

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE LETRAS E ARTES  
ESCOLA DE BELAS ARTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN | PPGD**

Igor Cesar Rosa da Silva

**ECOCOMPÓSITO DE RESINA VEGETAL E RESÍDUOS DE FIBRA DE PIAÇAVA:**  
Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design

Rio de Janeiro  
16 de Dezembro de 2020



Igor Cesar Rosa da Silva

**ECOCOMPÓSITO DE RESINA VEGETAL E RESÍDUOS DE FIBRA DE PIAÇAVA:**  
Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Orientadora  
Ana Karla Freire de Oliveira

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2020



Igor Cesar Rosa da Silva

**ECOCOMPÓSITO DE RESINA VEGETAL E RESÍDUOS DE FIBRA DE PIAÇAVA:**

Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Design. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada:



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Karla Freire de Oliveira  
Orientadora | PPGD | UFRJ



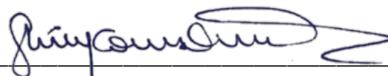
---

Prof. Dr. Diego de Holanda Saboya Souza  
Co-Orientador | IMA | UFRJ



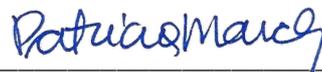
---

Prof. Dr. Madson Luis Gomes de Oliveira  
PPGD | UFRJ



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Shirley Gomes Queiroz  
PPG | UnB



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patricia March de Souza  
Departamento de Design Industrial | UFRJ



Rio de Janeiro  
Dezembro de 2020

## CIP - Catalogação na Publicação

S586e Silva, Igor Cesar Rosa da  
ECOCOMPÓSITO DE RESINA VEGETAL E RESÍDUOS DE  
FIBRA DE PIAÇAVA: Estudos de usinagem e  
sensorialidade para aplicações no campo do design /  
Igor Cesar Rosa da Silva. -- Rio de Janeiro, 2020.  
131 f.

Orientadora: Ana Karla Freire de Oliveira.  
Coorientador: Diego Holanda Saboya Souza.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, Escola de Belas Artes, Programa de  
Pós-Graduação em Design, 2020.

1. Design industrial. 2. Materiais. 3.  
Ecocompósito. 4. Fibra de piaçava. 5. Economia  
circular. I. Oliveira, Ana Karla Freire de, orient.  
II. Souza, Diego Holanda Saboya, coorient. III.  
Título.

*A minha mãe.  
A minha esposa.  
Ao meu filho.*

## Agradecimentos

A Deus, que sempre esteve presente.

Aos meus pais, Eurides e Ivo (em memória) que desde a infância souberam me mostrar a importância dos estudos, de seguir em frente e pelo apoio.

A minha esposa, Priscyla, por acreditar em mim, pelo amor, incentivo, apoio, paciência e compreensão.

Ao meu filho Bento, com 2 anos de idade, que mesmo sem saber, me fez manter o foco e seguir com meus objetivos.

A minha orientadora, professora Ana Karla Freire, pela maneira admirável como orienta, suas sugestões e críticas, pelo incentivo e ajuda, por todo conhecimento transmitido, que certamente seguirão comigo.

Ao meu co-orientador, professor Diego Saboya, pelo apoio e ajuda na confecção do compósito.

Ao professor Roberto Verscheisser, pelo despertar e incentivo a fazer o mestrado.

A fábrica *Vassouras Irajá*, pela atenção, a disponibilidade em me atender e pelo fornecimento dos resíduos de fibra de piaçava.

A fábrica *Divino Piaçava* e a *Associação Aliança dos Cegos* por toda ajuda e informações importantes para a pesquisa.

A *Imperveg*, pela amostra fornecida de resina de mamona.

Ao *IMA – Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano / UFRJ*, por disponibilizar o laboratório para a moagem das fibras e a confecção do compósito.

Aos amigos e professores do PPGD - EBA que contribuíram direta ou indiretamente para esta pesquisa.

## **ECOCOMPÓSITO DE RESINA VEGETAL E RESÍDUOS DE FIBRA DE PIAÇAVA:**

Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design

### RESUMO

SILVA, Igor Cesar Rosa; OLIVEIRA, Ana Karla Freire. **Ecocompósito de resina vegetal e resíduos de fibra de piaçava**: estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design. Rio de Janeiro, 2020. Dissertação (Mestrado em Design Visual) – Programa de Pós-Graduação em Design Visual, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Os danos ambientais causados pela ação humana têm revelado graves consequências ao ecossistema. Neste sentido, com o objetivo de preservar o meio ambiente e seus recursos naturais, os materiais compósitos reforçados com fibras vegetais apresentam vantagens que os tornam alternativas para aplicação em novos produtos de design, arquitetura e engenharia, buscando a diminuição do impacto ambiental. Esta investigação visa incentivar e propor o reaproveitamento de fibras vegetais, mais especificamente resíduos de piaçava, gerados na fabricação de vassouras, cuja proposta é sugerir como alternativa de reforço em matriz polimérica derivada de óleo de mamona, proveniente de fonte renovável. Com isso, foi realizada a confecção do material utilizando-se da moldagem por compressão, resultando em corpos de prova para fins de análise de usinagem, taticidade e visualidade. O ecocompósito produzido possui uma estética visual atrativa, assemelhando-se a algumas madeiras de lei, o que resultou em novas aplicações para projetos de design, que vão dos revestimentos, como o piso tipo assoalho e revestimento 3D para parede até a fabricação de móveis aqui propostos.

Palavras – chave:

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

## **ECOCOMPÓSITO DE RESINA VEGETAL E RESÍDUOS DE FIBRA DE PIAÇAVA:**

Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design

### ABSTRACT

SILVA, Igor Cesar Rosa; OLIVEIRA, Ana Karla Freire. **Plant resin ecocomposite and piassava fiber residues**: Machining and sensory studies for applications in the design field. Rio de Janeiro, 2020. Dissertation (Master in Visual Design) – Post Graduate Program in Visual Design, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

The environmental damage caused by human action has revealed serious consequences for the ecosystem. In this sense, in order to preserve the environment and its natural resources, composite materials reinforced with vegetable fibers have advantages that make them alternatives for application in new design, architecture and engineering products, seeking to reduce the environmental impact. This investigation aims to encourage and propose the reuse of vegetable fibers, more specifically piassava residues, generated in the manufacture of brooms, whose proposal is to suggest as a reinforcement alternative in polymeric matrix derived from castor oil, from a renewable source. With this, the material was made using compression molding, resulting in specimens for the purposes of analysis of machining, tactility and visuality. The ecocomposite produced has an attractive visual aesthetic, resembling some hardwoods, which resulted in new applications for design projects, ranging from coverings, such as floor type flooring and 3D wall covering to the manufacture of furniture here proposed.

### Keywords:

Industrial design; Materials; Ecocomposite; Piassava fiber; Circular economy.

## Lista de Figuras

Figura 1: Metodologia inicial.	19
Figura 2: Evolução dos materiais.	24
Figura 3: Definições da economia circular.	29
Figura 4: Tríade Materiais, Economia Circular e Ecodesign.	33
Figura 5: Palmeira da espécie <i>Attalea funifera</i> Martius	39
Figura 6: Inflorescência (A); flor masculina (B) e flor feminina (C).	40
Figura 7: Cacho (A); fruto inteiro (B); corte vertical (C) e horizontal (D e E).	40
Figura 8: Piaçaveiro colhendo as fibras no topo da palmeira.	41
Figura 9: Fardos formados na mata atlântica (A); amarração da fibra limpa (B) e finalização (C).	41
Figura 10: Armazenamento dos fardos de piaçava	42
Figura 11: A capa (A); toco na planta (B); a capa de fibra bruta (C).	43
Figura 12: Palhas amarradas nas ripas.	46
Figura 13: Aplicação das ripas de piaçava: quiosque (A) e detalhe (B)	46
Figura 14: Fibras em fardos (A); soltas (B); pente (C) e penteamento das fibras (D).	47
Figura 15: Resíduos do penteamento.	47
Figura 16: Umedecimento (A); prensagem (B e C) e fibras na lata (D).	48
Figura 17: Acabamento na guilhotina.	48
Figura 18: Fibra sem tratamento (A); em rolos (B); fabricação (C) e resíduos (D).	49
Figura 19: Piaçava e bacia armazenadas (A) e a produção final (B).	50
Figura 20: Resíduos gerados na guilhotina (A) e o descarte (B).	50
Figura 21: Resíduos com variação de tamanho.	50
Figura 22: Bacia (A e B) e piaçava penteada (C e D).	51
Figura 23: Etapas do processo de fabricação de vassouras.	52
Figura 24: Fruto da mamoneira (A) e folha (B).	53
Figura 25: Fruto com flor (A); com a casca seca (B); aberto com as sementes (C).	53
Figura 26: Cadeia produtiva da mamona no Brasil.	54
Figura 27: Processo de extração do óleo da semente da mamona.	55
Figura 28: Estrutura do triglicerídeo do ácido ricinoléico.	57
Figura 29: Classificações dos compósitos.	59
Figura 30: Classificação dos compósitos pelo tipo de matriz.	60
Figura 31: Embalagens biodegradáveis.	65
Figura 32: Pisos de fibra de tururi e resina a base do óleo de mamona.	66
Figura 33: Lâminas (A) e aplicação do bananaplac (B)	67
Figura 34: Guitarra com resíduos de malte de cerveja.	67
Figura 35: Resíduos.	71
Figura 36: Dimensionamento dos resíduos.	71

Figura 37: Componente A e componente B da resina de mamona.	72
Figura 38: Facas do moedor (A) e funil de entrada (B).	73
Figura 39: Piaçava moída.	74
Figura 40: Fibras curtas.	74
Figura 41: Piaçava em pó.	75
Figura 42: Mistura da resina com o pó de piaçava.	75
Figura 43: Compósito no molde.	76
Figura 44: Molde fechado (A) e molde aberto (B)	76
Figura 45: Esquema técnico do molde aberto (A) e tampa (B).	77
Figura 46: Molde sendo prensado.	77
Figura 47: Placa do ecocompósito.	78
Figura 48: Esquema técnico dos corpos de prova para o ensaio de abrasão.	79
Figura 49: Caixa (A) e tampa (B) para o molde do compósito.	79
Figura 50: Esquema técnico dos corpos de prova para o ensaio de compressão.	80
Figura 51: Molde para os corpos de prova de tração (esquerdo) e flexão (direito).	80
Figura 52: Preparação dos corpos de prova para o ensaio de tração.	81
Figura 53: Preparação dos corpos de prova para o ensaio de flexão.	81
Figura 54: Corpos de prova para o ensaio de tração.	82
Figura 55: Corpos de prova para o ensaio de flexão.	82
Figura 56: Acabamento do corpo de prova para o ensaio de tração	83
Figura 57: Acabamento do corpo de prova para o ensaio de flexão.	83
Figura 58: Detalhamento técnico (em cm) dos corpos de prova de tração (A) e flexão (B).	83
Figura 59: Apreciação tátil e visual do ecocompósito.	85
Figura 60: Placa exposta a luz solar.	85
Figura 61: Detalhes que compõe a placa.	86
Figura 62: Pesagem da placa.	87
Figura 63: Coloração do ecocompósito em luz ambiente.	87
Figura 64: Madeiras naturais: cabreuva vermelha (A); ipê escuro (B); jatobá (C); muirapiranga (D); roxinho (E) e sucupira (F).	88
Figura 65: Corte de duas seções.	91
Figura 66: Corte dos cubos.	92
Figura 67: Corte dos cilindros após torneamento.	92
Figura 68: Serra esquadrejadeira circular	93
Figura 69: Disco Freud.	93
Figura 70: Processo de corte do material compósito.	94
Figura 71: Detalhe do corte.	94
Figura 72: Corte dos cubos para testes.	95
Figura 73: Perfuração com o prego (A) e detalhe da saída do prego (B).	96
Figura 74: Furadeira e parafusadeira usada (A) e detalhe com parafuso (B).	97
Figura 75: Detalhe de entrada (A) e saída do parafuso (B).	97
Figura 76: Torno mecânico Romi NTS – 410.	98

Figura 77: Contra ponto rotativo (A) e placa universal (B).	98
Figura 78: Processo de torneamento.	99
Figura 79: Corte dos cilindros.	100
Figura 80: Teste de polimento/lixamento.	100
Figura 81: Variação de perda.	101
Figura 82: Variação de perda entre 1 a 2 mm.	102
Figura 83: Aproveitamento da chapa para o revestimento 3D.	104
Figura 84: Espessuras do revestimento 3D: 10mm (A), 30 mm (B) e 50 mm (C).	104
Figura 85: Desenho técnico das peças hexagonais.	104
Figura 86: Aplicação do revestimento 3D, simulação 1	105
Figura 87: Aplicação do revestimento 3D, simulação 2.	105
Figura 88: Assoalho TG4 (A) e Assoalho Tradicional (B).	106
Figura 89: Aproveitamento da chapa para o corte do piso	107
Figura 90: Piso do tipo assoalho	107
Figura 91: Desenho técnico.	108
Figura 92: Aplicação do piso.	108
Figura 93: Banco longo.	109
Figura 94: Desenho técnico do banco longo.	109
Figura 95: Logotipo criado para o material compósito	111
Figura 96: Cores em Pantone, CMYK e RGB.	111
Figura 97: Versão Preto / Branco do logotipo.	112
Figura 98: Versão Tons de Cinza do logotipo.	112
Figura 99: Apresentação final.	113

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Composição média do óleo da mamona.	57
Tabela 2: Peso dos corpos de prova.	82
Tabela 3: Total de perda em mm após polimento/lixamento.	101

## Lista de Quadros

Quadro 1: Classificação dos materiais e características.	25
Quadro 2: Tipos de fibras vegetais, espécie e origem.	35
Quadro 3: Características das fibras vegetais.	36
Quadro 4: Fibras vegetais de interesse.	37
Quadro 5: Vantagens e desvantagens de fibras vegetais em materiais compósitos.	38
Quadro 6: Resíduos de processamento de fibras vegetais.	44
Quadro 7: Comparação entre termoplásticos e termorrígidos.	62
Quadro 8: Propriedades da resina de mamona.	72
Quadro 9: Atributos táteis e visuais da placa do ecocompósito.	86

## Lista de Siglas e Abreviaturas

AAC	Associação Aliança dos Cegos
ASTM	American Society for Test and Materials
BIOSMAT	Núcleo de Apoio à Pesquisa em Materiais para Biosistemas
E.C	Economia Circular
EMBRAPA	Empresa de Pesquisa Agropecuária S.A
EMF	Ellen MacArthur Foundation
IMA	Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano
IQSC	Instituto de Química de São Carlos
ISO	International Organization Standardization
MDF	Medium Density Fiberboard
MDP	Medium Density Particleboard
PU	Poliuretano
SBRT	Serviço Brasileiro de Resposta Técnica
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	Universidade de São Paulo
WDO	World Design Organization

<b>INTRODUÇÃO</b>	16
<b>CAPÍTULO I - SUSTENTABILIDADE NO DESIGN</b>	21
1.1 RELAÇÃO DESIGN & MATERIAIS	22
1.2 ECONOMIA CIRCULAR	27
1.3 ECODESIGN	31
<b>CAPÍTULO II - FIBRAS E RESINAS VEGETAIS</b>	34
2.1 FIBRAS VEGETAIS	35
2.1.1 Vantagens e desvantagens	37
2.1.2 Fibra de piaçava: Panorama Geral	39
2.1.3 Descrição de processos produtivos utilizando as fibras de piaçava e consequente geração de resíduos: Visitas técnicas realizadas	45
2.2 RESINA POLIURETANA A BASE DE ÓLEO DE MAMONA	52
2.3 DEFINIÇÃO DE COMPÓSITO	58
2.4 COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS POR FIBRAS VEGETAIS	59
2.5 ECOCOMPÓSITO: DEFINIÇÃO DO TERMO	63
2.5.1 Ecocompósitos no Design	64
<b>CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS</b>	69
3.1 MATERIAIS	70
3.1.1 Fibra de piaçava	70
3.1.2 Resina de mamona	71
3.2 FABRICAÇÃO DO ECOCOMPÓSITO E CORPOS DE PROVA PARA OS ENSAIOS MECÂNICOS E DE USINAGEM	73
3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE SENSORIAL/TÁTIL DO MATERIAL E PROPOSTAS DE APLICAÇÃO EM PROJETO DE DESIGN	84
3.5 PROJETO DE DESIGN: METODOLOGIA PROPOSTA	88

<b>CAPÍTULO IV - USINAGEM E PROJETO DE DESIGN</b>	<b>90</b>
4.1 USINAGEM	91
4.1.1 Testes de usinagem com o ecocompósito	91
4.1.1.1 Corte na serra circular esquadrejadeira	91
4.1.1.2 Perfuração com prego e parafuso	95
4.1.1.3 Torneamento	98
4.1.1.4 Polimento/lixamento	100
4.2 PROJETO DE DESIGN	102
4.2.1 Revestimento 3D para parede	103
4.2.2 Piso tipo assoalho	106
4.2.3 Banco longo	108
4.3 DESENVOLVIMENTO DE IDENTIDADE VISUAL	110
4.3.1 Apresentação final	113
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>114</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>115</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>125</b>

# Introdução

## **Considerações Iniciais**

Nesta parte da dissertação são apresentados e discutidos itens como objetivos da pesquisa, sua relevância, hipótese norteadora, metodologia de pesquisa e a conseqüente organização dos capítulos desta dissertação.

## Introdução

Atualmente, é vista uma frequente pressão organizada pela sociedade a fim de exigir um ambiente mais sustentável e responsável em empresas, governos e ONGs (CÔRREA e XAVIER, 2013, p. 2). Com esta preocupação, tem-se pensado muito em palavras como “Refletir, Responsabilizar-se, Respeitar, Reduzir, Reutilizar, Reparar, Reciclar e Repassar” por meio de uma transformação mais profunda pensada na necessidade de mudar a forma de consumir (UOL, 2011). Tais conceitos encontram-se diretamente relacionados a questões trabalhadas na Economia Circular.

Neste contexto, a Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2010), fundação sem fins lucrativos, define a Economia Circular como um modelo, cujo objetivo é fazer com que os produtos, componentes, materiais e sistemas, tenham seus resíduos eliminados por meio do design sustentável, onde exista a transformação do conceito de fim de vida para o conceito de restauração.

Entende-se com a referência, que existe um interesse por uma mudança constante e que permita a busca por novos materiais e produtos que causem menos prejuízos ao meio ambiente. É o caso, por exemplo, dos materiais compósitos reforçados por fibras vegetais, que atualmente têm gerado um grande interesse por parte dos pesquisadores e profissionais da área, isto se justifica pelas vantagens apresentadas, em seu uso, tanto para o homem quanto para o meio ambiente.

