNC. Fonte: adaptado de Bonathan (2017); Thenório (2019).

Próximo ao motor spindle, junto da fresa, há um tubo **aspirador embutido** ou acoplado para sugar o pó residual do corte, porém, algumas máquinas não o possuem, tendo que usar um aspirador de pó comum enquanto a máquina corta para que os resíduos do material não atrapalhem o corte da fresa. Ao comparar a figura 7 e a figura 8, pode-se ver a diferença entre uma máquina com e sem aspirador, pois é visível o encaixe do tubo aspirador, que comumente possui um acessório escova/ vassoura com franjas para a varredura.



Figura 8 — Aspirador embutido de uma fresadora router CNC. Fonte: adaptado de Rhino Máquinas (2022).

Para aguentar todo o peso de trabalho, a estrutura da máquina é regularmente construída em aço. Junto de toda essa estrutura há o comando operacional, que seria um pequeno computador/ **monitor de controle** acoplado à máquina ou ligado a ela por cabos (figura 9). A partir desse equipamento podem ser feitas as configurações de usinagem e envio de comandos a serem executados.

A router CNC precisa dos arquivos de corte em formato G-code para sua leitura. O código G é uma linguagem de automatização de máquina universal que indica os movimentos nos eixos X, Y e Z, assim como o caminho a ser percorrido, sua velocidade e outras configurações. O processo de conversão do arquivo CAD, no formato DXF, para o G-Code é feito através de softwares adequados fora do comando operacional da máquina, chegando até ele por um dispositivo de armazenamento de dados — como o pen drive, por exemplo.

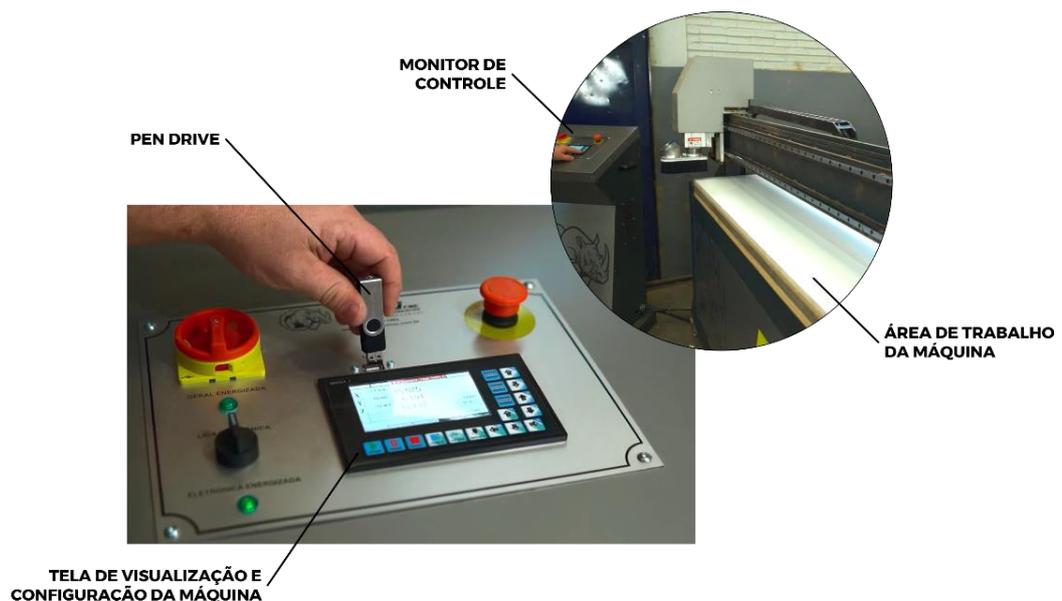


Figura 9 — Monitor de controle de uma fresadora router CNC. Fonte: adaptado de Rhino Máquinas (2022).

A **ferramenta de corte** utilizada é a fresa. Costuma-se confundi-la com a broca, mas a diferença é simples: a broca somente faz furações, ou seja, em sentido vertical, por isso quando se tenta usar a furadeira para os lados ela não vai nesse sentido; enquanto a fresa possui lâminas que permitem o corte em sentido lateral (ou horizontal) também (figura 10).



Figura 10 — Diferença entre broca e fresa. Fonte: adaptado de Brasília Fab Lab (2017); Oliveira e Swoboda (2023); Garcia (2022).

Tendo em vista a versatilidade de usos e usinagens de uma router CNC, entende-se que isso se dá por meio de diferentes tipos de fresas, assim como de tipos de operações de corte, que permitem acabamentos singulares. Em geral, são 4 os **tipos de fresas**: as de topo reto, usadas para contornos 2D, como nos cortes de peças de móveis, seus rasgos e furações, por exemplo — que desbastam toda a espessura da chapa —; as de ponta esférica (ou redonda), usadas para modelos 3D, como esculpir peças, por exemplo; e as de ponta em V (ou V-cut), usadas para chanfros e gravações, como entalhes de placas ou formas baseadas em imagens, por exemplo; por fim, as de ponta especial, são aquelas que não se enquadram nas anteriores ou até atendem a mais de uma ao mesmo tempo, sendo usadas para acabamentos de bordas, detalhes específicos ou rasgos de encaixes (figura 11).

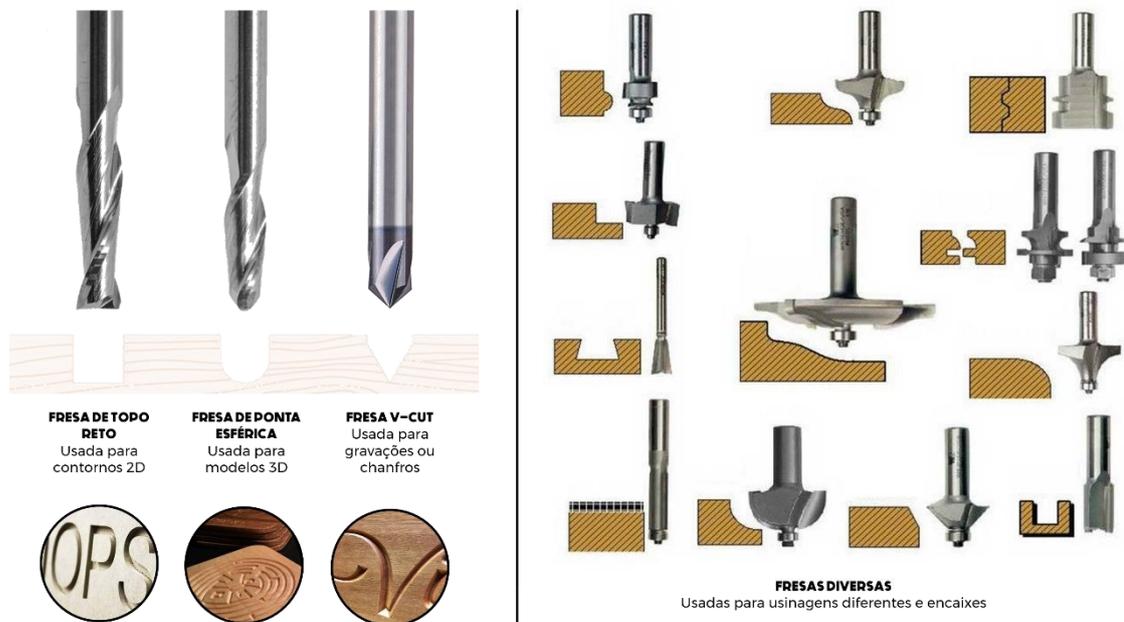


Figura 11 — Tipos de fresas. Fonte: adaptado de Bantam Tools (2023a; 2023b); SpeTool (2023); Brasília Fab Lab (2017); How... (2022); Duggal (2022).

As fresas variam em comprimento e diâmetro (ou espessura), isso interfere no tipo e espessura do material, no tempo de usinagem e no desgaste da ferramenta. Por exemplo, uma fresa de topo reto fina desbasta menos o material, exigindo mais de um passo, melhor dizendo, ela teria que passar mais de uma vez no mesmo local para desbastar toda a espessura da chapa; enquanto isso, uma fresa de topo reto mais espessa (com 6 mm) consegue desbastar a profundidade de 15 mm de chapa com somente um passo e em boa velocidade de trabalho.

Para fresadoras CNC que operam em 3 eixos, há 4 **tipos de operações de corte**: *profile* (corte, em tradução do inglês) é o corte padrão que desbasta toda espessura da chapa no contorno da forma para usinar as peças desenhadas, podendo ter sua configuração de corte por dentro da linha de contorno ou por fora dela — o que é mais usual para ter as medidas exatas do desenho —; *engrave* (gravação, em tradução do inglês) é o desbaste de uma pequena camada sobre a linha de contorno, como uma gravação — nem por fora, nem por dentro do desenho definido —; *pocket* ou *fill* (preenchimento, em tradução do inglês) é o desbaste de uma parte forma em profundidade, podendo ser por dentro da linha de contorno ou por fora dela também, desde que não recorte toda a espessura do material; e *3D profile* (corte 3D, em tradução

do inglês) é o corte em 3 dimensões, apesar de todos os cortes serem feitos a partir dos 3 eixos, esse teria formas mais orgânicas e complexas, com inclinações e movimentações constantes nos 3 eixos ao mesmo tempo (BRASÍLIA FAB LAB, 2017; WORLEY, 2017) (figura 12).



Figura 12 — Tipos de operações de corte. Fonte: adaptado de Tipos... (2021); Oak Lines (2021); Dickinson (2021); Worley (2017); Brasília Fab Lab (2017).

Entendendo o funcionamento básico de uma router CNC, é mais simples de compreender os 3 passos do **processo de arquivos em uma fabricação digital**. Primeiramente, o arquivo configurável deve estar ou ser produzido em CAD, onde o desenho 2D ou 3D pode ser editado; o mesmo arquivo, editado ou não, pode ser aberto em um software de leitura CAM para configurações de cortes e percursos do objeto a ser produzido, e ao final, ele é salvo em conversão para leitura G-code; então, o arquivo G-code pode ser transferido para a máquina CNC por meio de um pen drive, por exemplo, para a impressão das camadas configuradas pela máquina (figura 13).

PROCESSO DE ARQUIVOS PARA FABRICAÇÃO POR FRESADORA ROUTER CNC

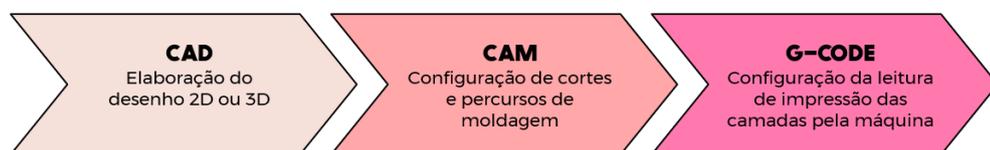


Figura 13 — Esquema de arquivos para fabricação por fresadora router CNC. Fonte: adaptado de Brasília Fab Lab (2017).

A fresadora router CNC pode usinar diversos tipos de materiais, porém, os **materiais mais convencionais** para a confecção de móveis são os derivados da madeira. A madeira é um dos materiais de fácil disponibilidade na natureza, por esse

motivo é utilizada para construções estruturais e de artefatos desde a existência humana. Suas propriedades como resistência, aplicabilidade e trabalhabilidade replicaram seu uso até os dias atuais. No entanto, diante do aumento populacional exponencial e modo de produção pautado pelo consumismo, as árvores existentes não seriam suficientes para atender a nossa demanda. Dessa forma, foram necessárias alternativas de materiais derivados da madeira — para que pudesse ter propriedades físico-mecânicas semelhantes —, em forma de painéis ou chapas, tornando seus usos mais práticos, padronizados e em larga escala.

O compensado iniciou a produção industrial de painéis de madeira em 1913, seguido do aglomerado na Alemanha da década de 1940, ambos se expandiram até chegarmos nas opções existentes hoje. O MDF começou a ser fabricado na década de 1960, nos EUA, e desenvolvido na Alemanha da década de 1970, porém, sua chegada ao Brasil foi somente na década de 1990, tendo a empresa Duratex como a pioneira na fabricação do MDF em 1997 (RODRIGO, 2022).

Os painéis derivados da madeira presentes na indústria moveleira podem ser classificados em 6 opções: placa de fibra de média densidade (do inglês, *Medium Density Fiberboard* - MDF); placa de partículas de média densidade (do inglês, *Medium Density Particleboard* - MDP); placa de fibra de alta densidade (do inglês, *High Density Fiberboard* - HDF); painel de tiras de madeira orientadas (do inglês, *Oriented Strand Board* - OSB); compensados e aglomerados (CARLETTO, 2018; SOUSA; BARATA, 2020) (figura 14).

- **MDF** é uma chapa feita de fibra de madeira, o que lhe confere boas características técnicas, próximas as da madeira maciça, e boa estabilidade dimensional, dando-lhe grande capacidade de usinagem com qualidade de acabamento e versatilidade de aplicação;
- **MDP** é uma chapa de partículas de madeira composta por 3 camadas — as camadas das extremidades são mais finas e compostas por partículas mais finas, enquanto o miolo central é a camada mais espessa, sendo composta por partículas maiores — que a torna mais resistente à parafusagem e ao empenamento;

- **HDF** é uma chapa de fibras de alta densidade, então seria igual ao MDF com a diferença de que lhe foi aplicada maior pressão em alta temperatura, deixando-a mais fina — ela possui até 6 mm —, mais resistente e mais estável ao suportar pesos maiores e vencer vãos mais largos;
- **OSB** é uma chapa de lascas de madeira orientadas na mesma direção, o que lhe confere boa resistência a impactos e ao fogo, além de bom isolamento termoacústico e baixo custo em comparação as descritas anteriormente;
- **Compensados** possuem boa trabalhabilidade na criação de superfícies curvas, também podem ser altamente resistentes à umidade. Tipificados como laminado, sarrafeado e multissarrafeado, respectivamente: a chapa laminada é composta de lâminas finas de madeira em direções cruzadas; a chapa sarrafeada é composta por lâminas nas extremidades com seu miolo formado por sarrafos alinhados lado a lado; e a chapa multissarrafeada é composta por lâminas finas prensadas e coladas na vertical, e também tem lâminas nas extremidades;
- **Agglomerados** são chapas compostas de resíduos de madeira como serragem e pó, eles são considerados de baixa qualidade para a confecção de móveis por não ser recomendado o uso de pregos e parafusos — pela possibilidade de rachaduras —, então são utilizados com o uso de cavilhas e colas.



Figura 14 — Painéis derivados da madeira. Fonte: adaptado de Cesar (2022); Berneck (2023); Madesul (2023); Madezan Madeiras (2023); Atacadão da madeira (2023); Guia do marceneiro (2023); Banema (2023).

A router CNC, além de ser bem utilizada em espaços *makers*, costuma ser adquirida por pequenos e médios produtores locais, um exemplo são as pequenas marcenarias e até médias empresas de móveis planejados. As iniciativas de oficinas e laboratórios criativos também trazem um novo modo de produção com eficiência e voltado para a comunidade. De acordo com Neves e Rossi (2011), o acesso digital permite trocas em escala global, beneficiando designers, usuários e produtores locais com uma produção economicamente viável, descentralizando o poder de grandes empresas do ramo. O open design dentro de um sistema produtivo alternativo pode ser lido como uma economia sustentável pelo seu caráter aberto, local e conectado. Essa economia poderia e deveria ser sustentável não somente no sentido financeiro e processual, mas ao se responsabilizar pelas matérias-primas e seus usos projetuais.

Nesse sentido, sabe-se que o principal ligante dos painéis derivados da madeira apresentados são as resinas (ou adesivos), que contribuem para a homogeneidade e resistência conferidas a eles. Todavia, são justamente as resinas que retiram os títulos de “material sustentável” e “ecologicamente correto” erroneamente dados as essas chapas. Isso acontece porque são tradicionalmente utilizadas **resinas sintéticas à base de formaldeído**, representando um fator problemático na produção comercial mundial em termos de saúde, ainda que as placas tenham a extração de madeira reflorestada e legalizada.

Estudos indicam que a emissão de formaldeído — também conhecido como formol — durante o manejo de produção dos painéis pode ser prejudicial aos trabalhadores. O formaldeído é um gás incolor e reconhecidamente cancerígeno para humanos, sendo classificado como Grupo 1 de acordo com a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), ou seja, quando há evidências de sua associação ao desenvolvimento de câncer de nasofaringe e leucemia (INSTITUTO NACIONAL DE CâNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA, 2021; COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2017).

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Formol e Derivados (2023), a utilização do formaldeído para resinas para a produção de painéis de madeira é responsável por 65% do formol produzido no Brasil. Dentro dessa produção à base de

formaldeído, há as resinas de ureia-formaldeído (UF), fenol-formaldeído (FF), melamina-formaldeído (MF) e resorcinol-formaldeído (RF) que se diferenciam em qualidade e preço. A demanda influencia nesse último aspecto, quando se sabe que pelo menos 70% dos derivados da madeira consomem colas e que, aproximadamente, 90% da produção mundial de chapas utiliza-se da resina UF (CARNEIRO *et al.*, 2001).

Vários países criaram regras e normativas relacionadas a limitação de emissão de formaldeído em seus produtos para a comercialização. No Brasil, o teor de formaldeído está disposto e deve ser respeitado nas respectivas normas técnicas dos painéis, como por exemplo a NBR 15316-2 — de Painéis de fibras de média densidade | Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio — e a NBR 14810-2 — de Chapas de madeira aglomerada | Parte 2: Requisitos.

Outro fator que passa despercebido no âmbito laboral é a inalação de pó de madeira. Segundo o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (2021), a exposição ao pó de madeira está associada, além do câncer, ao desenvolvimento de problemas alérgicos e não alérgicos, como bronquite crônica, dispneia, rinite, asma ocupacional, dor torácica, tosse seca, déficit da função pulmonar e outros. Por isso, a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) é importante e necessária.

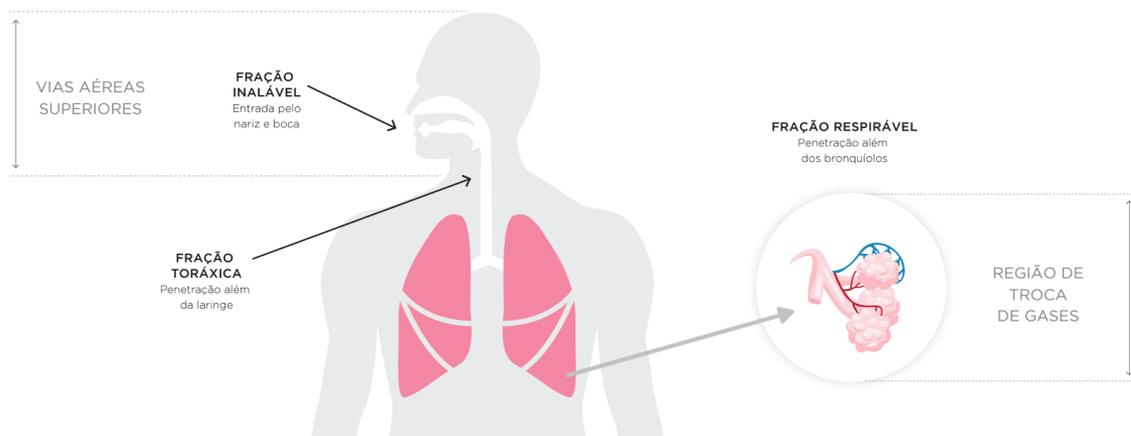


Figura 15 — Esquema das frações de material particulado e seus locais de deposição no trato respiratório. Fonte: Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (2021).

A figura 15 ilustra que essas partículas de poeira de madeira podem ser classificadas em 3 grupos: inaláveis quando apresentam partículas menores que 100

µm, torácicas quando apresentam partículas menores que 25 µm e respiráveis quando apresentam partículas menores que 10 µm. Essas classificações as fazem ser facilmente depositáveis no trato respiratório, prejudicando a saúde de quem manipula os produtos que liberam essas partículas.

Algumas das grandes produtoras brasileiras de painéis, como a Duratex — pioneira no Brasil e maior produtora de chapas de MDF da América Latina —, Floraplac, Arauco e Berneck falam e divulgam pouco sobre os seus processos, como o ciclo de vida da produção e o uso de resinas e adesivos, somente se referem a utilização de madeira legal advinda de reflorestamento e seus cuidados com o replantio de árvores como seu processo sustentável.

3.3. Ecodesign

O design e o designer fazem parte da vida do outro e isso é uma responsabilidade, independentemente da área de atuação. Na nossa sociedade capitalista, ele influencia no consumo e no comportamento das pessoas. Isso posto, precisamos refletir e repensar o que estamos projetando e para que sociedade queremos projetar. Precisamos de alternativas para ir contra o design estabelecidamente superficial e desperdiçador de recursos, assim como agir frente ao ecodesign e ao design socialmente responsável (PAPANÉK, 1977).

Falar a todo o tempo sobre o design põe-nos a questionar sobre o que seria esse design que impregna nossas falas e ações e se o vemos da mesma forma. Responder a esses questionamentos, discorrendo sobre **o que é o design** requereria longas e profundas abordagens, por isso, Bonsiepe (2011) e Papanek (1977), neste momento, sintetizam-no bem. Em seu livro *Design, cultura e sociedade*, Bonsiepe (2011) traz uma percepção crítica do design direcionado para fins comerciais e de marketing, que se estendem para a contemporaneidade, e retoma convicto o design como solução inteligente de problemas, ou seja, uma atividade essencialmente projetual. O open design corrobora essa visão prática do design ao tê-lo como um ato projetual para a fabricação digital.

Papanek (1977, p. 19), no já referido *Design para o mundo real*, é sucinto ao dizer que “design é o esforço consciente para estabelecer uma ordem significativa”. Para ele, só se é design quando há intencionalidade consciente sobre a ordem, e corrobora com Bonsiepe (2011) ao considerar o design “como atividade encaminhada a resolver um problema”.

A consciência e responsabilidade são características inerentes à atividade projetual. Quando se define o ofício de designer industrial ou de artefatos, deve estar subentendida a resolução de problemas sociais e ambientais. Tais problemas fazem parte do nosso cotidiano através de nossas falas, ações, das mídias, governos e comunidade científica. Por isso, deve ser permanente a manutenção de uma cultura de designers responsivos que pensam e projetam produtos sociais, de qualidade e de baixo impacto ambiental.

O Ecodesign, Design para o Meio Ambiente (do inglês, *Design for Environment*), Design Verde (do inglês, *Green Design*) ou Design Ecológico (do inglês, *Ecological Design*) é, segundo Pazmino (2007), o projetar pautado por critérios ecológicos. Segundo ela, seria um “produto que minimize o impacto ao meio ambiente e que possa ser mensurada sua qualidade ambiental” (p. 5). Em um produto ecológico, todas as fases do seu ciclo de vida devem ser projetadas. O **ecodesign** não é só ecologicamente benéfico, mas também economicamente viável (figura 16), e é compreensivo que haja divergências entre os fatores ambientais e econômicos, mas eles devem ser tomados como objetivos projetuais.

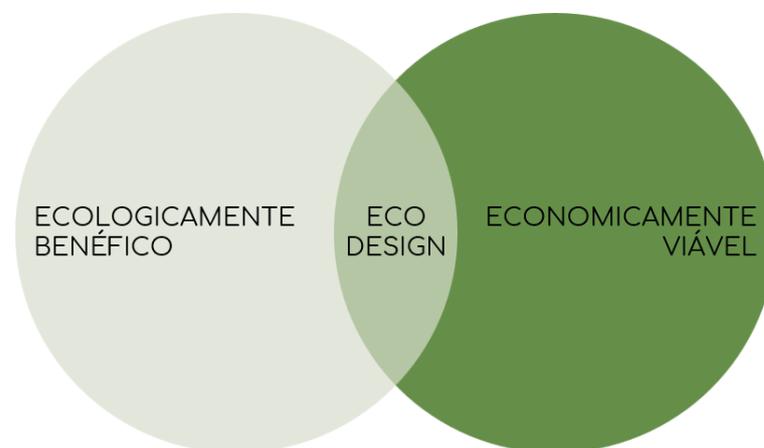


Figura 16 — Conceito de ecodesign. Fonte: Pazmino (2007).

Por vezes, pode parecer confusa a integração entre um design ecologicamente correto e mercadológico, mas os dois podem caminhar juntos, sendo benéficos ao ter em vista nossos hábitos consumistas, pois seria de menor impacto negativo um produto ecológico na comparação da prateleira do supermercado.

Para Papanek (1977), temos responsabilidade sobre os produtos que chegam nas prateleiras do mercado, porém, essa responsabilidade vem antes do projeto, ou seja, ela deve estar na reflexão moral e social sobre o que estamos por projetar, se o devemos fazer e se ele contribui para o bem comum e social. De acordo com ele, deveríamos fazer um *mea culpa* de nossa corresponsabilidade sobre os produtos frívolos criados que fugiram das nossas reais necessidades básicas como sociedade e que nos fazem chegar em um lugar infeliz de nossa sobrevivência.

Falar sobre o design como agente projetivo e responsável é um indicador de como as perspectivas de impacto ambiental e sustentabilidade ecoam mundo afora. Conferências, cúpulas e agenda de metas ratificam o **esforço global** pela preservação, conservação e proteção do planeta. Em 1972, na Suécia, foi realizada a primeira conferência ambiental do mundo, a Conferência de Estocolmo. Ela foi um marco histórico na conscientização de que nossas ações, desde a Revolução Industrial, estão impactando negativamente nossas vidas e formas de viver. Também conhecida como Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, ela reuniu líderes de 113 países, além de outras organizações, e seu desdobramento foi uma declaração com 7 critérios e 26 princípios que serviriam de inspiração e guia para a preservação do meio ambiente humano. A partir disso, as conferências e agenda tornaram-se indispensáveis aos nossos planos futuros, como, por exemplo, a ECO-92 (ou Conferência das Nações Unidas), a Conferências das Partes (ou Protocolo de Kyoto), a Rio +10 (ou Cúpula de Joanesburgo ou Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável) e a Rio +20 (ou Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável).

No capítulo *Democracia e Design*, do mesmo livro de Bonsiepe (2011), ele elabora sobre o "humanismo projetual" ao trazer a capacidade de projeto do designer na construção de propostas viáveis e emancipatórias para a população minoritária em

direitos, mas majoritária em quantidade. Para ele, o designer vive imerso em dilemas profissionais, mas “a partir dessa consciência crítica, podem-se explorar espaços alternativos” (p. 21). O dilema mais temido — e até evitado dentro da área — é o design como ferramenta de manipulação de consumo e, conseqüentemente, manutenção de poder. O designer atua nessa **contradição profissional** há décadas, e é essencial ter discernimento para discursos generalistas e totalizadores. E segue dizendo que a publicidade e o marketing, como manipulação, têm seu ponto de contato com o design na aparência — valor e ator inerente das relações dinâmicas da atividade projetual —, praticamente de forma casual ou não-intencional.

Já de forma intencional, a tecnologia inunda o nosso cotidiano, assim, seria leviano ignorar a participação do design no processo de industrialização e desenvolvimento tecnológico. Bonsiepe (2011, p. 24) defende a participação do design no desenvolvimento tecnológico como “a busca do equilíbrio entre os aspectos técnicos dos objetos e seus aspectos semânticos” que seria o “núcleo central do trabalho do designer”. A publicação de Bonsiepe é do ano de 2011, de lá para cá houve certa aproximação entre o design e a ciência da computação, um exemplo dessa interação é o open design. O desenvolvimento tecnológico é indispensável para a promoção da democracia de consumo por setores discriminados da população. Por isso, o ato projetual intencional, responsável e tecnológico, também nos está permitindo explorar alternativas viáveis para o desenvolvimento de um design voltado para o desenvolvimento sustentável.

De acordo com Pazmino (2007), a nossa busca contínua por desenvolvimento industrial e tecnológico e por um alto padrão de vida supérfluo nos levou a um consumo contínuo, elevado e sem precedentes que está resultando na degradação do nosso meio de subsistência. Assim, a aliança entre a fabricação digital e o uso de materiais ecológicos estimula uma nova perspectiva do design de produtos por meio do open design como processo produtivo.

Pensar a **sustentabilidade** dos fluxos processuais de um produto incluindo o impacto de sua matéria-prima principal sobre a cadeia de produção, pode ser considerado um requisito de ecodesign e de qualquer projeto. Nesse aspecto, há

iniciativas e produção de conhecimento nas mais diversas áreas, pois, sabendo que o Brasil é um dos maiores produtores de lixo e produtores agrícolas do mundo, o grande volume de resíduos descartados pode ser convertido em matéria-prima projetual. A título de exemplo, Cunha (2011), em sua tese, traz um estudo sobre a utilização de placas recicladas de embalagens Longa Vida e suas várias aplicações em sistemas construtivos, superfícies, objetos e outros; Ramos (2012), em seu TCC, desenvolveu um modelo de mesa e cadeira escolares utilizando painéis de plásticos reciclados e alumínio termo-prensados; Cavalcanti *et al.* (2021), em seu artigo, apresentaram o estudo de um painel compósito com resíduos de açai com teste adicional de aplicação em um porta-objetos (figura 17).



Érica Cunha

Projeto de aplicação painéis reciclados em objetos decorativos e de iluminação



Fabiola Ramos

Projeto de aplicação de painéis reciclados em mesa e cadeira escolares



Brenna Cavalcanti, Geraldo Souza, Acurso Benevides Jr., Claudete Ruschival, Magnólia Quirino e Daniel Castro

Aplicação de material compósito de açai em porta-objetos

Figura 17 — Trabalhos com materiais de baixo impacto ambiental. Fonte: adaptado de Cunha (2020); Ramos (2012); Cavalcanti *et al.* (2021).

Ao trazer esses materiais descartados ao ciclo de vida, contribui-se no impacto do desperdício no planeta. O design de produtos comunica-se bem com a infraestrutura de comunicação do open design, pois ao lidar com objetos e consumidores de hábitos diversos, fortalece o acesso aberto. Thackara (2011), acredita que privar o conhecimento priva-nos de nossa própria realidade e, em um mundo conectado pela globalização, o open design traz um sistema alternativo, econômico e sustentável.

3.4. Design e o material

O material é um corpo central no design de produtos. Com papel ativo ao projetar experiências com e para materiais, o design renova-se ao retroalimentar seu caráter criativo e científico. A inovação tecnológica constantemente buscada tem relação direta com a condução e significados que damos aos materiais. Há alguns anos, um automóvel utilizaria centenas de materiais diferentes, hoje utiliza milhares de materiais. A quantidade de materiais existentes é ilimitada, mas até a sua chegada no mercado é longo processo. É justamente nessa lacuna que o design agrega à engenharia de materiais, conduzindo o material pela sua caracterização técnica e experiencial (KARANA *et al.*, 2015; MAZZINI JUNIOR, 2020; MANZINI, 1993).

A aplicabilidade, aceitação e sustentabilidade de um material neste mercado pautado pela inovação podem ser tidos como requisitos projetuais ao **design de experiência dos materiais**. Quando se aponta a aceitação neste caso, não é que ele precise ser aprovado, mas que possa ter receptividade em sua proposta de uso. A partir dessa reflexão, é possível ver a importância de métodos, na área de design de materiais, que possam auxiliar o designer a chegar a bons resultados.

Nesse contexto, Karana *et al.* (2015) desenvolveram um método de design conduzido pelo material que pensa no material, na experiência e no processo de design. Essa construção auxilia o desenvolvimento projetual ao embasar a experimentação de novos materiais, sejam aplicados a um produto ou não. Eles entendem que a relação de design com o material mudou, pois esteve muito tempo limitada aos requisitos de produção para seleção de materiais, e pensando diretamente no fator econômico e na função estética. Hoje, alguns estudos mostram como as nossas emoções e percepções sobre o material afetam a nossa experiência.

O designer conceitua, idealiza, cria e concretiza seus objetos. E sem o material não há matéria, pois, enxergar um objeto vai além da aparência, tem seus aspectos tangíveis e intangíveis também. É de responsabilidade do design explorar novos caminhos e estimular novas aplicações (ASHBY; JOHNSON, 2010; MAZZINI JUNIOR, 2020; CALEGARI; OLIVEIRA, 2013).

Desse maneira, buscar novas aplicações em novos materiais, pensando na experiência do usuário, no processo produtivo e na sustentabilidade é o que se intenciona neste projeto. Logo, a teoria projetual tem papel fundamental na **prática profissional do designer**, pois o conhecimento teórico potencializa nossa profissão diante de uma sociedade tecnológica e dinâmica (BONSIEPE, 2011).

O desenvolvimento de metodologias pensadas para a experiência com e através do material dentro da área de design ainda é recente. Utilizadas no processo projetual deste trabalho, Karana *et al.* (2015) e Dias (2009), por exemplo, apresentam métodos voltados para a criação de materiais e estudo da percepção do usuário, porém, como qualquer metodologia bem estabelecida, é necessário um longo tempo de sua utilização em processos projetuais de modo que possam ser adaptáveis, flexíveis e forneçam experimentações satisfatórias.

Portanto, foram selecionadas 8 **aplicações da metodologia de Karana et al. (2015)** por diferentes autores. Na próxima página, foram sintetizados trabalhos desenvolvidos internacional e nacionalmente desde 2015 (figura 18).

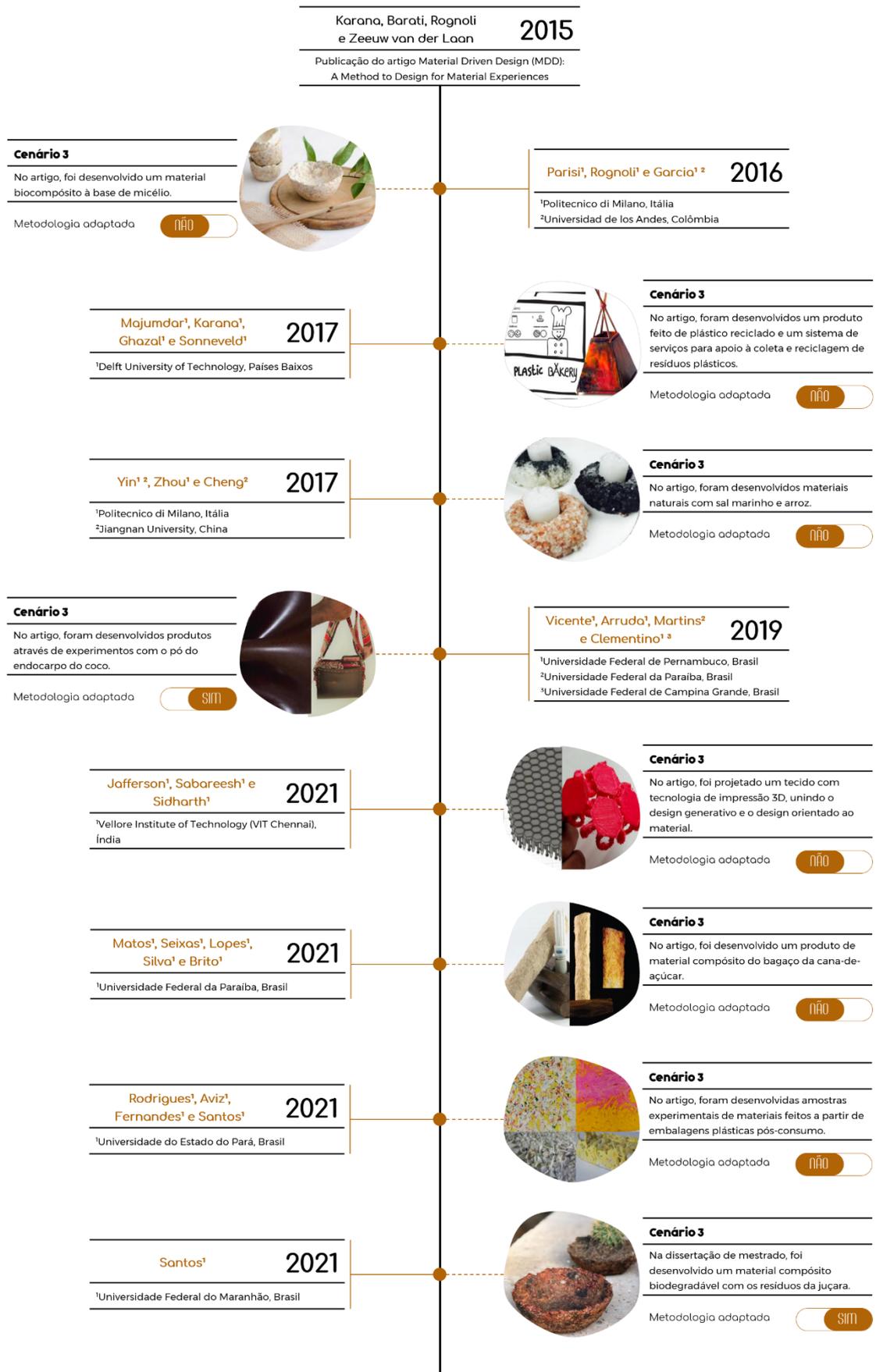


Figura 18 — Aplicações da metodologia de Karana *et al.* (2015). Fonte: Parisi, Rognoli e Garcia (2016); Majumdar *et al.* (2017); Yin, Zhou e Cheng (2017); Vicente *et al.* (2019); Jafferson, Sabareesh e Sidharth (2021); Matos *et al.* (2021); Rodrigues *et al.* (2021); Santos (2021).

Ao estudar as aplicações do método MDD, verifica-se que são mais voltados ao cenário 3, onde se desenvolvem novos materiais. Nos trabalhos desenvolvidos no Brasil, constata-se que os autores exploram opções pela nossa riqueza material natural, além de reaproveitar matérias de resíduos descartados. De modo geral, os tipos de produtos desenvolvidos são de baixa complexidade e/ou decorativos, justificando-se em função da interação com corpos novos, onde se está buscando compreender sua trabalhabilidade e aplicabilidade.

- Compreendendo os materiais 4.1.
 - Análise paramétrica 4.1.1.
 - Requisitos e parâmetros 4.1.2.
 - Critérios de seleção por filtragem 4.1.3.
- Projetando conceito de produto 4.2.
 - Objeto 4.2.1.
 - Análise de mercado 4.2.1.1.
 - Escolha da melhor solução 4.2.1.2.
 - Processo 4.2.2.
 - Arquivo CAD 4.2.2.1.
 - Arquivo CAM 4.2.2.2.
 - Arquivo G-code 4.2.2.3.
 - Fabricação digital por router CNC 4.2.2.4.
 - Montagem 4.2.2.5.
- Criando visão de experiência dos materiais 4.3.
 - Matriz de diferencial semântico 4.3.1.
 - Conhecendo os usuários e seus hábitos 4.3.1.1.
 - Observações pós-uso 4.3.1.2.
- Manifestando padrões de experiência dos materiais 4.4.

4. CONDUZINDO O MATERIAL E SUAS DIREÇÕES

4. CONDUZINDO O MATERIAL E SUAS DIREÇÕES

Todo processo de seleção ou criação de materiais é uma condução do material ao produto. Os materiais podem existir por si só, seja na natureza ou artificialmente, mas sua aplicabilidade em artefatos determina as formas de moldar e trabalhar com suas propriedades. E, conseqüentemente, uma boa experiência do usuário na relação “materiais + pessoas + práticas”, de Giaccardi e Karana (2015, p. 2450), ou “usuário + material + produto”, adaptado por Barauna *et al.* (2017, p. 101), transforma o significado do material e pode fazer um objeto mercadológico, atrativo e possivelmente competitivo.

Dessa forma, neste capítulo é realizado o percurso de orientação ao material pelas ferramentas escolhidas, conduzindo-o ao produto e formando suas direções e padrões identificáveis a serem explorados.

4.1. Compreendendo os materiais

Nesta 1ª etapa de compreensão, caracterização e seleção dos materiais foram realizadas 3 ferramentas: a análise paramétrica dos materiais sustentáveis, requisitos e parâmetros e critérios de seleção por filtragem.

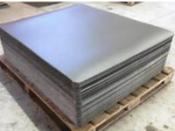
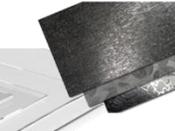
4.1.1. Análise paramétrica

A análise paramétrica é uma ferramenta metodológica que busca analisar comparativamente produtos ou serviços por meio de critérios quantitativos, qualitativos e classificatórios. Esses critérios ou parâmetros são mensuráveis, por isso os quantitativos são medidos numericamente — como peso, preço, tamanho, resistência etc. —, os qualitativos não apresentam medida absoluta, mas são comparáveis — como aspecto, estilo, estética etc. —, e os classificatórios apresentam características alternativas — como ser fixo ou móvel, ter acessório ou não etc. (BAXTER, 2000; PAZMINO, 2015). Sendo assim, foram utilizados parâmetros

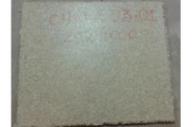
quantitativos, qualitativos e classificatórios alocados em 2 grupos: características e informações gerais e propriedades físicas e mecânicas.

Esta ferramenta é muito utilizada para analisar similares e concorrentes de mercado, pois auxilia na tomada de decisões sobre um novo produto. Neste caso, foram explorados materiais sustentáveis desenvolvidos ou semidesenvolvidos, fabricados em forma de chapas ou painéis. As escolhas deram-se a partir dos materiais convencionalmente usados para cortes em routers CNC para que pudessem ser utilizados na fabricação de móveis ou produtos diversos — sejam cadeiras, bancos, aparadores, estantes, roupeiros e outros. Ainda foi pensado que tais materiais poderiam ser expostos a áreas internas e/ou externas, assim como serem utilizados individualmente ou em conjunto — por exemplo, ter a caixaria ou estrutura principal em um material e portas ou acessórios em outro, de acordo com a sua usabilidade.

Vale reiterar que as chapas que utilizam adesivos à base de formaldeído em sua composição foram descartadas, ainda que sua matéria-prima principal fosse natural ou reciclada. Também foram descartados os painéis que não apresentavam imagens de venda ou de resultados finais de pesquisa, visto que dificultaria as análises com base em características qualitativas e, em parte, classificatórias. Nas próximas páginas, é apresentada a análise paramétrica dos materiais sustentáveis em 3 partes, a qual encontrou materiais diversos advindos de pesquisa exploratória por meios de pesquisas acadêmicas e comerciais (quadro 1, 2 e 3).

PRODUTOS	CARACTERÍSTICAS E INFORMAÇÕES							
	1. Chapa reciclada de embalagem cartonada	2. Chapa reciclada de tubo de creme dental	3. Chapa de plástico reciclado	4. Chapa de PET reciclado	5. Painel composto de plástico e casca de arroz	6. Painel de madeira plástica	7. Painel particulado de madeira e plástico biorientado	
CHAPAS/ PAINÉIS								
COMPOSIÇÃO	Resíduos de embalagens cartonadas (longa vida ou Tetra Pak) em diferentes proporções, já que as embalagens são multicamadas	Aparas industriais de tubos de creme dental e plásticos PEBD (75%) e alumínio (25%)	Itens plásticos reciclados (não especificados)	Garrafas PET	Polipropileno (em grânulos) e epóxido (aglutinante) (90%) e casca de arroz (10%)	Polipropileno de resíduos industriais (70%), resíduos fibrosos vegetais (25%) e aditivos (5%), podendo variar a depender do fabricante	<i>Eucalyptus sp.</i> e <i>Pinus sp.</i> (80%) e película de polipropileno orientado (20%)	
ADESIVO/ RESINA	—	—	—	—	—	—	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (12%)	
PROCESSO DE FABRICAÇÃO/ TRATAMENTO	Prensagem a quente	—	—	Extrusão	Extrusão e prensagem a quente e a frio	Extrusão, injeção ou prensagem a quente	Prensagem a quente por prensa hidráulica	
DIMENSÕES	220 x 110 cm, 220 x 95 cm, outros	220 x 110 cm	220 x 100 cm, outros	180 x 98 cm, 41 x 33 cm, outros	1,43 x 1,43 cm (corpo de prova)	300 x 10,5 cm, 300 x 17,7 cm, 300 x 26,7 cm, 250 x 120 cm, outros	—	
ESPESSURAS	4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm (amostra dos ensaios), outros	4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm (amostra dos ensaios), outros	1,5 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm	0,3 mm, 1,8 mm, outros	1,2 mm (corpo de prova)	22 mm, 9 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 40 mm, outros	9 mm (corpo de prova)	
PESOS	10 kg, 15 kg, 20 kg, 25 kg, 30 kg, 35 kg	12 kg, 15 kg, 18 kg, 25 kg, 30 kg, 35 kg	7 kg, 8 kg, 9 kg, 10 kg, 11 kg, 12 kg	—	23,75 g (corpo de prova)	3,2 kg (22 mm); 24 kg, 30 kg, 36 kg, 45 kg (15 mm); 54 kg, 60 kg, 120 kg (40 mm)	—	
PREÇO	A partir de R\$69	A partir de R\$130	—	A partir de R\$180	—	A partir de R\$90 (tábua/régua), a partir de R\$900 (chapa de 250 x 120 x 1,5 cm)	—	
FONTE DO PRODUTO	Empresa fornecedora	Empresa fornecedora	Empresa fornecedora	Empresa fornecedora	Pesquisa em universidade pública	Empresa fornecedora	Pesquisa em universidade pública	
INDICAÇÕES DE USO	Usos na confecção de móveis, objetos decorativos, tapumes, divisória, outdoors, em materiais da construção e outros.	Usos na confecção de móveis, objetos decorativos, em materiais da construção, na indústria naval, produtos para a agropecuária, placas de sinalização e outros.	Usos na confecção de móveis como fundo de armários e gavetas, tapumes, casa de obra e outros.	Usos como painéis, divisórias, em materiais da construção e outros.	Usos como revestimentos, pisos, embalagens, na fabricação de móveis e objetos e outros usos convencionais de sua adequação.	Usos na confecção de móveis, painéis, decks, pergolados, guarda-corpos, equipamentos náuticos e outros.	Usos convencionais de painéis aglomerados	
ASPECTO	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	
APARÊNCIA	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	
COLORAÇÃO	Multicolorida, pode ter outras cores	Multicolorida	Acinzentada	Transparente/cristal, fumê, verde e/ou com estampas; pode ter outras cores	Amarronzada média	Imita texturas de madeiras ou pode ser preta ou amarronzada com veios	Multicolorida, mas predominantemente amarela	
TEXTURA	Pode ser lisa e rugosa	Lisa	Lisa e uniforme	Lisa ou com formas em relevo	Rugosa	Lisa, com veios em relevo ou algo porosa	Porosa	
ACABAMENTOS E OBSERVAÇÕES GERAIS	Material 100% reciclado, apresenta mais de uma variedade de chapas. Considerado um ótimo isolante térmico e acústico, é resistente à flexão, à trincas e quebras. Leve e de fácil aplicabilidade, tem proteção contra mofo e fungos e também é impermeável.	Material 100% reciclado e reciclável, são usados aproximadamente 700 tubos de creme dental para fazer uma chapa fina. Considerado resistente a agentes químicos impermeável e leve, suporta a partir de 130 kg/m ² . Possui alta durabilidade e resistência físico-mecânica, aceitando cortes e fixações sem criar farras.	Material feito com 100% de plástico reciclado. Considerado com excelente resistência química, é impermeável, antimfo e aceita grampos, pregos e parafusos.	Material 100% reciclado, são usadas aproximadamente 78 garrafas PET para a produção de uma chapa de 180 x 98 cm. Considerado resistente e durável a quebras e trincas, permite fácil limpeza também.	—	Material leve e versátil, sendo produzido, em sua maioria, como régua ou tabuas para decks. É considerado ecológico, durável e resistente, também é impermeável, antimfo e isolante termo-acústico.	—	
DENSIDADE (g)	—	—	—	—	—	—	946,08 kg/m ³	
INCHAMENTO EM ESPESSURA (IE)	—	—	—	—	—	—	3,32% (24h)	
ABSORÇÃO DE ÁGUA (AA)	—	—	—	—	—	—	11,47% (24h)	
TEOR DE UMIDADE	—	—	—	—	—	—	—	
MÓDULO DE ELASTICIDADE (MOE)	542,80 MPa	2,877 MPa	—	—	—	—	—	
MÓDULO DE RUPTURA (MOR)	10,90 MPa	4,69 MPa	—	—	—	—	—	
ADESÃO INTERNA (AI)	—	—	—	—	—	—	—	
ARRACAMENTO DE PARAFUSO	—	—	—	—	—	—	—	
BASE DE COMPARAÇÃO NORMATIVA	ABNT NBR 9533/1996	ASTM D-695 e ASTM D-790	—	—	—	ANSI A208.1/1993 e ABNT NBR 10004/2004	ANSI A208.1/1999 e ABNT NBR 14810/2015	

Quadro 1 — Análise paramétrica de materiais sustentáveis (parte 1). Fonte: ^(1.)Ibaplac (2023) e Vida Telha (2023); ^(2.)Ecofour (2023); ^(3.)KR Chapas Plásticas (2023); ^(4.)Aço Maranhão (2023) e Alumínio Potiguar (2023); ^(5.)Alonge, Chamma e Rocha (2014); ^(6.)Ecolpace (2023), Ekobio (2023) e WBP (2023); ^(7.)Macedo et al. (2015); ^(8.)Trein e Santos (2015); ^(9.)Silva, Finzer e Fernandes (2017); ^(10.)Gilio et al. (2021); ^(11.)Varanda et al. (2013); ^(12.)Xingli Bamboo Products Company (2023); ^(13.)Dinhane (2016); ^(14.)Lopes (2020); ^(15.)Silva (2006); ^(16.)Figueiredo (2020); ^(17.)Negrão (2018); ^(18.)Fiorelli et al. (2013); ^(19.)Nogueira, Lahr e Giaccon (2018); ^(20.)Cavalcanti et al. (2021); ^(21.)Hitti (2018); ^(22.)Suprapainel (2023); ^(23.)Caterplast (2023) e Ficael (2023).

8. Painel compósito de MDF/MDP e PVC residuais	9. Painel residual de MDF com amido de milho	10. Painel aglomerado de seringueira, teca e resina vegetal	11. Painel particulado de madeira e casca de aveia	12. Chapa de bambu	13. Painel particulado de madeira, fibra de coco e bambu	14. Painel OSB de palito de bambu residual	15. Painel OSB de bagaço de cana
							
Cloreto de polivinila (65%) e resíduos/ serragem de MDF/MDP (35%)	Fibras de madeira/ serragem de madeira	Teca <i>Tectona grandis</i> (70%) e seringueira <i>Hevea brasiliensis</i> (30%)	<i>Eucalyptus grandis</i> (70%) e casca de aveia (30%)	Fibras do bambu e adesivo	Bambu <i>Dendrocalamus giganteus</i> (70%) e fibra de coco <i>Coco nucifera</i> (30%)	Resina poliuretana bicomponente derivada do óleo de mamona (80%) e fibra de bambu (20%)	Bagaço da cana-de-açúcar <i>Saccharum officinarum</i>
—	Resina natural à base de amido de milho	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (10%)	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (10%)	Food grade glue	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (10%)	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (10%)
Extrusão ou injeção	Prensagem a quente por prensa hidráulica	Prensagem a quente por prensa hidráulica	Prensagem a quente por prensa hidráulica	Colagem e prensagem	Prensagem a quente por prensa hidráulica	Extrusão e prensagem a quente e a frio	Prensagem a quente por prensa hidráulica
—	—	35 x 35 cm (corpo de prova)	28 x 28 cm (corpo de prova)	184 x 96 cm, 200 x 50 cm, 200 x 61 cm (mais co mum), 244 x 122 cm, 275 x 40 cm, outros	38 x 32 cm (corpo de prova)	5 x 5 cm, 15 x 7,5 cm (corpo de prova)	—
—	—	15 mm (corpo de prova)	10 mm (corpo de prova)	3 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm (amostra dos ensaios), 20 mm, 27 mm, 40 mm, 52 mm, outros	12,7 mm (corpo de prova)	12,5 mm (corpo de prova)	—
—	—	—	—	4,5 kg (200 x 61 x 0,5 cm)	—	—	—
—	—	—	—	A partir de R\$130	—	—	—
Produto com patente	Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública	Empresa fornecedora	Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública
Usos em produtos da indústria moveleira, da construção civil, do segmento automotivo e do agronegócio.	Usos convencionais de chapas de média densidade	Usos convencionais de painéis particulados de média densidade dentro de sua adequação normativa.	Usos convencionais de painéis aglomerados	Aplicações diversas como confecção de móveis, objetos de decoração, revestimentos de parede e piso e outros.	Usos na confecção de móveis, divisórias de ambientes, forros, painéis de revestimento térmico e acústico e outros usos convencionais de sua adequação.	Usos convencionais de painéis OSB	Usos convencionais de painéis aglomerados dentro de sua adequação normativa.
Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo
Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida
Imita texturas de madeiras	Amarelada com marcas de queimado	Bege com granulados amarronzados	Amarronzada clara com pontilhados	Amarelada ou amarronzada com veios retilíneos	Bege com pontilhados	Amarelada com listras finas amarronzadas e verdes	Amarelada com listras espessas em tons amarelados
Lisa	Fibrosa	Fibrosa	Lisa e porosa	Lisa	Lisa e porosa	Fibrosa e algo áspera	Lisa e fibrosa
Material leve, resistente às ações da natureza e não propaga chamas. Considerado resistente à água e à tração, possui ótima fixação e penetração de parafusos e pregos, podendo ter cortes e usinagem.	Material aceita acabamento adesivo, como testado.	—	Material aceita corte por serra circular para esquadrejamento.	Material tido como leve e maleável/flexível. Considerado ecológico, apresenta muito boa resistência à tração, compressão e flexão.	Material aceita corte por serra circular para esquadrejamento.	—	—
1030-1138 kg/m ³	425,51 kg/m ³	787 kg/m ³	946,19 kg/m ³	720 kg/m ³	774,20 kg/m ³	680 kg/m ³	560 kg/m ³
—	40,92% (2h)	10,49% (24h)	—	—	7,75% (24h)	2,75% (24h)	12,19% (24h)
2,40% (24h)	141,52% (2h)	—	—	—	37,96% (24h)	8,78% (24h)	—
—	9,90%	—	—	8 - 10%	9,68%	—	7,30%
—	—	2468,28 MPa	2342 MPa	6504,81 MPa	2209,75 MPa	2203,89 MPa	—
—	—	18,60 MPa	19,90 MPa	93,82 MPa	15,37 MPa	58,65 MPa	—
—	—	—	1,74 MPa	—	—	—	0,23 MPa
—	—	—	—	—	883,52 N (superfície) 791,30 N (topo)	912,84 N (superfície)	—
ASTM D638, ASTM D790, ASTM D792, ASTM D635, ASTM D570 e ISO 709	ABNT NBR 14810/2002	ABNT NBR 14810-1/2013 e ABNT NBR 14810-2/2018	ABNT NBR 14810/2006, ANSI A208.1/1999 e ASTM D-1037/1999	ASTM D-3043/1987	ABNT NBR 14810-2/2013, ANSI A208.1/1999 e CS 236-66/1968	ABNT NBR 14810/2013, EN-312-2/2003, EN-317/1993, CS 236-66/1968 e ANSI A208.1/1999	EN-300/2002 e EN-310/2000

Quadro 2 — Análise paramétrica de materiais sustentáveis (parte 2). Fonte: ^(1.)Ibaplac (2023) e Vida Telha (2023); ^(2.)Ecofour (2023); ^(3.)KR Chapas Plásticas (2023); ^(4.)Aço Maranhão (2023) e Alumínio Potiguar (2023); ^(5.)Alonge, Chamma e Rocha (2014); ^(6.)Ecolpace (2023), Ekobio (2023) e WBP (2023); ^(7.)Macedo et al. (2015); ^(8.)Trein e Santos (2015); ^(9.)Silva, Finzer e Fernandes (2017); ^(10.)Gilio et al. (2021); ^(11.)Varanda et al. (2013); ^(12.)Xingli Bamboo Products Company (2023); ^(13.)Dinhane (2016); ^(14.)Lopes (2020); ^(15.)Silva (2006); ^(16.)Figueiredo (2020); ^(17.)Negrão (2018); ^(18.)Fiorelli et al. (2013); ^(19.)Nogueira, Lahr e Giaccon (2018); ^(20.)Cavalcanti et al. (2021); ^(21.)Hitti (2018); ^(22.)Suprapainel (2023); ^(23.)Caterplast (2023) e Ficael (2023).