Giacomini (2003, p.21), afirma que as fibras naturais possuem vantagens por serem recursos provenientes de fontes renováveis, que em geral possuem boas propriedades mecânicas, são biodegradáveis e apresentam baixo custo. A busca por novas aplicações das fibras naturais por parte de pesquisadores vem aumentando, isso se justifica por suas possibilidades de aplicações em diversos campos, tais como: construção civil, arquitetura, design, área médica, mobiliário, etc.

No design, essas fibras representam um importante recurso enquanto material alternativo para projetos de produtos. Por esta razão a presente pesquisa destaca o uso das resistentes e flexíveis fibras de piaçava, ao se propor utiliza-las como reforço em matriz poliuretana derivada do óleo de mamona, obtendo o que se denomina de ecomcompósito.

Ao se pensar em fibras de piaçava é possível que num primeiro momento a ideia de uso dessa fibra esteja ligada à produção de vassouras e ao artesanato, pouco se falando ou divulgando sua utilização em outros produtos, fato que será

explorado nesta dissertação. O processo de produção de vassouras de piaçava geralmente gera resíduos, como se poderá comprovar com a leitura desta pesquisa, e estes resíduos podem ser aproveitados na fabricação de um compósito para fins de design sustentável, um dos objetivos principais deste trabalho. Neste sentido, Esquenazi (2015, p.2), cita que as fibras da palmeira *Atallea funifera Martius*, são resistentes, rígidas, lisas, de textura impermeável, de alta flexibilidade, e conservam a elasticidade quando umedecidas o que as torna um material passível de uso em diversas outras aplicações.

Para a confecção de ecocompósitos, além das fibras vegetais, é necessário examinar a combinação delas junto a uma matriz, mais especificamente as poliméricas de origem renovável.

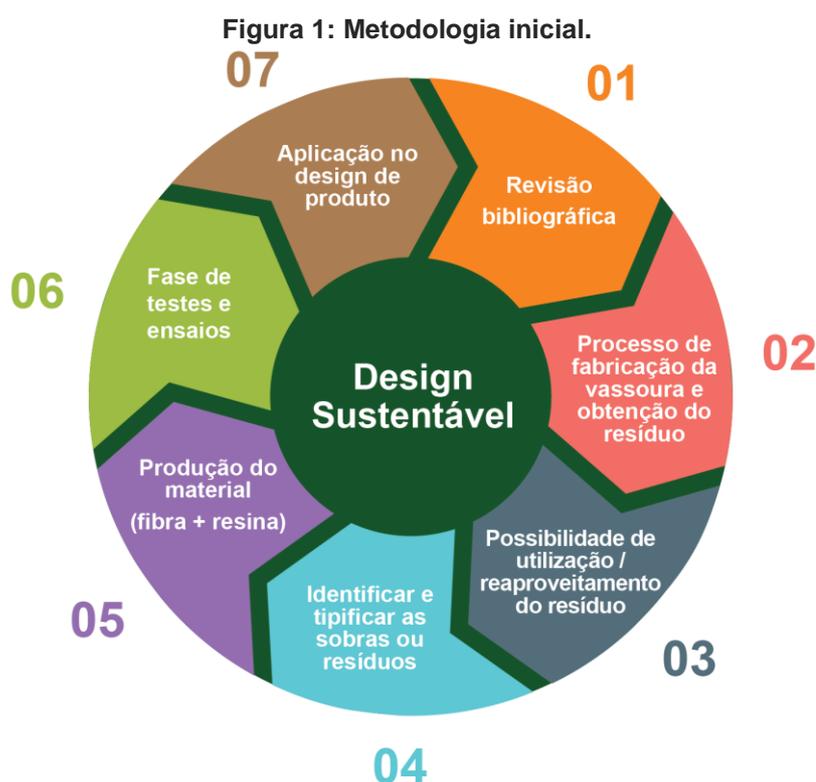
Segundo Paiva (2011, p.35), o poliuretano derivado do óleo extraído das sementes da mamona, tem um elevado valor industrial, com boas propriedades em compósitos, muito boa resistência química, resistência ao impacto e boa resistência a abrasão. Enquanto compósito polimérico de matrizes biodegradáveis, a resina de mamona oriunda de óleos vegetais vem sendo estudada por pesquisadores e apresentado resultados significativos (AQUINO, 2003, pp. 48-49).

Esta pesquisa tem por objetivo geral analisar a viabilidade de uso do ecocompósito formado por resíduos de fibra de piaçava (*Attalea funifera Martius*) e resina poliuretana derivada do óleo de mamona (*Ricinus communis*) enquanto material aplicável ao universo do design sustentável. Para atingir o previsto no objetivo geral, os objetivos específicos da pesquisa consistem em: revisar a literatura que abrange o universo dos ecocompósitos; descrever e analisar a metodologia de fabricação das vassouras de piaçava e caracterizar o resíduo oriundo deste processo; pesquisar a respeito da fibra de piaçava e outras fibras vegetais enquanto elemento de reforço para ecocompósitos poliméricos; e por fim, estudar a resina poliuretana derivada de óleo da mamona observando o uso de ecocompósitos no design e suas possibilidades reais na aplicação de produto com menor impacto ao meio ambiente.

A partir dos objetivos descritos, pôde-se elaborar a seguinte questão enquanto problema de pesquisa: O ecocompósito formado por resíduos de fibra de piaçava e resina poliuretana de mamona é viável enquanto material para o design sustentável? Seguindo a lógica da pesquisa, apresenta-se como hipótese de estudo a seguinte afirmação: O uso do ecocompósito formado por fibras de piaçava em

matriz de resina de mamona apresenta possibilidades de uso no design sustentável, pois permitem várias aplicações em produtos menos impactantes ao meio ambiente. Esta hipótese serviu como elemento norteador para o desenvolvimento deste estudo.

A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo se configura primeiramente em uma etapa de revisão bibliográfica (artigos, teses, dissertações, monografias, reportagens, vídeos, boletins técnicos, entre outros) para fundamentação dos conceitos teóricos. Posteriormente, conforme Figura 1, foram realizadas visitas técnicas às empresas que fabricam vassouras de piaçava, com o intuito de caracterizar e coletar resíduos da fibra. A próxima fase da metodologia se deu por meio da experimentação em laboratório e realização de ensaios técnicos, tarefas de usinagem, análise da taticidade e características sensoriais do material, visando à caracterização do ecocompósito, para verificação por fim, das possibilidades reais de uso do material fabricado no design sustentável.



Fonte: Autor, 2019.

Esta dissertação encontra-se organizada em capítulos que abordaram os seguintes tópicos:

No **Capítulo 1**, denominado de “**Sustentabilidade no Design**”, é abordada a importância dos materiais para a concepção de um produto, sugerindo uma reflexão a respeito da relação Design & Materiais, assim como apresenta-se ainda uma breve revisão sobre a Economia Circular e o Ecodesign, temas relativos ao universo do capítulo em questão. No **Capítulo 2**, intitulado de “**Fibras e Resinas Vegetais**”, são abordadas as fibras naturais vegetais a partir das suas potencialidades, vantagens e desvantagens. É descrito, neste capítulo, o processo de fabricação de vassouras de piaçava e a obtenção dos resíduos desta fibra a partir deste processo, apresentando também um panorama geral sobre a piaçava, com suas características técnicas, de produção e geração de resíduos. É apresentado, ainda, um panorama geral sobre a resina poliuretana a base de óleo de mamona, os compósitos e ecocompósitos, dissertando sobre a classificação desses materiais e suas características, mencionando suas vantagens e desvantagens. Além da definição, são apresentados alguns compósitos poliméricos reforçados por fibras, assim como os ecocompósitos utilizados no design. O **Capítulo 3**, intitulado de “**Materiais e Métodos**”, são descritos os materiais utilizados (fibra e resina), o processo de experimentação em laboratório, a fabricação do ecocompósito e as normas adotadas para cada ensaio. Posteriormente foi realizada a análise visual e tátil do material e suas possibilidades de aplicações no design. Por fim, no **Capítulo 4**, denominado de “**Usinagem e Projeto de Design**” são apresentados os testes de usinagem em marcenaria e tornearia a fim de verificar o comportamento do material nestes processos e sua aplicação futura em artefatos de design. Após as etapas de usinagem, são apresentadas e sugeridas algumas aplicações do material em projetos de design, desde um revestimento horizontal, um revestimento vertical 3D e uma peça de mobiliário.

Por fim, são apresentadas as conclusões e sugestões para complementação e realização de pesquisas com o tema aqui proposto.

# Capítulo I

## Sustentabilidade no Design

### **Considerações Iniciais**

Nesta parte da dissertação são apresentados e discutidos itens relacionados à questão da sustentabilidade no design, tais como: a relação Design & Materiais, Economia Circular e um breve panorama sobre o Ecodesign, prática de projeto que busca o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis voltados para a sociedade.

## Capítulo I

### 1.1 Relação Design & Materiais

Os materiais exercem grande importância no desenvolvimento e avanço da sociedade, suas propriedades são fundamentais e decisivas na concepção de objetos do design industrial. Para analisar a relação Design & Materiais foram utilizadas como bases teóricas as referências de Ashby e Johnson (2011), Callister (2002), Manzini e Vezzoli (2002), Calegari (2013); Oliveira (2011), Pazmino (2007), Bonfim (1994), Faller (2009), entre outros.

Antes de adentrar na escrita da relação entre as áreas, é apropriado esclarecer e propor uma reflexão sobre o design, para tanto serão apresentadas duas definições para guiar reflexões sobre esta atividade profissional, sendo a primeira da WORLD DESIGN ORGANIZATION (WDO):

Um processo estratégico de solução de problemas que impulsiona a inovação constrói o sucesso do negócio e leva a uma melhor qualidade de vida por meio de produtos, sistemas, serviços e experiências inovadoras. O Design Industrial preenche a lacuna entre o que é e o que é possível. É uma profissão transdisciplinar que aproveita a criatividade para resolver problemas e co-criar soluções com a intenção de tornar melhor um produto, sistema, serviço, experiência ou negócio. Na sua essência o Design Industrial oferece uma maneira mais otimista de olhar para o futuro, reformulando problemas como oportunidades. Ele conecta inovação, tecnologia, pesquisa, negócios e clientes para fornecer novo valor e vantagem competitiva em todas as esferas econômica, social e ambiental. (WDO, 2015, Tradução nossa).

Nesta primeira definição, é possível observar a preocupação da WDO com o correto desenvolvimento sustentável relacionado diretamente com um design mais consciente que conecte a inovação, a tecnologia, a pesquisa, aos negócios e os clientes.

A segunda definição vem de Bomfim (1994, p.28), que complementa a apresentada pela WDO afirmando que o design é uma atividade que se ocupa da configuração de objetos de uso. O autor observa que “o conceito de “objeto” normalmente supõe oposição ao conceito de “sujeito”, embora a definição do uso (ou usos) do objeto seja própria do sujeito”. Sendo assim, o próprio objeto de uso trás consigo uma relação objetivo-subjetiva entre produto e usuário.

É possível concluir que as duas definições são complementares, embora, neste argumento, Damazio (apud FALLER, 2009, p.27) citar que vai depender do “contexto histórico, social, cultural, econômico, político e geográfico em que foram formuladas”.

Na busca por uma melhor qualidade de vida e experiência do usuário, por meio de produtos que se conectam diretamente com a inovação, tecnologia e pesquisa, entende-se que com a transdisciplinaridade do design é estabelecido um diálogo possível entre diversas áreas práticas e teóricas, entre elas, a Ciência e a Engenharia de Materiais.

Neste sentido a importância dos materiais para o design é reforçado junto ao pensamento projetual. O *National Research Council* (Conselho Nacional de Pesquisa) em sua publicação *Materials and Man's Needs: Materials Science and Engineering* (Materiais e Necessidades do Homem: Ciência e Engenharia de Materiais, 1974, p.1) define para o termo *materiais* as substâncias com propriedades que possibilitem o desenvolvimento e construção de máquinas, estruturas, dispositivos e produtos. Para o autor,

A ciência e engenharia de materiais preocupam-se com a geração e aplicação de conhecimentos relacionando a composição, estrutura e processamento de materiais às suas propriedades e usos [...] (*National Research Council*, 1974, tradução nossa).

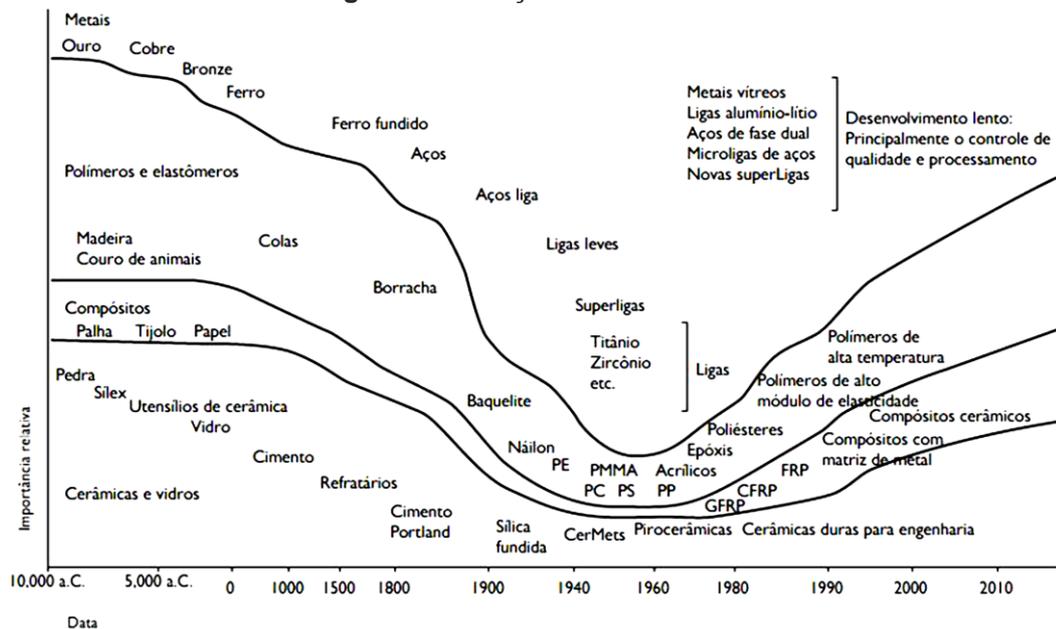
Assim a Ciência e a Engenharia de Materiais ocupam-se de pesquisa e produção de materiais capazes de serem convertidas em produtos, estabelecendo assim uma relação direta com o design.

Para Ashby & Johnson (2011, p.194) os materiais são considerados a matéria-prima do design e por meio da história ditaram os ensejos e limites desta área. Os autores citam que na pré-história os nomes dados às eras estavam diretamente relacionados aos principais materiais utilizados naquela época (Idade da Pedra, Idade do Bronze e a Idade do Ferro). Porém hoje vivemos um período em que há uma enorme gama de materiais e possíveis combinações entre eles. Neste sentido, Callister (2002, p.2) reforça que:

Os materiais estão provavelmente mais entranhados na nossa cultura que a maioria de nós imagina. Transportes, habitação, vestuário, comunicação, recreação e produção de alimentos – visivelmente cada seguimento de nossas vidas diárias é influenciado em maior ou menor grau pelos materiais. Historicamente, o desenvolvimento e o avanço das sociedades têm estado intimamente ligados às habilidades dos seus membros em produzir e manipular materiais para satisfazer as suas necessidades. De fato, as civilizações antigas foram designadas pelo nível de seus desenvolvimentos em relação aos materiais (isto é, Idade da Pedra, Idade do Bronze, etc.). (CALLISTER, 2002)

As observações apontadas por Ashby; Johnson e Callister encontram-se ilustradas na Figura 2, apresentando a evolução dos materiais em uma linha do tempo, destacando o seu valor para as épocas, por meio dos eixos de importância dos materiais com a sua evolução. Os materiais no ano 10.000 a.C consistiam em cerâmica, vidro, madeira, metais, polímeros naturais e compósitos, mas com o passar dos anos houve o desenvolvimento de outras classes de materiais, tais como: metais vítreos, polímeros sintéticos, superligas de aço, entre outros.

**Figura 2: Evolução dos materiais.**



Fonte: ASHBY e JOHNSON, 2011, p.196.

Por meio da evolução dos materiais representados na Figura 2, é possível perceber que a partir de 1900 houve um avanço significativo para o estudo dos materiais, sendo fundamental sua implicação na concepção dos produtos. Sob o ponto de vista de Almeida Júnior (2013, p.19), os produtos estabelecem uma conexão e associação aos materiais de que são feitos, materiais estes que funcionam como uma interface permitindo uma interação do homem com o material.

A trajetória dos materiais interferiu e interfere no cotidiano da humanidade, a partir de descobertas sobre seu aperfeiçoamento é possível conceber novos produtos ou melhorar os já existentes.

De acordo com Callister (2002, p.4), os materiais sólidos são agrupados em três classificações básicas: metais, cerâmicos e polímeros. Porém são adicionados outros três grupos de materiais que são os compósitos, semicondutores e os

biomateriais. Segundo o autor, “os compósitos consistem em combinações de dois ou mais materiais diferentes, enquanto os semicondutores são utilizados devido as suas características elétricas peculiares; os biomateriais são implantados no interior do corpo humano”. Callister apresenta uma breve explicação dos tipos de materiais e suas características no quadro a seguir.

**Quadro 1: Classificação dos materiais e características**

TIPOS DE MATERIAIS	CARACTERÍSTICAS
<b>Metais</b>	São normalmente combinações de elementos metálicos e bons condutores de eletricidade e calor, não são transparentes a luz visível. Os metais são muito resistentes e ainda assim deformáveis.
<b>Cerâmicos</b>	São compostos entre os elementos metálicos e não metálicos. Possui uma variedade de materiais que se enquadra nesta classificação, incluindo os cerâmicos que são compostos por minerais argilosos, cimento e vidro, sendo isolantes à passagem de eletricidade e calor. Além de serem mais resistentes a altas temperaturas, são duros, porém muito quebradiços.
<b>Polímeros</b>	Materiais comuns de plásticos e borracha. Muitos deles são compostos orgânicos que tem sua química baseada no carbono, no hidrogênio e em outros elementos não metálicos. Podendo ser materiais extremamente flexíveis.
<b>Compósitos</b>	São materiais desenvolvidos pela engenharia que consiste em mais de um tipo de material. A fibra de vidro é um exemplo de material que é incorporado na matriz polimérica para obter um material com a resistência do vidro, mas com a flexibilidade do polímero. O compósito é projetado para mostrar uma combinação das melhores características de cada um dos materiais que o compõe.
<b>Semicondutores</b>	Possuem propriedades elétricas que são intermediárias entre aquelas apresentadas pelos condutores elétricos e pelos isolantes. São sensíveis a presença de minúsculas concentrações de átomos de impurezas. Os semicondutores tornaram possível o advento dos circuitos integrados.
<b>Biomateriais</b>	São componentes implantados no interior do corpo humano para substituição de partes do corpo doente ou danificada. Não devem produzir substâncias tóxicas, sendo compatíveis com os tecidos do corpo.