16. Painel composto de palha de cana-de-açúcar	17. Painel composto de fibra da folha do abacaxizeiro	18. Painel particulado de casca de amendoim	19. Painel particulado de ouriço da castanha-do-Brasil	20. Painel composto de caroço de açaí moído	21. Painel de cascas de batata	22. Placa de cortiça	23. Placa de papelão Tímbo
Palha da cana-de-açúcar <i>Saccharum officinarum</i>	Resina poliuretana bicomponente derivada do óleo de mamona <i>Ricinus Communis</i> (70%) e fibra da folha do abacaxizeiro <i>Ananas comosus</i> (30%)	Casca de amendoim	Ouriço da castanha-do-Brasil	Caroço de açaí moído	Resíduos de batatas industriais, bambu, lúpulo de cerveja e madeira reciclada	Extração do material natural (cortiça é a casca do sobreiro <i>Quercus suber L</i>)	Fibras celulósicas
Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (20%)	—	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (15%)	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (30%)	Resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (15%)	Ligantes biodegradáveis	Aglomerado puro (aglutinação utilizando a própria cortiça)	—
Prensagem por prensa pneumática	Prensagem por prensa hidráulica	Prensagem a quente por termo-prensa hidráulica	Prensagem a quente por prensa termo-hidráulica	Prensagem a quente por prensa termo-hidráulica	Prensagem a quente	—	Prensagem úmida e calandragem seca
50 x 50 cm (corpo de prova)	—	—	28 x 28 cm (corpo de prova)	2,5 x 2,5 cm (corpo de prova)	—	60 x 30 cm, 60 x 45 cm, 90 x 60 mm, 100 x 50 cm, diversos tamanhos, até em rolos	79 x 60 cm, 120 x 90 cm
30 mm (corpo de prova)	—	—	10 mm (corpo de prova)	9,5 mm (corpo de prova)	—	1 mm, 1,6 mm, 2 mm, 3 mm, 6 mm, 10 mm, 160 mm, outros	0,04 mm, 0,06 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 3 mm, outros
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	A partir de R\$20	A partir de R\$16
Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública	Pesquisa em universidade pública	Produto patenteado pelos designers londrinos Rowan Minkley e Robert Nicoll.	Empresa fornecedora	Empresa fornecedora
Usos na confecção de móveis, elementos decorativos e outros usos convencionais de sua adequação.	Usos na confecção de componentes arquitetônicos, divisórias, mobiliários e outros usos de sua adequação normativa.	Usos como forros, divisórias, revestimentos decorativos e outros usos convencionais de sua adequação.	Usos na confecção de móveis, produtos decorativos, na área de construção civil e outros usos convencionais de sua adequação.	Usos na área de arquitetura e design de interiores, na confecção de móveis, produtos decorativos, acabamentos internos e outros usos convencionais de sua adequação.	Usos na confecção de móveis, objetos decorativos, em materiais de construção e outros.	Usos na área de arquitetura e design de interiores, como muros de ararações, painéis, objetos decorativos e outros.	Usos como isolante térmico, na confecção de objetos decorativos e outros.
Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo
Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e rígida	Bonita e macia	Bonita e rígida
Amarronzada escura com tracejados irregulares	Amarelada ou amarronzada clara com listras finas e irregulares	Amarelada ou amarronzada clara com pontilhados	Amarronzada com pontilhados bege	Amarronzada com pontilhados brancos e bege	Bege ou amarronzada escura com pontilhados; pode ter outras cores	Bege ou amarronzada com pontilhados	Marrom uniforme com listras retlineas e paralelas
Fibrosa e algo áspera	Lisa e fibrosa	Lisa e porosa	Lisa e porosa	Lisa e porosa	Rugosa e porosa	Lisa e porosa	Lisa
—	—	—	—	Material pode receber enceramento, envernizamento e revestimentos com filmes diversos, como PVC. Também apresenta ótima cor, textura, cheiro e alta densidade.	Material biodegradável, podendo ser biodegradado em fertilizantes no fim da vida útil. Não possui resinas e produtos químicos tóxicos.	Material natural tido como leve, impermeável a líquidos e a gases e isolante térmico e acústico. Sendo renovável e reciclável, apresenta boa compressibilidade, elasticidade e resistência ao atrito.	Material tido como leve e moldável. É um papel multilaminado considerado excelente isolante elétrico de média densidade com elevada resistência mecânica.
346,48 kg/m ³	720 kg/cm ³	760 - 800 kg/m ³	—	1027,57 kg/m ³	—	—	—
1,41% (24h)	6,21% (24h)	25,02 - 29,05% (24h)	3,18% (24h)	—	—	—	—
—	9,01% (24h)	54,34 - 65,40% (24h)	6,30% (24h)	—	—	—	—
0,94%	6,42%	—	—	—	—	—	—
133,02 MPa	2360 MPa	1090 - 1200 MPa	—	—	—	—	—
—	—	8,53 - 11,09 MPa	—	—	—	—	—
—	—	0,74 - 0,78 MPa	—	—	—	—	—
—	—	—	1554,35 N (superfície) 985,57 N (topo)	—	—	—	—
ABNT NBR 14810-2/2018	ANSI A208.1/2016 e ABNT NBR 14810/2013	ANSI A208.1/1993 e ABNT 14810-3/2006	ABNT NBR 14810-1/2002	ABNT NBR 14810-1/2015	—	—	—

Quadro 3 — Análise paramétrica de materiais sustentáveis (parte 3). Fonte: ^(1.)Ibaplac (2023) e Vida Telha (2023); ^(2.)Ecofour (2023); ^(3.)KR Chapas Plásticas (2023); ^(4.)Aço Maranhão (2023) e Alumínio Potiguar (2023); ^(5.)Alonge, Chamma e Rocha (2014); ^(6.)Ecolpace (2023), Ekobio (2023) e WBP (2023); ^(7.)Macedo et al. (2015); ^(8.)Trein e Santos (2015); ^(9.)Silva, Finzer e Fernandes (2017); ^(10.)Gilio et al. (2021); ^(11.)Varanda et al. (2013); ^(12.)Xingli Bamboo Products Company (2023); ^(13.)Dinhane (2016); ^(14.)Lopes (2020); ^(15.)Silva (2006); ^(16.)Figueiredo (2020); ^(17.)Negrão (2018); ^(18.)Fiorelli et al. (2013); ^(19.)Nogueira, Lahr e Giaccon (2018); ^(20.)Cavalcanti et al. (2021); ^(21.)Hitti (2018); ^(22.)Suprapainel (2023); ^(23.)Caterplast (2023) e Ficael (2023).

A pesquisa exploratória direcionou a busca por painéis de materiais sustentáveis com potencial de usinagem por fabricação digital. Ao todo, foram selecionadas 23 chapas compostas por matéria-prima principal natural ou reciclada. Os primeiros painéis têm em sua composição plásticos reciclados; os seguintes apresentam fibras, partículas, tiras ou resíduos de madeira na composição; enquanto os últimos apresentam outros elementos naturais em maior parte da sua composição. Todos têm composições diferentes, ainda que alguns possam ser semelhantes, contudo, apresentam aspecto homogêneo como característica comum.

4.1.2. Requisitos e parâmetros

Os requisitos e parâmetros são como uma ferramenta que guia o desenvolvimento projetual para que determinadas necessidades ou especificações não sejam dispersadas durante o processo. Segundo Pazmino (2015), alguns requisitos são mensuráveis, enquanto outros podem ser subjetivos, da mesma forma que funciona para os parâmetros.

Fez-se necessária a utilização desta ferramenta ao levar em consideração que praticamente todos os materiais tiveram suas propriedades físico-mecânicas e/ou características gerais e de usabilidade comparadas ao MDF. Atualmente, no Brasil, ele é quase unanimidade na fabricação de móveis e produtos residenciais, e isso se dá por um ciclo natural de demanda e por alguns aspectos sobressalentes que o tornam um material versátil e de boa trabalhabilidade.

Pioneira na produção de MDF no Brasil e autointitulada como a maior produtora de painéis de madeira do Hemisfério Sul, a empresa Duratex pontua 4 principais vantagens desses painéis: economia, sustentabilidade, versatilidade e resistência. A economia é tida em comparação ao valor financeiro da madeira tradicional; a sustentabilidade é colocada na relação de valor ecológico e socioeconômico ao serem utilizadas madeiras de reflorestamento para a produção dos painéis, o que atenua o desmatamento ilegal; a versatilidade é destacada pelas múltiplas aplicações e boa trabalhabilidade; por fim, a resistência refere-se as suas propriedades que evitam

empenamentos, rachaduras e tornam os painéis resistentes a ação do tempo com o auxílio de tratamentos específicos (CONHEÇA..., 2019).

Segundo Iwakiri *et al.* (2018) e Viana (2004), as espécies majoritariamente plantadas para emprego na produção de painéis para o setor moveleiro são as do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, devido ao seu rápido crescimento. Os 2 painéis diferenciam-se principalmente nas fibras: o MDF de eucalipto possui fibras mais curtas, sendo mais escuro, duro e pesado, enquanto o MDF de pinus possui fibras mais longas, sendo mais claro, leve e macio. Isso posto, foram reunidas as caracterizações dos painéis com fibras de eucalipto e de pinus (quadro 4).

PRODUTO	Painel de fibras de média densidade (MDF)		
	CHAPAS/PAINÉIS		
COMPOSIÇÃO	Fibras da madeira de eucalipto	Fibras da madeira de pinus	
ADESIVO/ RESINA	Resina ureia-formaldeído		
PROCESSO DE FABRICAÇÃO/ TRATAMENTO	Prensagem a quente		
DIMENSÕES	275 x 183/185 cm (medida comum); outros		
ESPESSURAS	3 mm; 6 mm; 9 mm; 12 mm; 15 mm (parâmetro das propriedades); 18 mm; 20 mm; 25 mm; outros		
PESOS	50-60 kg (15 mm); outros		
PREÇO	A partir de R\$50 (3 mm); a partir de R\$165 (15 mm)		
FONTE DO PRODUTO	Empresas fornecedoras		
INDICAÇÕES DE USO	Usos na confecção de móveis, objetos decorativos, divisórias, em materiais e estruturas arquitetônicas, da construção civil e outros.		
ASPECTO	Homogêneo		
APARÊNCIA	Bonita e rígida		
COLORAÇÃO	Bege ou amarronzada média	Bege ou amarronzada clara	
TEXTURA	Lisa e uniforme		
ACABAMENTOS E OBSERVAÇÕES GERAIS	Material advindo de áreas reflorestadas, apresenta boa variedade de espessuras de chapas e fácil aplicabilidade. Considerando seu aspecto homogêneo e isotrópico, possui alta durabilidade e resistência físico-mecânica, aceitando cortes e fixações.		
PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	DENSIDADE (ρ)	756 kg/m ³	710 kg/m ³
	INCHAMENTO EM ESPESSURA (IE)	2,41% (2h)	1,57% (2h)
		7,72% (24h)	6,42% (24h)
	ABSORÇÃO DE ÁGUA (AA)	4,33% (2h)	2,69% (2h)
		16,38% (24h)	10,85% (24h)
	TEOR DE UMIDADE	9,04%	9,86%
	MÓDULO DE ELASTICIDADE (MOE)	3241,38 MPa (flexão paralela)	2991,30 MPa (flexão paralela)
		3159,97 MPa (flexão perpendicular)	3167,19 MPa (flexão perpendicular)
MÓDULO DE RUPTURA (MOR)	33,55 MPa (flexão paralela)	34,77 MPa (flexão paralela)	
	33,95 MPa (flexão perpendicular)	37,19 MPa (flexão perpendicular)	
ADESÃO INTERNA (AI)	0,30 MPa	0,41 MPa	
ARRACAMENTO DE PARAFUSO	—	—	
BASE DE COMPARAÇÃO NORMATIVA	EN 622-5/2006 e ABNT NBR 15316-2/2006		

Quadro 4 — Caracterizações dos painéis de fibras da madeira de eucalipto e de pinus. Fonte: da autora com base em Torquato (2008).

As caracterizações foram baseadas nos resultados apresentados na dissertação de Torquato (2008) que tinha por objetivo principal a caracterização de painéis comerciais de eucalipto e pinus produzidos no Brasil. Esses dados possibilitaram ter critérios para a seleção do material mais adequado.

4.1.3. Critérios de seleção por filtragem

Segundo Pazmino (2015), os critérios de seleção é uma ferramenta que auxilia na escolha da melhor alternativa. Normalmente, é feito um *checklist* (ou lista de verificação), para pontuar quais alternativas melhor atendem aos critérios definidos. Neste caso, a ferramenta foi adaptada e simplificada para uma filtragem direta, ou seja, os critérios de filtragem foram baseados nas caracterizações dos painéis de eucalipto e pinus para indicar qual material melhor atende a elas. A seleção e decisão foi elaborada de forma objetiva, levando em consideração que os materiais pesquisados são experimentais ou pouco estabelecidos no mercado, principalmente quando se direciona o uso em setor moveleiro.

Para eleger o painel de produto a ser confeccionado em escala real, os materiais foram filtrados de modo eliminatório. O 1º critério de filtragem deu início com todos os painéis em ponto de igualdade, já o 2º critério valeria para aqueles que abrangessem o 1º critério também e seguiria de modo sucessivo. Os materiais que não apresentavam as alternativas em comparação seguiram válidos na concorrência, pois não havia dados que comprovassem que eles não contemplavam o critério em análise.

De acordo com Torquato (2008, p. 27), "o MDF é um painel cuja característica principal é sua grande estabilidade dimensional e excepcional capacidade de usinagem, tanto nas bordas, quanto nas faces.". A densidade é a indicação de classificação dos tipos de painéis de fibras, por exemplo, o MDF é um painel de fibras de média densidade, dessa forma, a densidade adequada de um painel conferiria seu aspecto compacto e homogêneo, proporcionando boa trabalhabilidade de usinagem e facilidade para revestimentos e pinturas.

A alta absorção de água e inchamento em espessura são fatores que diminuem a vida útil do produto e restringem seus usos a ambientes internos. Além de serem características significativas de diferenciação dos painéis de MDF — que não são impermeáveis. Outras propriedades físico-mecânicas, como MOE e MOR — módulo de elasticidade e de ruptura —, apesar de sua relevância, não precisariam ser critérios para eliminação dos materiais ao levar em consideração que o objeto a ser confeccionado e utilizado poderia não sofrer deformação ainda que fosse menos rígido em comparação ao MDF.

Quanto a espessura, foi definida a medida de 15 mm por ser a mais usual no mercado. As dimensões de comprimento e largura entres painéis derivados da madeira costumam variar, porém, as medidas de 2 m x 1 m seriam suficientes para a confecção de um móvel de tamanho médio, por exemplo.

Tendo em conta o prazo para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se pela aquisição do material por empresa fornecedora, no lugar da elaboração do material experimental em parceria com outra instituição pública de ensino, o demandaria mais tempo e processos formais.

O preço competitivo frente ao MDF seria vantajoso e atrativo para a produção pelos usuários/ consumidores. E por este trabalho ter sido desenvolvido na cidade de Maceió (AL), critérios reais e geográficos tiveram de ser considerados. A depender da empresa e do destino da compra, a disponibilidade de entrega poderia variar e foi examinada como critério. Dessa forma, foram definidos todos os critérios para a seleção do material (quadro 5).

PRODUTOS	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23																							
	CHAPAS/ PAINÉIS	Chapa reciclada de embalagem cartonada	Chapa reciclada de tubo de cimento dental	Chapa de plástico reciclado	Chapa de PET reciclado	Panel composto de plástico e carca de arroz	Panel da madeira plástica	Panel particulado de madeira e plástico biodegradável	Panel composto de MDF/MDFC e PVC resíduo	Panel residual de MDF com arrêdo de entlo	Panel aglomerado de serragem, torca e resina vegetal	Panel particulado de madeira e carca de arroz	Chapa de bambu	Panel particulado de madeira, fibra de coco e bambu	Panel cost de palha de bambu residual	Panel cost de bapajo de cana	Panel composto de gilha de cana-de-açúcar	Panel composto de fibra de folha do abacaxeiro	Panel particulado de carca de amendoim	Panel particulado de carca de castanha-do-Brasil	Panel composto de carca do açai	Panel de casca de batata	Placa de cortiça	Placa de papelão linbo
Potencial de usinagem por máquina CNC para a confecção de mobiliário	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Densidade maior que 700 kg/m ³ (densidade ~ 700 kg/m ³)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Espessura igual a 15mm (espessura = 15)	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Absorção de água (24h) menor ou igual a 13,5% (AA ≤ 13,5%)	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Inchamento em espessura (24h) menor ou igual a 7% (IE ≤ 7%)	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Aspecto de homogeneidade e uniformidade semelhante ao MDF	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗
Boa aparência, coloração e textura natural (sem revestimento)	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗
Tamanho razoável para fabricação digital de móvel médio (comp. > 2m e larg. > 1m)	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Aquisição por empresa fornecedora	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Preço competitivo frente ao MDF (R\$ ≤ 700)	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Disponibilidade de entrega em Maceió (AL) na modalidade varejista	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
ESLITO	🏆	🏆	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Quadro 5 — Critérios de seleção por filtragem. Fonte: da autora (2023).

Em últimas filtragens, o painel de madeira plástica e a chapa de bambu foram eliminados, pois ambos não apresentaram preços competitivos por motivos diferentes. No caso do painel de madeira plástica, os fornecedores contatados apresentaram valores altos — um deles, por exemplo, vendia a R\$ 931,14 um painel de 15 mm nas medidas de 2,50 x 1,20 m —, tornando o produto inviável a nível de comparação de mercado. Quanto a chapa de bambu, a fornecedora localizava-se na China, então o envio deveria ser feito com divisões do painel, o que não atenderia às dimensões dos critérios definidos.

Por fim, foram eleitos 2 materiais que seguiram por todas as filtragens: a chapa reciclada de embalagem cartonada ou Tetra Pak e a chapa reciclada de tubo de creme dental. Ambos resultaram ser boas escolhas para a confecção de um produto de open design. Porém, faz-se preciso esclarecer que por essas placas recicladas já serem comercializadas, elas têm seus usos no mercado, incluindo a confecção de móveis. O que se está propondo é a sua fabricação digital pelo processo criativo de open design, o que parece não ter sido estudado — tendo em vista a falta de literatura — em função do pouco conhecimento e proposições de aplicabilidade desses materiais, sendo pouco estabelecidos na criação e desenvolvimento de produtos.

4.2. Projetando conceito de produto

Nesta 2ª etapa de fabricação digital do produto de open design foram aplicadas as microetapas de objeto e processo para eleger um produto e confeccioná-lo através de usinagem por máquina CNC e montagem.

4.2.1. Objeto

O projeto de um produto de open design precisa passar pelo entendimento do nicho de mercado. Então, foi realizada uma análise de móveis desse mercado para que se pudesse trabalhar com os projetos compartilháveis e configuráveis, como também eleger a melhor opção a ser fabricada e montada.

4.2.1.1. Análise de mercado

Esta análise de mercado busca caracterizar os produtos de open design que são comercializados, e conseqüentemente, mais buscadores entre o público consumidor. Baxter (2000) e Kotler e Keller (2018) trazem a análise dos concorrentes e a pesquisa de mercado, respectivamente, voltadas ao conhecimento de mercado dos produtos existentes e bem avaliados que atraem os consumidores, pois são eles que definem o êxito de um objeto. Dessa forma, é necessário esclarecer que aqui não se busca caracterizar o público consumidor, mas saber que ele existe e o que consome.

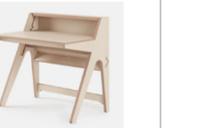
Para a análise de mercado investigou-se 20 produtos criados para a fabricação digital por máquina CNC (quadro 6, 7 e 8). Foram realizadas buscas exploratórias em plataformas e fóruns diversos, como: 3axis, AtFAB, Autodesk Instructables, Crush Design, Cults, DXF Downloads, Etsy, FIT Furniture, GrabCAD, Inventables, Mono Design, My Outdoor Plans, Obrary, Opendesk, PEV Labs, SketchChair, Thingiverse e Vectors File. Esses espaços apresentam produtos com arquivos para corte gratuitos ou pagos e desenvolvidos por designers ou por pessoas que compartilham suas criações, soluções e métodos de fabricação com públicos de mesmo interesse.

Os parâmetros de escolha dos produtos selecionados deram-se de acordo com os tipos mais encontrados, que foram mobiliários: bancos, cadeiras, mesas e estantes ou armários. Dentro desses nichos, foram escolhidas 5 opções: uma de modelo padrão daquele móvel, uma variação daquele móvel, uma opção multifuncional ou adaptável, uma opção com forma ou estética interessante e uma com bons encaixes ou boa usabilidade.

Os critérios comparativos entre os produtos foram divididos em características e informações e dados técnicos. As características e informações gerais ajudaram a entender o panorama de criação, oferta e compartilhamento, assim como os aspectos estilísticos e funcionais. Enquanto os dados técnicos expuseram os atributos específicos, e geralmente quantitativos, para a fabricação, montagem e uso dos móveis.

PRODUTOS	MÓVEIS DE OPEN DESIGN PROJETADOS PARA FABRICAÇÃO DIGITAL POR MÁQUINA CNC					
	1. Banco Edie	2. Banqueta	3. Banco largo	4. Wedge Table	5. Banco P95	6. Cadeira Valovi
						
	David e Joni Steiner	—	—	Andreas Kowalewski	Alejandro Palandjoglou	Denis Fujii
	Opendsk	3axis.co	Etsy (por CNC Flatpack)	Studio Kowalewski/ Caussa/ 3axis.co/ Vectors File	Autodesk Instructables	Mono Design, Opendsk e Studio dLux
	Possui licença CC	—	—	—	CC BY-NC-SA (direito de compartilhar e adaptar para fins não comerciais)	CC BY-NC 4.0 (direito de compartilhar e adaptar para fins não comerciais)
	Indicação de uso em ambientes	—	—	—	—	—
	Indicação de uso em ambientes	—	—	—	—	—
	PREÇO	€ 175 ou R\$ 1074,28 em conversão de set.2023 (para fabricação e entrega por Tate Shop)	Gratuito	R\$ 59,40 (por arquivos de corte) em atualização de set.2023	€ 419 ou R\$ 2202,60 em conversão de nov.2023 (para fabricação por Caussa), podendo ter arquivos de corte gratuitos em algumas plataformas	Gratuito (podendo ser pago em algumas plataformas)
	COMPLEXIDADE DE MONTAGEM	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
	ESTILO/ SENSACÃO	Contemporâneo e minimalista	Eclético e alegre	Retró e agradável	Moderno e atrevido	Minimalista e agradável
	FORMATO	Retilíneo suave	Retilíneo suave	Retilíneo suave	Retilíneo suave	Retilíneo suave
	INFORMAÇÕES PRESENTES NA PLATAFORMA	Introdução sobre o produto, imagens e arquivos para baixar sob pagamento.	Indicação do tipo de móvel, imagem e arquivo para baixar.	Indicação do tipo de móvel, imagens, arquivos para baixar sob pagamento e observações de fabricação e montagem.	Introdução sobre o produto e seu conceito, imagens e arquivos para baixar.	Indicação do tipo de móvel, imagens, arquivos para baixar e instruções de processo de fabricação e montagem.
	ARQUIVOS COMPARTILHADOS	—	Arquivo com peças de corte no formato DXF.	Arquivo com peças de corte nos formatos DXF, AI, SVG e PDF	Arquivo com peças de corte no formato CDR	Arquivo com peças de corte nos formatos DWG, DXF, AI, SVG, STL e 3DM e arquivo com instruções detalhadas em PDF
	DIFERENCIAL	Apresenta boa forma, encaixes simples e recorte no assento para facilitar a pega e desmontagem com o móvel.	Apresenta boa forma, encaixes simples e apoio para os pés entre as pernas da banqueta.	Apresenta espaço para armazenamento abaixo do assento.	Apresenta boa forma geométrica por encaixes simples e de tensões estáticas apropriadas, pois o produto foi pensado como mesa lateral e banco.	Apresenta boa forma com assento e respaldo algo curvo para proporcionar conforto e encaixes simples.
	DIMENSÕES TOTAIS (comp. x alt. x prof.)	350 x 360 x 350 mm	405 x 600 x 405 mm	667 x 438 x 300 mm	400 x 455 x 370 mm	415 x 442 x 329 mm
	TIPO DE PAINEL UTILIZADO	Compensado de madeira de bétula	Não é especificado, mas o exemplo da imagem parece apresentar um painel multilaminado	Compensado de madeira de bétula	Compensado de madeira de faia tingido de vermelho	Compensado de madeira de bétula
	ESPESSURA DA CHAPA UTILIZADA	18 mm	21 mm	19 mm (3/4")	15 mm	19 mm
	NÚMERO DE PEÇAS	9 (total)	4 (peças que se replicam)	25 (aproximadamente)	5 (total)	7 (total)
	FABRICAÇÕES INDICADAS	Router CNC	Router CNC e máquina CNC de corte a laser	Router CNC	Router CNC, máquina CNC de corte a laser e impressora 3D	Router CNC
	FERRAGENS/ ACESSÓRIOS DE MONTAGEM	Não	Não	Cola	Parafusos	Cola de madeira e grampos sargentos
	QUANTIDADE DE PESSOAS PARA A MONTAGEM	1	1	1	1	1
	ACABAMENTOS	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.
	OBSERVAÇÕES ESPECÍFICAS DE FABRICAÇÃO, MONTAGEM E USO	Necessita de operações de corte de contorno comum (perfil) e corte de preenchimento (pocket). Utiliza mais de 1 tipo de fresa.	Necessita de operações de corte de contorno comum (perfil).	Necessita de operações de corte de contorno comum (perfil). Utilizar fresa de 6 mm (1/4"). Somente permitido uso pessoal, não comercial.	Necessita de operações de corte de contorno comum (perfil). Utiliza mais de 1 tipo de fresa.	Necessita de operações de corte de contorno comum (perfil) e corte de preenchimento (pocket). Utilizar fresa de 6 mm (1/4"). Somente permitido o uso pessoal, enquanto o uso em espaços comerciais pode quando comprado.

Quadro 6 — Análise de mercado de móveis de open design (parte 1). Fonte: ^(1.)Steiner e Ierodionou (2016) e Opendsk (2023e); ^(2.)3axis.co (2023d); ^(3.)CNC Flatpack (2023); ^(4.)Studio Kowalewski (2023), Caussa (2023) e 3axis.co (2023c); ^(5.)Palandjoglou (2014); ^(6.)Mono Design (2023) e Opendsk (2023f); ^(7.)3axis.co (2023b); ^(8.)Pachek (2014); ^(9.)Branca (2023), 3axis.co (2023a) e Design by SMK (2023); ^(10.)Zhang (2015); ^(11.)3axis.co (2023e); ^(12.)Opendsk (2023b); ^(13.)Opendsk (2023c); ^(14.)3B Archi (2023); ^(15.)Minima Design ZA (2023); ^(16.)Opendsk (2023d); ^(17.)Opendsk (2023a); ^(18.)Leandro (2018); ^(19.)FIT (2023a; 2023b; 2023c); ^(20.)AtFAB (2023).

7. Espreguiçadeira	8. X-Chair	9. Shell Chair (ou Cadeira Concha)	10. Cadeira Alex	11. Mesa quadrada	12. Mesa Lean	13. Lift Standing Desk (ou Mesa de Elevação)
						
—	Pachek	Marco Sousa Santos	Alex Zhang	—	Joni Steiner e Nick Ierodiakonou	Joni Steiner e Nick Ierodiakonou
3axis.co	Thingiverse/ 3axis.co	Branca/ 3axis.co/ Etsy (por designbySMK)	Obrary	3axis.co	Opendsk	Opendsk
—	CC BY-NC 4.0 (direito de compartilhar e adaptar para fins não comerciais)	—	CC BY-SA 4.0 (direito de compartilhar e adaptar mesmo para fins comerciais)	—	Possui licença CC	Possui licença CC
Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)
Gratuito	Gratuito	Pago (para fabricação por Branca), podendo ter arquivos de corte gratuitos em algumas plataformas	Gratuito	Gratuito	€ 1207,50 ou R\$ 7279,43 em conversão de set.2023 (para ajustes, fabricação e entrega por parceiros locais da Opendsk)	€ 800,40 ou R\$ 4825,22 em conversão de set.2023 (para ajustes, fabricação e entrega por parceiros locais da Opendsk)
						
Romântico e convidativo	Escandinavo e minimalista	Boho e arrojado	Moderno e delicado	Contemporâneo e simétrico	Moderno e prático	Contemporâneo e minimalista
Redondo/ curvo	Retilíneo suave	Redondo/ curvo	Retilíneo suave	Retilíneo suave	Retilíneo suave	Retilíneo suave
Indicação do tipo de móvel, imagens e arquivo para baixar.	Introdução sobre o produto, imagens, arquivos para baixar e instruções de montagem.	Introdução sobre o produto e seu conceito, imagens, arquivos para baixar e opções de materiais e acabamentos para a compra.	Introdução sobre o produto, imagens e arquivos para baixar.	Indicação do tipo de móvel, imagens e arquivos para baixar.	Introdução sobre o produto, imagens e arquivos para baixar sob pagamento.	Introdução sobre o produto, imagens e arquivos para baixar sob pagamento.
Arquivo com peças de corte no formato DXF, arquivo com instruções de montagem em .PDF e imagens	Arquivo com peças de corte nos formatos DXF e .CDR	Arquivos com peças de corte nos formatos DXF, AI, EPS, CDR, SVG e PDF e arquivo com imagens e informações do produto em .PDF	Arquivo com peças de corte nos formatos DXF, CRV e SLVS e arquivo sobre a licença em .TXT	Arquivo com peças de corte no formato DWG e DXF e arquivo com perspectiva explodida de montagem em .PDF	—	—
Apresenta estrutura para balanço e boa forma com curvas para conforto do usuário.	Apresenta boa forma, encaixes simples e espaço para armazenamento abaixo do assento.	Apresenta boa forma com curvas para conforto do usuário, precisando de almofadas como complemento do móvel.	Apresenta boa forma no respaldo e assento e encaixes simples.	Apresenta boa forma, encaixes simples e 4 lugares para cadeiras.	Apresenta medidas ajustáveis (de projeto) em comprimento e profundidade, podendo ser mais compacta e oferecer menos que 4 lugares de trabalho. Também possui um compartimento central de passagem de fios.	Apresenta medidas ajustáveis (de projeto) em comprimento, podendo ser mais larga. Também possui tempo/ base regulável em altura.
1667 x 750 x 568 mm	—	700 x 700 x 780 mm	533 x 890 x 635 mm	1160 x 730 x 1160 mm	2400 x 738 x 1600 mm	1200 x (regulável) x 915 mm
Não é especificado, mas o exemplo da imagem parece apresentar um MDF-cru	Compensado de madeira	Compensado de madeira de bétula	Compensado de madeira de bétula	Não é especificado, mas o exemplo da imagem parece apresentar um painel multilaminado	Compensado de madeira de bétula	Compensado de madeira de bétula
30 mm	15 mm	20 mm	12 mm (1/2")	30 mm	18 mm	18 mm
21 (total)	8 (total)	18 (total)	5 (total)	5 (total)	49 (aproximadamente)	40 (aproximadamente)
Router CNC e máquina CNC de corte a laser	Router CNC e máquina CNC de corte a laser	Router CNC e máquina CNC de corte a laser	Router CNC	Router CNC	Router CNC	Router CNC
Não	Não	—	Não	Não	Cola PVA, cavilhas de madeira, grampos sargentos, parafusos e porcas de inserção	Cola PVA, parafusos e porcas de inserção
2	1	—	1	2	2	2
Possui muitos contornos de corte curvos. Pode ser fixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser fixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui muitos contornos de corte curvos. Pode ser fixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser fixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser fixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser fixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser fixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.
Necessita de operações de corte de contorno comum (profile).	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile).	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile).	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile).	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile). É sugerida a colagem do tempo para fixação de segurança.	—	—

Quadro 7 — Análise de mercado de móveis de open design (parte 2). Fonte: ^(1.)Steiner e Ierodiakonou (2016) e Opendsk (2023e); ^(2.)3axis.co (2023d); ^(3.)CNC Flatpack (2023); ^(4.)Studio Kowalewski (2023), Causa (2023) e 3axis.co (2023c); ^(5.)Palandjoglou (2014); ^(6.)Mono Design (2023) e Opendsk (2023f); ^(7.)3axis.co (2023b); ^(8.)Pachek (2014); ^(9.)Branca (2023), 3axis.co (2023a) e Design by SMK (2023); ^(10.)Zhang (2015); ^(11.)3axis.co (2023e); ^(12.)Opendsk (2023b); ^(13.)Opendsk (2023c); ^(14.)3B Archi (2023); ^(15.)Minima Design ZA (2023); ^(16.)Opendsk (2023d); ^(17.)Opendsk (2023a); ^(18.)Leandro (2018); ^(19.)FIT (2023a; 2023b; 2023c); ^(20.)AtFAB (2023).

14. Mesa lateral Baobab	15. Mesa lateral com abrigo para pet	16. Estante Linnea	17. Fin Locker Planter (ou Armário de armazenamento com plantador)	18. Produto Quadrante	19. Estante Neubau/ Aparador Neubau/ Console de TV Neubau	20. Open Cabinet (ou Armário Aberto)
						
Jacques Cronje	—	Pia Narula e Sam Devenport	Scarlett San Martin	Jessica Santos Leandro	Ronen Kadushin	Anne Filson e Gary Rohrbacher
Etsy (por MinimaDesignZA)	Etsy (por 3BArchi)	Opendsk	Opendsk	TCC disponível no Repositório do Curso de Design da UFAL	FIT Furniture (ou New Edge Furniture)	AtFAB
—	—	Possui licença CC	Possui licença CC	—	CC BY-NC-SA 4.0 (direito de compartilhar e adaptar para fins não comerciais)	CC BY-NC-SA 3.0 (direito de compartilhar e adaptar para fins não comerciais)
Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)	Livre em interiores (salas, quartos etc.)
R\$ 47,80 (por arquivos de corte) em atualização de set 2023	R\$ 48,30 (por arquivos de corte) em atualização de set 2023	E 579,60 ou R\$ 3493,98 em conversão de set 2023 (para fabricação e entrega por parceiros locais da Opendsk)	E 814,20 ou R\$ 4908,21 em conversão de set 2023 (para fabricação e entrega por parceiros locais da Opendsk)	Gratuito	Gratuito e também cobram a partir de € 440 ou R\$ 2285,71 em conversão de set 2023 (para fabricação e entrega por FIT Furniture)	Gratuito
						
Tropical e elegante	Romântico e aconchegante	Contemporâneo e minimalista	Contemporâneo e harmônico	Industrial e prático	Contemporâneo e sofisticado	Moderno e popular
Redondo/ curvo	Redondo/ curvo	Retilíneo suave	Retilíneo suave	Retilíneo suave	Retilíneo	Retilíneo
Indicação do tipo de móvel, imagens, arquivos para baixar sob pagamento e observações de fabricação e montagem.	Indicação do tipo de móvel, imagens, arquivos para baixar sob pagamento e observações de fabricação e montagem.	Indicação do tipo de móvel, imagens e arquivos para baixar sob pagamento.	Indicação do tipo de móvel, imagens e arquivos para baixar sob pagamento.	Descrição extensa sobre a criação do produto e seu conceito, imagens e arquivos técnicos.	Introdução sobre o produto e seu conceito, imagens, arquivos para baixar e opções de materiais e acabamentos para a compra.	Introdução sobre o produto e seu conceito, imagens, arquivos para baixar e informações técnicas.
Arquivos com peças de corte no formato DXF e arquivos em PDF	Arquivos com peças de corte nos formatos DWG, DXF, SVG, JPG e PDF	—	—	Arquivo com pranchas técnicas das peças de corte no formato PDF e manual de montagem	Arquivos com planos de corte no formato DXF, arquivo com instruções sobre a licença e uso em PDF, arquivo sobre a montagem em PDF e imagens das versões do produto	Arquivo com plano de corte no formato DXF e arquivo com imagens e instruções sobre a licença e uso, fabricação, adaptação e montagem do produto em PDF
Apresenta boa forma no corpo do produto e bom espaço de apoio.	Apresenta espaço de armazenamento que pode ser abrigo para gatos, colocando uma almofada com 35 cm de diâmetro.	Apresenta boa forma, encaixes simples e espaços largos para armazenamento.	Apresenta nichos de armazenamento que podem ter cedeados. Também há espaço superior para o cultivo de plantas.	Apresenta produto modular com medidas de banco ou mesa lateral, podendo se tornar uma estante com diferentes alturas.	Apresenta forma adaptável (de projeto) sendo uma estante larga ou estreita e podendo ter versões como aparador ou console/ rack.	Apresenta estrutura reforçada/ segura e espaços de tamanhos irregulares para armazenamento.
500 x 450 x 500 mm	530 x 450 x 530 mm	1100 x 1825 x 380 mm	1269 x 1200 x 400 mm	430 x 430 x 460 mm (módulo padrão)	1900/1600 x 1820 x 300 mm (estante)/ 1560 x 730 x 400 mm (aparador)/ 1800/1600 x 500 x 400 mm (console)	1000 x 1400 x 400 mm
Compensado de madeira com laminado melamínico	Compensado de madeira de bétula ou MDF	Compensado de madeira de bétula	Compensado de madeira de bétula	MDF cru e MDF com laminado melamínico	Compensado de madeira de bétula	Compensado de madeira com laminado melamínico
12 mm	12 mm ou 15 mm	18 mm	18 mm	15 mm	18 mm	19 mm (3/4") na parte externa e 12 mm (1/2") nas divisórias internas
23 (total)	18 (total)	12 (total)	37 (total)	5 (total)	21 (total da estante larga)/ 9 (total do aparador e console)	17 (total)
Router CNC	Router CNC e máquina CNC de corte a laser	Router CNC	Router CNC	Router CNC	Router CNC	Router CNC
Cavilhas de madeira	Não	Não	Cola PVA, cintas para amarração e grampos sargentos	Não	Não	Parafusos
1	1	2	2	1	2	2
Possui muitos contornos de corte curvos. Pode ser lixado.	Possui muitos contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui alguns contornos de corte curvos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui contornos de corte retilíneos. Pode ser lixado e impermeabilizado. Também aceita pinturas.	Possui contornos de corte retilíneos. Pode ser lixado.
Necessita de operações de corte de contorno comum (profile). Utiliza mais de 1 tipo de fresa. Somente permitido uso pessoal, não comercial.	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile). Somente permitido uso pessoal, não comercial.	Utilizar um martelo de borracha para ajustar os encaixes.	—	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile).	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile). Utilizar fresa de 8 mm. É sugerido o uso de cantoneira, bucha e parafuso para fixação de segurança da última prateleira da estante na parede. Também são sugeridos ajustes de encaixe para materiais com acabamento laminado melamínico, lixado ou outro. É apresentada manual técnico com informações detalhadas.	Necessita de operações de corte de contorno comum (profile). Também apresenta manual técnico com informações detalhadas.

Quadro 8 — Análise de mercado de móveis de open design (parte 3). Fonte: ^(1.)Steiner e Ierodionou (2016) e Opendsk (2023a); ^(2.)3axis.co (2023d); ^(3.)CNC Flatpack (2023); ^(4.)Studio Kowalewski (2023), Causa (2023) e 3axis.co (2023c); ^(5.)Palandjoglou (2014); ^(6.)Mono Design (2023) e Opendsk (2023f); ^(7.)3axis.co (2023b); ^(8.)Pachek (2014); ^(9.)Branca (2023), 3axis.co (2023a) e Design by SMK (2023); ^(10.)Zhang (2015); ^(11.)3axis.co (2023e); ^(12.)Opendsk (2023b); ^(13.)Opendsk (2023c); ^(14.)3B Archi (2023); ^(15.)Minima Design ZA (2023); ^(16.)Opendsk (2023d); ^(17.)Opendsk (2023a); ^(18.)Leandro (2018); ^(19.)FIT (2023a; 2023b; 2023c); ^(20.)AtFAB (2023).

A partir das informações coletadas na análise de mercado, puderam ser avaliados os móveis disponibilizados e baixados em plataformas virtuais para a escolha da opção que melhor atenderia a produção por fabricação digital e estudo da percepção dos materiais pelos usuários.

4.2.1.2. Escolha da melhor solução

Para Löbach (2001), a escolha da melhor solução se dá a partir da avaliação das alternativas dadas para que se possa ponderá-las pelos critérios estabelecidos. Dessa forma, com todos os critérios e dados coletados, faz-se possível algumas considerações, dentro dessa demanda de produtos, e direcionamentos para a seleção do móvel mais adequado.

Ponderando de modo ordenado, a **tipologia** dos móveis de open design são bancos e cadeiras, seguidos por mesas, estantes, armários e aparadores. Neste cenário, justifica-se pela versatilidade de criação e adaptação desses móveis, pela facilidade de montagem e pelas características estéticas que podem agregar ao uso. Pode-se perceber que são produtos voltados para interiores residenciais, em cômodos como sala de estar e sala de jantar, ou seja, espaços de maior socialização da casa, onde comumente são ambientes em que se valorizam formas e estilos agradáveis.

Ao visualizar as imagens das 20 fabricações digitais não se identifica, a princípio, que são móveis **montados por encaixes**. Parecem despojados e agradáveis, também tendo uma coloração quente (amarronzada ou amarelada) em concordância com os painéis de derivados da madeira utilizados.

A maioria dos produtos foram **desenvolvidos por designers** — percebe-se pelo fato de que alguns produtos têm nomes específicos — e compartilhados em **plataformas** como a 3axis, AtFAB, Autodesk Instructables, Etsy, FIT Furniture, Mono Design, Obrary, Opendesk, Vectors File e repositório de Design da UFAL. Metade dos móveis foram identificados com a licença Creative Commons (CC), sendo

recomendados para ambientes internos e disponibilizados gratuitamente, por meio das plataformas, por 12 móveis.

São móveis de baixa **complexidade de montagem**, via de regra, ficando em nível 1 e 2 de dificuldade em mais da metade dos produtos. Esses níveis indicam que a montagem é feita por encaixes simples sem uso ou pouco uso de acessórios/ ferragens de montagem e que não necessitaria mais de uma pessoa para a montagem. No geral, apresentam um estilo contemporâneo e minimalista com formato retilíneo de contornos curvos suaves.

Em suma, as plataformas fazem uma breve introdução sobre o que é o produto, mostram imagens dele produzido ou de seu projeto e disponibilizam os arquivos para baixar. Os **arquivos compartilhados** podem estar compactados ou não, contendo instruções de fabricação, montagem, uso e da licença de produto aberto. O formato em que as peças de corte são entregues podem ser em .DXF, .DWG, .CDR, .CRV, .SVG, .STL, .AI e .EPS.

Cada produto possui **características diferenciais** entre si, tais como suas dimensões. O *banco Edie*, por exemplo, seria o menor móvel com 350 x 360 x 350 mm (comp. x alt. x prof.), enquanto a *mesa de trabalho Lean* seria o maior com 2400 x 738 x 1600 mm (comp. x alt. x prof.), ambos da Opendesk.

Os painéis utilizados restringem-se aos multilaminados e fibrosos — compensados e MDF —, tendo **espessura** entre 9 mm e 30 mm. Já os **números de peças** variam entre 5 e aproximadamente 50 peças.

As **fabricações indicadas** são para corte por router CNC e máquina CNC de corte a laser também. Mais da metade dos produtos têm sua montagem feita unicamente por encaixes, sem o auxílio de colas, grampos, cavilhas ou parafusos, o que otimiza a quantidade de pessoas para montagem — ficando entre 1 ou 2.

Por fim, foram especificados os **acabamentos**, que poderiam ser lixados, impermeabilizados ou pintados — pois o compensado e o MDF permitiriam —, e

algumas observações de fabricação, montagem e uso destacadas pelas plataformas e/ou arquivos baixados.

No geral, são realizadas **operações de corte** de contorno comum (*profile*); a usinagem com fresa de 6 mm a 8 mm; lembrete de que somente é permitido o uso pessoal, enquanto o comercial pode ser negociável em algumas opções; e há a recomendação de ajustes dos encaixes de acordo com a espessura da chapa, para evitar erros e perdas.

De acordo com alguns dos parâmetros utilizados na análise de mercado, foi elaborado um processo de decisão baseado em Kotler e Keller (2018, p. 479). Para estudar o mercado relacionando o produto aos interesses dos consumidores, eles estabelecem uma análise de critérios baseada em 4 decisões: seguir adiante, abandonar, aguardar ou reciclar. Neste caso, foram utilizadas 3: “seguir adiante” quando o produto atende ao critério em avaliação, “abandonar” quando não o atende e “adaptar”, em substituição ao “reciclar”, quando pode ser cogitada sua adaptação — uma posição que abrange o contexto configurável do open design (figura 19).

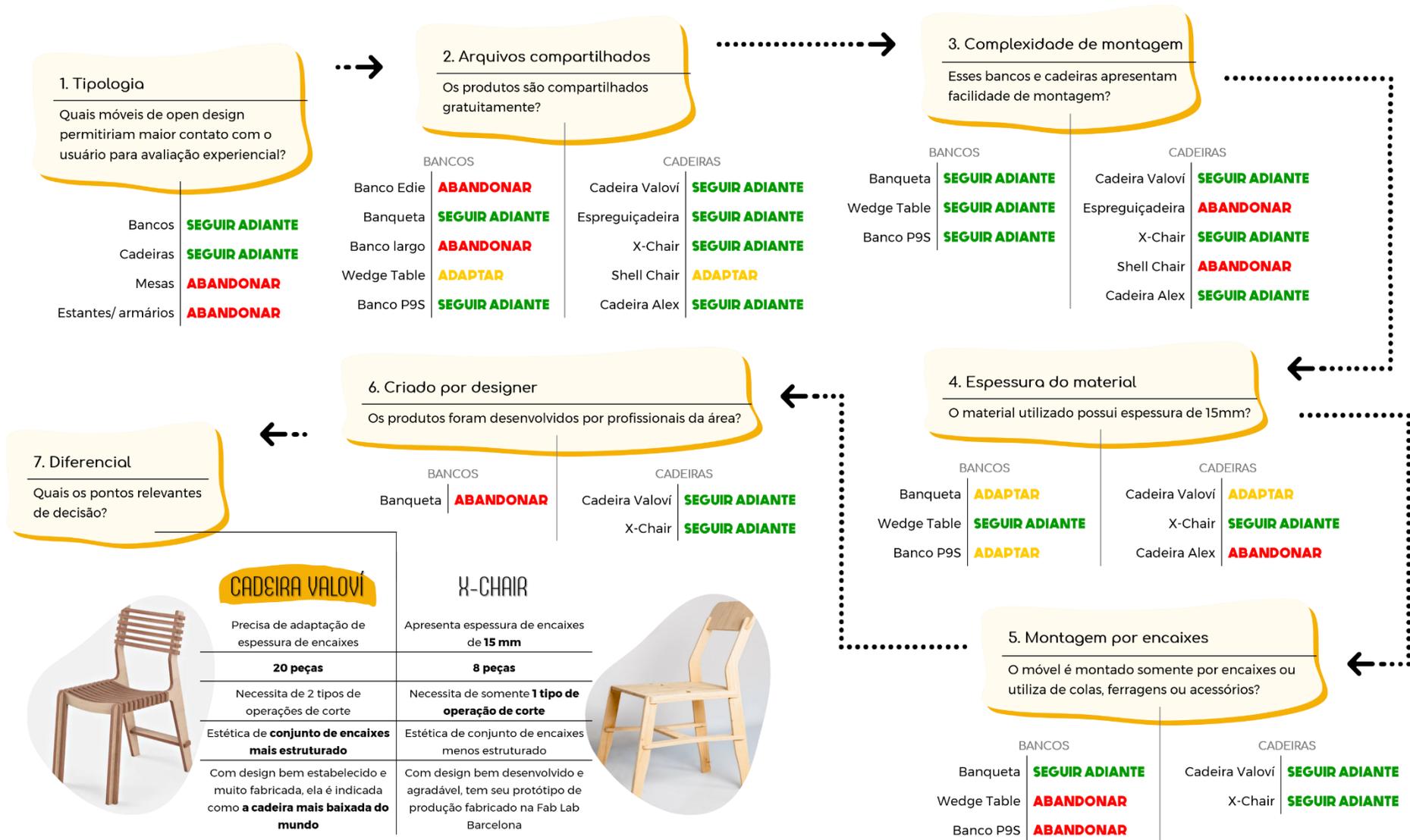


Figura 19 — Processo de decisão. Fonte: da autora com base em Kotler e Keller (2018).

Em conformidade com os critérios de tipologia, arquivos compartilhados, complexidade de montagem, espessura do material, montagem por encaixes, criado por designer e diferencial, foi eleita a cadeira Valoví, por atender aos critérios avaliados e agregar o título de “a cadeira mais baixada do mundo” — fazendo parte do Vitra Design Museum, na Alemanha, conhecido por seu grande acervo de mobiliários industriais —, o que torna sua estrutura, ergonomia, fabricação, montagem e uso bastante replicados e bem estabelecidos no nicho de móveis de open design.

4.2.2. Processo

A fabricação da cadeira Valoví por meio de maquinário CNC foi dividida em alguns estágios. Por ser um produto compartilhável e disponibilizado gratuitamente, aqui foram separados os processos de configuração de arquivos até o corte com a router CNC e a montagem.

Quanto ao processo de confecção das cadeiras, não há técnicas ou ferramentas estabelecidas. Por ser uma atividade industrial de aplicabilidade lógica, foram utilizados os passos do esquema de arquivos para fabricação por router CNC da figura 13. Enquanto isso, o processo de montagem ocorreu de forma intuitiva, porém com o auxílio de instruções fornecidas, em vídeo, por uma das plataformas de compartilhamento da cadeira.

Para esta microetapa, de conversão de arquivos e fabricação digital com máquina router CNC, foi buscada uma marcenaria/ empresa de móveis planejados local que disponibilizou seu espaço de produção para a configuração de arquivos e usinagem das cadeiras, voluntariamente.

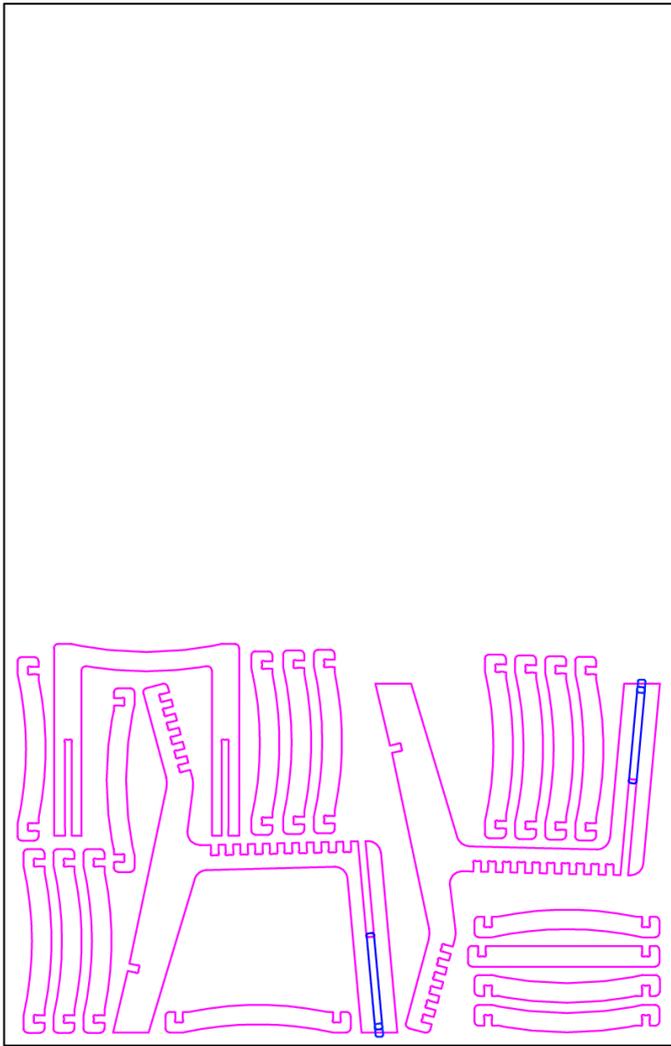
4.2.2.1. Arquivo CAD

O Desenho Assistido por Computador (*Computer-Aided Design* — CAD) é um arquivo que contém desenhos e formas vetoriais, ou seja, a partir dele é possível ter as formas geométricas de construção do desenho bem definidas. Geralmente, esses

arquivos são disponibilizados nos formatos DWG e DXF de leitura. Porém, como visto na análise de mercado, são oferecidos arquivos em diversos formatos vetoriais.

Com relação a cadeira Valoví, no site Mono Design — site distribuidor e parceiro do Studio dLux, criador da cadeira — é disponibilizado um único arquivo em formato DXF com algumas observações de fabricação digital e material de corte em inglês e português brasileiro — pois o designer dela é o brasileiro Denis Fujii.