Fonte: CALLISTER, 2002, p.4.

A principal característica do compósito é o resultado obtido na combinação de cada material que o compõe, visando obter suas melhores propriedades. Nesse aspecto, os ecocompósitos, além de mostrar resultados surpreendentes possibilitam um menor impacto ao meio ambiente.

Os ecocompósitos formados por fibras e resinas naturais, oriundas de fontes renováveis, representam o objeto de pesquisa deste estudo, que visa desenvolver um material com baixo impacto ambiental. Neste sentido, uma conexão importante é feita por Manzini & Vezzoli (2011, p.20) na qual os autores apontam que “o papel do design industrial pode ser sintetizado como a atividade que, ligando o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, faz nascerem novas propostas que sejam social e culturalmente aceitáveis”.

Complementando esta ideia, Evboumwan et. al. (1995, p.1) fazem uma importante reflexão sobre a relação Design & Materiais, afirmando que “Um produto permanece um conceito, uma ideia, ou talvez um desenho, se nenhum material estiver disponível para convertê-lo numa entidade tangível” (tradução nossa). Um produto necessariamente depende de um material para torná-lo físico e um processo de fabricação para lhe proporcionar a forma.

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

É por meio dos produtos que interagimos com os materiais e através desta interação o usuário estabelece conexões emocionais com o produto utilizado, associam o objeto a determinadas características, como a textura, cheiro, brilho, etc. (ASHBY & JOHNSON, 2011, p.81). São várias as características e qualidades atribuídas a um produto, o que os tornam peça fundamental para o aperfeiçoamento ou mudança na qualidade de vida das pessoas.

Desta forma, compreende-se que vários fatores podem influenciar o produto de design, que parte desde a elaboração das ideias à escolha dos materiais até o objeto final, sendo o designer capaz de dar uma significação a um produto por meio da relação dos materiais e o usuário. Para Ashby & Johnson:

O modo como pensamos em materiais ou em materialidade depende de contexto, cultura, demografia, estilo, tendência e outros. É difícil para as pessoas falarem especificamente sobre os materiais que são usados para fazer as coisas que compram, é tarefa do designer expressar a materialidade de cada objeto [...] (ASHBY e JOHNSON 2011, p. 174).

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

A experiência do usuário indicada é comentada também por Dias, quando atribuída a um processo interativo de contato com o material, essa relação permite diferentes sensações. Por exemplo, a modalidade tátil que por meio de uma interação usuário - produto gera fatores como conforto, satisfação e preferências, já que cada material por suas propriedades induz a uma percepção que é única e particular para cada usuário (DIAS, 2009, p.17).

Por fim, podemos considerar que a atividade do design industrial estabelece sobre os materiais uma relação de benefícios, sendo os materiais tão importantes ao desempenharem diferentes papéis, podendo definir um leque de funções nos produtos, sua durabilidade, custos, entre outros (CALLEGARI e OLIVEIRA, 2013, p.56).

Os pensamentos e práticas apresentadas são de suma importância para a abordagem da pesquisa, pois além de mostrar que os materiais sempre farão parte da nossa história, na medida em que novas descobertas são concretizadas, gera-se um avanço também na produção de artefatos melhorados, sendo percebido que para além da interação com os materiais, é preciso que haja uma produção de materiais menos impactante ao meio ambiente, algo diretamente relacionado ao design sustentável.

Neste sentido, o aproveitamento no ciclo produtivo dos resíduos gerados em atividades humanas é algo que precisa ser considerado. Em especial, neste trabalho, apresenta-se a possibilidade de aplicação de resíduos das fibras de piaçava oriundos de processos produtivos de vassouras. E em se falando de aproveitamento de resíduos da produção de artefatos se está tocando na questão da Economia Circular, próximo tópico a ser abordado neste capítulo.

## **1.2 Economia Circular**

Para abordar o termo Economia Circular (E.C.) foi utilizada como principal referência a fundação que se tornou líder global no assunto, a Ellen MacArthur Foundation (E.M.F.) criada em 2010 com a missão de acelerar a transição rumo à Economia Circular.

A Economia Circular tem chamado atenção nos últimos anos, por ser “uma economia que é restaurativa e regenerativa por princípio e tem como objetivo manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, fazendo distinção entre ciclos técnicos e biológicos” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015, p.5).

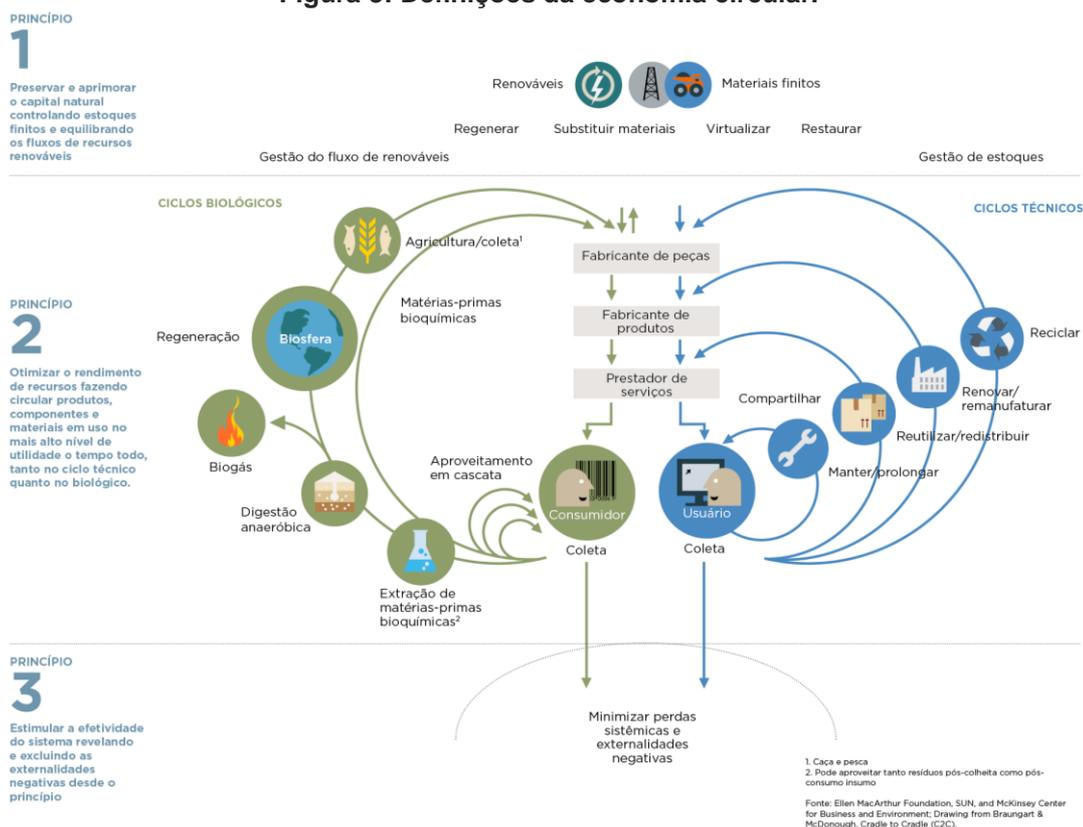
Nesta pesquisa o principal material utilizado, os resíduos da fibra de piaçava são usados de forma restaurativa e regenerativa, onde o que era fim, se torna o começo, insumos para a produção de novos produtos.

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

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

Conforme ilustra a Figura 3, a Economia Circular distingue os ciclos e é composta por três princípios, que se somam complementando a filosofia do “Cradle to Cradle – Do berço ao berço” na qual todos os materiais envolvidos nos processos industriais retornam ao berço. No primeiro princípio que consiste em “preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis” sempre que possível a E.C. escolhe tecnologias e processos que utilizam recursos renováveis. No segundo princípio que consistem em “otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico”, a remanufatura, a renovação e a reciclagem são projetadas para que seus componentes continuem circulando e contribuindo para a economia. Por último, o terceiro princípio consiste em “estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio” tratando da redução de danos a sistemas e áreas como habitação, mobilidade, saúde etc., e as externalidades como o uso da terra, poluição sonora etc, (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015, p.7)

Figura 3: Definições da economia circular.



Fonte: ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015.

Um importante conteúdo a ser aqui apresentado é o “Manifesto do Design na Economia Circular” (LUZ, CESAR e BAUTISTA, 2016, pp. 20 - 26) que indica seis princípios para o design circular:

- O seu DESIGN de produto, serviço ou modelo de negócio deve trazer soluções para melhorar a vida das pessoas e do planeta. Deve inspirar mudanças como: transformar o consumidor em usuário e o produto em serviço;
- O seu DESIGN deve ser inclusivo. Deve inspirar *Brand Owners*<sup>1</sup> a gerar valor para as pessoas e a estimular consumo consciente. A cadeia produtiva deve beneficiar pessoas;
- O seu DESIGN deve estender a vida útil do produto, aumentar seu valor com o tempo e proporcionar um incentivo para o reuso, remanufatura ou reciclagem;
- O seu DESIGN deve estimular a troca de conhecimento, gerar experiências positivas e inspirar as próximas gerações;
- O seu Design deve ser imaginado como parte de um ecossistema. Ele deve buscar inspiração na natureza e deve usar menos energia na produção do resultado final;
- O seu Design deve incentivar a pesquisa de novas matérias primas. Deve considerar a utilização do material natural, durável, renovável e reciclado para o pensamento de fechamento de ciclo.

<sup>1</sup> De acordo com o Cambridge Dictionary, *Brand* e *Owbers* significa dono, proprietário da marca.

Existe uma relação complementar entre os princípios da Fundação citada e os do Manifesto, onde a soma dos princípios apresentados além de incentivar a pesquisa de novas matérias primas, prima pela otimização, renovação e reciclagem do produto do início ao final de sua produção e uso. Neste caso, os resíduos gerados devem ser considerados como alternativa de material para compor produtos futuros.

Neste sentido, a Fundação afirma que uma economia circular baseia-se nos princípios do design de resíduos e poluição, mantendo produtos e materiais em uso e regenerando os sistemas naturais. Aponta ainda que uma das características fundamentais que descrevem a E.C. é o “Design sem resíduo” especificando:

Resíduos não existem quando os componentes biológicos e técnicos (ou materiais) de um produto são projetados com a intenção de permanecerem dentro de um ciclo de materiais biológicos ou técnicos, concebidos para desmontagem e ressignificação: Os materiais biológicos não são tóxicos e podem ser simplesmente, compostados. Materiais técnicos, como polímeros, ligas e outros materiais sintéticos são projetados para serem usados novamente com o mínimo de energia e maior retenção de qualidade (ao passo que a reciclagem, como normalmente entendida, resulta numa redução da qualidade e realimenta o processo como matéria prima bruta). (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

É possível observar que a Economia Circular representa uma mudança sistêmica que proporciona benefícios ambientais e sociais, os resíduos são ressignificados e reaproveitados para a formação de um novo material. Este é o momento de se pensar em mudar um sistema onde não existia outra preocupação a não ser com a produção em si, pois há muito se enxerga o quanto é necessário se preocupar com o ambiente global e o que será deixado para as gerações futuras.

Neste sentido, esta pesquisa vai ao encontro dos princípios apresentados pela Economia Circular, ao propor o estudo e desenvolvimento de um material oriundo de resíduos de fibras de piaçava. O design voltado para o aproveitamento de resíduos e a geração de produtos com menor impacto ambiental permite que seja estabelecido um laço entre produtor, empresário, resíduos e o design industrial, mudando gradualmente a mentalidade de quem planta, vende e produz. Desta forma, aspectos ambientais são considerados durante todo o processo, desde a escolha de materiais de baixo impacto, passando pela eficiência energética e pela questão do aproveitamento de resíduos como matéria-prima, tópicos diretamente relacionados com o Ecodesign.

### 1.3 Ecodesign

Pazmino (2007, p.5) faz referência a Victor Papanek como pioneiro nas questões ambientais, tendo publicado um livro intitulado *Green Imperative* em 1995 que sugere ao designer se questionar sobre o impacto ambiental e social do seu trabalho, atribuindo a este profissional a responsabilidade pelos resultados negativos ao meio ambiente, gerados por seus produtos projetados.

Victor Papanek em sua obra *Design for the real world: Human Ecology and social change* de 1971, já se preocupava com esse impacto ao afirmar que “Se o design é ecologicamente responsivo, também é revolucionário”. Ao delegar a responsabilidade ao designer, o autor ilustra duas situações, a primeira é negativa e aponta os designers como os maiores envolvidos com a poluição em relação à maioria das pessoas. Já a segunda situação é considerada positiva, pois menciona que frequentemente o design controla a seleção de materiais e processos ao compor produtos que podem apresentar um menor impacto no meio ambiente. (PAPANEK, 1971, pp. 240-241, tradução nossa).

Desta forma o designer passou a perceber a necessidade de introduzir no mercado produtos mais ecológico e com menor impacto ambiental, algo que encontra incentivo por meio de órgãos executivos governamentais e entidades diversas relacionadas com questões ambientais.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (2012) afirma que Ecodesign consiste no processo que contempla os aspectos ambientais e tem como objetivo principal projetar ambientes, desenvolver produtos e executar serviços que possibilitem uma redução do uso dos recursos não renováveis ou minimizar o impacto ambiental durante o seu ciclo de vida. O ecodesign tem alguns princípios que já estão sendo incorporados por algumas indústrias, tais como:

- **Escolha de materiais de baixo impacto ambiental:** menos poluentes, não tóxicos, de produção sustentável ou reciclados, ou ainda que requeiram menos energia na fabricação;
- **Eficiência energética:** minimização do consumo de energia para os processos de fabricação;
- **Qualidade e durabilidade:** produtos mais duráveis e que funcionam melhor, a fim de gerar menos lixo;
- **Modularidade:** objetos com peças intercambiáveis, que possam ser trocadas em caso de defeito, evitando a troca de todo o produto, o que também gera menos lixo;
- **Reutilização/Reaproveitamento:** projetar produtos para sobreviver ao seu ciclo de vida, podendo ser reutilizados ou reaproveitados para outras funções após seu primeiro uso (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

Esses pontos comprovam o potencial do ecodesign para a redução dos danos ambientais relacionados à produção de objetos para a sociedade.

Nesse contexto, é atemporal o pensamento de Manzini & Vezzoli (2011, p.20) ao citar que o ecodesign é a união do que é tecnicamente possível com o ecologicamente necessário.

Com tudo o que foi dito, o designer é fundamental para que cada etapa seja concretizada de forma racional quanto ao uso correto dos recursos naturais, seguindo padrões e soluções ecológicas para um bom desenvolvimento de projetos, principalmente ao iniciar a escolha dos materiais que compõem o produto.

Neste sentido, Manzini & Vezzoli (2011, p.153) indicam a escolha dos materiais e processos de baixo impacto, a partir das seguintes perspectivas:

- Evitar inserir materiais tóxicos e danosos nos produtos;
- Minimizar os riscos dos materiais tóxicos e danosos;
- Evitar acabamentos tóxicos e danosos;
- Escolher os materiais com menor conteúdo tóxico de emissões na pré-produção;
- Projetar os produtos de maneira a evitar o uso de materiais de consumo tóxico e danosos;
- Minimizar a dispersão dos resíduos tóxicos e nocivos durante o uso;
- Usar materiais recicláveis;
- Evitar usar materiais que estão para se exaurir;
- Usar materiais que provenham de refugos de processos produtivos;
- Usar componentes que provenham de produtos já eliminados;
- Usar materiais reciclados, em separado ou junto com outros materiais virgens;
- Escolher tecnologia de transformação dos materiais de baixo impacto;
- Usar materiais biodegradáveis.

As considerações dos autores representam mecanismos para minimizar o impacto ambiental provocado pelos materiais em seu ciclo de vida. Com isso, é necessário repensar o ciclo de vida dos materiais e a forma como os produtos estão sendo produzidos, consumidos e descartados. Segundo Medina (2005, p.5) “o ideal seria fechar o ciclo de produção e uso dos materiais numa reciclagem que recuperasse o total dos mesmos conteúdos nos produtos em fim de vida e com uma qualidade que permitisse sua reinserção total no sistema produtivo”. Neste sentido, é necessário chamar atenção para o material pesquisado neste estudo, o ecomcompósito sugerido se utiliza de resina termofixa e neste caso não é possível reciclá-la, mas por ser um material oriundo de fontes renováveis já apresentaria um menor impacto no meio ambiente, bem como a utilização da fibra a partir de seus resíduos.

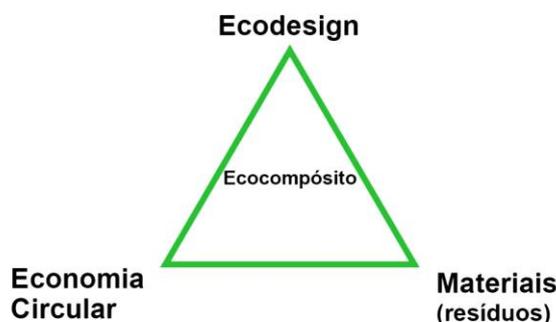
Sob este ângulo, é estabelecida uma conexão entre a pesquisa e o ecodesign, principalmente por abordar e reforçar a utilização de resíduos de piaçava, dando-lhes uma nova finalidade, gerando novos produtos e reduzindo o impacto ambiental em um produto final. Desta forma é possível contribuir para a criação de valor, a partir de materiais menos poluentes, de produção sustentável.

## Conclusão prévia do Capítulo I

Este capítulo teve como objetivo apresentar e discutir a relação entre as áreas do Design e de Materiais, assim como realizar uma reflexão sobre a Economia Circular e o Ecodesign. Para a pesquisa foi de suma importância abordar esses pontos, inseridos no design sustentável, promovendo um maior entendimento teórico a partir de resíduos passíveis de reutilização/reaproveitamento.

Tal reflexão, concebeu a tríade Economia Circular, Materiais e Ecodesign, ilustrada na Figura 4.

**Figura 4: Tríade Materiais, Economia Circular e Ecodesign.**



Fonte: Autor, 2019.

A tríade apresentada influencia diretamente a escrita e desenvolvimento deste trabalho, a partir dela é feito um *link*, onde o alicerce desta pirâmide, constituído pelos princípios da Economia Circular e os Materiais tido como resíduos de fibras vegetais são contemplados por ações do Ecodesign (ao topo, aliado a Economia Circular na reutilização ou reaproveitamento destes materiais). Com isso, a E.C. e o Ecodesign apresentam princípios e estratégias que auxiliam na maneira como será utilizado o ecocompósito (fibra de piaçava e resina de mamona) e outros possíveis materiais. O próximo capítulo discorre sobre as fibras e resinas derivadas de fontes vegetais utilizadas como recursos para desenvolver um projeto com menos danos ambientais.