As informações e observações de fabricação foram descritas dentro do arquivo configurável. E as peças estão dispostas para o melhor aproveitamento da chapa de 2,50 x 1,60 m — medida de um painel de compensado naval (figura 20).

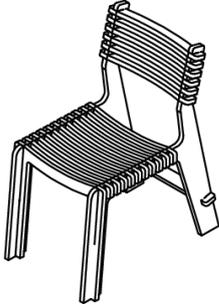


mono design

CADEIRA VALOVÍ
Versão: R0
Designer: Mono Design

Projetada para fresadora CNC
Fresa recomendada: 1/4"
Material: Compensado Laminado 2,50x1,60m 18mm

Designed for CNC Router
Recommended router bit: 1/4"
Material: 18mm Plywood



Esse design foi desenhado para ser produzido em compensado 18mm de espessura. Todos os encaixes possuem folgas padrões, mas devem ser checados na hora da produção, devido à diferença de espessuras que as chapas possuem. Caso tenha alguma dúvida ou sugestão sobre o projeto, basta entrar em contato conosco! Adoramos contribuir e encontrar novas soluções! Ao fazer o download desse design, você está de acordo com a licença Creative Commons na qual o produto foi registrado. A responsabilidade da produção por conta própria é inteiramente do usuário. A Mono Design, o Studio Dlux e a Opendesk não possuem nenhuma responsabilidade sobre nenhuma produção ou produto final que não foram produzidos por produtores autorizados.

This design was made to be produced in a 18mm plywood. All joints are designed with standard dimensions, be sure to check it in your production measuring your material thickness, they tend to have some thickness variation. If you have any questions or suggestions about this project, feel free to contact us at anytime! We love to hear feedbacks and figure out new solutions together! By downloading this design, you are under the creative commons license that this product was registered. Neither Mono Design, Studio Dlux or Opendesk have any responsibility on any production or final product not made by licensed makers.

Figura 20 — Arquivo CAD da cadeira Valoví em formato DXF. Fonte: Mono Design (2023).

Como a medida recomendada em arquivo é de 18 mm, as medidas de encaixes tiveram que ser ajustadas para a espessura de 15 mm, respeitando as folgas existentes no arquivo original. As alterações foram realizadas no software privado AutoCAD, disponível na empresa em que foi realizado o corte em router CNC. Esses ajustes serviram para a placa reciclada de tubo de creme dental e a de MDF cru. Como a placa reciclada de embalagem cartonada tinha medidas que oscilavam entre 13 mm a 11 mm — apesar de ter sido adquirida como placa de 15 mm —, os encaixes foram ajustados para a medida de 13 mm. Ainda, na peça frontal da cadeira, as medidas foram ajustadas de forma proporcional em comparação às medidas originais.

4.2.2.2. Arquivo CAM

A Manufatura Assistida por Computador (*Computer-Aided Manufacturing* — CAM) é um arquivo que realiza configurações para transformar modelos CAD em peças físicas, ou seja, ele cria os percursos que devem ser realizados pela máquina CNC. Para isso, foi utilizado o software privado Aspire — bastante utilizado para configurações de marcenaria em router CNC no mercado brasileiro, junto do ArtCAM — presente na empresa local de móveis planejados que configurou o corte e explicou esses processos que são esmiuçados.

Todas as placas foram configuradas do mesmo modo, somente com alturas de corte diferentes devido as suas espessuras. A placa reciclada de embalagem cartonada foi configurada com corte em profundidade de 13.3 mm e as outras 2 placas tiveram profundidade de corte de 15.3 mm.

Os cortes de preenchimento foram configurados com 2 mm e 3 mm de profundidade, como indicado no arquivo original. Foram definidas 2 passagens de corte, ou seja, a fresa passou 2 vezes pelo mesmo contorno, usinando a 1ª metade da profundidade, depois a 2ª metade. Essa configuração foi feita pensando em dar um melhor acabamento aos materiais reciclados, pois a empresa somente corta chapas de MDF em 1 passagem, tornando as chapas recicladas um material novo para usinagem. Desse modo, os 3 materiais foram usinados em 2 passagens.

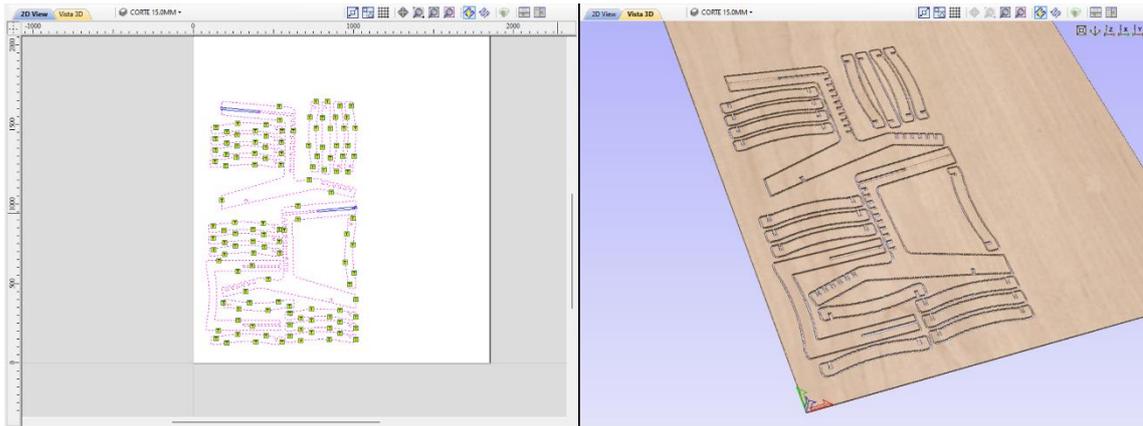


Figura 21 — Arquivo CAM com as configurações de cortes e percursos. Fonte: da autora (2023).

Durante a configuração foram adicionadas 6 pontes em cada peça — que podem ser vistas como quadradinhos amarelos na visualização 2D da figura 21. Elas são finas ligações que são mantidas entre a peça e a chapa, esse recurso é utilizado quando as peças têm dimensões pequenas, assim, quando é realizada a usinagem que recorta a peça do todo da chapa, ela pode movimentar um pouco, sendo suficiente para prejudicar o corte. Com as pontes, as peças mantêm-se superficialmente unidas. Por fim e muito importante, o percurso foi definido com a utilização de uma fresa de topo reto de 6 mm — ferramenta usual da empresa. Após todas essas configurações, o arquivo foi salvo no formato G-code para ser lido e executado o corte na router CNC.

4.2.2.3. Arquivo G-code

O G-code ou Código G é uma linguagem de programação universal para máquinas CNC, ou seja, o arquivo G-code envia comandos ordenando os movimentos a serem reproduzidos pela máquina. Desse modo, com o arquivo de corte configurado, ele foi transferido para a router CNC por meio de um dispositivo de armazenamento (ou pen drive). No computador da máquina, o arquivo é executado pelo software privado Mach3, que controla o movimento dos motores da máquina através do G-code (figura 22).



Figura 22 — Arquivo G-code sendo lido pela router CNC. Fonte: da autora (2023).

Antes de iniciar o corte, uma configuração essencial precisa ser realizada com esse software, o que se chama de “zerar a máquina”, em outras palavras, marcar o ponto zero de todos os 3 eixos, pois assim, a máquina usa o ponto zero como referência para os cortes em percurso.

4.2.2.4. Fabricação digital por router CNC

Antes de iniciar o corte, com tudo já configurado, é preciso ligar as bombas de vácuo para evitar movimentações da chapa na mesa e ligar o aspirador para evitar que pó e resíduos do material em corte prejudiquem a usinagem. Feito isso, os cortes iniciaram-se pela chapa de MDF cru, seguida da chapa de tubo de creme dental e da chapa de embalagem cartonada (figura 23). Uma observação sobre o armazenamento dos materiais é que eles estavam em posição horizontal (ou deitados) para evitar empenamentos.

A escolha de a usinagem ser iniciada pela chapa de MDF cru deu-se pela possibilidade de que se ocorresse algum erro de configuração ou medidas de encaixes, o corte poderia ser ajustado e refeito na mesma chapa de dimensões de 2,75 x 1,85 x 0,15 m. Coincidentemente, por uma questão de configuração de percurso, alguns cortes precisaram ser refeitos. Porém, todos os encaixes funcionaram bem, então a próxima cadeira também poderia ser usinada sem ajustes adicionais. Logo, os cortes da 2ª e 3ª cadeiras ocorreram bem (figura 24).



Figura 23 — Chapas em corte por máquina router CNC. Fonte: da autora (2023).



Figura 24 — Chapas com corte finalizado por máquina router CNC. Fonte: da autora (2023).



Figura 25 — Chapas desenhadas. Fonte: da autora (2023).

Os cortes realizados nos diferentes materiais tiveram comportamentos semelhantes. Após todos os cortes, as peças foram desenformadas das chapas, ou seja, retiradas (figura 25). Elas não ficaram totalmente soltas por conta das pontes colocadas. Na figura 26, vê-se pequenas bordinhas em forma de pingo nas peças usinadas dos 3 materiais, elas são as pontes.



Figura 26 — Marcas das pontes nas peças usinadas. Fonte: da autora (2023).

Sobre o aspecto dos painéis reciclados desenformados, eles apresentam uma aparência de material encrustado no contorno das partes usinadas. A composição das placas pode explicar tal aspecto, pois: pelo MDF cru ser composto de fibras de madeira, seu aspecto é mais homogêneo, fragmentando-se em forma de pó na ação de corte; as outras 2 placas são compostas por diferentes materiais reciclados moídos e prensados, assim, seu aspecto é menos homogêneo quando comparado ao MDF cru, e quando fragmentadas pela ação da usinagem, produzem essas crostas, supostamente, como deformação do plástico pela alta temperatura da fresa em rotação.

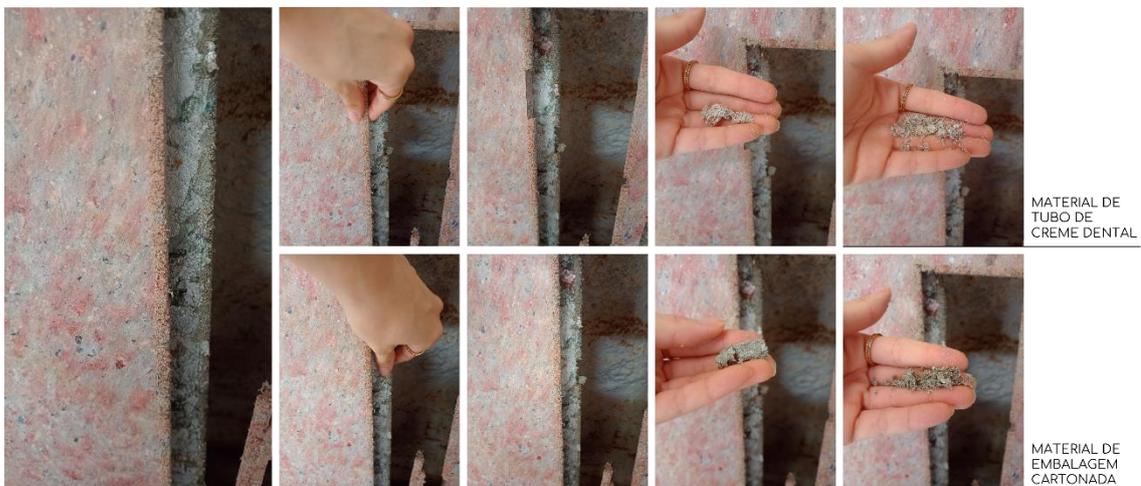


Figura 27 — Imagens sequenciais da aparência dos materiais reciclados desenformados. Fonte: da autora (2023).

As crostas mostradas não são duras ou resistentes, podendo ser retiradas com as mãos, sem o uso de qualquer tipo de ferramenta fragmentam-se com a pressão dos dedos (figura 27). Outra influência desse aspecto comentado é a geração de resíduos durante o corte. Pela fragmentação do MDF como pó, ele se expande produzindo mais sujeira e formando uma névoa de pó durante o corte, enquanto os 2 materiais reciclados fragmentam-se em pequenos pedaços.



Figura 28 — Diferença de resíduos produzidos pelos materiais. Fonte: da autora (2023).

Na figura 28, mostra-se a diferença de resíduos produzidos no corte por router CNC e serra circular. Em ambas as imagens, os resíduos do pó do MDF são mais presentes. E ao final de tudo, com todas as chapas usinadas e desenformadas, as peças foram levadas — a um ambiente residencial — para o processo de montagem fora da oficina de produção da empresa.

4.2.2.5. Montagem

Apesar de não haver manual de montagem ou arquivo compartilhado que exemplificasse os encaixes da cadeira, o processo de montagem foi realizado de acordo com um vídeo disponível no canal do Studio dLux, no YouTube, em que o designer da cadeira Valoví realiza sua montagem em 1min30 (um minuto e trinta segundos) (figura 29).



Figura 29 — Sequência de montagem da cadeira Valoví por Denis Fujii. Fonte: adaptado de Studio dLux (2015).

Distante da montagem de 1min30 apresentada, foram necessárias algumas ferramentas e 2 dias inteiros para o lixamento, corte e limpeza de rebarbas e encaixes ajustados de montagem das 3 cadeiras. Inegavelmente, a cadeira de MDF cru foi a mais demorada, levando 1 dia inteiro para ser montada, enquanto as 2 cadeiras recicladas levaram meio dia para a montagem e a outra metade do dia foi utilizada para o lixamento e limpeza de rebarbas de todas.

As ferramentas (ou acessórios) utilizados na montagem foram: 1 martelo de borracha, 1 pano limpo, 1 pincel (sendo opcional), 1 estilete, 1 tesoura, 2 lixas (uma mais áspera de número 80 e outra menos áspera de número 150) e 1 pedaço de MDF fino para apoio das lixas (figura 30).



Figura 30 — Ferramentas utilizadas no processo de montagem das cadeiras. Fonte: da autora (2023).

As lixas com o pedaço de MDF fino foram necessários para lixar bem algumas peças com dificuldade de encaixe e suavizar as quinas/ arestas das peças do assento e respaldo. O estilete e a tesoura foram usados para retirar as pontes e rebarbas dos materiais reciclados que podem ser mais resistentes de sair somente com as lixas.

No caso da placa de tubo de creme dental foram retirados os excessos comuns. Porém, na placa de embalagem cartonada, como a espessura da placa oscilava um pouco na extensão da chapa, algumas partes com 13 mm, 12 mm ou 11 mm ficaram mal cortadas, precisando de estilete para aparar essas bordas. Os painéis dos outros 2 materiais mantiveram a medida de 15 mm de espessura — de acordo com os produtos comprados —, diferentemente do reciclado de embalagem (figura 31).

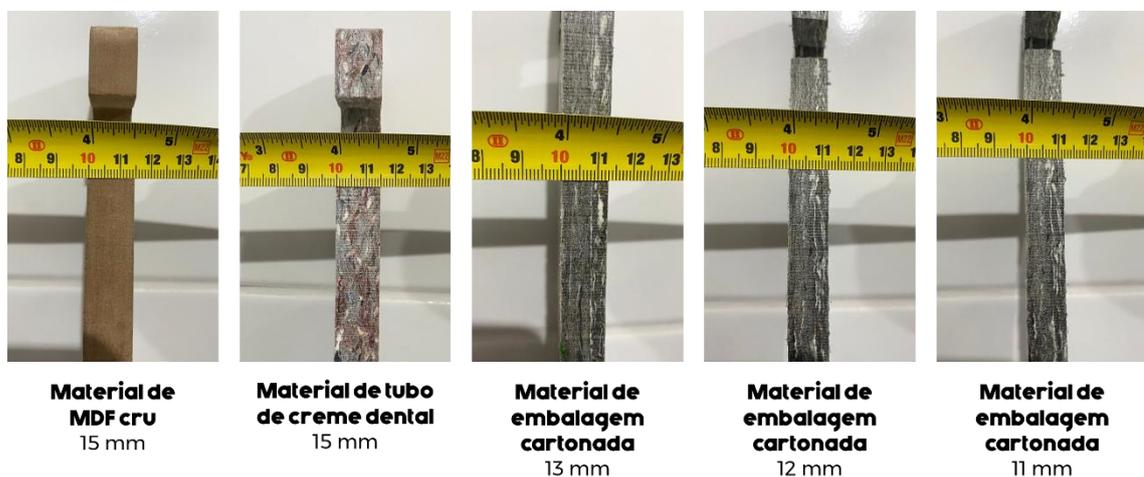


Figura 31 — Espessuras das peças usinadas. Fonte: da autora (2023).

O pano limpo e pincel foram usados para a limpeza dos resíduos de lixamento nas peças. O martelo de borracha foi utilizado para pressionar alguns encaixes mais resistentes. Sobre os encaixes, a cadeira de MDF cru foi a mais trabalhosa de montar, com encaixes muitos justos que precisaram ser lixados várias vezes e bem martelados. A cadeira de placa de tubo de pasta de dente foi encaixada com certa facilidade, porém precisou de alguns lixamentos e marteladas para ajustes e acabamentos. E a cadeira de placa de embalagem cartonada foi encaixada tranquilamente, sem precisar de lixamentos adicionais ou marteladas, porém, os encaixes pareciam um pouco frouxos.

As cadeiras foram montadas de acordo com a sequência realizada, em vídeo, pelo designer Denis Fujii.



Figura 32 — Estágios do processo de montagem das 3 cadeiras. Fonte: da autora (2023).

Seguindo os passos indicados, a sequência de imagens mostra o encaixe estrutural das peças laterais e da peça frontal, a montagem do assento, a montagem do respaldo, o travamento com a peça inferior, finalizando com a visualização da parte posterior da cadeira (figura 32).

A princípio, a ideia era propor a montagem das cadeiras pelos usuários, inserindo-os dentro de parte do contexto de open design. No entanto, apesar de ser um móvel de encaixes, dando a entender sua fácil montagem e desmontagem a qualquer momento, foi observado que, assim como outras fabricações moveleiras, esse processo não é adequado. Neste caso, os encaixes são projetados para ficarem justos, então encaixes e desencaixes seguidos prejudicariam a qualidade das cadeiras nas folgas, e também, o uso seguido de ferramentas (como martelo de borracha) danificaria o material. Um exemplo disso, foram pequenas fissuras produzidas durante os desencaixes para o lixamento das peças de MDF cru durante a montagem.

Finalizadas as cadeiras, verificou-se que elas são utilizáveis, melhor dizendo, ao sentar o usuário não iria cair ou se machucar ao usá-la. Assim, elas já poderiam ser distribuídas aos usuários para o estudo de percepção.

4.3. Criando visão de experiência dos materiais

Nesta 3ª etapa, desenvolveu-se a forma avaliativa de percepção sobre os produtos e seus materiais, e também foram coletados alguns dados complementares sobre os usuários e seus hábitos e apontadas breves observações sobre as condições de pós-uso das cadeiras.

4.3.1. Matriz de diferencial semântico

Para a avaliação das caracterizações experienciais pelos usuários, foi desenvolvida a ferramenta de Matriz de Diferencial Semântico (MDS). Ela consiste na utilização de palavras opostas ou antônimas para avaliação por escala, então a

percepção do avaliador pode variar entre os extremos. Essa construção foi baseada em:

- **Giaccardi e Karana (2015)**, em seu artigo, apresentam 4 níveis experienciais na relação com os materiais: sensorial, interpretativo, afetivo e performático. O nível sensorial é aquele que ocorre através dos 5 sentidos (visão, tato, olfato, audição e paladar); O nível interpretativo ocorre quando julgamos, interpretamos e damos significados aos materiais; O nível afetivo ocorre quando desencadeamos nossas emoções, podendo acontecer de forma inconsciente; E o nível performático ocorre quando todos os outros níveis nos afetam, emoções, significados e percepções sensoriais influenciando as performances em torno dos objetos materiais. Neste caso, são abordados os aspectos experienciais a nível sensorial, interpretativo e performático.
- **Dias (2009)**, em sua tese, desenvolveu uma metodologia em que explora essa ferramenta, disponibilizando em seus apêndices (p. 295) um largo vocabulário de atributos para compreender o perfil subjetivo do material.
- **Anaya e González (2022)**, em seu artigo, apresentam a ferramenta e sua aplicação em um estudo comparativo da percepção de usuários sobre a cadeira de rodas padrão.

Dessa forma, os aspectos sensoriais, interpretativos e performáticos nomearam os 3 grupos de pares de adjetivos escolhidos. Foram selecionados os atributos que melhor se adequavam a avaliação de percepção sobre as cadeiras e seus materiais (quadro 9).

ASPECTOS SENSORIAIS		ASPECTOS INTERPRETATIVOS		ASPECTOS PERFORMÁTICOS	
ÁSPERO	LISO	FEIO	BONITO	DESCONFORTÁVEL	CONFORTÁVEL
MACIO	DURO	DISCRETO	CHAMATIVO	LEVE	PESADO
BARULHENTO	SILENCIOSO	VELHO	NOVO	FRÁGIL	RESISTENTE
OPACO	BRILHANTE	TRADICIONAL	INOVADOR	FRACO	FORTE
CHEIRO RUIM	CHEIRO BOM	ANTIQUADO	MODERNO	INSEGURO	SEGURO
FRIO	QUENTE	COMPLICADO	SIMPLES	DIFICULDADE DE USO	FACILIDADE DE USO
		MONÓTONO	DIVERTIDO	NÃO SATISFATÓRIO	SATISFATÓRIO
		ARTIFICIAL	NATURAL	NÃO PERSONALIZÁVEL	PERSONALIZÁVEL
		ARTESANAL	INDUSTRIAL	DIFÍCIL MANUTENÇÃO	FÁCIL MANUTENÇÃO
		SUJO	LIMPO	PÉSSIMA QUALIDADE	ÓTIMA QUALIDADE
		NÃO CONFIÁVEL	CONFIÁVEL		
		NÃO COMPRARIA	COMPRARIA		

Quadro 9 — Pares de adjetivos usados na MDS. Fonte: da autora (2023).

A MDS foi aplicada aos usuários por meio de formulários digitais (apêndice A). A pesquisa era enviada diariamente, durante os 5 dias de estudo da percepção. E nela, constavam 6 seções de perguntas, utilizadas em diferentes formulários: no dia 1, o formulário continha as seções 1, 2, 3, 4 e 5; nos dias 2, 3 e 4 continham as seções 2, 3, 4 e 5; e no dia 5 continha as seções 2, 3, 4, 5 e 6. Quanto aos usuários intermediados, que respondiam somente uma vez, o formulário continha as seções 1, 2, 3, 4 e 5.

- **Seção 1:** buscava coletar dados pessoais dos usuários, como nome, idade, sexo, peso, altura e outros;
- **Seção 2:** buscava informações sobre os usos das cadeiras, como atividades desenvolvidas com ela, tempo médio de uso, imagens dos usos e outros;
- **Seção 3:** buscava colher as avaliações a nível sensorial através da MDS;
- **Seção 4:** buscava colher as avaliações a nível interpretativo através da MDS;
- **Seção 5:** buscava colher as avaliações a nível performático através da MDS;
- **Seção 6:** buscava algumas informações complementares, como entender o que o usuário achou da experiência de 5 dias, suas observações sobre pontos positivos e negativos e outros.

The image shows a digital survey form interface. At the top, there is a header image of two wooden chairs. Below this, the form is organized into six sections, each with a title and a description. Section 1 is titled 'PERCEPÇÃO DE USO - DIA...' and includes a description of the form and a link to 'Alterar configurações'. Section 2 is titled 'USOS'. Section 3 is titled 'ASPECTOS SENSORIAIS' and asks for sensory evaluations. Section 4 is titled 'ASPECTOS INTERPRETATIVOS' and asks for interpretations. Section 5 is titled 'ASPECTOS PERFORMÁTICOS' and asks for performance evaluations. Section 6 is titled 'EXPERIÊNCIA DE USO'. A sidebar on the right contains icons for adding, deleting, and editing sections, as well as a 'Tr' icon and a list icon. The form is currently in an editing state, as indicated by the 'Seção 1 de 6' label and the 'Alterar configurações' link.

Figura 33 – Formulário online aplicado em edição. Fonte: da autora (2023).

A figura 33 mostra como os formulários eram apresentados graficamente. Todos continham suas determinadas seções e havia uma imagem da cadeira Valoví como capa para associação visual com a experiência em curso.

4.3.1.1. Conhecendo os usuários e seus hábitos

Conhecendo os usuários, os participantes inserem-se em 2 grupos: usuários selecionados e intermediados. Os selecionados estão dentro de 3 características relacionadas ao sexo, idade e ambiente de uso da cadeira. Assim, eles estão distribuídos como pessoas do sexo feminino e masculino, em 3 faixas etárias — abaixo

dos 30 anos, entre 30 e 55 anos e acima dos 55 anos — e com disponibilidade de uso em ambiente residencial e laboral. Dessa forma, para a avaliação de cada material há usuários presentes nas 3 características. Ainda, tanto para o uso residencial quanto laboral, há usuários dos 2 sexos e presentes nas 3 faixas de idade.

Os participantes selecionados poderiam compartilhar o uso da cadeira, pois as utilizava em residências familiares, dessa maneira seria possível ter percepções de usuários intermediados, uma vez que participaram do estudo de forma intermediada, voluntária e colaborativa.

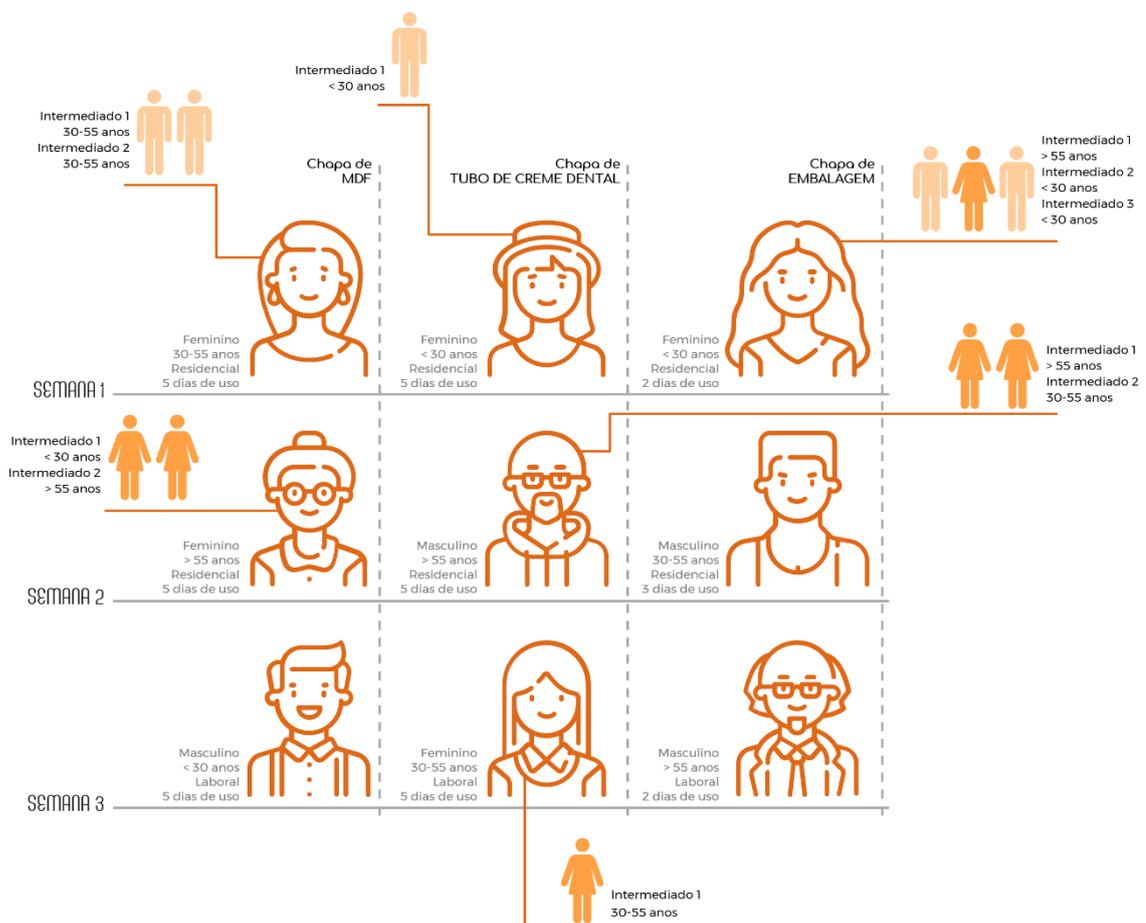


Figura 34 – Usuários selecionados e intermediados. Fonte: da autora (2023).