# Capítulo II

## Fibras e Resinas Vegetais

### Considerações Iniciais

Nesta parte da dissertação são apresentadas e discutidas as fibras vegetais, em especial a fibra de piaçava com suas características e processos de uso que geram resíduos. A resina poliuretana de mamona também é apresentada a partir de um panorama geral. Os dois materiais são considerados na formação do ecocompósito proposto.

## Capítulo II

### 2.1 Fibras Vegetais

Em uma breve definição, são consideradas fibras naturais, as de origem vegetal, como algodão, juta e sisal que em sua composição têm celulose e as de origem animal, como a lã e a seda que consistem basicamente em proteínas (LION FILHO, 2013, p.23).

Tomczak (2010, p.8) lista no Quadro 2, um leque de fibras vegetais, especificando suas espécies e suas origens.

**Quadro 2: Tipos de fibras vegetais, espécie e origem.**

FIBRA	ESPÉCIE	ORIGEM
Abacá	<i>Musa textilis</i>	Folhas
Abacaxi	<i>Ananus comosus</i>	Folhas
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i>	Frutos
Algodão	<i>Gossypitum sp.</i>	Sementes
Bamboo	(>1250 espécies)	Capim
Banana	<i>Musa indica</i>	Folhas
Cânhamo	<i>Cannabis sativa</i>	Caule/talo
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Frutos
Curauá	<i>Ananas erectifolius</i>	Folhas
Esponja	<i>Luffa cylindrica</i>	Frutos
Henequem (sisal mexicano)	<i>Agave fourcroydes</i>	Folhas
Juta	<i>Corchorus capsularis</i>	Caule/talo
Kenaf	<i>Hibiscus cannabinus</i>	Folhas
Linho	<i>Limim usitatissimum</i>	Caule/talo
Piassava	<i>Attalea funifera</i>	Folhas
Ramie	<i>Boehmeria nicea</i>	Caule/talo
Sisal	<i>Agave sisilana</i>	Folhas

Fonte: TOMCZAK, 2010.

O interesse por fibras naturais vegetais foi registrado por civilizações passadas, e sua importância é tão significativa que atualmente ainda são utilizadas. Historicamente o linho, por exemplo, já era cultivado há três mil anos a.C. na Europa, assim como o cânhamo e o rami na China. Hoje, não muito diferente de épocas atrás, as fibras de maior significação econômica são as de algodão, juta, linho, sisal, abacá, cânhamo e henequém (AQUINO, 2003, p.35).

Albinante et al (2012, p.1) citam que os cinco componentes básicos das fibras naturais, são a celulose, a hemicelulose, a pectina, a lignina e os extrativos (gorduras, proteínas e sais inorgânicos). A celulose (40 a 90% em massa da fibra) é

responsável pela resistência das fibras, devido ao seu alto grau de polimerização e orientação molecular.

São muitas as fibras naturais vegetais, algumas são mais utilizadas e se tornam populares (LEÃO, 2008, pp.26-34). O Quadro 3 a seguir ilustra as características das fibras naturais vegetais.

**Quadro 3: Características das fibras vegetais.**

FIBRA	DESCRIÇÃO	APLICAÇÕES
<b>Rami</b>	Fibras longas, variando entre 150 a 200 milímetros, tendo alta resistência, sendo esta, três vezes superior à de cânhamo, quatro vezes a do linho e oito vezes a do algodão.	Tecido, cordas e barbantes, mangueiras, pneus e fios de paraquedas.
<b>Coco</b>	As fibras de coco são materiais lignocelulósicos obtidos do mesocarpo de cocos e se caracterizam pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina.	Assentos para carros, ônibus e caminhões.
<b>Juta</b>	A fibra de juta é considerada longa, variando de 25 até 300 milímetros.	Utilizada em sacarias, para armazenar produtos agrícolas e bolsas esportivas.
<b>Sisal:</b>	Planta altamente resistente a clima seco e inóspito, possuem fibras longas variando de 90 a 120 centímetros.	No artesanato, em bolsas, chapéus, para cordas navais, barbantes para vários tipos de embalagens etc.
<b>Licuri</b>	É uma planta reconhecida na caatinga. Mede de 8 m a 11 m, tendo folhas com mais ou menos 3 m de comprimento.	Utilizadas para confecção de artesanatos (LORENZI apud LEÃO, 2008, p.31).
<b>Curauá:</b>	São oriundas das folhas e podem apresentar comprimentos variando de 40 a 60 centímetros;	Utilizadas em compósitos poliméricos, a fibra de curauá vem ganhando destaque por ser originária e cultivada na Amazônia.
<b>Piçava</b>	Produtora de fibra longa, resistente, rígida, lisa, de textura impermeável e de longa flexibilidade, essa palmeira se desenvolve bem em solos de baixa fertilidade e impróprios para a agricultura (GUIMARÃES e SILVA, 2012, p. 118).	Vassoura, coberturas e artesanato

Fonte: LEÃO, 2008. Adaptado pelo autor, 2020.

Com esses exemplos, percebe-se a importância das fibras vegetais em sua extensão, uso e aplicação. Embora o número de plantas que fornecem fibras utilizáveis seja alto, alguns fatores motivaram a pouca exploração (MEDINA apud AQUINO, 2003, p.36): Falta de conhecimento e das exigências em relação ao comportamento das plantas quando introduzidas em cultura; insuficiência de preparo das fibras; similaridade de comportamento industrial e usos com as fibras tradicionais e que, como sucedâneas, não comportam competição econômica; descontinuidade de oferta comercial ao produto e, conseqüentemente, incapacidade de estabelecer uma tradição no mercado.

O potencial das fibras vegetais é inquestionável, mas são necessárias novas pesquisas ou continuidade das mesmas para o avanço de sua utilização. O design tem grande responsabilidade nesse processo, principalmente na propagação das investigações, soluções e propostas de novos materiais aplicados a produtos.

### 2.1.1 Vantagens e desvantagens

A utilização das fibras naturais e vegetais já existe há muito tempo, principalmente como material de reforço pela mão humana, por exemplo, na fabricação de tijolos onde as fibras do capim, da palha de arroz ou milho eram misturadas com o barro (AQUINO, 2003, p.41).

Hoje com o uso e esgotamento dos recursos naturais, tem surgido movimentos que refletem sobre a conscientização ambiental, e nesse sentido, as fibras vegetais por serem recursos renováveis, têm diversas aplicações na construção civil, naval, indústria têxtil entre outras (GONÇALVES et al, 2018, pp.6-7).

Savastano Jr. e Pimentel (2000, p.24), apresentam dados dispostos no Quadro 4 com os principais centros produtores e/ou processadores das fibras mais comuns e de interesse no Brasil.

**Quadro 4: Fibras vegetais de interesse.**

FIBRA	NOME BOTÂNICO	PARTE DA PLANTA	CENTROS PRODUTORES E/OU PROCESSADORES
Sisal	<i>Agave sisalana perrine</i>	Folha	Semi-árido da Bahia e da Paraíba
Piaçava	<i>Attalea funifera Martius</i>	Bainha foliar <sup>2</sup>	Região de Valença BA
Coco	<i>Cocos nucifera linn.</i>	Mesocarpo do fruto	Região de Recife PE e Aracaju SE
Algodão	<i>Gossypium herbaceum linn.</i>	Semente	Campina Grande PB
Celulose de eucalipto	<i>Eucalyptus grandis – clones</i>	Caule	Aracruz ES
Rami	<i>Boemmirianivea gaud.</i>	Caule	Região de Londrina PR
Banana cultivar nanicação	<i>Musa cavendishii</i>	Pseudocaule	Vale do Ribeira SP
Malva	<i>Urena lobata linn</i>	Caule	Amazônia

Fonte: SAVASTANO, 2000.

<sup>2</sup> **Bainha foliar:** expansão da base da folha que dá uma volta ao redor do caule. **Fonte:** UOL (c2021).

Como é possível observar no Quadro 4, a parte da planta mais utilizada para a retirada das fibras, é o caule. Diferente das demais, as fibras de sisal e piaçava, normalmente são extraídas das folhas.

Com suas vantagens, as fibras vegetais têm despertado nos pesquisadores um campo de alternativas e possibilidades em substituição a produtos que se utilizam de recursos não renováveis e poluentes na sua produção.

De acordo com Paiva (2011, p.37) é possível identificar vantagens e desvantagens na utilização das fibras vegetais em compósitos, como indicados no Quadro 5:

**Quadro 5: Vantagens e desvantagens de fibras vegetais em materiais compósitos.**

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alta conservação de energia	Baixa durabilidade quando usada como reforço em matriz cimentícia;
Grande abundância;	Variabilidade de propriedades;
Baixo custo;	Fraca adesão em seu estado natural a inúmeras matrizes.
Menores prejuízos à saúde, quando comparadas às fibras sintéticas;	
Possibilidade de incremento na economia agrícola;	
Prevenção de erosão;	
Baixa densidade;	
Biodegradáveis.	

Fonte: PAIVA, 2011.

As vantagens de utilização das fibras vegetais como materiais de reforço em compósito são muitas ao serem comparadas com suas desvantagens. Assim, essas fibras apresentam potencial de serem utilizadas no design como um importante material alternativo para compor projetos de produtos.

Outro ponto vantajoso está nos processos da agroindústria, que geram resíduos de fibras vegetais, capazes de serem utilizadas na fabricação de compósitos (JOHN apud SAVASTANO JR. e PIMENTEL, 2000, p.104) e esses resíduos passam a serem considerados como matéria prima para o desenvolvimento de novos materiais e conseqüentemente produtos.

### 2.1.2 Fibra de piaçava: Panorama Geral

Mesmo sendo fibras originárias do Nordeste em sua maioria, vemos grande comercialização em outras regiões brasileiras como é o caso da piaçava produzida na Bahia, mas com significativa comercialização no Estado do Rio de Janeiro e Minas Gerais (GLOBO RURAL, 2018).

Para Moreau (apud AQUINO, D'ALMEIDA e MONTEIRO, 2002, p.2) a adaptação da piaçava em solos de baixa fertilidade está entre as suas principais características com tempo de vida de até 20 anos. Antes de abordar especificamente as fibras de piaçava, é importante conhecer as características da palmeira *Attalea funifera* Martius. Guimarães & Silva (2012, p.51) ao pesquisarem sobre a piaçava da Bahia, informam que o caule desde o subterrâneo tem de 1,5 a 15 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro, com uma planta adulta apresentando em média de 5 a 10 folhas, podendo atingir um número maior. Os autores citam também Vinha & Silva (1998) ao especificar que as folhas podem alcançar 9 metros de comprimento total. A Figura 5 ilustra o aspecto da palmeira.

**Figura 5: Palmeira da espécie *Attalea funifera* Martius**

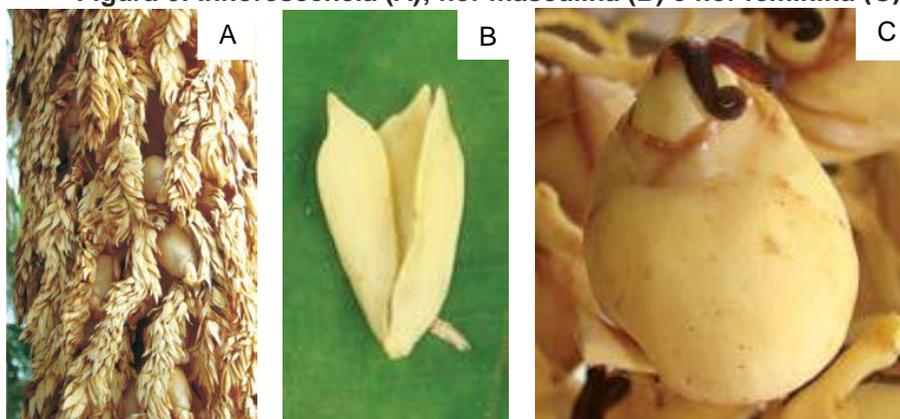


Fonte: GUIMARÃES & SILVA, 2012.

A palmeira possui flores masculinas e femininas (Figura 6), são brancas quando novas e ficam castanhas quando fecundam (GUIMARÃES & SILVA, 2012, pp.53-56). Segundo os autores, o fruto da piaçaveira (Figura 7) mede de 10 a 15 cm

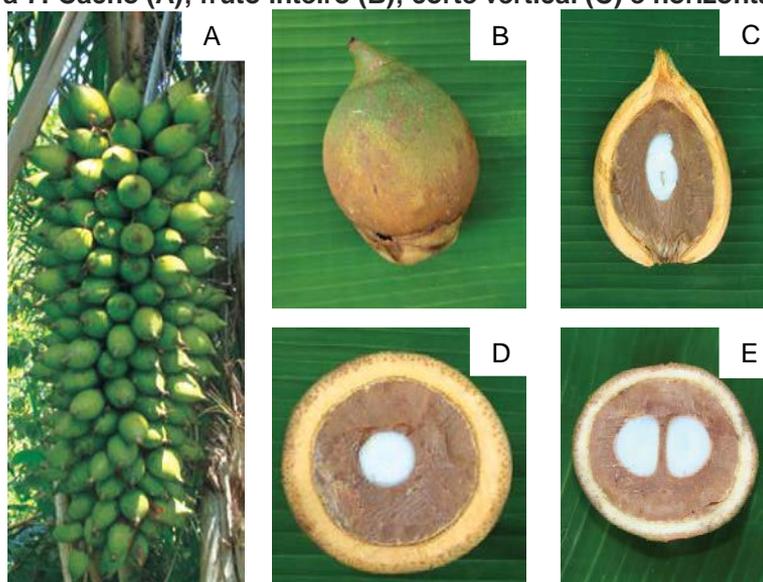
de comprimento por 5,5 a 9,0 cm de diâmetro, sendo possível utilizá-lo como carvão vegetal e para o artesanato.

**Figura 6: Inflorescência (A); flor masculina (B) e flor feminina (C).**



Fonte: GUIMARÃES & SILVA, 2012.

**Figura 7: Cacho (A); fruto inteiro (B); corte vertical (C) e horizontal (D e E).**



Fonte: GUIMARÃES & SILVA, 2012.

Em qualquer época do ano é possível realizar a coleta da fibra, porém a mesma é feita uma única vez, com rendimento por pé de 8 a 10 quilos de fibra por ano, medindo até 4 metros de comprimento e cerca de 1,1 milímetro de espessura. A Figura 8 ilustra um piaçaveiro<sup>3</sup> subindo em uma palmeira com mais de 10 metros de altura para retirar as fibras.

<sup>3</sup> Trabalhador que extrai, limpa, corta e enfarda a fibra da palmeira piaçaba. **Fonte: Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, 2020.**

**Figura 8: Piaçaveiro colhendo as fibras no topo da palmeira.**



Fonte: GUIMARÃES & SILVA, 2012.

Entre as etapas da coleta (Figura 9) até o destino final, o processo requer que as fibras sejam estendidas para secagem, garantindo que sequem uniformemente. Em seguida são limpas para retirada dos resíduos e posteriormente amarradas em fardos, com possibilidades de cortes e envio para a indústria.

**Figura 9: Fardos formados na mata atlântica (A); amarração da fibra limpa (B) e finalização (C).**



Fonte: PIMENTEL, 2015.

PIMENTEL (2015, p.96) obtém informações dos agroextrativistas e, com suas observações de campo, salienta que em um dia de trabalho um extrativista sozinho consegue subir na palmeira, realizar a limpeza e extração de 30 kg de fibras brutas, o que equivale a duas arrobas de piaçava. Amarram individualmente entre 8 e 10 arrobas por dia. A colheita da fibra é feita a partir da obtenção de cada nova folha da piaçaveira, que é seguida por uma fita onde estão contidas as fibras.

Os fios da piaçava ficam a princípio, colados no pecíolo e em quase toda a extensão da nervura central da fibra [...] A fibra “borra” que é coletada junto com a fibra piaçava, se assemelha a um papel ralo que deixa as fibras juntas. Geralmente a borra equivale a aproximadamente 20 % do total da fibra de piaçava colhida (GUIMARÃES & SILVA, 2012).

A literatura mostra que após a colheita, estas fibras serão limpas e separadas da borra, amarradas em fardos para a comercialização, conforme ilustra a Figura 10.

**Figura 10: Armazenamento dos fardos de piaçava**



Fonte: PIMENTEL, 2015.

Segundo Lion Filho (2013, p.18), o percentual de desperdício nas indústrias que trabalham com a fibra de piaçava gira em torno de 20%.

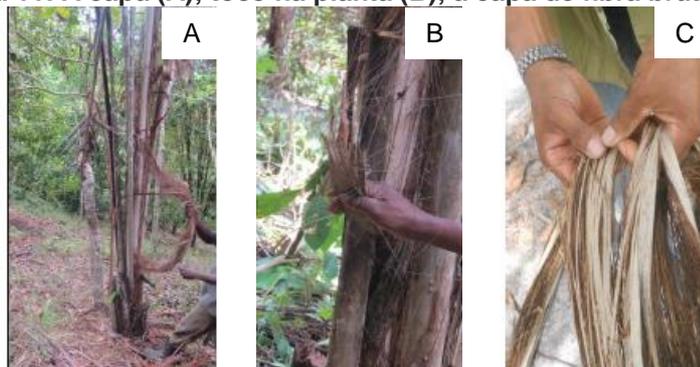
Pimentel (2015, p.140) levantou informações em campo que avalia as fibras de piaçava, considerando a sua qualidade como: fibra de primeira e de segunda. As fibras de primeira estão presentes nas plantas que estão exploradas de 8 a 12 meses e plantas em desenvolvimento, chamadas de bananeira em produção, nesta fase a planta produz pouca fibra e sempre será de primeira qualidade, ideal para produção de vassouras domésticas, por serem de menor dimensão, resistentes e menos quebradiças. As fibras de segunda são mais quebradiças e quando dobradas se partem, sendo consideradas inúteis e por isso descartada, aumentando a quantidade de resíduos no processo. Apresentam espessura médio-grossa, menos flexível e é destinada a confecção de vassouras para limpeza urbana que são maiores e possibilitam varrer uma área maior com mais rapidez. O autor classifica os feixes de piaçava como:

Fibra de primeira aquela com comprimento  $\geq 1,20$  m; e de segunda, feixes de fibras limpas entre 0,5 a 1,0 m de comprimento. Existem ainda os pedaços de fibras curtas, com comprimento de até 0,5 m, essas por sua vez, são oriundas dos tocos<sup>4</sup> deixados na palmeira. (PIMENTEL, 2015).

<sup>4</sup> Segundo Pimentel (2015, p. 45), o toco é formado por fragmentos de fibras e fita, que ficam presos na base dos pecíolos das folhas, pedaços de ‘capas’ deixados na palmeira durante a extração passada.

A Figura 11 ilustra as diferenças entre a capa, o toco e a fita da planta. Onde a capa é um tipo de cobertura vegetal que envolve as fibras e as fitas (utilizadas nos pentes de piaçava para confecção de cobertura para quiosques). Os tocos são os pedaços de capas que foram cortadas e deixadas para serem aproveitadas na próxima extração.

**Figura 11: A capa (A); toco na planta (B); a capa de fibra bruta (C).**



Fonte: PIMENTEL, 2015.

Segundo Aquino et al (2000) apud GUIMARÃES & SILVA (2012, p.105),

Considerando que a fibra da piaçaveira tem cerca de 14,0% de umidade, 0,8% de resíduo mineral, 0,7% de extrativos, 45,0% de lignina e 28,6% de celulose e que a análise dos elementos presentes nas fibras mostram 54,5% de carbono, 5,84 % de oxigênio e 0,52 % de nitrogênio; os resíduos das fibras resultantes de processos industriais vêm indicando uma grande potencialidade para ser empregada como reforçadora em compósitos de matriz polimérica, ou seja, para a fabricação dos compósitos lignocelulósicos [...] (GUIMARÃES & SILVA, 2012).

As considerações referentes às características da piaçava apresentam o seu potencial enquanto material para testes e possíveis aplicações em novos produtos de design, permitindo que suas fibras sejam utilizadas para a criação de um ecomcompósito, de menor impacto ambiental. O estudo feito por Savastano Jr. & Pimentel (2000) informam ainda que no processo de limpeza e penteamento da fibra, em torno de 30% de refugo, que são queimados ao ar livre, podem ser aproveitados; outro resíduo de fácil aproveitamento vem das fábricas de vassouras, onde as fibras com menos de 50 cm de comprimento são descartadas.

No Quadro 6, Savastano Junior & Pimentel (2000, pp.25-27) apresentam os principais resíduos de fibras vegetais com potencial de uso para diversas aplicações, oriundos do processo agroindustrial. Esta pesquisa destaca os resíduos da fibra de piaçava, em especial.

Quadro 6: Resíduos de processamento de fibras vegetais.

RESÍDUO						
Fibra	Produto principal	Denominação	Aproveitamento para outros fins	Valor* (US\$ t <sup>-1</sup> )	Quantidade ** (t ano <sup>-1</sup> )	Relação % (Resi/Prod)
Sisal	Fibra verde antes da secagem	Bucha verde (já separada do bagaço) – umidade aprox.: 120%	Uso potencial para produção de celulose	Nulo	30000- Apaeb	300 <sup>(1)</sup>
	Tapetes	Retalhos de fio (tingim. a quente)	Uso potencial para produção de celulose	nulo	54-Cosibra	6 <sup>(4)</sup>
Piaçava	Fibra limpa e penteada	Mistura de fibras e palha (refugo)	Nenhum	nulo	1000 - Valença	30 <sup>(5)</sup>
	Fibra para prod. vassouras	Fibras fora do padrão	Reprocessamento (parcial)	270	12-Valença	10-15 <sup>(5)</sup>
Coco	Fibras longas e medias	Fibras curtas (1-3 cm)	Parcial: filtros, mantas, tapetes e substratos agrícolas	270	3000-Brasil	40 <sup>(6)</sup>
Algodão	Fio para tecelagem	Microfibras: 85% algodão e 15% poliésteres	Enchimento para almofadas e colchões	90	270-Cime	15 <sup>(9)</sup>
Rami	Fibra curta de 1ª para tecelagem	Resíduo do amaciamento	Substrato de uso agropecuário	nulo	250-brasil	5 <sup>(11)</sup>
Banana	Fruta de mesa e para indústria	Fibra do pseudocaule – base seca	Substrato de uso agrícola	nulo	95000-Vale do Ribeira	8 <sup>(12)</sup>
Malva	Fibra bruta limpa	Fibra tipo 4	Tecelagem e fiação com baixo rendimento	340	1180-Brasil	20 <sup>(13)</sup>

\* US\$ 1.00 = R\$ 1,755 (cotação média do câmbio paralelo em 9/4/99)

\*\* Fontes: (1) Apaeb – Valente, BA; (2) Cobefe – Cuité, PB; (3) Crispim – Queimadas, PB; (4) Cosibra - João Pessoa, PB; (5) Ind. Vassouras de Valença, BA; (6) Ficobras - Abreu e Lima, PE; (7) Aracaju Fibras (Cofib) – Aracaju, SE; (8) Diniz S.A. – Aracaju, SE; (9) Ind. Cirne - Campina Grande, PB; (10) Aracruz Celulose – Aracruz, ES; (11) Imperial Fibras – Uraí, PR; (12) Magário – Registro, SP; (13) CTC- Castanhal, PA

Fonte: SAVASTANO & PIMENTEL, 2000. Adaptado pelo autor, 2020.

É dado o destaque a piaçava por ser o material foco desta pesquisa, seu principal produto é a fibra, utilizada para a fabricação de vassouras. Como é percebido no quadro acima, não é identificado o aproveitamento de seu resíduo para outros fins, a proposta deste trabalho é dar um novo olhar para a utilização do material descartado.

Para Savastano & Pimentel (2000, p.22) há poucas informações sobre a destinação de resíduos. Eles salientam ainda que é quase inexistente a prática dos chamados banco de resíduos. É importante atentar para as oportunidades para além de adubo, incineração, descarte. É preciso pensar no reaproveitamento desses resíduos como uma alternativa tecnológica que impulse a geração de renda e traga benefícios econômicos e ambientais por meio da sustentabilidade e do ecodesign. O trabalho com piaçava gera resíduos em dois momentos, o primeiro no beneficiamento da fibra (não foi possível acompanhar este processo, devido à falta de acesso e deslocamento), enquanto o segundo na produção de vassouras.

É pensando nesse reaproveitamento das fibras que o design pode contribuir para um caminho consciente e capaz de impactar positivamente a sociedade no desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos.

### **2.1.3 Descrição de processos produtivos utilizando as fibras de piaçava e consequente geração de resíduos: Visitas técnicas realizadas**

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

**Empresa Divino Piaçava** – Localizada na Rua Óbidos, nº 141, Vila Valqueire – RJ. A empresa trabalha especificamente com a palha da piaçava na confecção de pentes<sup>5</sup> para a preparação de coberturas de quiosques, varandas, etc. Possui 7 funcionários e sua produção é referência nesse tipo de produto. A visita foi realizada no dia 03 de março de 2019 e ao final da entrevista foi possível recolher amostras da palha de piaçava, mesmo não sendo utilizada para a formulação do compósito proposto na pesquisa.

---

<sup>5</sup> Confecção artesanal onde a palha de piaçava é amarrada em tiras, preenchendo toda a ripa de madeira para aplicação de coberturas. **Fonte: Autor, 2019.**

Segundo relato da proprietária, este tipo de fibra não é utilizada para outros fins, apenas para confecção de “pentas” destinados a coberturas, sendo que essas ripas medem 2 metros e são aplicadas diretamente sobre a estrutura do telhado. Após a montagem da cobertura, as pontas do caimento são acertadas com uma tesoura, para que o acabamento fique uniforme. A Figura 12 ilustra o depósito com as palhas (ou borras) de piaçava da empresa *Divino Piaçava* e a Figura 13 ilustra a sua aplicação em coberturas.

**Figura 12: Palhas amarradas nas ripas.**



Fonte: Autor, 2019.

**Figura 13: : Aplicação das ripas de piaçava: quiosque (A) e detalhe (B)**



Fonte: Divino Piaçava, 2019.

**Associação Aliança dos Cegos** – Localizada na Rua 24 de Maio, nº 47, São Francisco Xavier – RJ, tem a finalidade de amparar e readaptar deficientes visuais adultos. A AAC emprega pessoas videntes e deficientes visuais. Os recursos financeiros advêm de associados mantenedores e a produção consiste em vassouras, rodos e espanadores. A visita foi realizada no dia 16 de abril de 2019, com recolhimento de

amostras da fibra de piaçava e da bacina<sup>6</sup>, resíduos produzidos na fabricação das vassouras. Atualmente a produção de vassouras é realizada por dois funcionários videntes. A Figura 14 ilustra as etapas de produção da vassoura, onde o início acontece com a separação das fibras, bacina e piaçava, ocorrendo em seguida o penteamento das fibras, sendo que neste momento já ocorre o acúmulo de fibras a serem descartadas.

**Figura 14: Fibras em fardos (A); soltas (B); pente (C) e penteamento das fibras (D).**



Fonte: Autor, 2019.

O penteamento é a etapa onde a fibra é limpa, eliminando possíveis insetos, como os besouros, que vivem nas palmeiras. No ato de separar e padronizar as fibras, uma parte é descartada (Figura 15), sem nenhum aproveitamento, por falta de mão de obra ou conhecimento dos seus potenciais enquanto material.

**Figura 15: Resíduos do penteamento.**



Fonte: Autor (2019)

---

<sup>6</sup> Segundo JOSA (2008, p. 40), a bacina é uma fibra mais leve com a função de engrossar, dar volume a vassoura.

Após o penteamento, é preciso molhar a piaçava para moldá-la na prensa, antes de colocar a base na lata para fixar as fibras, obtendo assim o aspecto da vassoura, ilustrada na Figura 16. Na etapa seguinte, é dado o acabamento na guilhotina, na qual são eliminadas cerca de 3 centímetros das fibras salientes (Figura 17).

**Figura 16: Umedecimento (A); prensagem (B e C) e fibras na lata (D).**



Fonte: Autor, 2019.

**Figura 17: Acabamento na guilhotina.**



Fonte: Autor, 2019.

Na fábrica AAC por ter um número menor de funcionários por consequência a produção reduzida, não souberam informar a quantidade de resíduos jogados fora bem como seu tempo de acúmulo.

**Vassouras Irajá** – Localizada na Rua Pedro Teixeira, nº 556, Irajá – RJ. A visita foi realizada no dia 16 de abril de 2019, recolhendo-se amostras da fibra de piaçava, da bacina e dos resíduos produzidos na fabricação das vassouras. Conta com um quadro de 8 funcionários. É uma empresa que fabrica uma grande quantidade de vassouras, aproximadamente 50 dúzias diariamente, ou seja, 600 vassouras produzidas todos os dias, o que gera um volume considerável de resíduos (Figura 18). A empresa é reconhecida pela qualidade do material produzido.

**Figura 18: Fibra sem tratamento (A); em rolos (B); fabricação (C) e resíduos (D).**



Fonte: Autor, 2019.

Devido ao fato da empresa ter uma produção maior e fornecer piaçava para outras fábricas do Estado do Rio de Janeiro, a mesma é referência neste ramo, comprando grande quantidade de fardos (Figura 19) diretamente da Bahia. Sua produção gera o mínimo de 4 sacos de 300 litros de resíduos por dia, conforme ilustra a Figura 20, por esta razão as amostras utilizadas para a formação do compósito foram obtidas desta empresa.

**Figura 19: Piaçava e bacina armazenadas (A) e a produção final (B).**



Fonte: Autor, 2019.

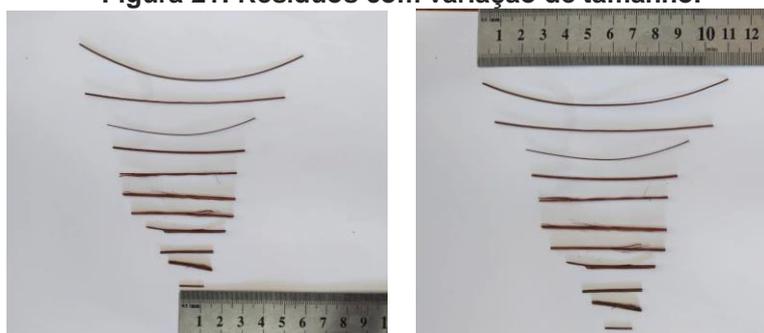
**Figura 20: Resíduos gerados na guilhotina (A) e o descarte (B).**



Fonte: Autor, 2019.

Há uma variação no comprimento das fibras de piçava tidas como resíduo, ilustrado na Figura 21 que vai de 1 a 11 cm. Esses resíduos são considerados pelos trabalhadores da empresa como um material sem potencial de utilização e talvez esse fato se dê por falta de mão de obra e tempo para confeccionar outro produto. Os resíduos recolhidos na empresa serão analisados nesta pesquisa em relação a sua potencialidade enquanto matéria-prima no design sustentável.

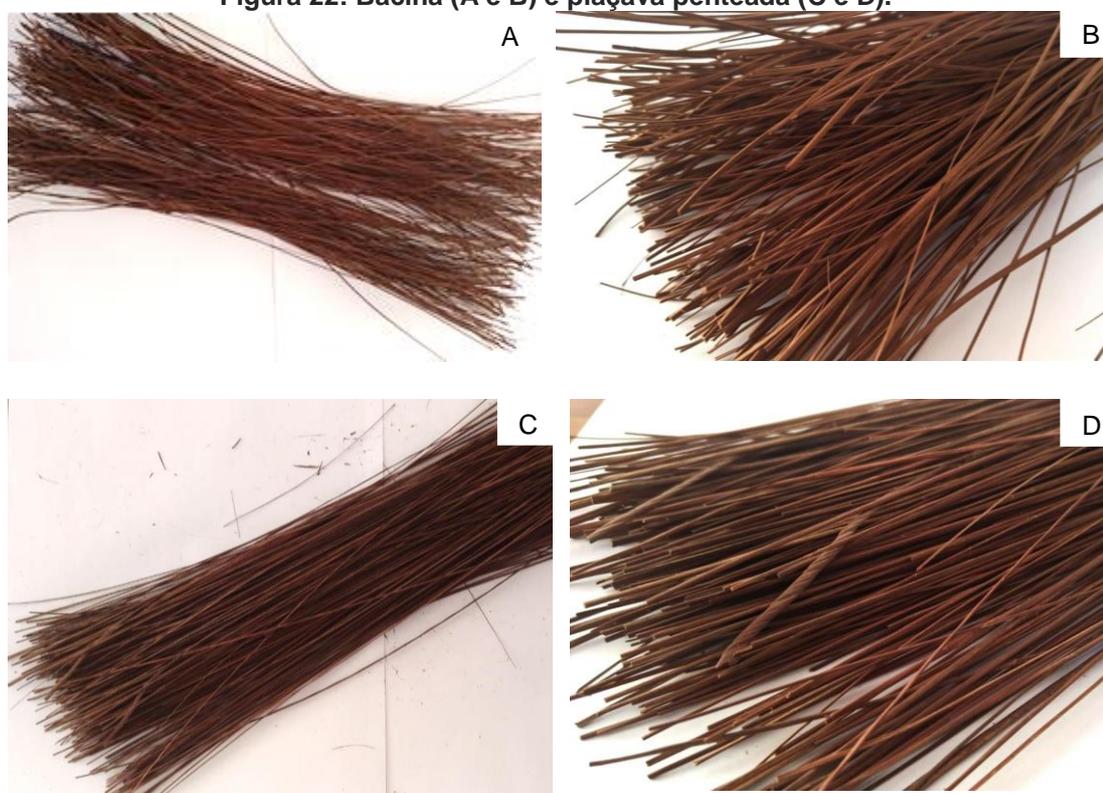
**Figura 21: Resíduos com variação de tamanho.**



Fonte: Autor, 2019.

É importante mencionar que durante as visitas nas duas fábricas, AAC e a *Vassouras Irajá*, foi relatado o uso da bacina, que também é uma fibra de piaçava, porém, originária do médio Rio Negro (Manaus). Sua função, por ser mais leve, é preencher e dar volume ao miolo da vassoura, enquanto a piaçava da Bahia, ao contrário é mais grossa e resistente, o que permite dar firmeza à estrutura externa no conjunto de fibras. A Figura 22 mostra a diferença entre a bacina que é mais volumosa e um pouco disforme (A e B), enquanto a piaçava é mais uniforme e com menos volume (C e D).

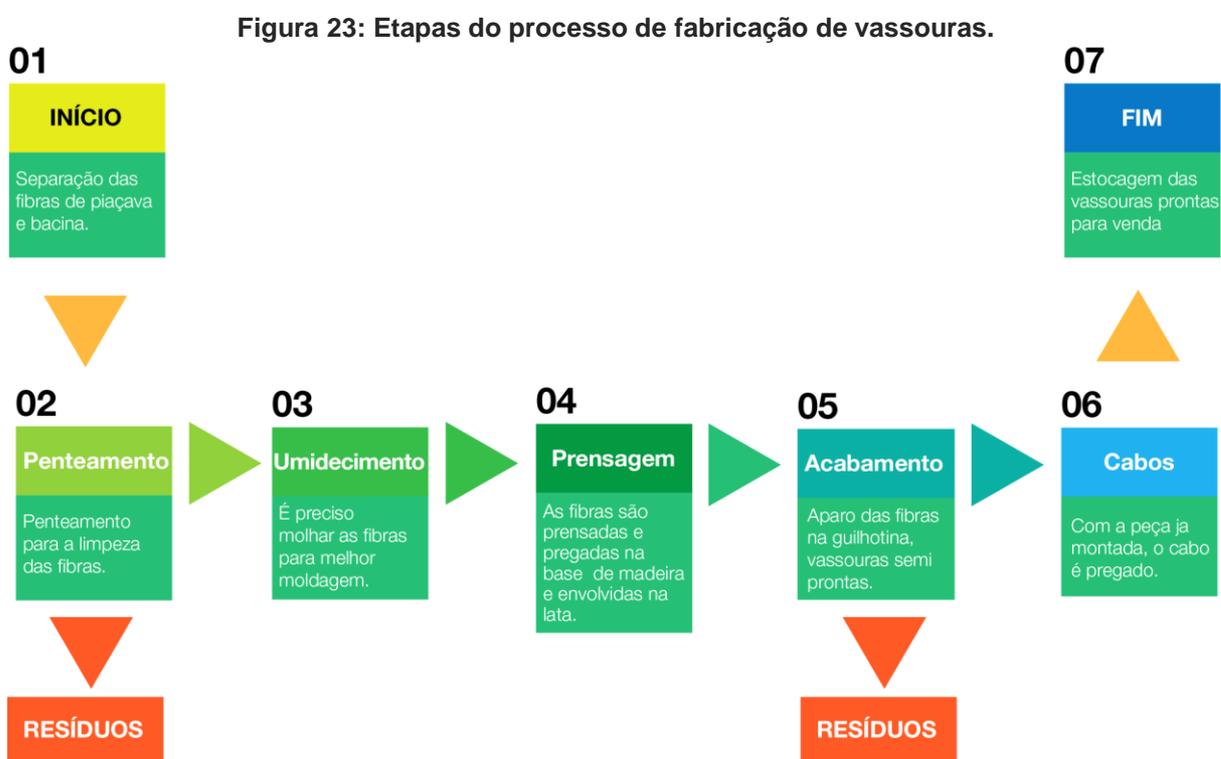
**Figura 22: Bacina (A e B) e piaçava penteada (C e D).**



Fonte: Autor, 2019.