Na figura 34, visualiza-se todos os usuários participantes em suas respectivas semanas, enquanto no quadro 10 apresentam-se mais informações coletadas sobre os usuários selecionados e intermediados.

USUÁRIOS (n. semana)	SEXO	IDADE	PROFISSÃO	ESCOLARIDADE	PESO (kg)	ALTURA (m)	TEMPO DE USO (total)	DIAS DE USO	AMBIENTES DE USO
MDF (1)	Feminino	54	Dona de casa	Ensino médio completo	64	1,56	11h	5	Residencial
Intermediado A	Masculino	54	Funcionário público	Ensino médio completo	90	1,76	25min	1	Residencial
Intermediado B	Masculino	31	Professor	Doutorado	74	1,80	20min	1	Residencial
MDF (2)	Feminino	67	Aposentada	Ensino fundamental incompleto	56	1,45	10h30	5	Residencial
Intermediado A	Feminino	27	Atendente	Ensino médio completo	65	1,60	40min	1	Residencial
Intermediado B	Feminino	75	Aposentada	Ensino médio incompleto	57	1,45	30min	1	Residencial
MDF (3)	Masculino	25	Costureiro	Ensino superior incompleto	54	1,79	16h30	5	Laboral
TUBO (1)	Feminino	29	Artista visual	Ensino superior completo	85	1,73	6h10	5	Residencial
Intermediado A	Masculino	29	Produtor cultural	Ensino superior completo	66	1,76	1h	1	Residencial
TUBO (2)	Masculino	69	Aposentado	Ensino fundamental incompleto	74	1,70	1h55	5	Residencial
Intermediado A	Feminino	75	Aposentada	Ensino médio incompleto	55	1,45	30min	1	Residencial
Intermediado B	Feminino	47	Empregada doméstica	Ensino médio incompleto	68	1,59	25min	1	Residencial
TUBO (3)	Feminino	50	Auxiliar de tesouraria	Ensino médio completo	73	1,67	25h	5	Laboral
Intermediado A	Feminino	41	Operadora de caixa	Ensino superior incompleto	54	1,59	5h	1	Laboral
EMBALAGEM (1)	Feminino	24	Atendente	Ensino médio completo	87	1,55	40min	2	Residencial
Intermediado A	Masculino	57	Corretor de imóveis	Ensino superior completo	75	1,72	5min	1	Residencial
Intermediado B	Feminino	28	Chef de cozinha	Ensino superior completo	87	1,62	10min	1	Residencial
Intermediado C	Masculino	27	Professor	Ensino superior incompleto	80	1,72	2min	1	Residencial
EMBALAGEM (2)	Masculino	54	Funcionário público	Ensino médio completo	90	1,76	1h10	3	Residencial
EMBALAGEM (3)	Masculino	57	Professor	Especialização	60	1,60	2h35	2	Laboral

Quadro 10 – Informações coletadas sobre os usuários respondentes selecionados e intermediados. Fonte: da autora (2023).

As escolhas para a diversidade de usuários, não intencionou uma análise comparativa direta entre os sexos, faixas etárias ou ambientes domésticos e de trabalho, mas abranger diferentes percepções avaliativas que poderiam evidenciar, espontaneamente, essas particularidades. Da mesma forma, as informações coletadas sobre os usuários, além das avaliações da MDS, não intencionaram uma intersecção direta de dados, mas conhecer quem são esses usuários e como suas condições influenciaram seus hábitos e percepções.

Conhecendo seus hábitos, verificou-se que os usuários selecionados com uso em ambiente laboral foram os que utilizaram as cadeiras por mais tempo em comparação aos outros de mesmo material.



Figura 35 — Usos das cadeiras pelos 9 usuários selecionados. Fonte: da autora (2023).

Quanto aos usuários selecionados de ambientes residenciais, os usos foram diversos: usando o celular, assistindo televisão, em refeições e lanches, em leitura, em *home office*, em conversas diárias etc. Na figura 35, pode-se ver algumas imagens desses usos que foram registradas pelos próprios usuários selecionados, nelas constam usos em ambientes residenciais e laborais.

4.3.1.2. Observações pós-uso

As cadeiras foram entregues aos usuários selecionados para serem utilizadas por 5 dias seguidos. Após as 3 semanas de uso, elas foram recolhidas como se apresentam na figura 36.

De modo geral, percebe-se que a cadeira de MDF cru apresentou uma coloração mais escura e com pequenas manchas. Isso ocorreu devido a sua textura ser mais porosa quando comparada a dos materiais reciclados — apesar de ser menos porosa que a de outros derivados da madeira —, fazendo com que retenha mais sujeiras.

A cadeira reciclada de tubo de creme dental também não mostra mudanças significativas, porém, sofreu uma pequena deformação em uma das pernas em decorrência de um “mau uso”, de acordo a última usuária. Ela explicou que ao trabalhar com 2 telas, rotacionou o corpo, fazendo com que uma das pernas girasse um pouco, o que justificaria a abertura de encaixe e o mau encaixe nessa perna.

Por fim, a cadeira reciclada de embalagem cartonada foi a que sofreu maiores deformações ao apresentar acentuada curvatura das peças laterais, aberturas e desencaixes na junção entre as peças laterais e frontal e a ausência da peça de travamento inferior em consequência do seu rompimento. Observou-se que a ruptura da trava inferior aconteceu pela pressão exercida sobre o assento e, conseqüentemente, sobre as peças laterais. Alguns possíveis motivos da evidente deformação neste material podem ser voltados para a sua espessura menor, suas folgas de encaixes, sua textura lisa ou não porosa, sua elasticidade ou todos eles juntos.



Figura 36 — Imagens das cadeiras após os dias de avaliação com os usuários. Fonte: da autora (2023).

De acordo com as imagens de pós-uso das cadeiras, foram destacados alguns detalhes em desconformidade com a entrega (figura 37).

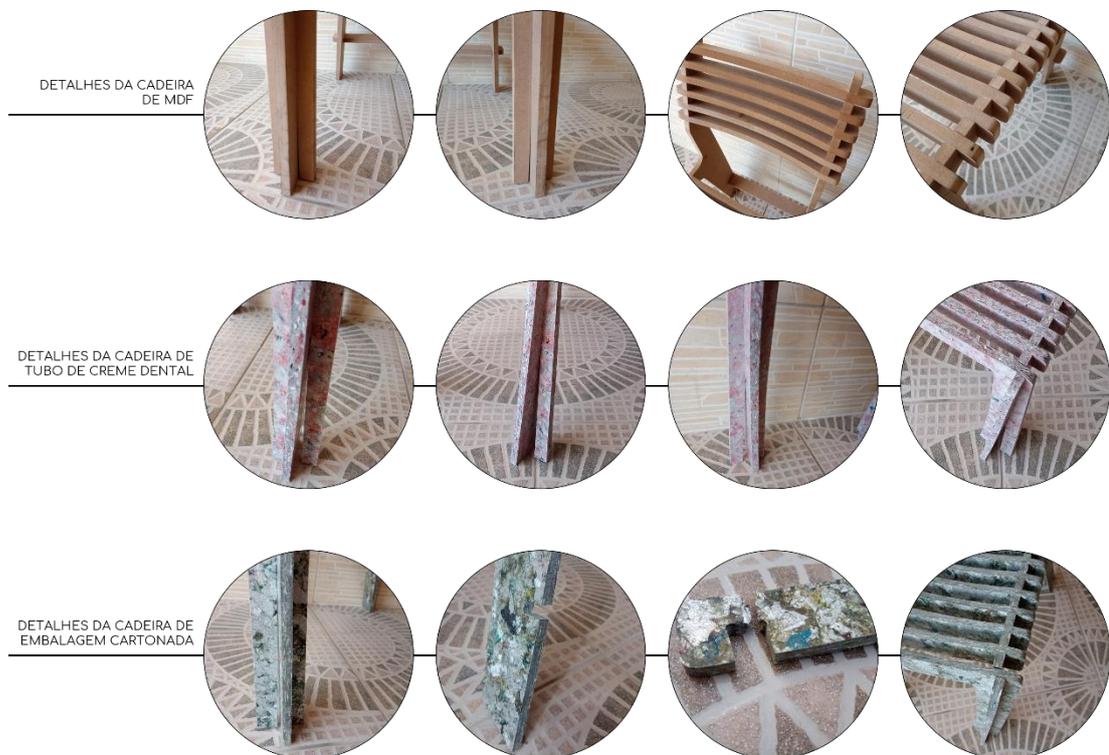


Figura 37 — Detalhes das imagens das cadeiras após os dias de avaliação com os usuários. Fonte: da autora (2023).

Evidenciou-se que a cadeira de MDF cru foi a que mais sofreu mudanças estéticas; a reciclada de tubo de creme dental teve uma deformação pontual em uma das pernas; e a cadeira de embalagem cartonada foi a que mais teve deformações, resultando na ruptura de uma de suas peças.

4.4. Manifestando padrões de experiência dos materiais

Nesta 4ª e última etapa, sintetiza-se os resultados obtidos e refletidos sobre as interações entre os usuários e as cadeiras. Uma amálgama de significados e interpretações que ajudam a identificar padrões e a ter outras percepções ao lidar com determinados materiais.

Para esclarecer as relações do design de experiência com e através dos materiais, Giaccardi e Karana (2015, p. 2450) apresentam um esquema de ligações

triangulares simultâneas. No triângulo estrutural encontram-se os materiais — uma composição de matérias com características e propriedades específicas —, as pessoas — com percepções, vivências e valores próprios — e práticas — que são tidos como “modos de fazer”, ou seja, seriam as ações praticadas. Entre esses 3 pilares chamados de “nós” relacionam-se os encontros — as interações entre as pessoas e os materiais —, as performances — encontros recorrentes na relação entre pessoas e práticas — e as colaborações — na relação entre materiais e práticas, são mudanças no material desenvolvidas por encontros recorrentes.

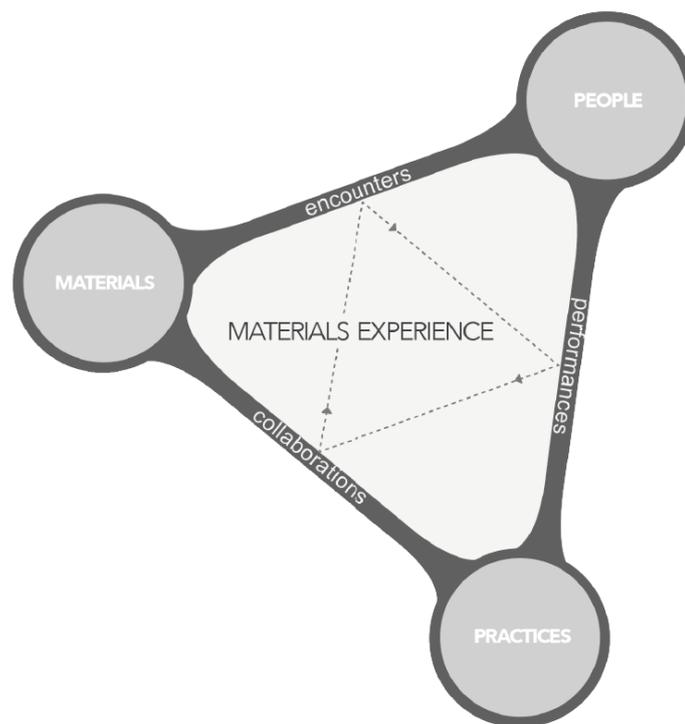


Figura 38 — Estrutura de experiência dos materiais. Fonte: Giaccardi e Karana (2015).

O esquema da figura 38 ajuda a entender as conexões manifestadas na experiência com os materiais. Os padrões e reflexões extraídos no estudo da percepção do usuário foram destrinchados no capítulo de resultados e discussões. O que se pode destacar neste primeiro momento é que as interações são levadas pela percepção individual do usuário e, como as cadeiras foram utilizadas tal qual na vida, não acontecem de modo segmentado e ordenado, mas de forma paralela e coexistente como as vivências experienciais reais. Dessa maneira, isso precisa ser continuamente lembrado ao avaliar tais relações (GIACCARDI; KARANA, 2015).

Caracterizações não experienciais 5.1.

Caracterizações experienciais 5.2.

Aspectos sensoriais 5.2.1.

Aspectos interpretativos 5.2.2.

Aspectos performáticos 5.2.3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões fazem parte da 4ª etapa da metodologia projetual, devendo analisar e discutir os resultados obtidos. Esses, foram comentados em suas respectivas seções de caracterizações não experienciais e experienciais.

5.1. Caracterizações não experienciais

Como forma de reconhecer os materiais, o método MDD sugere que o designer os compreenda através de caracterizações técnicas e experienciais. Neste caso, a caracterização técnica não é um foco de estudo, pois não foram realizados experimentos ou testes físico-mecânicos para tais avaliações. Porém, algumas informações ajudam a compreender parte da percepção de uso do produto e assimilar, ainda que moderadamente, o custo-benefício da aquisição dos materiais utilizados. Desse modo, a intitulação como caracterizações não experienciais pretendeu apresentar 6 características diferenciais — e já destacadas nos critérios de seleção por filtragem — entre os materiais, e consequentemente entre as cadeiras: dimensão do material, preço do material, peso do produto, peso do material, localidade da empresa fornecedora do material e a indicação de impermeabilidade à água do produto (figura 39).



Figura 39 — Caracterizações não experienciais das cadeiras e seus materiais. Fonte: da autora (2023).

As chapas de MDF cru, de tubo de creme dental e de embalagem cartonada, mediam 2,75 x 1,83 x 0,15 m, 2,20 x 1,10 x 0,15 m e 2,20 x 1,10 x 0,15 m, respectivamente, e pesavam 56 kg e 35 kg para as 2 últimas. Quanto ao peso de cada cadeira, elas foram medidas com uma mesma balança digital comum de peso corporal — da marca Casita. Nela, foi apoiada uma tábua de madeira que serviu de suporte para as cadeiras. Por isso, ainda que dado o devido desconto nas medidas, os valores apresentados são tidos como aproximados em função de não ter sido utilizada uma balança de precisão adequada. Tendo isso em consideração, o peso inicial aproximado da cadeira de MDF cru foi de 7,3 kg, o da reciclada de tubo de creme dental foi de 9,8 kg e o da reciclada de embalagem cartonada foi de 8,6 kg. Após o período de avaliações por todos os usuários, elas foram pesadas novamente, tendo como peso final 7,3 kg, 9,7 kg e 8,4 kg, respectivamente. Uma atenção deve ser dada à margem de imprecisão do aparelho utilizado que seria de 200 gramas de diferença. Logo, não é possível afirmar que houve perda de massa do material, o que constataria a diminuição de sua densidade, e conseqüentemente, sua rigidez e estabilidade dimensional.

Os materiais foram comprados com fornecedores diferentes. A chapa de MDF cru foi adquirida com empresa localizada dentro da cidade de Maceió (AL) e teve sua entrega realizada no mesmo dia. Enquanto isso, a chapa reciclada de tubo de creme dental e de embalagem cartonada foram adquiridas com empresas fornecedoras localizadas em Bom Jesus dos Perdões (SP) e São Caetano do Sul (SP), respectivamente, e entregues em algumas semanas por empresas de transportes.

O preço da placa de MDF cru foi de R\$ 223,70, o da reciclada de tubo de creme dental foi de R\$ 379,00 e o da reciclada de embalagem cartonada foi de R\$ 212,00. Aos valores comparativos, não foram adicionados os custos da logística de entrega, tendo em vista que há grande variação de preços a depender da empresa fornecedora ou da empresa terceirizada para o fretamento fracionado. Então, verifica-se que o painel reciclado de embalagem foi o que custou menos e o painel reciclado de tubo de creme dental foi o que custou mais, no entanto, ainda que ambos apresentaram dimensões menores que o MDF, possuem uma característica vantajosa que é a sua

impermeabilidade, o que deixa o MDF em desvantagem, dependendo de sua aplicação e uso.

Todavia, os dados obtidos não definem o material de melhor custo-benefício, porém mostram que o MDF e a chapa reciclada de embalagem cartonada apresentaram mais vantagens dentre as características identificadas em comparação com a chapa de tubo de creme dental.

5.2. Caracterizações experienciais

Os níveis experienciais estudados na análise da percepção de uso foram os sensoriais, interpretativos e performáticos, avaliados através da MDS apresentada. Na próxima página, são apresentados o gráfico 1 e 2 com os resultados médios obtidos pelos usuários selecionados e intermediados. Eles estão posicionados lado a lado para proporcionar uma visualização comparativa.

Cada gráfico mostra 3 linhas sobrepostas representando os 3 materiais. A paleta selecionada refere-se as cores predominantes dos materiais para facilitar a leitura, ou seja, a cor marrom foi eleita para o MDF cru, a cor vermelha para o reciclado de tubo de creme dental e a cor verde para o reciclado de embalagem. Os valores estão entre 1 e 5, pontuando os pares de adjetivos da MDS descritos nas extremidades.

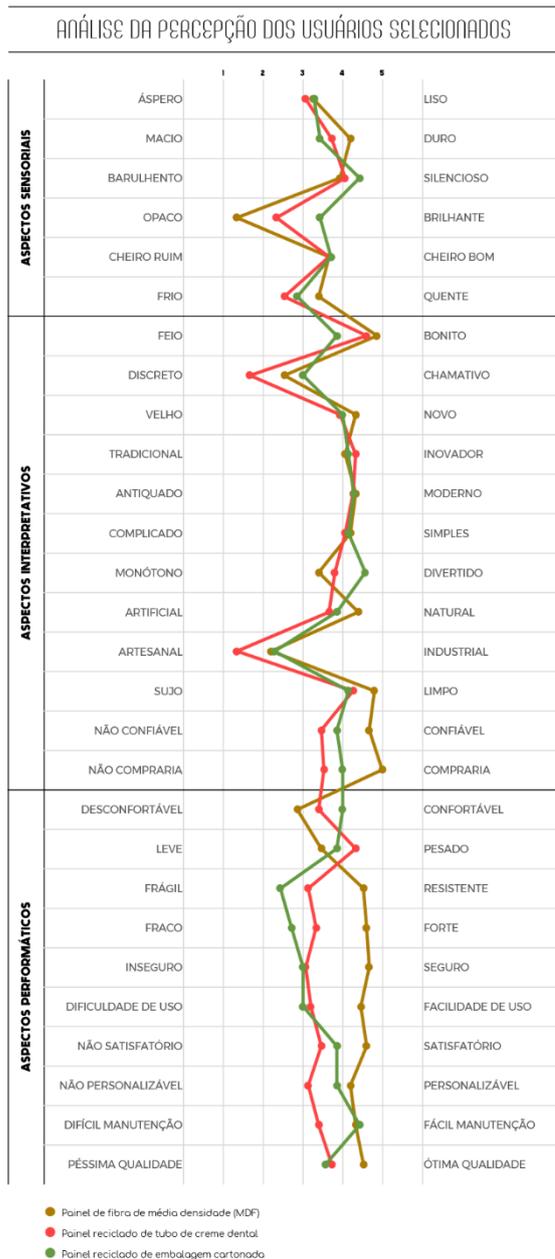


Gráfico 1 — Análise da percepção dos usuários selecionados. Fonte: da autora (2023).

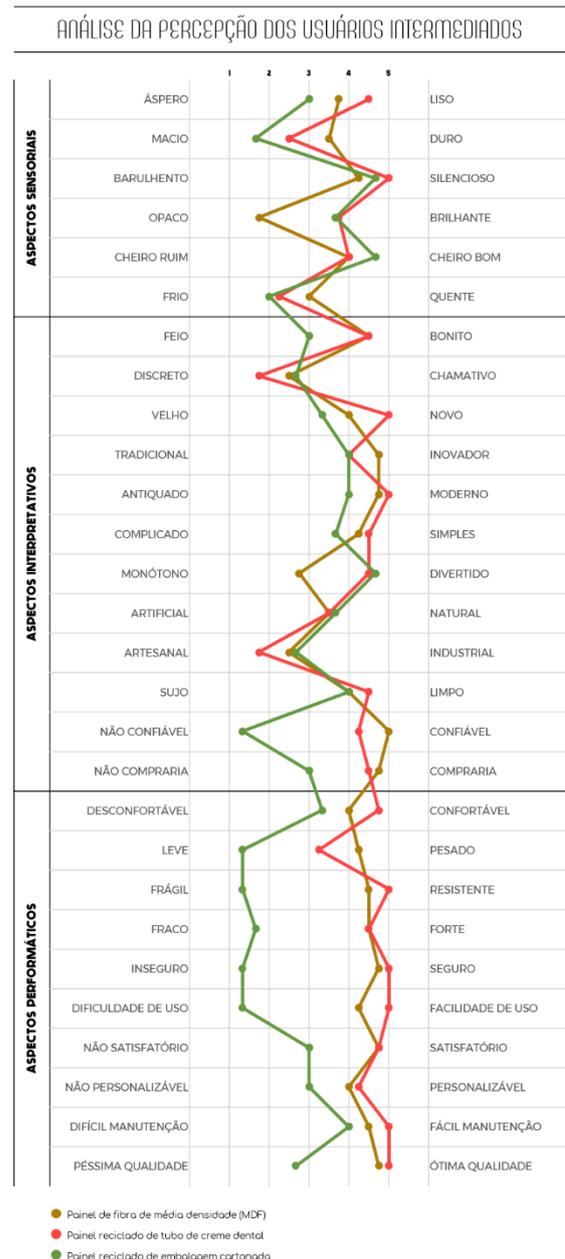


Gráfico 2 — Análise da percepção dos usuários intermediados. Fonte: da autora (2023).

A partir desses gráficos, foram analisadas e discutidas a percepção dos usuários no intuito de compreender os padrões manifestados com base na amostra de 18 pessoas — 9 usuários selecionados e 11 usuários intermediados.

5.2.1. Aspectos sensoriais

Sobre os aspectos sensoriais da análise da percepção dos usuários selecionados, identificou-se que os materiais tiveram valores favoráveis semelhantes quanto ao par de adjetivos *áspero/liso* e *cheiro ruim/cheiro bom*; também semelhantes, porém com leve destaque para os adjetivos *duro* e *quente* para o MDF e *silencioso* para o reciclado de embalagem; e com diferenças quanto ao par *opaco/brilhante*.

No caso da análise da percepção dos usuários intermediados, houve maiores diferenças entre si quanto aos pares de adjetivos *áspero/liso*, *macio/duro* e *barulhento/silencioso*; e semelhanças, mas com maior destaque para o *quente* e *opaco* do MDF e o *cheiro bom* do reciclado de embalagem.

ASPECTOS SENSORIAIS	USUÁRIOS SELECIONADOS			USUÁRIOS INTERMEDIADOS		
	MDF	TUBO	EMBALAGEM	MDF	TUBO	EMBALAGEM
ÁSPERO / LISO	3,3	3,1	3,3	3,8	4,5	3,0
MACIO / DURO	4,2	3,7	3,4	3,5	2,5	1,7
BARULHENTO / SILENCIOSO	3,9	4,1	4,4	4,3	5,0	4,7
OPACO / BRILHANTE	1,3	2,3	3,4	1,8	3,8	3,7
CHEIRO RUIM / CHEIRO BOM	3,7	3,7	3,7	4,0	4,0	4,7
FRIO / QUENTE	3,4	2,5	2,9	3,0	2,3	2,0

Tabela 1 — Valores médios dos aspectos sensoriais obtidos pelos usuários selecionados e intermediados. Fonte: da autora (2023).

Os resultados obtidos mostram que os materiais reciclados de tubo de creme dental e embalagem cartonada tiveram mais valores favoráveis em comparação ao MDF. Para ambos os grupos de usuários, os aspectos sensoriais comportaram-se de formas semelhantes, principalmente para o MDF que seguiu em mesma posição com relação aos outros materiais em todos os adjetivos, enquanto os reciclados alternavam de posição entre si mantendo-se favoráveis nos adjetivos de *macio*, *silencioso*, *brilhante*, *cheiro bom*, e *frio*.

5.2.2. Aspectos interpretativos

Nos aspectos interpretativos dos usuários selecionados pôde-se ver semelhanças favoráveis para os pares de adjetivos *velho/novo*, *tradicional/inovador*,

antiquado/moderno e complicado/simples; semelhantes, porém com ressaltos para os adjetivos *natural* e *limpo* para o MDF, *artesanal* para o reciclado de tubo de creme dental e *feio* para o reciclado de embalagem; e com diferenças quanto aos pares *discreto/chamativo*, *monótono/divertido*, *não confiável/confiável* e *não compraria/compraria*.

Para os usuários intermediados, as semelhanças estavam em *artificial/natural*; as outras ressaltavam determinados materiais como os adjetivos *inovador* e *monótono* para o MDF, *discreto*, *artesanal* e *limpo* para o reciclado de tubo de creme dental e *feio* para o reciclado de embalagem; enquanto as diferenças favoráveis deram-se entre os pares *velho/novo*, *antiquado/moderno* e *complicado/simples* para o reciclado de tubo de creme dental, as desfavoráveis salientaram *não confiável* e *não compraria* para o material de embalagem cartonada.

ASPECTOS INTERPRETATIVOS	USUÁRIOS SELECIONADOS			USUÁRIOS INTERMEDIADOS		
	MDF	TUBO	EMBALAGEM	MDF	TUBO	EMBALAGEM
FEIO / BONITO	4,9	4,6	3,9	4,5	4,5	3,0
DISCRETO / CHAMATIVO	2,5	1,7	3,0	2,5	1,8	2,7
VELHO / NOVO	4,3	3,9	4,0	4,0	5,0	3,3
TRADICIONAL / INOVADOR	4,1	4,3	4,1	4,8	4,0	4,0
ANTIQUADO / MODERNO	4,3	4,3	4,3	4,8	5,0	4,0
COMPLICADO / SIMPLES	4,2	4,1	4,1	4,3	4,5	3,7
MONÓTONO / DIVERTIDO	3,4	3,8	4,6	2,8	4,5	4,7
ARTIFICIAL / NATURAL	4,4	3,7	3,9	3,5	3,5	3,7
ARTESANAL / INDUSTRIAL	2,2	1,3	2,3	2,5	1,8	2,7
SUJO / LIMPO	4,8	4,3	4,1	4,0	4,5	4,0
NÃO CONFIÁVEL / CONFIÁVEL	4,7	3,5	3,9	5,0	4,3	1,3
NÃO COMPRARIA / COMPRARIA	5,0	3,5	4,0	4,8	4,5	3,0

Tabela 2 — Valores médios dos aspectos interpretativos obtidos pelos usuários selecionados e intermediados. Fonte: da autora (2023).