Às duas fibras, piaçava e bacina, geram resíduos simultaneamente durante a etapa inicial, com o penteamento e durante o acabamento da vassoura (etapa final). Esses resíduos não são separados durante a fabricação da vassoura e ambos foram utilizados na confecção do compósito. Vale ressaltar que seria importante adaptar no processo de fabricação da vassoura uma nova etapa, que seria a de reaproveitamento dos resíduos das fibras de piaçava geradas em sua produção.

Para ilustrar as etapas de fabricação de vassouras e os consequentes momentos de geração de resíduos observados nas fábricas, a Figura 23 resume graficamente a experiência obtida nas visitas.



Fonte: Autor, 2020.

Como ilustrado, às duas etapas que geram resíduos é no pentejamento (02) e no acabamento (05), na primeira os resíduos são em quantidades menores, mas serão somados ao final. Na segunda etapa, o acabamento gera uma quantidade superior ao da primeira, e como já foi mencionado, são ensacados e jogados como lixo para recolhimento.

## 2.2 Resina poliuretana a base de óleo de mamona

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

Schneider (2003, p.8) detalha a mamoneira (Figura 24 e 25), na forma de um arbusto sendo:

[...] radicular que se estende lateral e profundamente; e tem uma parte aérea ramificada, de coloração verde avermelhada, podendo variar de tonalidade de acordo com a variedade. As folhas são lobadas, com formas variadas; sua inflorescência apresenta flores femininas, na parte superior, e masculina na parte inferior. O fruto é uma cápsula tricota com espinhos. (SCHNEIDER, 2003).

**Figura 24: Fruto da mamoneira (A) e folha (B).**



Fonte: Autor, 2019.

**Figura 25: Fruto com flor (A); com a casca seca (B); aberto com as sementes (C).**



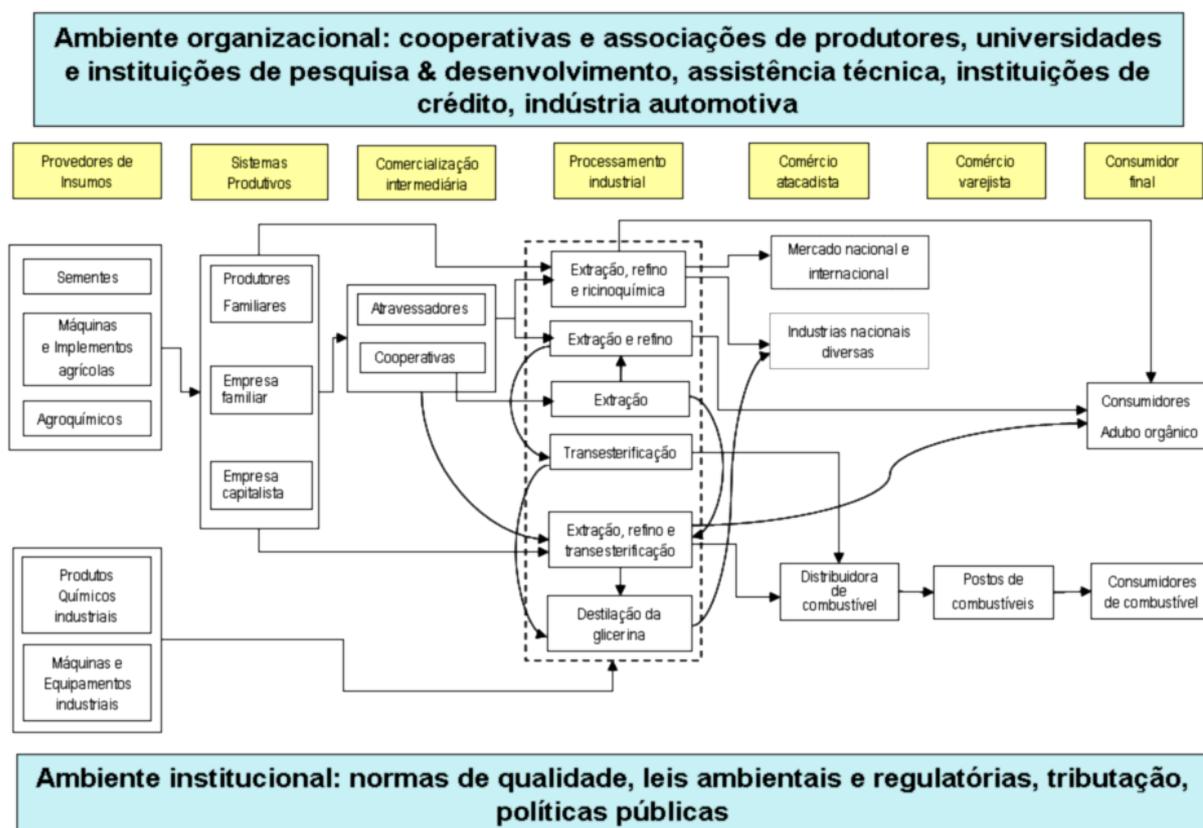
Fonte: Autor, 2019.

Em um panorama mundial, a Embrapa (2011) informa que o óleo da mamoneira é o principal produto comercializado, sendo a matéria-prima utilizada para obtenção de novos produtos. O mercado internacional comercializa a mamona tanto na forma bruta (mamona em baga) quanto em formas intermediárias (óleo bruto ou refinado) ou por meio da exploração de seus derivados (ácido graxo destilado de óleo de mamona desidratado, óleo de mamona hidrogenado, óleo de mamona sulfurizado, ácido 12-hidróxido esteárico e outros com usos diferenciados como poliuretanos, resinas plásticas etc.).

A nível nacional, Castro et al (2008, p.6) descrevem um modelo de segmento da cadeia produtiva da mamona no Brasil representado na Figura 26, no qual engloba dos provedores de insumos, às sementes, até o consumidor final. Em um ambiente organizacional de trabalho amplo, possibilitando a relação profissional desde as cooperativas, universidades até a indústria automotiva, passando por um processamento industrial com saída para o comércio atacadista e o comércio varejista.

Figura 26: Cadeia produtiva da mamona no Brasil.

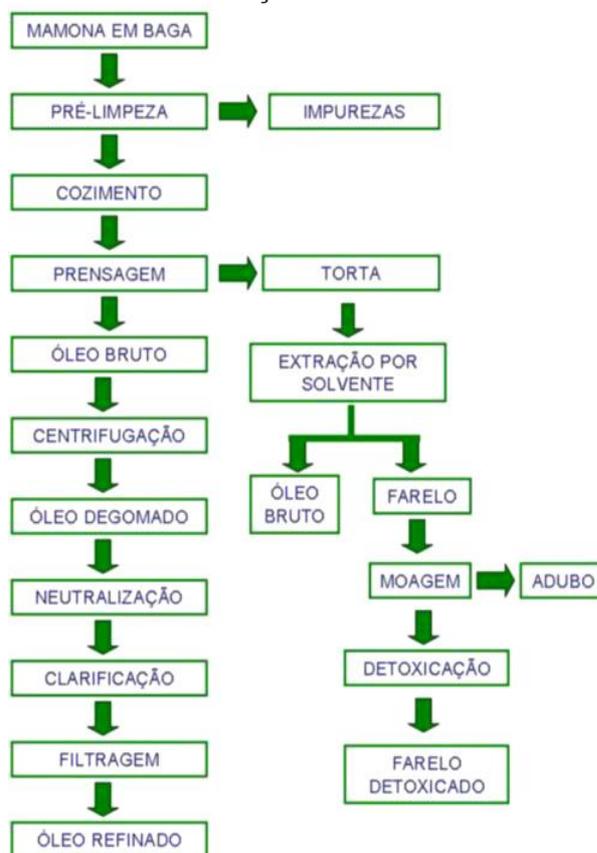
### Modelo Segmentado da Cadeia Produtiva da Mamona no Brasil



Fonte: CASTRO et al, 2008

Quanto à extração do óleo da mamona, Campos & Santos (2018, p.480) afirmam que pode se dar a partir de três processos diferentes. A prensagem fria, utilizada para fins medicinais, fornece um óleo com alto nível de pureza. A prensagem das bagas a quente, com um nível baixo de pureza, que normalmente passa por um processo de purificação para remoção de gomas e substâncias corantes. O terceiro processo é a extração por solvente o qual é aplicado às tortas residuais de prensagem. A Figura 27 ilustra o fluxograma do processo de extração do óleo da semente da mamona por prensagem quente.

Figura 27: Processo de extração do óleo da semente da mamona.



Fonte: CASTRO et al, 2008.

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

A partir da extração e obtenção do óleo, retirado das sementes da planta *Ricinus communis*, é preparado a resina poliuretana. Em um breve histórico a respeito da resina poliuretana, Marques & Martins (2009, p.3) citam Charles Adolphe Würtz, o químico francês, descobriu em 1848 que “os grupos isocianatos<sup>7</sup> reagiram

<sup>7</sup> Composto de sal ou éster caracterizado pelo radical – NCO. Fonte: Dicionário Michaelis (c2020).

quantitativamente com os grupos hidroxilas<sup>8</sup> primárias dando origem a grupos uretanos”. Os autores complementam que por quase um século essas reações se limitaram a simples experimentos de laboratório, até que o alemão Dr. Otto Bayer, em 1937, e colaboradores levaram o poliuretano à escala industrial. O poliuretano então foi patenteado pela companhia Bayer AG de Leverkusen (Alemanha) em 1973, passando a ser considerado um dos principais polímeros das últimas décadas (JORNAL DOS PLÁSTICOS, 1998 apud CANGEMI, SANTOS e SALVADOR, 2009).

Oliveira (2011, pp.76-77) informa que a resina poliuretana do óleo de mamona pode ser apresentada de forma mono ou bicomponente. Com um conciso esclarecimento temos: A **resina de mamona monocomponente** foi desenvolvida pela USP, no Instituto de Química de São Carlos (IQSC) e para obter este polímero é utilizado um reator carregado com o óleo de mamona e um oxidante para manter a mistura sem alterar a cor, já que o óleo vegetal possui polimerização oxidativa. Seu tempo de secagem ao toque é de aproximadamente 30 minutos, já seu tempo de cura é de 24 horas, pois vai depender de fatores como a temperatura ambiente e umidade. A **resina de mamona bicomponente** formada por dois componentes, sendo eles o pré – polímero com terminação isocianato e um polioli. Esses dois componentes são sintetizados por poliadição, reagindo entre si e formando assim um composto poliuretano. Uma das características desta resina é que por ser isenta de solventes, atóxica, acaba por não ser agressiva ao homem e nem ao meio ambiente. A polimerização final ocorre em torno de 24 horas e sua secagem ao toque varia entre 10 e 30 minutos, dependendo de fatores ambientais. Esta última corresponde à resina utilizada na pesquisa, somada as fibras de piaçava.

De acordo com Cangemi et al. (2009, p.162), o óleo de mamona é um poliéster formado por três moléculas do ácido ricinoléico  $C_{18}H_{34}O_3$  que pode ser adquirido em lojas que vendem produtos para laboratório ou mesmo resinas vegetais.

Segundo o portal BiodieselBR (2006), dos óleos extraídos pela prensagem das sementes, o óleo de mamona se destaca, pois cerca de 90% é composto por triglicerídeo, principalmente o ácido ricinoléico cuja fórmula molecular é  $C_{17}H_{32}OHCOOH$ , possibilitando uma ampla gama de utilização industrial.

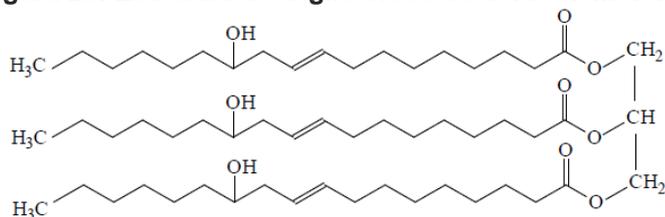
Cangemi et al. (2009, p.30) esclarecem que o ácido ricinoléico é um dos poucos ácidos graxos naturais que possui em sua estrutura química, três grupos

---

<sup>8</sup> O Radical formado por um átomo de oxigênio e um átomo de hidrogênio. **Fonte: Dicionário Michaelis (c2020).**

funcionais altamente reativos (Figura 28), “o grupo hidroxila no 12º carbono, a instauração no 9º carbono e o grupo carbonila no 1º carbono. Partindo-se do ácido ricinoléico, pode-se obter polioliol poliéster, matéria-prima para a síntese dos poliuretanos”.

**Figura 28: Estrutura do triglicerídeo do ácido ricinoléico.**



Fonte: Cangemi et al, 2009.

De acordo com Silvestre Filho (2001, p.86), aproximadamente 90% do ácido graxo que se encontra na composição dos triglicerídeos do óleo da mamona é o ácido ricinoléico, já os 10% restantes são ácidos graxos não hidroxilados. O autor ainda referencia Plépis (1991) ao apresentar a Tabela 1 com a composição média do óleo de mamona:

**Tabela 1: Composição média do óleo da mamona.**

COMPONENTE	PORCENTAGEM
Ácido Ricinoléico	89,5
Ácido Palmítico	1,0
Ácido Linoléico	4,2
Ácido Linolênico	0,3
Ácido Dihidroxiesteárico	0,7
Ácido Esteárico	1,0
Ácido Oléico	3,0
Ácido Eicosanóico	0,3

Fonte: PLÉPIS, 1991 apud Silvestre, 2001.

Com o desenvolvimento de novas pesquisas, a resina poliuretana derivada do óleo de mamona passou a interagir com áreas que vão do design à engenharia de materiais e mecânica, podendo ser citados alguns trabalhos acadêmicos:

Calegari et al (2015) com a pesquisa *Design e materiais: desenvolvimento de biocompósitos a partir da casca de arroz e do resíduo de papel em matriz poliuretana vegetal à base de mamona* chegaram à conclusão que os biocompósitos podem ser empregados em projetos de design orientado a sustentabilidade

Dias (2005), desenvolveu estudos na engenharia de materiais com a aplicação de resina poliuretana a base de óleo de mamona na fabricação de painéis

*de compensado e aglomerado*. De acordo com o autor os resultados foram consistentes e positivos.

Por sua vez, Silva (2015) na engenharia mecânica desenvolveu um *ecocompósito com fibra de lã canina e poliuretano de mamona para fins de isolamento térmico*. Com a pesquisa foi obtido um novo material isolante de menor custo.

Esses são alguns exemplos utilizando a resina vegetal (poliuretano de mamona) e fibras naturais. Desta relação têm surgido novos materiais e conseqüentemente novos produtos, com menor impacto ambiental.

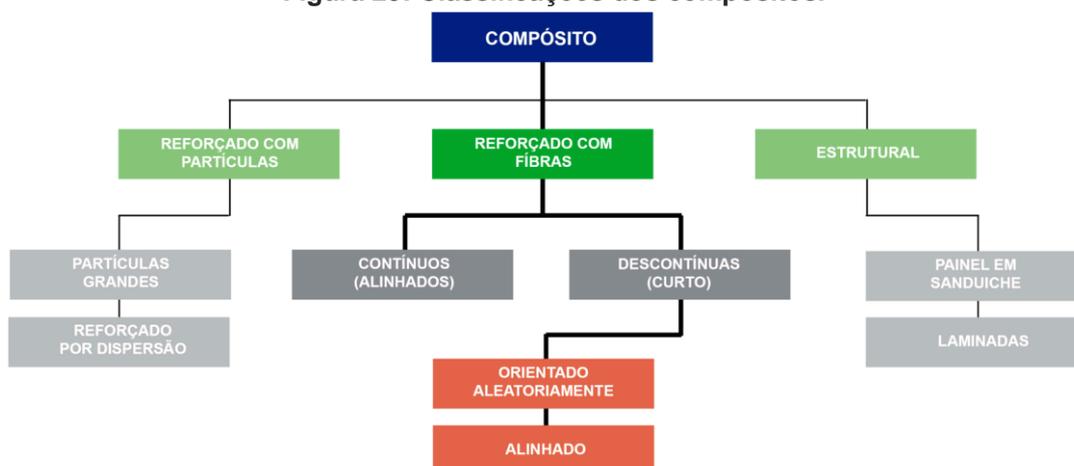
### **2.3 Definição de compósito**

Segundo a definição dada pelo pesquisador e escritor Callister (2002, p.359), “um compósito é qualquer material multifásico que exiba uma proporção significativa das propriedades de ambas as fases que o constituem, de tal modo que é obtida uma melhor combinação de propriedades”. O autor afirma que muitos materiais compósitos possuem em sua composição duas fases, uma chamada de matriz, sendo contínua que envolve a outra fase, chamada de fase dispersa.

A fase dispersa pode ser, por exemplo, as fibras vegetais, imersas em uma matriz de origem vegetal.

Os compósitos podem ser classificados segundo a geometria de seu reforço, possuindo três divisões principais: compósitos reforçados com partículas, compósitos reforçados com fibras e os compósitos estruturais; existindo ainda pelo menos duas subdivisões para cada uma delas. A fase dispersa para os compósitos reforçados com partículas tem eixos iguais; para os compósitos reforçados com fibras, a fase dispersa tem a geometria de uma fibra, já os compósitos estruturais são combinações de compósitos e materiais homogêneos (CALLISTER, 2002, pp. 359 -360), conforme apresentado no fluxograma da Figura 29.

Figura 29: Classificações dos compósitos.



Fonte: Callister, 2002. Adaptado pelo autor, 2019.

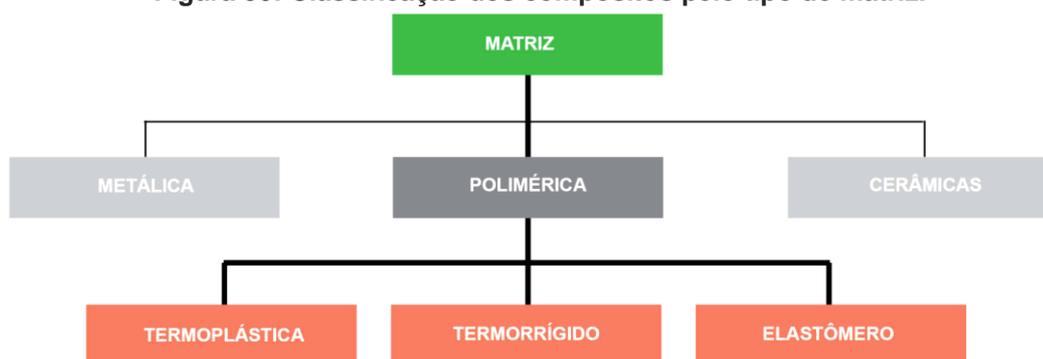
Dada à definição de compósitos e suas classificações, a pesquisa então focará nos **compósitos poliméricos reforçados com fibras vegetais**, mencionado por Callister (2002, pp. 360-382) ao se referir que tecnologicamente os mais importantes são àqueles que a fase dispersa se encontra na forma de uma fibra e de acordo com o seu comprimento, orientação e concentração tem grande influência sobre a resistência e outras propriedades dos compósitos reforçados com fibras.