Comparando os resultados obtidos, os gráficos dos grupos de percepção apresentaram alguns pontos semelhantes. Observa-se que os pares de adjetivos *feio/bonito*, *discreto/chamativo*, *monótono/divertido* e *artesanal/industrial* seguem o mesmo formato, apesar de terem valores distintos. Para os adjetivos *novo*, *inovador*, *moderno*, *simples* e *limpo* há alternâncias entre o MDF e o reciclado de tubo de creme dental. Esse último permaneceu como *moderno*, *divertido* e *artificial* para ambos os grupos e se destaca como *discreto* e *artesanal*, enquanto o MDF mantém-se em *monótono*, *confiável* e *compraria* para os usuários selecionados e intermediados.

Dessa forma, vê-se que o material reciclado de tubo de creme dental demonstrou maior constância de valores favoráveis em relação aos outros materiais.

5.2.3. Aspectos performáticos

Os aspectos performáticos possuíram mais diferenças que semelhanças. Entre os usuários selecionados apresentaram-se semelhanças com grande destaque desfavorável para os adjetivos *pesado*, *não personalizável* e *difícil manutenção* para o material reciclado de tubo de creme dental e *desconfortável* para o MDF; as diferenças apresentaram-se favoravelmente para o MDF nos adjetivos *resistente*, *forte*, *seguro*, *facilidade de uso*, *satisfatório* e *ótima qualidade*.

Pela percepção dos usuários intermediados, houve maiores diferenças dos materiais entre si, indicando quase todos os adjetivos desfavoráveis ao reciclado de embalagem, com exceção do par *leve/pesado*. Quanto aos outros materiais, eles tiveram valores semelhantes nos adjetivos *forte*, *seguro*, *satisfatório*, *personalizável* e *ótima qualidade*; e com semelhanças, porém evidenciando favoravelmente os adjetivos *confortável*, *leve*, *resistente*, *facilidade de uso* e *fácil manutenção* para o reciclado de tubo de creme dental.

ASPECTOS PERFORMÁTICOS	USUÁRIOS SELECIONADOS			USUÁRIOS INTERMEDIADOS		
	MDF	TUBO	EMBALAGEM	MDF	TUBO	EMBALAGEM
DESCONFORTÁVEL / CONFORTÁVEL	2,9	3,4	4,0	4,0	4,8	3,3
LEVE / PESADO	3,5	4,3	3,9	4,3	3,3	1,3
FRÁGIL / RESISTENTE	4,5	3,1	2,4	4,5	5,0	1,3
FRACO / FORTE	4,6	3,3	2,7	4,5	4,5	1,7
INSEGURO / SEGURO	4,7	3,1	3,0	4,8	5,0	1,3
DIFICULDADE DE USO / FACILIDADE DE USO	4,5	3,2	3,0	4,3	5,0	1,3
NÃO SATISFATÓRIO / SATISFATÓRIO	4,6	3,5	3,9	4,8	4,8	3,0
NÃO PERSONALIZÁVEL / PERSONALIZÁVEL	4,2	3,1	3,9	4,0	4,3	3,0
DIFÍCIL MANUTENÇÃO / FÁCIL MANUTENÇÃO	4,3	3,4	4,4	4,5	5,0	4,0
PÉSSIMA QUALIDADE / ÓTIMA QUALIDADE	4,5	3,7	3,6	4,8	5,0	2,7

Tabela 3 — Valores médios dos aspectos performáticos obtidos pelos usuários selecionados e intermediados. Fonte: da autora (2023).

Conforme os resultados obtidos, percebeu-se que o MDF constava favoravelmente em 9 dos 10 pares de adjetivos, com uma única exceção quando se

apresentou como o mais *desconfortável* para os usuários selecionados. Entretanto, para os usuários intermediados, o MDF e o reciclado de tubo de creme dental alternavam entre os adjetivos favoravelmente, apresentando valores iguais para *forte* e *satisfatório* ao mesmo tempo em que o material de tubo de creme dental conservou-se com os melhores valores em todos os outros adjetivos. Não obstante, o MDF ainda exibiu valores de aspectos performáticos favoráveis e constantes para os 2 grupos de usuários.

Diante desses resultados, não seria dispensável retomar como assertiva a escolha de não definir o MOE e MOR como critérios de seleção dos materiais. Apesar de os 2 materiais reciclados apresentarem esses valores inferiores em comparação ao MDF, o material reciclado de tubo de creme dental obteve a melhor performance pela avaliação de percepção dos usuários intermediados, independentemente dos seus números de elasticidade e ruptura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O design de experiência do material desenvolvido e analisado neste trabalho pretendeu evidenciar a responsabilidade projetual, ambiental e social do design em meio a necessidade real de alternativas de produtos de baixo impacto ambiental que possam ser mercadológicos e atrativos para o público consumidor. O desenvolvimento de produtos com e através dos materiais deve estar fundamentado e voltado para a dinamicidade do mundo atual, portanto, utilizou-se um processo produtivo automatizado, com um processo de design prático e democrático e o material foi pensado pela perspectiva do usuário e de sua apreciação — baseado em Karana *et al.* (2015).

A compreensão da metodologia utilizada e das bases conceituais do tema, permitiu a condução assertiva do processo metodológico ao longo da pesquisa e seleção dos materiais sustentáveis para a fabricação digital, da escolha do produto de open design e da confecção das cadeiras Valoví para a avaliação da percepção com os usuários.

Destarte, o estudo de viabilidade com a análise da percepção dos materiais, pelo método MDD adaptado, ocorreu de modo satisfatório ao alcançar todos os objetivos e proporcionar discussões sobre as caracterizações experienciais, e as denominadas como não experienciais. De acordo com os resultados obtidos, os materiais reciclados foram melhor percebidos quanto aos aspectos sensoriais e interpretativos, enquanto o MDF apresentou valores mais favoráveis sobre os aspectos performáticos. Assim, esse panorama está coerente com o processo desenvolvido e percebido junto aos usuários.

Algumas limitações de estudo precisam ser observadas. Pode-se destacar que os protótipos de produção desenvolvidos e a análise da percepção fazem parte de um estudo experimental com uma amostra de 18 pessoas — com 20 avaliações respondidas —, ou seja, as avaliações podem ser mais diversas. A título de exemplo, em plataformas de comércio eletrônico encontram-se as mais afetuosas e insultuosas avaliações e comentários sobre um mesmo produto. Tais percepções partem de critérios avaliativos iguais e distintos pertencentes a particularidade do usuário, desse

modo, a quantidade de avaliações ajuda a corroborar os dados analisados e discutidos. E, considerando os prazos de elaboração deste trabalho, um número maior de usuários e avaliações comentadas não puderam ser explorados.

Em entrevista, Elvin Karana — a autora principal do método MDD — formula uma autocrítica ao refletir que “ainda não conseguimos descrever claramente que função o design poderia desempenhar no desenvolvimento de novos materiais” (KARANA; ROGNOLI; JACOB-DAZAROLA, 2020, p. 54, tradução da autora). Para ela, é preciso seguir pensando como a inovação e os processos criativos de design podem progredir com a ciência dos materiais e finaliza ao dizer que “também gostaria de definir de que maneira estas diferentes formas [de trabalhar com materiais] poderiam unir-se para acelerar o desenvolvimento de materiais e produtos em sinergia” (KARANA; ROGNOLI; JACOB-DAZAROLA, 2020, p. 54, tradução da autora).

Embora distante de discutir esse tema em profundidade, este trabalho colabora na identificação — expressada por Karana —, de forma contextualizada, da aplicabilidade do design de experiência do material como área de estudo e na contribuição da prática profissional do design em sua relação junto da ciência dos materiais.

6.1. Recomendações para trabalhos futuros

Por este trabalho ter utilizado materiais reciclados ainda pouco estudados para o mercado de design de produtos, e mais quando falamos de mobiliário de open design, são sugeridas pesquisas complementares:

- Caracterização técnica dos produtos e/ou materiais reciclados utilizados com testes físico-mecânicos e ergonômicos;
- Estudo da percepção do usuário a nível afetivo;
- Desenvolvimento de melhorias nos aspectos performáticos dos materiais reciclados utilizados;

- Estudos da percepção do usuário, pela metodologia projetual adaptada neste trabalho, utilizando algum(ns) dos materiais pesquisados na análise paramétrica;
- Estudo da percepção do usuário, utilizando materiais sustentáveis, com grupo focal ou número maior de usuários;
- Análise da percepção do usuário, utilizando materiais sustentáveis, em correlação com avaliações comentadas;
- Identificação de processos produtivos mais eficientes ou satisfatórios com materiais sustentáveis;
- Pesquisa comparativa com outros materiais sustentáveis;
- Produção de outras opções de móveis de open design com materiais sustentáveis;
- Desenvolvimento de outras proposições de design de produtos com os materiais reciclados utilizados.

Tais recomendações podem estimular a contribuição de mais pesquisas na área, e tendo isso em vista, vale ratificar que o design de experiência do material tem muito de sua atuação voltada a percepção particular e subjetiva de usuários, podendo haver apreensões semelhantes, diferentes ou contrárias, porém igualmente válidas, e o conhecimento desses significados subjetivos e a complementaridade das informações técnicas formam o entendimento da experiência material pela perspectiva do design.

Imagens
adaptadas

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

3AXIS.CO — Free DXF Files & Vectors. **Kreslo-rakushka elegant chair plan for CNC free vector.** Disponível em: <https://3axis.co/kreslo-rakushka-elegant-chair-plan-for-cnc-cdr-file/078nrq75/>. Acesso em: 16 set. 2023a.

_____. **Laser cut long chair DXF file.** Disponível em: <https://3axis.co/laser-cut-long-chair-dxf-file/m1d69dy7/>. Acesso em: 16 set. 2023b.

_____. **Laser cut modern furniture multi-purpose stool side table free vector.** Disponível em: <https://3axis.co/laser-cut-modern-furniture-multi-purpose-stool-side-table-cdr-file/r7vm8yk7/>. Acesso em: 15 set. 2023c.

_____. **Laser cut stool CNC router template DXF file.** Disponível em: <https://3axis.co/laser-cut-stool-cnc-router-template-dxf-file/67wl0v21/>. Acesso em: 15 set. 2023d.

_____. **Square table 30mm CNC router template DXF file.** Disponível em: <https://3axis.co/square-table-30mm-cnc-router-template-dxf-file/pok39k97/>. Acesso em: 20 set. 2023e.

3B ARCHI. **Etsy.** Parametric pet house. Disponível em: https://www.etsy.com/listing/1427392382/parametric-pet-house-cat-house-cat-bed?click_key=5b6005a5b8231ff44a2a3b8bec5387acb1891f37%3A1427392382&click_sum=cbe3df36&ref=related-2&pro=1. Acesso em: 19 set. 2023.

AÇO MARANHÃO. **Chapas PET.** Disponível em: <http://acomaranhao.grupodimensao.com/pt-br/produtos/chapas-pet/>. Acesso em: 11 ago. 2023.

ALONGE, F. A.; CHAMMA, P. V. C.; ROCHA, R. R. da. **Produtos ecoeficientes na arquitetura: a produção de painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz.** In: X Fórum Ambiental da Alta Paulista, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 13-27, 2014. ISSN 19800827.

ALUMÍNIO POTIGUAR. **Chapa PET - 1800 x 980 x 1,8 mm.** Disponível em: <https://www.aluminiopotiguar.com.br/produto/chapa-pet-1800-x-980-x-18-mm-venda-por-chapa/>. Acesso em: 11 ago. 2023.

ANAYA, J. D. R.; GONZÁLEZ, A. G. **Estudo comparativo da percepção em usuários femininos e masculinos da cadeira de rodas padrão por meio do uso do Diferencial Semântico.** DAT Journal, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 18-28, 2022. DOI: 10.29147/datjournal.v7i3.

ANDERSON, C. **Makers: the new industrial revolution.** New York: Crown Publishing Group, 2012.

ASHBY, M.; JOHNSON, K. **Materials and design: the art and science of material selection in product design.** Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FORMOL E DERIVADOS — ABRAF. **Formaldeído.** 27 slides. Disponível em: https://www.abraf.org.br/ap_cicero.pdf. Acesso em: 7 ago. 2023.

ATFAB. **Open Cabinet.** Disponível em: <http://atfab.co/?portfolio=open-cabinet>. Acesso em: 17 set. 2023.

ATKINSON, P. **Orchestral manoeuvres in design.** In: VAN ABEL, B.; EVERS, L.; KLAASSEN, R.; TROXLER, P. (Eds.). Open design now: why design cannot remain exclusive. Amsterdam: BIS Publishers, 2011. p. 24-31.

AVITAL, M. **The generative bedrock of open design.** In: VAN ABEL, B.; EVERS, L.; KLAASSEN, R.; TROXLER, P. (Eds.). Open design now: why design cannot remain exclusive. Amsterdam: BIS Publishers, 2011. p. 48-58.

BARAUNA, D.; SOUZA, S.; ZAMONER, M.; RAZERA, D. **Materiais avançados no design à inovação a partir do século 21: contexto e significado.** DAT Journal, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 91-107, 2017.

BAXTER, M. R. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos.** Tradução de Itiro lida. 2. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2000.

- BONSIEPE, G. **Design, cultura e sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011.
- BONSIEPE, G. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq, 1984.
- BRANCA — Lisboa. **Shell Lounge Chair**. Disponível em: <https://www.branca-lisboa.com/seating/shell-lounge-chair>. Acesso em: 20 set. 2023.
- BRASIL é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. WWF Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 25 nov. 2023.
- BRASÍLIA FAB LAB. **Guia: entendendo a fresadora CNC**. Medium, 2017. Disponível em: <https://medium.com/bsbfablab/guia-entendendo-a-fresadora-cnc-583fa153ef98>. Acesso em: set. 2023.
- CABEZA, E. U. R. **Open design no cenário contemporâneo**. 2014. Dissertação (Mestrado em Design) — Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade de Estadual Paulista, Bauru, 2014.
- CABEZA, E. U. R.; ROSSI, D. C.; MOURA, M. **Ecosistema Open Design**. In: 4th International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for Innovation. Florianópolis, 2015.
- CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F. de. **Um estudo focado na relação entre design e materiais**. Projética, Londrina, v. 4, n. 1, p. 49-64, jan./jun. 2013.
- CARLETTO, A. **Materiais: compreendendo os diferentes painéis de madeira para móveis**. SEBRAE RS, 2018. Disponível em: <https://sebraers.com.br/moveleiro/compreendendo-os-diferentes-paineis-de-madeira-para-moveis/>. Acesso em: 30 set. 2023.
- CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; MORI, F. A. **Reatividade dos taninos da casca de Eucalyptus grandis para produção de adesivos**. Cerne, Lavras, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2001.
- CARVALHO, J. G.; MONTE, L. A. D. S. do; SILVEIRA, N. B. M. **Metaprojeto como instrumento de gestão da complexidade no design**. In: Design & Complexidade. São Paulo: Blucher, 2017. p. 143-158. DOI: 10.5151/9788580392159-08. ISBN: 9788580392159.
- CATERPLAST. **Papel Timbó 1,5x600x790mm**. Disponível em: <https://www.caterplast.com.br/papelao-timbo-1-5x600x790mm->. Acesso em: 16 ago. 2023.
- CAUSSA. **Wedge table red**. Disponível em: <https://caussa.de/product/wedge-table-red/>. Acesso em: 5 nov. 2023.
- CAVALCANTI, B. P. B. C.; SOUZA, G. L. de; BENEVIDES JÚNIOR, A. Y.; RUSCHIVAL, C. B.; QUIRINO, M. G.; CASTRO, D. F. de. **Feasibility Study For The Usage Of The Acai Stone As Reinforcement For The Modeling Of Plant Polyurethane Matrix Composite Material**. MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 19-28, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n3.19-28>. ISSN 24473073.
- CNC FLATPACK. **Etsy. Pocket stool Wide**. Disponível em: https://www.etsy.com/listing/1214004979/pocket-stool-wide-digital-files-for-cnc?click_key=c4a77aca4f0a5667d20baa3e54628bba7d1080a4%3A1214004979&click_sum=02b86aa2&ref=internal_similar_listing_bot-5&sts=1&listing_id=1214004979&listing_slug=pocket-stool-wide-digital-files-for-cnc. Acesso em: 15 set. 2023.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO — CETESB. **Ficha de informação toxicológica (FIT): formaldeído**. São Paulo: Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/>. Acesso em: 6 ago. 2023.
- CONHEÇA as principais vantagens de trabalhar com o MDF. Clube Duratex, 2019. Disponível em: <https://www.clubeduratex.com.br/dicas/conheca-as-principais-vantagens-de-trabalhar-com-o-mdf/>. Acesso em: 2 set. 2023.
- CUNHA, E. C. **Placas recicladas de embalagens longa vida: caracterização, design e propostas projetuais**. 2011. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

DE MUL, J. **Redesigning design**. In: VAN ABEL, B.; EVERS, L.; KLAASSEN, R.; TROXLER, P. (Eds.). *Open design now: why design cannot remain exclusive*. Amsterdam: BIS Publishers, 2011. p. 34-39.

DESIGN BY SMK. **Etsy**. Plywood chill out chair. Disponível em: https://www.etsy.com/listing/1326893122/plywood-chill-out-chair-futuristic?ga_order=most_relevant&ga_search_type=all&ga_view_type=gallery&ga_search_query=DXF+FURNITURE&ref=sr_gallery-1-11&dd=1&referrer_page_guid=b717715c-e21b-47a8-9c1b-875a6e873e45&organic_search_click=1. Acesso em: 15 set. 2023.

DIAS, M. R. A. C. **Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatius**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

DiBONA, C.; OCKMAN, S.; STONE, M. **Introduction**. In: DiBONA, C.; OCKMAN, S.; STONE, M. (Eds.). *Open sources: voices from the Open Source Revolution*. Sebastopol, CA: O'Reilly & Associates, 1999. p. 8-15.

DINHANE, F. C. R. **Propriedades físico-mecânicas de painéis de MDP (Medium Density Particleboard) constituído de bambu e fibra de coco**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

ECOFOUR. **Ficha técnica**. Disponível em: <https://www.ecofour.com.br/ficha-tecnica>. Acesso em: 10 ago. 2023.

ECOPLACE — Decks Ecológicos. **Madeira plástica**. Disponível em: <https://ecoplace.com.br/informacoes/madeira-plastica/>. Acesso em: 11 ago. 2023.

EKOBIO — Madeira Plástica. **Medidas e cores madeira plástica**. Disponível em: <https://www.ekobioind.com.br/medidas-e-cores-madeira-plastica/>. Acesso em: 11 ago. 2023.

FICAEL. **Timbó**. Disponível em: <http://ficael.com/produtos/timbo>. Acesso em: 16 ago. 2023.

FIGUEIREDO, H. C. N. **Obtenção e caracterização de compósitos biodegradáveis a partir de resíduos agroenergéticos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) — Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2020.

FIORELLI, J.; GATANI, M. P.; NASCIMENTO, M. F. do; LAHR, F. A. R.; SAVASTANO JÚNIOR, H. **Desenvolvimento e caracterização de painéis de partículas com casca de amendoim e resina poliuretana de mamona**. In: LAHR, F. A. R.; CRISTOFORO, A. L. (Orgs.). *Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos*. São Carlos: EESC/USP, 2013. p. 297-312. ISBN 9788580230192.

FIT — Clever Furniture. **Neubau shelf**. Disponível em: <https://fit-furniture.com/shop/neubau-shelf>. Acesso em: 16 set. 2023a.

_____. **Neubau sideboard**. Disponível em: <https://fit-furniture.com/shop/neubau-sideboard>. Acesso em: 16 set. 2023b.

_____. **Neubau TV console**. Disponível em: <https://fit-furniture.com/shop/neubau-tv-console>. Acesso em: 16 set. 2023c.

FREIRE, R. A.; MONTEIRO, E. Z.; FERREIRA, C. L. **Desafios do open design: da teoria à prática**. *DAT Journal*, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 353-391, 2018.

GIACCARDI, E.; KARANA, E. **Foundations of materials experience: An approach for HCI**. In: *Proceedings of the 33rd SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY: ACM, 2015. p. 2447-2456. DOI:10.1145/2702123.2702337.

GILIO, C. G.; BISPO, R. A.; TREVISAN, M. F.; RODRIGUES, F. R.; AMADO JÚNIOR, L. C. F.; SILVA, S. A. M. da. **Produção de painéis aglomerados empregando seringueira, teca e poliuretano derivado de óleo de mamona**. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, João Pessoa*, n. 57, p. 86-97, dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5825>. ISSN 24479187.

HITTI, N. **Rowan Minkley and Robert Nicoll recycle potato peelings into MDF substitute.** Dezeen, 2018. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2018/12/12/rowan-minkley-robert-nicoll-recycle-potato-peelings-mdf-substitute/#>. Acesso em: 20 ago. 2023.

HUMANIDADE produz mais de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano, diz ONU em dia mundial. Nações Unidas Brasil, 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/81186-humanidade-produz-mais-de-2-bilh%C3%B5es-de-toneladas-de-lixo-por-ano-diz-onu-em-dia-mundial>. Acesso em: 25 nov. 2023.

HUMMELS, C. **Teaching attitudes, skills, approaches, structure and tools.** In: VAN ABEL, B.; EVERS, L.; KLAASSEN, R.; TROXLER, P. (Eds.). *Open design now: why design cannot remain exclusive.* Amsterdam: BIS Publishers, 2011. p. 162-167.

IBAPLAC — Indústria de Plásticos. **Chapas.** Disponível em: <https://www.ibaplac.com.br/chapas>. Acesso em: 10 ago. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA — INCA. **Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios.** Rio de Janeiro: INCA, 2021. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/ambiente-trabalho-e-cancer-aspectos-epidemiologicos-toxicologicos-e-regulatorios>. Acesso em: 6 ago. 2023.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; RAIA, R. Z.; KEINERT, A. C.; PAULA, C. R. P. de; PROTZEK, G. R.; KOBYLARZ, R.; SCHWEITZWER, V. R. **Produção de painéis aglomerados de Hevea brasiliensis (Clone RRIM 600) em mistura com três espécies de Eucalyptus utilizadas pelas indústrias de São Paulo.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 46, n. 117, p. 31-39, mar. 2018. DOI: 10.18671/scifor.v46n117.03.

JAFFERSON, J. M.; SABAREESH, M. C.; SIDHARTH, B. S. **3D printed fabrics using generative and material Driven design.** Materials Today: Proceedings, v. 46, n. 2, p. 1319-1327, 2021. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.02.405. ISSN 22147853.

KADUSHIN, R. **Open Design Manifesto.** Ronen Kadushin, 2010. Disponível em: <https://www.ronen-kadushin.com/open-design-manifesto>. Acesso em: 16 jul. 2023.

KARANA, E.; BARATI, B.; ROGNOLI, V.; ZEEUW VAN DER LAAN, A. **Material Driven Design (MDD): A method to design for material experiences.** International Journal of Design, v. 9, n. 2, p. 35-54, 2015.

KARANA, E.; ROGNOLI, V.; JACOB-DAZAROLA, R. **La función del diseño en el desarrollo de nuevos materiales: entrevista con Elvin Karana.** Diseña. Santiago, v. 17, p. 46-55, ago. 2020. DOI: 10.7764/disena.17.46-55.

KLAASSEN, R.; TROXLER, P. **Do it with droog.** In: VAN ABEL, B.; EVERS, L.; KLAASSEN, R.; TROXLER, P. (Eds.). *Open design now: why design cannot remain exclusive.* Amsterdam: BIS Publishers, 2011. p. 128-137.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing.** Tradução de Sonia Midori Yamamoto. 15. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

KOVACS, L. **O que é código-fonte?** Tecnoblog, 2021. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-codigo-fonte/>. Acesso em: 17 jul. 2023.

KR CHAPAS PLÁSTICAS. **Zip Anúncios.** Chapa de plástico reciclado de 1,5 mm a 6 mm de espessura. Disponível em: <https://zipanuncios.com.br/ads/chapa-de-plastico-reciclado-de-15-mm-a-6-mm-de-espessura/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

LEANDRO, J. S. **Produto quadrante: desenvolvimento projetual de produto multifuncional com base na abordagem do design aberto e no processo de fabricação digital.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

LIMA, C. S. de; ROCHA, B. M. **Open design: compartilhamento e democratização nas práticas de projeto.** Gestão & Tecnologia de Projetos. São Carlos, v. 15, n. 3, p. 6-18, 2020. DOI: 10.11606/gtp.v15i3.166815.

LÖBACH, B. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais.** Tradução de Freddy Van Camp. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOPES, M. D. M. **Uso de resíduos de bambu como reforço na fabricação de compósitos para utilização como OSB (painéis de partículas orientadas)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) — Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2020.

MACEDO, L. B. de; FERRO, F. S.; VARANDA, L. D.; CAVALHEIRO, R. S.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. **Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 7, p. 674-679, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p674-679>. ISSN 18071929.

MAJUMDAR, P.; KARANA, E.; GHAZAL, S.; SONNEVELD, M. **The Plastic Bakery: A Case of Material Driven Design**. In: KARANA, E.; GIACCARDI, E.; NIMKULRAT, N.; NIEDDERER, K.; CAMERE, S. (Eds.). *Alive, Active, Adaptive: International Conference on Experiential Knowledge and Emerging Materials*, EKSIG 2017. Rotterdam: TU Delft OPEN Publishing, 2017. p. 116-128. ISBN: 9788790775902.

MANZINI, E. **A matéria da invenção**. Tradução de Pedro Afonso Dias. Lisboa: Centro Português de Design, 1993.

MATOS, K. M. M.; SEIXAS, H. L. C.; LOPES, E. M.; SILVA, J. L. B.; BRITO, G. F. **Projetando com materiais: uso do bagaço da cana-de-açúcar no desenvolvimento de novos produtos**. Projética, Londrina, v. 12, n. 3, p. 14-41, dez. 2021. DOI: 10.5433/2236-2207.2021v12n3p14.

MAZZINI JUNIOR, E. G. **Nanofibras fluorescentes à base de policaprolactona e derivados de dansila para revelação de impressões digitais latentes**. 2020. Tese (Doutorado em Materiais) — Programa de Pós-Graduação em Materiais, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

MINIMA DESIGN ZA. **Etsy**. Baobab side table CNC file. Disponível em: https://www.etsy.com/listing/1406263738/baobab-side-table-cnc-file?click_key=068f02c82750ae1fd505879fa470b26cacca7c5c%3A1406263738&click_sum=d2e24187&ref=internal_similar_listing_bot-1&listing_id=1406263738&listing_slug=baobab-side-table-cnc-file. Acesso em: 19 set. 2023.

MONO DESIGN. **Downloads**. Disponível em: <https://monodesign.com.br/downloads/>. Acesso em: 15 set. 2023.

MORAES, M. **Descubra qual é a diferença entre hardware e software**. Blog do EAD, 2021. Disponível em: <https://www.blogdoead.com.br/tag/mercado-de-trabalho/diferenca-entre-hardware-e-software#:~:text=Hardware%20%C3%A9%20o%20termo%20usado%20para%20se%20referir%20a%20todos>. Acesso em: 17 jul. 2023.

NASCIMENTO, F. P. do; SOUSA, F. L. L. **Metodologia da pesquisa científica: teoria e prática**. Brasília: Thesaurus, 2016.

NEGRÃO, A. G. **Painel compósito de fibra da folha do abacaxizeiro e resina vegetal para uso na arquitetura**. 2018. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Projeto, morfologia e tecnologia do ambiente construído, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

NEVES, H.; ROSSI, D. **Open Design**. In: *Anais do 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto*. Porto Alegre, 2011.

NOGUEIRA, I. M. S.; LAHR, F. A. R.; GIACON, V. M. **Desenvolvimento e caracterização de painéis de partículas aglomeradas utilizando o resíduo do ouriço da Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa) e resina poliuretana derivada do óleo da mamona**. Revista Matéria, v. 23, n. 1, 2018. ISSN 15177076.

ONU: América Latina e Caribe despejam 30% de seu lixo em locais inadequados. Nações Unidas Brasil, 2017. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/81186-humanidade-produz-mais-de-2-bilh%C3%B5es-de-toneladas-de-lixo-por-ano-diz-onu-em-dia-mundial>. Acesso em: 25 nov. 2023.

OPEN KNOWLEDGE BRASIL. **Por que open?**. Disponível em: <https://ok.org.br/dados-abertos/>. Acesso em: 5 ago. 2023.

OPENDESK. **Fin Locker Planter**. Disponível em: <https://www.opendesk.cc/fin/fin-locker-planter/>. Acesso em: 15 set. 2023a.

_____. **Lean Desk**. Disponível em: <https://www.opendesk.cc/lean/desk/>. Acesso em: 15 set. 2023b.

_____. **Lift Standing Desk**. Disponível em: <https://www.opendesk.cc/lean/lift-standing-desk/>. Acesso em: 15 set. 2023c.

_____. **Linnea Bookshelf**. Disponível em: <https://www.opendesk.cc/57-street-design/linnea-bookshelf/>. Acesso em: 15 set. 2023d.

_____. **Tate Shop**. Edie stool. Disponível em: <https://shop.tate.org.uk/edie-stool/24809.html>. Acesso em: 17 set. 2023e.

_____. **Valoví Chair**. Disponível em: <https://www.opendesk.cc/studio-dlux/valovi-chair/>. Acesso em: 15 set. 2023f.

PACHEK. **X-chair**. Thingiverse — UtiMaker, 2014. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:284091>. Acesso em: 20 set. 2023.

PALANDJOGLU, A. **P9S: stool made with CNC router**. Autodesk Instructables, 2014. Disponível em: <https://www.instructables.com/P9S-Stool-made-with-CNC-Router/#discuss>. Acesso em: 15 set. 2023.

PAPANEK, V. J. **Diseñar para el mundo real: ecología humana y cambio social**. Tradução de Luis Cortes de Alvaro. Madrid: Hermann Blume Ediciones, 1977.

PARISI, S.; ROGNOLI, V.; GARCIA, C. A. **Designing materials experiences through passing of time: Material driven design method applied to mycelium-based composites**. Celebration & Contemplation: 10th International Conference on Design & Emotion. Amsterdam: The Design & Emotion Society, 2016. p. 239-255.

PAZMINO, A. V. **Como se cria: 40 métodos para design de produtos**. São Paulo: Blucher, 2015.

PAZMINO, A. V. **Uma reflexão sobre design social, eco design e design sustentável**. In: I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, 2007, Curitiba. ISBN: 9788560186013.

PUENTE, B. **Geração de resíduos no mundo deve chegar a 3,4 bilhões de toneladas por ano até 2050**. CNN Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/geracao-de-residuos-no-mundo-deve-chegar-a-34-bilhoes-de-toneladas-por-ano-ate-2050/>. Acesso em: nov. 2023.

RAMOS, F. D. **Mobiliário escolar produzido com painéis de plásticos reciclados e alumínio termo-prensados**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Desenho Industrial) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

RODRIGO, T. **A evolução dos painéis de madeira no mobiliário**. Portal eMóvil, 2022. Disponível em: <https://emobile.com.br/site/industria/a-evolucao-dos-paineis-de-madeira-no-mobiliario/#:~:text=Pain%C3%A9is%20de%20madeira%20como%20alternativa&text=Surgiu%20na%20Alemanha%2C%20no%20in%C3%ADcio,instala%C3%A7%C3%B5es%20industriais%20e%20avan%C3%A7os%20tecnol%C3%B3gicos>. Acesso em: 30 set. 2023.

RODRIGUES, V. S. S.; AVIZ, M. P. A.; FERNANDES, I. L.; SANTOS, N. S. S. **Experimentos de reciclagem para ressignificação do plástico pós-consumo na abordagem do design conduzido pelo material**. In: VIII Simpósio de Design Sustentável, 2021, Curitiba. Anais do VIII SDS 2021. Curitiba: Departamento de Design da UFPR, 2021. p. 271-282. DOI: 10.5380/8sds2021.art18. ISBN: 9786584565029.

SANTOS, C. P. **Experimento com resíduos de juçara: design participativo e práticas de correspondências na comunidade do Maracanã - MA**. 2021. Dissertação (Mestrado em Design) — Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

SILVA, A. J. P. da. **Aplicação de partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel particulado similar ao OSB**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) — Área de Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SILVA, T. H.; FINZER, J. R. D.; FERNANDES, D. M. **Painéis de resíduos aglomerados utilizando amido de milho.** In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 2017, Maringá. Anais do ENEMP 2017. Maringá: UEM, 2017. v. 1. p. 1-9.

SOUSA, C. S. M.; BARATA, T. Q. F. **Materiais derivados da madeira.** 2020. 37 slides. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5406754/mod_resource/content/1/AULA%2013_AUT%202518_PRODUTOS%20DERIVADOS%20DE%20MADEIRA%20%282020-1%29.pdf. Acesso em: 30 set. 2023.

STALLMAN, R. **The GNU operating system and the free software movement.** In: DiBONA, C.; OCKMAN, S.; STONE, M. (Eds.). Open sources: voices from the Open Source Revolution. Sebastopol, CA: O'Reilly & Associates, 1999. p. 31-38.

STEINER, J.; IERODIACONU, N. **Opendesk at the Vitra Design Museum.** Opendesk, 2016. Disponível em: <https://www.opendesk.cc/blog/opendesk-at-the-vitra-design-museum>. Acesso em: 15 set. 2023.

STUDIO KOWALEWSKI. **Wedge table for Causa.** Disponível em: https://www.andreaskowalewski.com/portfolio_page/wedge-table-caussa/. Acesso em: 5 nov. 2023.

SUPRAPAINEL — Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior e Caixilharia. **Placas Cortiça.** Disponível em: <http://www.suprapainel.pt/placas/placas-cortiça>. Acesso em: 16 ago. 2023.

THACKARA, J. **Into the open.** In: VAN ABEL, B.; EVERS, L.; KLAASSEN, R.; TROXLER, P. (Eds.). Open design now: why design cannot remain exclusive. Amsterdam: BIS Publishers, 2011. p. 42-45.

TOOZE, J.; BAURLEY, S.; PHILLIPS, R.; SMITH, P.; FOOTE, E.; SILVE, S. **Open design: contributions, solutions, processes and projects.** Design Journal, v. 17, n. 4, p. 538-559, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2752/175630614X14056185480069>.

TORQUATO, L. P. **Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TREIN, F. A.; SANTOS, A. dos. **Material compósito de resíduos de MDF e MDP estruturados em matriz de PVC para produtos alinhados pelo eco-design.** In: Anais do 5º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, 2015, Rio de Janeiro. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Blucher, 2016. v. 2, n. 5. p. 377-388. DOI: [10.5151/despro-sbds15-4st701a](https://doi.org/10.5151/despro-sbds15-4st701a). ISSN 23186968.

VALLANCE, R.; KIANI, S.; NAYFEH, S. **Open design of manufacturing equipment.** In: Proceedings of the CHIRP 1st International Conference on Agile, Reconfigurable Manufacturing. Cambridge, MA: MIT, 2021. p. 33-43.

VAN ABEL, B.; EVERS, L.; KLAASSEN, R.; TROXLER, P. (Eds.). **Open design now: why design cannot remain exclusive.** Amsterdam: BIS Publishers, 2011.

VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; RIBEIRO FILHO, S. L. M.; SILVA, D. A. L.; OLIVEIRA, A. C. de. **Painéis de partículas constituídos de Eucalyptus grandis e casca de aveia: produção e avaliação do desempenho físico-mecânico.** In: LAHR, F. A. R.; CHRISTOFORO, A. L. (Orgs.). Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos. São Carlos: EESC/USP, 2013. p. 265-296. ISBN 9788580230192.

VIANA, M. B. **O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala.** Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2004. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/1162>. Acesso em: 2 set. 2023.

VICENTE, M.; ARRUDA, A. J. V. de; MARTINS, M.; CLEMENTINO, T. O. **Pó do endocarpo do coco: input no processo de design para experiências com materiais.** In: VII Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2019, Florianópolis. Anais do VII ENSUS 2019. Florianópolis: UFSC, 2019. p. 472-485.

VIDA TELHA — Telhas Ecológicas. **Placas ou chapas ecológicas.** Disponível em: <https://www.vidatelha.com.br/index.php/placa-ecologica/placa-ecologica>. Acesso em: 10 ago. 2023.

WBP — Madeira Plástica. **Chapa plástica de alta densidade.** Disponível em: <https://madeiraplasticawbp.com.br/chapas/Chapa-para-Carretas/Chapa-Plastica-de-Alta-Densidade-produto>. Acesso em: 15 ago. 2023.

WINN, Z. **How MIT's fab labs scaled around the world.** MIT News, 2023. Disponível em: <https://news.mit.edu/2023/how-mits-fab-labs-scaled-around-world-0605>. Acesso em: 30 jul. 2023.

WORLEY, J. **CNC machines and common cut types.** Opendesk, 2017. Disponível em: <https://www.opendesk.cc/blog/cnc-machines-and-common-cut-types>. Acesso em: set. 2023.

XINGLI BAMBOO PRODUCTS COMPANY. **Bamboo Furniture Boards.** Disponível em: <http://www.bamboobest.com/products.asp?cid=155>. Acesso em: 17 ago. 2023.

YIN, L.; ZHOU, Z.; CHENG, H. **Design for Meaningful Materials Experience: A Case Study About Designing Materials with Rice and Sea-Salt.** In: RAU, PL. P. (Ed.). Cross-Cultural Design, CCD 2017. Lecture Notes in Computer Science, LNCS. Vancouver, BC: Springer Cham Publisher, 2017. v. 10281. p. 258-268. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-57931-3_21. ISSN 03029743.

ZHANG, A. **Alex Chair.** Obrary, 2015. Disponível em: <https://obrary.com/collections/designs-for-the-cnc-router/products/alex-chair>. Acesso em: 19 set. 2023.

IMAGENS ADAPTADAS

ATACADÃO DA MADEIRA. **Compensados sarrafeados.** Disponível em: <https://www.atacadaodamadeira.com.br/produto/compensados-sarrafeados/>. Acesso em: nov. 2023.

BANEMA. **Aglomerado standard.** Disponível em: <https://www.banema.pt/pt/produtos/paineis-de-madeira/aglomerado/aglomerado-standard/>. Acesso em: nov. 2023.

BANTAM TOOLS. **Ball end mill.** Disponível em: https://store.bantamtools.com/products/ball-end-mill?pr_prod_strat=e5_desc&pr_rec_id=c6a871cfa&pr_rec_pid=191526349&pr_ref_pid=191526993&pr_seq=uniform. Acesso em: nov. 2023a.

_____. **Flat end mills.** Disponível em: https://store.bantamtools.com/products/flat-end-mill?pr_prod_strat=e5_desc&pr_rec_id=4327ef643&pr_rec_pid=191526993&pr_ref_pid=191526349&pr_seq=uniform. Acesso em: nov. 2023b.

BERNECK. **HDF Berneck - Panel de fibra de alta densidade.** Disponível em: <https://berneck.com.br/products/hdf-berneck>. Acesso em: nov. 2023.

BONATHAN, L. **How to upgrade your CNC with a water cooled spindle 2.2kw of power.** Lukes Garage, 2017. Disponível em: <https://lukesgarage.wordpress.com/2018/01/23/how-to-upgrade-your-cnc-with-a-water-cooled-spindle-2-2kw-of-power/>. Acesso em: nov. 2023.

CESAR, L. **MDP ou MDF: qual o melhor?.** Casa Abril, 2022. Disponível em: <https://casa.abril.com.br/construcao/mdp-ou-mdf>. Acesso em: out. 2023.

DICKINSON, P. **Making a 3D mountain table - CNC.** YouTube, 19 set. 2021. 1 vídeo (2min 27seg). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=BV7bZkOwO_8. Acesso em: nov. 2023.

DUGGAL, A. **Rohit cutting tools: types of CNC router bits and there use.** Rohit Industries Group, 2022. Disponível em: <https://www.rigpl.com/cnc-router-bits/types-of-cnc-router-bits-and-there-use>. Acesso em: nov. 2023.

FABLABS.IO. **BCN3D.** Disponível em: <https://www.fablabs.io/machines/bcn3d>. Acesso em: set. 2023a.

_____. **LabMec Hermes**. Disponível em: <https://www.fablabs.io/machines/othermill>. Acesso em: set. 2023b.

_____. **Personal Fabricator Core**. Disponível em: <https://www.fablabs.io/machines/personal-fabricator-core>. Acesso em: set. 2023c.

_____. **Prusa Mendel 1**. Disponível em: <https://www.fablabs.io/machines/prusa-mendel-1>. Acesso em: set. 2023d.

_____. **SW-S**. Disponível em: <https://www.fablabs.io/machines/sw-s>. Acesso em: set. 2023e.

_____. **X-carve**. Disponível em: <https://www.fablabs.io/machines/x-carve>. Acesso em: set. 2023f.

GARCIA, J. **Shapeoko 4 CNC router review**. Maker Industry, 2022. Disponível em: <https://makerindustry.com/shapeoko-4-review/>. Acesso em: nov. 2023.

GUIA DO MARCENEIRO. **Compensado**. Disponível em: <https://www.guiadomarceneiro.com/compensado/>. Acesso em: nov. 2023.

HOW to find the most suitable CNC milling bits for your machine?. Goliath CNC, 2022. Disponível em: <https://goliathcnc.com/community/news/how-to-find-the-most-suitable-cnc-milling-bits-for-your-machine/>. Acesso em: set. 2023.

JARAGUÁ CNC. **Vision**. Disponível em: <https://jaraguacnc.com.br/vision.php>. Acesso em: out. 2023.

LABMEC. **Hermes**. Disponível em: <https://www.labmec.it/macchine-cnc/hermes/>. Acesso em: nov. 2023.

MADESUL — Compensados. **Chapa OSB**. Disponível em: <https://madesulcompensados.com.br/chapa-osb/>. Acesso em: nov. 2023.

MADEZAN MADEIRAS. **Compensado**. Disponível em: <https://madezanmadeiras.com.br/produto/compensado/683>. Acesso em: nov. 2023.

MEDEIROS, F. B. **Aula 1: como montar uma mesa de sacrifício para ter vácuo eficiente router CNC marcenaria 4.0**. YouTube, 10 jul. 2023. 1 vídeo (15min 23seg). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=NBqk_akmW08. Acesso em: set. 2023.

OAK LINES. **Custom photo engraving - shetland sheepdog – CNC router project**. YouTube, 22 jan. 2021. 1 vídeo (5min 27seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=-1Or61sh-Kg>. Acesso em: nov. 2023.

OLIVEIRA, A; SWOBODA, R. **Top 12 melhores brocas para madeira em 2023**. My Best, 2023. Disponível em: <https://br.my-best.com/18817>. Acesso em: nov. 2023.

RHINO MÁQUINAS. **Como utilizar uma router CNC na marcenaria**. YouTube, 21 out. 2022. 1 vídeo (8min 34seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4exliwwA8h0>. Acesso em: set. 2023.

SPETOOL. **SpeTool W06007 solid carbide v groove 90 deg 1/4" dia x 1/4" shank x 2" long 4 flute tialn coated router bit**. Disponível em: <https://spetools.com/products/spetool-w06007-v-groove-chamfer-router-bit-1-4-dia-1-4-shank-90-deg?variant=42063162638519>. Acesso em: nov. 2023.

STUDIO DLUX. **Valóví chair**. YouTube, 30 maio 2015. 1 vídeo (1min 33seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NndvrnHbwel>. Acesso em: ago. 2023.

THENÓRIO, I. **Como funciona uma router CNC #ManualMaker Aula 13, Vídeo 1**. YouTube, 16 maio 2019. 1 vídeo (6min 14seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vtEPXrUmPrs>. Acesso em: set. 2023.

TIPOS de percursos em router CNC. PD Studio, 2021. Disponível em: <https://www.pdstudio.com.br/post/tipos-de-percursos-em-router-cnc>. Acesso em: nov. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FORMULÁRIOS APLICADOS

Os formulários foram aplicados via Google Forms durante os 5 dias de avaliação de cada usuário selecionado. Para os usuários intermediados, foi aplicado um formulário de uso eventual. No total, foram enviados 6 modelos de formulários, todavia, são apresentadas as 6 seções utilizadas neles e seus textos descritivos.

Descrição do formulário para os usuários selecionados:

Texto explicativo e informal sobre a avaliação de percepção (aplicada no dia 1 e adaptada para os outros dias).

Olá, usuário!

Eu sou Rillary (a pessoa que está fazendo você usar a cadeira da imagem acima) e se você está aqui, provavelmente a usou. Kkkk

Este formulário se trata de uma pesquisa que busca **entender a sua percepção** sobre o produto em uso (a cadeira) e consequentemente seu material. É **muito importante** que você possa usá-la diariamente nesse período de **5 dias** e prová-la em **diferentes atividades**. [*Uso residencial*]: Por exemplo, em um dia você pode usá-la para ver televisão e tomar café da manhã, em outro pode usá-la para estudar/trabalhar ou mexer no celular] ou [*Uso laboral*]: Por exemplo, em um dia você pode usá-la para uma atividade manual, outro dia em uma atividade junto ao computador, outro dia para leitura, outro dia durante o expediente e assim por diante]. Mas os usos ficam a seu critério, de acordo com **seus hábitos**. Assim, você responderá um formulário como este ao **final de cada dia (ou expediente)**.

As avaliações funcionam por escala de palavras extremas ou antônimas. Explico: a primeira avaliação quer saber se você considera o produto **áspero (1)** ou **liso (5)**. Caso o considere **algo áspero** pode marcar **2**, se o considera **algo liso** pode marcar **4** e se o considera **neutro (entre um e outro)** pode marcar **3**.

Os pontos positivos são bem-vindos, mas não se preocupe em falar pontos negativos, pode ser **muito sincero(a) sobre o que sente e percebe**. Isso ajudará a entender como foi a sua percepção sobre o uso dela.

Caso tenha alguma dúvida, pode entrar em contato: (82) 9xxxx-xxxx.

E muito obrigada por participar!

Descrição do formulário para os usuários intermediados:

Texto explicativo e informal sobre a avaliação de percepção.

Olá, usuário!

Eu sou Rillary (a pessoa que está fazendo você usar a cadeira da imagem acima) e se você está aqui, provavelmente a usou. Kkkk

Este formulário se trata de uma pesquisa que busca **entender a sua percepção** sobre o produto em uso (a cadeira) e consequentemente seu material. É **muito importante** que você possa usá-la com atenção, pois isso auxiliará a responder este formulário.

As avaliações funcionam por escala de palavras extremas ou antônimas. Explico: a primeira avaliação quer saber se você considera o produto **áspero (1)** ou **liso (5)**. Caso o considere **algo áspero** pode marcar **2**, se o considera **algo liso** pode marcar **4** e se o considera **neutro (entre um e outro)** pode marcar **3**.

Os pontos positivos são bem-vindos, mas não se preocupe em falar pontos negativos, pode ser **muito sincero(a) sobre o que sente e percebe**. Isso ajudará a entender como foi a sua percepção sobre o uso dela.

Caso tenha alguma dúvida, pode entrar em contato: (82) 9xxxx-xxxx.

E muito obrigada por participar!

Seção 1:

Coleta de dados pessoais (aplicada no dia 1).

1. Escreva aqui seu nome. (seu nome não será utilizado na pesquisa, é somente para que possa identificá-lo(a))
2. Qual a sua idade?
3. Sexo:
 - Feminino
 - Masculino
4. Qual a sua profissão ou ocupação atual? (caso seja aposentado(a), pode escrever)
5. Marque seu nível de escolaridade:
 - Ensino fundamental incompleto
 - Ensino fundamental completo
 - Ensino médio incompleto
 - Ensino médio completo
 - Ensino superior incompleto
 - Ensino superior completo
 - Especialização
 - Mestrado
 - Doutorado
 - Outro: _____
6. Qual o seu peso? (em kg)
7. Qual a sua altura? (em metros)

[Adições para o usuário INTERMEDIADO]

- Você utilizou a cadeira por meio de quem? (exemplo: João, Maria, Ana)
- O que você é da pessoa acima? (exemplo: irmão(ã), filho(a), amigo(a))

Seção 2:

Informações de uso das cadeiras (aplicada nos dias 1, 2, 3, 4 e 5):

1. Qual(is) atividade(s) desenvolveu utilizando a cadeira?
 - Estudo
 - Trabalho
 - Café da manhã (refeição)
 - Almoço (refeição)
 - Jantar (refeição)
 - Ver televisão
 - Leitura
 - Ócio
 - Outro: _____

2. Em qual(is) ambiente(s) a cadeira foi utilizada?

[Uso residencial]

- Quarto
- Escritório
- Sala de estar
- Sala de jantar
- Cozinha
- Varanda
- Outro: _____

[Uso laboral]

(exemplo: sala de escritório, sala de aula, frente de loja)

3. Qual a sua média de tempo de uso hoje?
4. Somente você usou a cadeira? (caso NÃO, repasse esse link para ela: [formulário do usuário intermediado](#))
5. Adicione sua(s) imagem(ns) de hoje. (abaixo está um exemplo de imagem, e não se preocupe, seu rosto não será identificado na pesquisa)

Seção 3:

Avaliação dos aspectos sensoriais (aplicada nos dias 1, 2, 3, 4 e 5):

1. Considerando uma escala em que 1 é ÁSPERO e 5 é LISO, avalie:
 1 2 3 4 5
2. Considerando uma escala em que 1 é MACIO e 5 é DURO, avalie:
 1 2 3 4 5
3. Considerando uma escala em que 1 é BARULHENTO e 5 é SILENCIOSO, avalie:
 1 2 3 4 5
4. Considerando uma escala em que 1 é OPACO e 5 é BRILHANTE, avalie:
 1 2 3 4 5
5. Considerando uma escala em que 1 é CHEIRO RUIM e 5 é CHEIRO BOM, avalie:
 1 2 3 4 5
6. Considerando uma escala em que 1 é FRIO e 5 é QUENTE, avalie:
 1 2 3 4 5
7. Aqui você pode fazer as observações e sugestões que achar necessárias. Ou mesmo justificar alguma pontuação.
Não esqueça que a sua opinião é importante.

Seção 4:

Avaliação dos aspectos interpretativos (aplicada nos dias 1, 2, 3, 4 e 5):

1. Considerando uma escala em que 1 é FEIO e 5 é BONITO, avalie:
 1 2 3 4 5
2. Considerando uma escala em que 1 é DISCRETO e 5 é CHAMATIVO, avalie:
 1 2 3 4 5
3. Considerando uma escala em que 1 é VELHO e 5 é NOVO, avalie:
 1 2 3 4 5
4. Considerando uma escala em que 1 é TRADICIONAL e 5 é INOVADOR, avalie:
 1 2 3 4 5
5. Considerando uma escala em que 1 é ANTIQUADO e 5 é MODERNO, avalie:
 1 2 3 4 5
6. Considerando uma escala em que 1 é COMPLICADO e 5 é SIMPLES, avalie:
 1 2 3 4 5
7. Considerando uma escala em que 1 é MONÓTONO e 5 é DIVERTIDO, avalie:
 1 2 3 4 5
8. Considerando uma escala em que 1 é ARTIFICIAL e 5 é NATURAL, avalie:
 1 2 3 4 5
9. Considerando uma escala em que 1 é ARTESANAL e 5 é INDUSTRIAL, avalie:
 1 2 3 4 5
10. Considerando uma escala em que 1 é SUJO e 5 é LIMPO, avalie:
 1 2 3 4 5
11. Considerando uma escala em que 1 é NÃO CONFIÁVEL e 5 é CONFIÁVEL, avalie:
 1 2 3 4 5
12. Considerando uma escala em que 1 é NÃO COMPRARIA e 5 é COMPRARIA, avalie:
 1 2 3 4 5
13. Aqui você pode fazer as observações e sugestões que achar necessárias. Ou mesmo justificar alguma pontuação.
Não esqueça que a sua opinião é importante.

Seção 5:**Avaliação dos aspectos performáticos (aplicada nos dias 1, 2, 3, 4 e 5):**

1. Considerando uma escala em que 1 é DESCONFORTÁVEL e 5 é CONFORTÁVEL, avalie:
 1 2 3 4 5
2. Considerando uma escala em que 1 é LEVE e 5 é PESADO, avalie:
 1 2 3 4 5
3. Considerando uma escala em que 1 é FRÁGIL e 5 é RESISTENTE, avalie:
 1 2 3 4 5
4. Considerando uma escala em que 1 é FRACO e 5 é FORTE, avalie:
 1 2 3 4 5
5. Considerando uma escala em que 1 é INSEGURO e 5 é SEGURO, avalie:
 1 2 3 4 5
6. Considerando uma escala em que 1 é DIFICULDADE DE USO e 5 é FACILIDADE DE USO, avalie:
 1 2 3 4 5
7. Considerando uma escala em que 1 é NÃO SATISFATÓRIO e 5 é SATISFATÓRIO, avalie:
 1 2 3 4 5
8. Considerando uma escala em que 1 é NÃO PERSONALIZÁVEL e 5 é PERSONALIZÁVEL, avalie:
 1 2 3 4 5
9. Considerando uma escala em que 1 é DIFÍCIL MANUTENÇÃO e 5 é FÁCIL MANUTENÇÃO, avalie:
 1 2 3 4 5
10. Considerando uma escala em que 1 é PÉSSIMA QUALIDADE e 5 é ÓTIMA QUALIDADE, avalie:
 1 2 3 4 5
11. Aqui você pode fazer as observações e sugestões que achar necessárias. Ou mesmo justificar alguma pontuação.
Não esqueça que a sua opinião é importante.

Seção 6:**Informações complementares (aplicada no dia 5):**

[Seção não aplicada aos usuários INTERMEDIADOS]

1. O que achou da experiência de 5 dias como um todo?
2. Se te fossem entregues todas essas peças da cadeira em casa, você se disporia a montá-la e tê-la como mais um móvel em sua residência?
3. Qual(is) observação(ões) de pontos positivos e negativos faria sobre o uso da cadeira?
4. Que tipo de consumidor você se considera?
 - Inventivo (que gosta de criar, modificar e/ou montar seus produtos para adequá-los ao seu bem estar)
 - Decisivo (que gosta de avaliar o custo-benefício de determinado produto para saber se vale a pena comprá-lo ou montá-lo)
 - Prático (que gosta de receber tudo pronto e definido para não ter esforço de montagem ou adequações)