## 2.4 Compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais

De acordo com Souza Filho (2015, p. 52), há uma variedade de tipos de matrizes e materiais de reforço que podem ser usados na fabricação de um compósito. Por conta disto foi necessário classificá-los em mais dois níveis. O primeiro nível se refere ao tipo de matriz, classificados em: compósito de matriz orgânica (geralmente incluem duas classes nomeadamente compósito de matriz polimérica e compósito de matriz de carbono), compósito de matriz metálica e compósito de matriz cerâmica. Já o segundo nível de classificação se refere à forma geométrica do reforço, tais como o compósito reforçado com fibra, o compósito reforçado com partículas e o compósito reforçado com lâminas.

Nesta pesquisa será dada atenção às matrizes poliméricas. Elas podem ser classificadas em: termoplástica, termorrígida e elastomérica. Para uma melhor visualização, a Figura 30 ilustra a classificação dos compósitos pelo seu tipo de matriz.

**Figura 30: Classificação dos compósitos pelo tipo de matriz.**



Fonte: Souza Filho, 2015. Adaptado pelo autor, 2019.

As aplicações são diversas, por exemplo, os compósitos poliméricos reforçados com fibras vegetais tem um enorme potencial de aplicação estrutural e não estrutural na indústria automotiva (SILVA, 2003, p.37)

A utilização de fibras vegetais como reforço para os compósitos poliméricos tiveram início na década de 1960, porém nos anos 1970 e 1980 as fibras sintéticas substituíram as fibras vegetais, por terem um melhor desempenho e aspectos econômicos, como, por exemplo, o baixo custo e a resistência. Somente a partir da década de 90, com uma visão mais ecológica, surgiu o interesse pela utilização dos materiais renováveis, como fibras e óleo vegetais, no processo industrial (SILVA, 2003, p.36).

As características apontadas, desempenho e resistência, são tão importantes que Callister (2002, p.364) complementa, informando que a orientação, concentração e distribuição das fibras influenciam significativamente a resistência e outras propriedades dos compósitos reforçados com fibras, principalmente se as fibras forem distribuídas uniformemente.

É importante falar que a adesão fibra/matriz é um dos fatores mais estudados na área de compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais. De acordo com Souza Filho (2015, pp.33-34) a propriedade dos compósitos depende de como a matriz e o reforço interagem entre si. Os fatores para estas interações dependem das propriedades individuais dos componentes, porosidade, orientação e disposição do reforço, grau de adesão entre matriz e reforço e o grau de homogeneidade e dispersão da mistura. O autor explica que a aderência matriz/reforço se dá por cinco mecanismos de adesão, são eles:

- **Adesão por adsorção ou molhabilidade** – quando a superfície sólida é inteiramente coberta ou molhada por um líquido;
- **Adesão por difusão** – quando a união entre dois polímeros ocorre por difusão nos retículos macro-molecular;
- **Adesão por atração eletrostática** – quando forças de atração eletrostática ocorrem entre duas superfícies, sendo uma portadora de cargas positivas e a outra de cargas negativas. Isto promove uma atração eletrostática entre os componentes do compósito que dependerá da diferença de carga das duas superfícies, apesar de não contribuir fortemente com a interação final entre fibra/matriz;
- **Adesão por ligação química** – esta adesão se dá em função da compatibilidade entre a ligação química da matriz com a ligação química do reforço;
- **Adesão mecânica** – obtida pelo simples contato superficial consiste numa adesão de intertravamento ou chaveamento mecânico das duas superfícies. Este tipo de adesão é o tipo mais eficaz, quando a força é aplicada paralelamente a interface, aumentando consideravelmente a força de cisalhamento. (SOUZA FILHO, 2015)

Carvalho (2005, p.25) reforça que a adesão entre a fibra e a matriz pode ser descrita como fenômenos físicos-químicos que ocorrem entre os materiais. Com essas informações obtidas, é possível observar que a adesão entre fibra/matriz tem grande influência sobre as propriedades do material compósito.

Para entender o comportamento que as fibras de piaçava apresentam em relação à matriz polimérica, se faz necessário uma análise, futura, da adesão fibra/matriz no compósito produzido neste trabalho.

Quanto aos compósitos de matriz polimérica, Santos (2006, p13) comenta sobre os termoplásticos e os termorrígidos estabelecendo uma diferença entre eles, talvez a principal, encontrado no comportamento de ambos quando aquecidos. Os termoplásticos são polímeros capazes de serem moldados várias vezes, pois se tornam fluidos em altas temperaturas e depois se solidificam quando a temperatura diminui. Já os polímeros termorrígidos apresentam certas vantagens, como alta estabilidade térmica, elevada rigidez, alta estabilidade dimensional, boas propriedades de isolamento térmico e elétrico, resistência à fluência e a deformação sob carregamento. Porém, se degradam em altas temperaturas.

O Quadro 7 apresenta uma comparação das propriedades entre os termoplásticos e os termorrígidos.

**Quadro 7: Comparação entre termoplásticos e termorrígidos.**

<b>TERMOPLÁSTICOS</b>	<b>TERMORRÍGIDOS</b>
Reciclável mecanicamente	Não reciclável mecanicamente
Tempo ilimitado de armazenamento	Tempo limitado de armazenamento
Alta viscosidade quando fundido	Baixa viscosidade durante o processamento
Baixa resistência a fluência	Alta resistência a fluência
Temperatura de uso limitada a Tg e Tm.	Alta resistência térmica e dimensional
Baixa estabilidade térmica e dimensional	

Fonte: SANTOS, 2006.

O termoplástico por ser um material relativamente barato, resistente e leve é muito utilizado para fabricação de diversos produtos, como por exemplo, as peças de encaixe de um brinquedo infantil.

Quanto à matriz polimérica termorrígida, Santos (2006, p.13) indica que as principais matrizes e as mais baratas são a de poliéster, poliuretano, vinil - éster e resinas fenólicas, sendo utilizado principalmente na composição dos compósitos reforçados com fibras de vidro. Já a resina mais cara é a epóxi sendo utilizada na indústria aeroespacial, devido às suas boas propriedades mecânicas e de resistência à umidade. Porém esses polímeros (resinas) são oriundos de fonte petrolífera, ou seja, embora traga diversidade em seu uso com vantagens para a sociedade, é válido mencionar que o uso desenfreado de produtos derivados do petróleo contribui para o aquecimento global.

Com a comparação das propriedades dos termoplásticos e termorrígidos, a resina de mamona da *Imperveg*, utilizada neste trabalho para a confecção do compósito, é caracterizada como um termorrígido. Esta pesquisa busca por alternativas que sejam favoráveis ao meio ambiente, empregando materiais que diminua o impacto ambiental como os utilizados neste trabalho, resíduo da fibra de piaçava como reforço em matriz polimérica de origem vegetal, a resina de mamona, podendo ser considerado um polímero verde, já que são de fontes vegetais.

Os polímeros verdes são assim chamados, pois durante sua síntese, processamento ou degradação produzem menor impacto ambiental que os polímeros convencionais. Existem outros polímeros considerados verdes utilizados, como os polímeros a base de amido, com sua vasta disponibilidade, seu baixo custo de extração e a facilidade em renovar o plantio, podendo substituir os polímeros sintéticos em embalagens, principalmente as de alimentos (BRITO et al., 2011, pp.128-136).

## 2.5 Ecocompósito: Definição do termo

O termo ecocompósito descreve os materiais compósitos com vantagens ambientais e ecológicas sobre o compósito normal, podendo conter fibras naturais ou em sua constituição uma matriz derivada de um polímero natural (SOUZA FILHO, 2015, p.34).

Os resíduos da agroindústria têm crescido e com isso gerado oportunidades para o desenvolvimento de novos materiais. Sendo considerados como importantes matérias-primas. Segundo Souza Filho (2015, p.52) o conceito de resíduo é revertido para o de matéria-prima e passa a ter valorização no mercado através da sua utilização na produção de novos materiais. O autor em sua tese pesquisou um ecocompósito a base de látex reforçado por bainha da palha do coqueiro para isolamento térmico e acústico. Neste estudo, os resíduos gerados são do agronegócio do coco, do cultivo ao processamento. Enquanto material de reforço foi atestado pelo autor, que a palha pode ser reaproveitada na formulação de compósitos biodegradáveis, proporcionando uma aplicação de uso com menor impacto ambiental.

Atualmente, os ecocompósitos são materiais muito utilizados no desenvolvimento de produtos sustentáveis e sua relevância se faz presente quando suas partes respeitam metas ambientais. Schuh & Gayer (1997) citado por Teixeira & Cesar (2006, p.4) especificam:

O eco-compósito surge quando os materiais componentes de um compósito (fibras e matriz) respeitam as metas ambientais, sendo tanto de origem vegetal, derivados de fontes renováveis, devendo ser atóxicos e abundantes e podendo ser ou não biodegradáveis como pode ser também originário do aproveitamento de resíduos agroindustriais, florestais ou ainda de outros tipos de resíduos tais como escória mineral e plásticos reciclados, aumentando ainda mais a sua eco-eficiência. (Schuh & Gayer, 1997 apud Teixeira & Cesar, 2006, p. 4)

Sendo assim, enquanto material para o design sustentável, o ecocompósito desta pesquisa que é formado por resíduos das fibras da piaçava oriundos da fabricação de vassouras respeitam as metas ambientais citadas e podem proporcionar aos profissionais criativos, aplicações em produtos com menor impacto ao meio ambiente.

### 2.5.1 Ecocompósitos no Design

Novos materiais são desenvolvidos a todo instante e suas aplicações são cada vez mais surpreendentes. Para Calegari et al. (2014, p.151) em seu artigo intitulado “*O desenvolvimento de produtos a partir de novos materiais: aplicação de biocompósitos no design de produtos*” é possível observar que o desenvolvimento impulsionado pela ciência faz surgir novos materiais a serem utilizados no design de produto.

Neste sentido Nunes (2015, p.31) acredita que para o designer, os novos materiais têm oportunidades, mas também riscos, principalmente por suas características ainda serem restritas, desconhecidas e incompletas. Afirma ainda ser necessário que o designer se qualifique ao conteúdo técnico. Desta maneira estaria habilitado para estabelecer um contato de aprendizado, uma relação de troca com profissionais de áreas específicas do estudo de materiais.

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

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

As pesquisas são variadas, levam tempo, porém o objetivo é único. A expectativa é que em um futuro não muito distante, os produtos produzidos a partir de materiais ecocompósitos tenham mais adeptos.

Um bom exemplo a ser citado vem do trabalho desenvolvido por pesquisadores da USP, especificamente do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Materiais para Biosistemas (BioSMat), que desenvolveram embalagens biodegradáveis para o transporte de frutas, hortaliças e bebidas, a partir de resíduos do bagaço de cana de açúcar e resina poliuretana a base de óleo de mamona, conforme Figura 31.

**Figura 31: Embalagens biodegradáveis.**



Fonte: EcoDebate, 2015.

As embalagens desenvolvidas servem com uma alternativa às caixas de madeira. De acordo com os professores envolvidos, Juliano Fiorelli, Holmer Savastano Júnior e Maria Tereza de Alvarenga Freire (ECODEBATE, 2015) parte do processo se deram da seguinte maneira:

Após a secagem em estufa, o bagaço de cana foi moído para obtenção de partículas de até 8 milímetros. Em seguida, misturado à resina poliuretana à base do óleo de mamona. A mistura foi colocada em um molde e posteriormente em uma prensa termo hidráulica para dar forma à estrutura de painel. Foram realizados vários ensaios físicos e mecânicos para determinar densidade, inchamento em espessura à absorção de água e resistência à flexão. (ECODEBATE, 2015)

A partir deste processo foi possível testar o uso do ecocompósito no desenvolvimento de produtos. Outro grande exemplo de projeto, envolvendo pisos e revestimentos, parte de Oliveira (2011, pp. 214-215) que pesquisou o uso do compósito de fibra de tururi (saco fibroso encontrado na palmeira *Manicaria saccifera*) e a resina a base do óleo de mamona. Com esta pesquisa foi possível produzir um revestimento do tipo taco para residências, provando que o ecocompósito em questão apresentou dados de resistência mecânica e química para tal fim, conforme ilustra a Figura 32.

**Figura 32: Pisos de fibra de tururi e resina a base do óleo de mamona.**



Fonte: OLIVEIRA, 2011.

Na esfera do design sustentável, Pazmino (2007, p. 7) cita que o mesmo "é um processo mais abrangente e complexo que contempla que o produto seja economicamente viável, ecologicamente correto e socialmente equitativo", satisfazendo assim as necessidades básicas da sociedade. É importante que o design(er) mostre seu relacionamento com a sustentabilidade por meio do processo e planejamento, o projeto e a sociedade, repensando a qualidade do design.

Neste contexto, Manzini em seu livro *Design para inovação social e sustentabilidade* (2008, p.14), confirma o pensamento de Pazmino, afirmando:

A transição rumo à sustentabilidade requer uma descontinuidade: de uma sociedade onde o crescimento contínuo dos níveis de produção e de consumo material, é considerada uma condição normal e salutar, devemos nos mover para uma sociedade capaz de desenvolver-se a partir de uma redução destes níveis. (MANZINI, 2008)

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

Mais dois exemplos de materiais a serem citados, o primeiro é o *Bananaplac* (Figura 33), material desenvolvido pela Empresa Fibra Design. O ecocompósito é formado por fibras de bananeira em matriz de resina de base vegetal (mamona, soja e óleo de milho).

**Figura 33: Lâminas (A) e aplicação do bananaplac (B)**



Fonte: Fibradesign, 2005.

O segundo exemplo é a guitarra desenvolvida pelo músico e designer Rodrigo Novaes, feita com um compósito polimérico reforçado por uma fibra vegetal: os resíduos do malte utilizados na fabricação de cerveja (Figura 34). De acordo com a informação dada à revista, as propriedades acústicas do material são comparáveis à madeira mogno e foram ligeiramente superiores às da madeira marupá, utilizada para a confecção de certas guitarras no Brasil.

**Figura 34: Guitarra com resíduos de malte de cerveja.**



Fonte: Revista Pesquisa FAPESP, 2016.

Com esses exemplos é possível perceber a preocupação com a escolha dos materiais e sua aplicação como uma das estratégias do design sustentável identificadas por Chapman (apud FERREIRA, 2010, p.79), onde o autor reforça que o design sustentável é:

Convencionalmente compreendido como uma coleção de estratégias tais como: Design para a facilidade de desmontagem e reciclagem; escolha de materiais adequados consoante o impacto desses ambientalmente; Design para a eficiência energética ou com recurso a fontes de energia alternativas; ou o Design com vista à extensão do seu período de uso não só fisicamente, mas também emocionalmente. (FERREIRA, 2010)

Para o sucesso de futuros projetos de design em transição à sustentabilidade, será necessário um processo de aprendizagem social gradual, onde o consumo será menor, regenerando a qualidade dos contextos locais onde vivem (MANZINI, 2008, p.17).

O trabalho apresentado nesta pesquisa, com suas possíveis aplicações no design, contribui de forma gradual com o pensamento e práticas sustentáveis, onde um material descartado em caráter de resíduo se torna o principal elemento para o design de novos produtos.

## **Conclusão prévia do Capítulo II**

No capítulo II, foram apresentadas as fibras naturais vegetais e suas possibilidades como alternativa de material para reforço em compósitos para o design. Em um panorama geral, este momento da pesquisa ampliou o leque sobre o uso das fibras e resinas de origem renovável, assim como suas características. Quanto às visitas técnicas, foram essenciais para conhecer melhor o material e registrar o processo de fabricação das vassouras, que resulta na obtenção dos resíduos.

O capítulo se mostrou extremamente importante, visto que os ecocompósitos apresentam potencial para serem utilizados enquanto matéria-prima no design sustentável, o que vem ao encontro do objetivo maior desta pesquisa.

Apresentado a definição do compósito e sua composição, esses materiais indicam novas possibilidades. Com a classificação dos compósitos e focando nos poliméricos reforçados com fibras vegetais, foi observada a diferença entre os termoplásticos e os termorrígidos, concluindo que a resina utilizada neste trabalho é 100% sólida (isenta de solventes) e termorrígida.

São ilustrados alguns exemplos de compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais, demonstrando a sua importância para aplicação em novos produtos de design sustentável. Todo o conteúdo abordado reflete o campo em que o ecocompósito proposto irá atuar, contribuindo para um design com menos impacto ambiental.

# Capítulo III

## Materiais e Métodos

### Considerações Iniciais

Este capítulo aborda a parte prática realizada em laboratório, descreve os materiais envolvidos, a metodologia seguida para a fabricação dos corpos de prova e a descrição dos ensaios técnicos adotados. Descreve ainda o material obtido, abordando suas características visuais sensoriais /táteis.

## Capítulo III

### 3.1 Materiais

Os materiais descritos a seguir foram utilizados para a produção do ecocompósito formado por resíduos de fibra de piaçava em matriz poliuretana de resina a base do óleo da mamona, compondo o objeto de pesquisa deste trabalho.

Para a realização da parte experimental foi estabelecido um vínculo com o Instituto de Macromoléculas Professora Eloísa Mano — IMA/UFRJ, onde foi possível utilizar o laboratório com os equipamentos necessários para a produção do ecocompósito. O Laboratório de Apoio Tecnológico / Caracterização - LAPTEC 2 fica na sala J — 102, no prédio do IMA, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária - Av. Horácio Macedo nº 2030 - Centro de Tecnologia - Bloco J.

#### 3.1.1 Fibra de piaçava

As fibras de piaçava e bacina que compõem os resíduos utilizados são resultantes do processo de fabricação de vassouras e foram cedidas pela fábrica *Vassouras Irajá*, localizada na Rua Pedro Teixeira, nº 556 - Irajá, Rio de Janeiro — RJ. As fibras da *Attalea funifera Martius* são adquiridas diretamente do produtor de piaçava, em Ilhéus e Itabuna, locais de sua origem na Bahia, já a bacina é comprada diretamente dos produtores em Manaus.

Para este trabalho a fibra de piaçava foi recolhida em dois momentos, o primeiro durante a etapa de acabamento da vassoura, fase em que há o acúmulo dos resíduos no chão ou bancadas. Já no segundo momento, o resíduo já estava ensacado para ser recolhido pelo serviço de limpeza urbana. Foi necessário duas recolhas de material para que sua quantidade fosse suficiente para a confecção dos corpos-de-prova. Lembrando que na etapa de produção da vassoura é gerado resíduo da piaçava e bacina simultaneamente, pois esta última é utilizada na parte interna da vassoura, proporcionando volume à peça.

Verificou-se, que os resíduos (Figura 35) apresentavam dimensões que variavam de 1 cm à 11 cm (Figura 36) oriundas do processo de acabamento manual, realizado na guilhotina.

**Figura 35: Resíduos.**

Fonte: Autor, 2020.

**Figura 36: Dimensionamento dos resíduos.**

Fonte: Autor, 2020.

### 3.1.2 Resina de mamona

A resina poliuretana a base de óleo de mamona foi cedida pela empresa *Imperveg — Polímeros Indústria e Comércio LTDA.*, situada na cidade de Aguaí - SP. De acordo com o fabricante, o polímero de código *AGT 1315* (Figura 37) é uma resina a base de poliuretano vegetal (originado do óleo de mamona), bicomponente, 100% sólido (isento de solventes). Não libera vapores tóxicos, formulado pela mistura a frio de um pré-polímero (componente A) e um polioliol (componente B), resultando em polímeros com diferentes características, de excepcional estabilidade físico-química, elasticidade e impermeabilidade. A *Imperveg AGT 1315* é fornecida na forma bicomponentes (A + B) apresenta como sugestão de mistura a proporção dos componentes de 1:1,5 (uma parte do componente A + uma parte e meia do

componente B, em volume respectivamente). Após a mistura o tempo de trabalho (*pot life*) gira em torno de 15 minutos, quando a resina entra no ponto de gel dificultando o manuseio do material.

**Figura 37: Componente A e componente B da resina de mamona.**



Fonte: Autor, 2020.

O Quadro 8 ilustra algumas propriedades da resina fornecida pela empresa.

**Quadro 8: Propriedades da resina de mamona.**

PROPRIEDADES DA RESINA IMPERVEG AGT 1315
Alta durabilidade
Grande resistência aos raios ultravioleta
Estanqueidade a líquidos e gases
Excelente penetração nos poros da superfície, garantindo uma boa aderência
Não apresenta retração volumétrica após a cura

Fonte: IMPERVEG, 2019.

Quanto às características, o fabricante destaca o tempo de secagem ao toque que é de cerca de 60 a 90 minutos dependendo da temperatura ambiente. A consistência é fluida, a cor após a cura é âmbar, é resistente ao calor, apresentando perda de massa somente após 210 °C. É utilizada como adesivo e aglomerante para formação de compósitos com fibras vegetais, pó de serragem de madeiras, inservíveis e outros.

A *Imperveg* informa que o rendimento da *AGT 1315* varia de 10 a 50% em relação à massa do material a ser utilizado, dependendo das características e resistências mecânicas que se queira dar ao compósito. Cabe ao usuário definir a porcentagem e carga para atingir as características que se pretende dar ao compósito, pois as propriedades mecânicas da peça variam em função da porcentagem a ser utilizada e da carga a se exercida.

### 3.2 Fabricação do ecocompósito e corpos de prova para os ensaios mecânicos e de usinagem

Para a fase de laboratório, foi essencial a parceria com o IMA/UFRJ, onde no LAPTEC 2 foi possível realizar a etapa experimental da pesquisa, iniciada com a moagem de 6 a 8 kg de resíduos aproximadamente. As fibras moídas foram acondicionadas em sacos plásticos para posterior utilização na fabricação do compósito.

É possível descrever este processo de fabricação do seguinte modo:

#### 1. Moagem das fibras

Para tal etapa foi utilizado o Moinho de Facas da marca *Marconi*. No processo de moagem (Figura 38) foram obtidas duas granulometrias para o material, a primeira com a fibra em pó com granulagem de 1 mm e o segundo com as fibras mais curtas como sobras que não passaram pelo filtro de granulagem, conforme ilustra a Figura 39 e 40.

Nesta primeira fase não houve a secagem das fibras em estufa. Pois, seriam fabricados dois ecocompósitos, um realizando a secagem das fibras (para analisar o efeito da secagem na adesão fibra/matriz) e outro sem secagem.

Porém, com a pandemia do COVID-19, não foi possível realizar a etapa de secagem das fibras em estufa. Desta forma, o material foi produzido com a fibra sem retirada da sua umidade em estufa.

Figura 38: Facas do moedor (A) e funil de entrada (B).



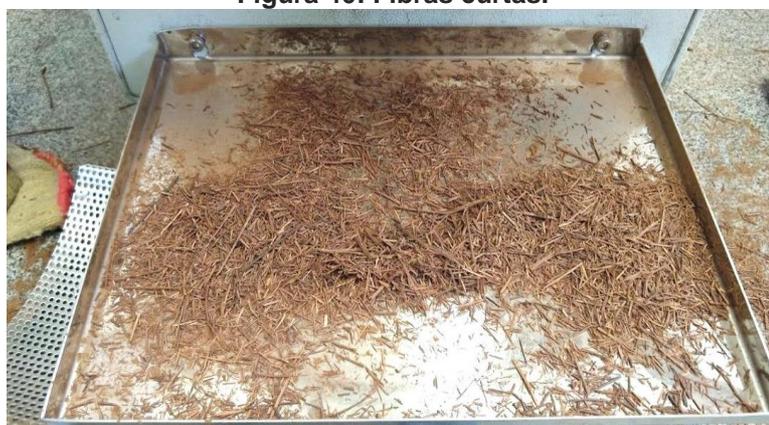
Fonte: Autor, 2020.

**Figura 39: Piaçava moída.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 40: Fibras curtas.**



Fonte: Autor, 2020.

## 2. **Pesagem dos componentes da resina**

A relação do pré-polímero e do polioliol se deu na proporção de 1:2 onde foi pesada a resina com seus componentes separadamente, obtendo 86,2 g do componente A e 128,4 g do componente B, somando um total de 214,6 g, o que equivale a 66% do compósito. Esta proporção se deu seguindo a literatura de alguns trabalhos e também a quantidade necessária para o molde projetado.

## 3. **Mistura dos componentes da resina**

Os componentes A e B da resina foram misturados até apresentar uniformidade, por meio da cor e redução de bolhas de ar. O processo de cura da resina inicia no momento em que os componentes entram em contato e são misturados. Após a mistura o tempo máximo de trabalho foi de 15 minutos.

#### 4. **Pesagem das fibras**

A fibra moída resultou em pó de piaçava, ilustrado na Figura 41, sendo utilizado 114g, o que equivale 34% de fibra empregada na confecção da placa do ecocompósito, ou seja, 66% de resina e 34% de fibra. Se faz necessário esclarecer que estavam previstas a fabricação de compósitos com diferentes proporções de fibras, até atingir a maior parte de resíduos e menor fração de resina. Porém, com a pandemia do COVID-19 estas tarefas ficaram impossibilitadas de serem realizadas, pois exigiam a presença em laboratórios da instituição.

**Figura 41: Piaçava em pó.**



Fonte: Autor, 2020.

#### 5. **Mistura da resina com a fibra**

Após a pesagem da fibra e da resina, ambos foram misturados por, aproximadamente 5 minutos, para se obter uniformidade e molhabilidade da fibra pela resina, conforme ilustra na Figura 42.

**Figura 42: Mistura da resina com o pó de piaçava.**



Fonte: Autor, 2020

## 6. Vertendo compósito no molde

Para facilitar a desmoldagem do material foi utilizada cera de carnaúba como desmoldante bem como, foi lançado mão do uso de plástico filme para proporcionar brilho à superfície do compósito, o que contribuiu também para a desmoldagem mais fácil do material do molde.

O ecocompósito foi posto no molde (Figura 43) preenchendo todo o espaço interno, sendo em seguida fechado e prensado.

**Figura 43: Compósito no molde.**



Fonte: Autor, 2020.

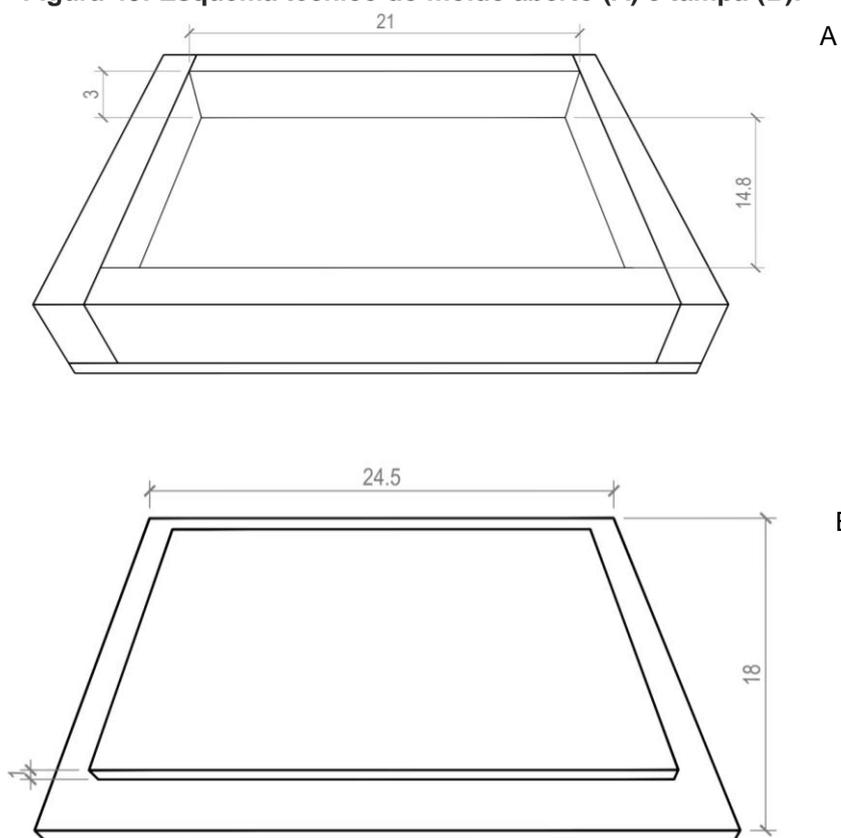
Para a confecção da placa de compósito foi fabricado um molde a partir de compensado naval que apresentou as seguintes dimensões: 14,8 X 21 X 3 cm (comprimento, largura e espessura interna). A Figura 44 ilustra o molde produzido e a Figura 45 o seu esquema técnico.

**Figura 44: Molde fechado (A) e molde aberto (B)**



Fonte: Autor (2020)

Figura 45: Esquema técnico do molde aberto (A) e tampa (B).



Fonte: Autor, 2020.

## 7. Prensagem do compósito na prensa hidráulica

Já no molde, o ecocompósito foi submetido à prensa hidráulica (de marca *Carver*) em uma compressão de 1000 libras por polegadas quadradas (força equivalente a 0.45 t) por um tempo estipulado de 1 hora (Figura 46).

Figura 46: Molde sendo prensado.



Fonte: Autor, 2020.

## 8. Retirada do compósito da prensa

Após a retirada do molde da prensa, procedeu-se a sua retirada sendo a placa removida com facilidade. Notou-se uma pequena redução de sua dimensão em relação ao tamanho do molde, deixando a placa com espessura de 1,8 cm, largura de 14,5 cm e o comprimento de 20,8 cm, provavelmente ocasionado após a expansão e cura do material compósito. Com a placa do material produzido, foi possível realizar testes de usinagem e observar seus aspectos visuais e suas características sensoriais/táteis. A Figura 47 ilustra o resultado obtido após a prensagem e retirada do molde.

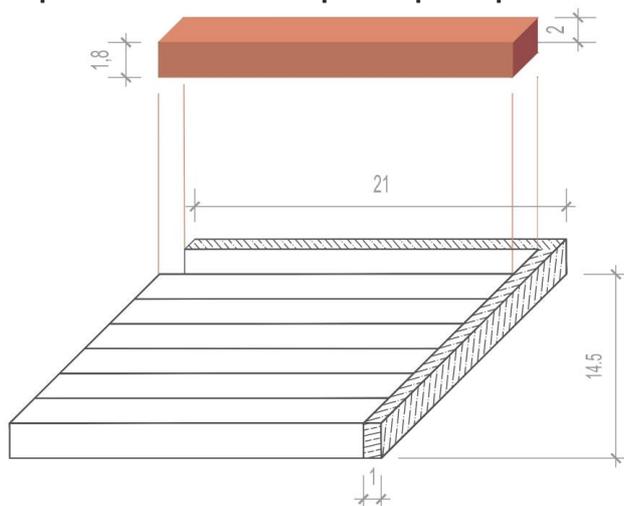
**Figura 47: Placa do ecomcompósito.**



Fonte: Autor, 2020.

A área da placa produzida foi pensada para confecção futura de corpos de prova para o ensaio de abrasão (com proporções diferentes em fibra e resina adotada para os ensaios de tração, flexão e compressão) e de usinagem, de acordo com a norma ISO 4.649 - 2017. Para o aproveitamento desta placa na confecção dos corpos-de-prova, foi necessário planejar um esquema técnico, conforme ilustra a Figura 48, permitindo até 7 corpos de prova com espessura de 1,8 cm e comprimento de 20 cm que em seguida, partes destes, serão torneadas até atingir forma cilíndrica com diâmetro mínimo de 1,5 cm, prevendo a divisão posterior de 5 a 7 cilindros de 2 cm de altura.

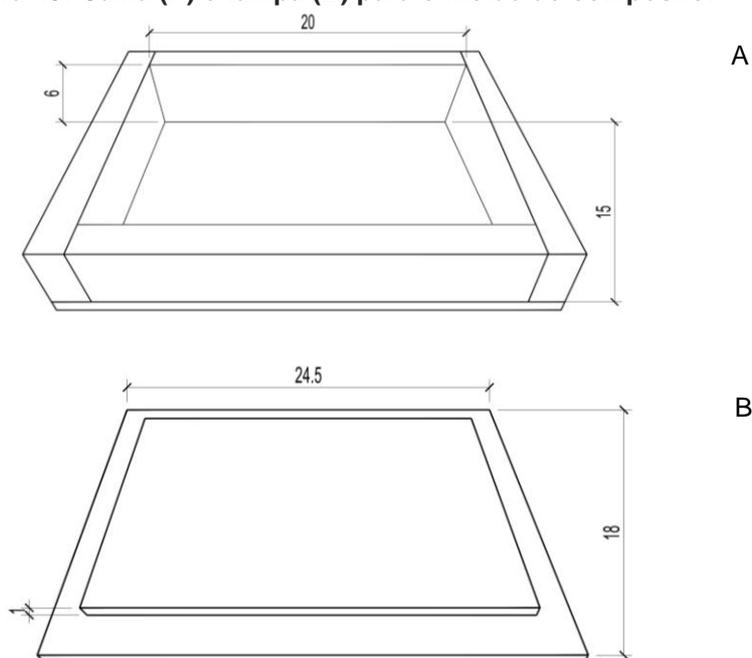
**Figura 48: Esquema técnico dos corpos de prova para o ensaio de abrasão.**



Fonte: Autor, 2020.

Para o ensaio de compressão normal do compósito polimérico reforçado por fibras vegetais, a norma a ser utilizada é a ABNT NBR 7190 – 1997. Sendo necessária a confecção de novo molde (Figura 49), com suas respectivas dimensões, para a produção do compósito (nas proporções de fibra e resina adotadas para os ensaios de flexão e tração que serão apresentados adiante).

**Figura 49: Caixa (A) e tampa (B) para o molde do compósito.**

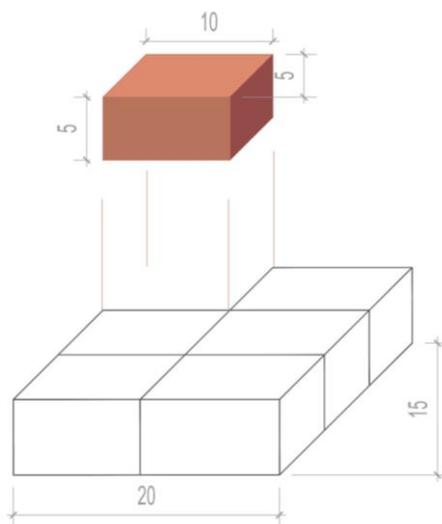


Fonte: Autor, 2020.

A confecção futura dos corpos de prova para o ensaio de compressão foi pensada conforme a Figura 50 ilustra, aproveitando ao máximo a área da placa do

compósito. Para o ensaio de compressão normal foi adotada seis repetições, com 6 corpos de prova apresentando as dimensões de 5 cm x 5 cm x 10 cm.

**Figura 50: Esquema técnico dos corpos de prova para o ensaio de compressão.**



Fonte: Autor, 2020.

Posteriormente, foram produzidos os corpos de prova para os ensaios de tração (Norma ASTM D638) e flexão (Norma ASTM D790-03), utilizando moldes de metal (Figura 51).

**Figura 51: Molde para os corpos de prova de tração (esquerdo) e flexão (direito).**



Fonte: Autor, 2020.

Para a confecção dos corpos de prova (Figura 52 e 53), foi adotado o mesmo processo para as placas, no qual os dois componentes da resina foram pesados, misturados e posteriormente adicionados ao pó da piaçava até que os três elementos apresentassem uma uniformidade em seu aspecto. Para a confecção dos

corpos de prova dos ensaios de tração e flexão deu-se primeiramente a pesagem dos componentes da resina e da fibra de piaçava, foram de 35g para o componente A e 70g para o componente B, totalizando 105g de resina de mamona, enquanto para o pó da fibra de piaçava foi de 60g. Esta proporção de fibras/resina do compósito foi considerada para análise das propriedades físicas e mecânicas do material para os ensaios de abrasão, flexão e tração. Após serem misturados por aproximadamente 2 minutos, o ecocompósito foi vertido nos moldes de metal para em seguida ser prensado a uma compressão de 1000 libras por polegadas quadradas por aproximadamente 2 horas, pois nos primeiros 60 minutos ao retirar o molde da prensa notou-se que os corpos de prova expandiram de forma a criar uma saliência na peça, sendo necessário voltar o molde para prensa por mais 60 minutos aproximadamente. Observado seu estágio de rigidez e superfície retilínea, o compósito foi retirado do molde.

**Figura 52: Preparação dos corpos de prova para o ensaio de tração.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 53: Preparação dos corpos de prova para o ensaio de flexão.**



Fonte: Autor, 2020

As Figuras 54 e 55 ilustram o aspecto dos corpos de prova obtidos para o ensaio de tração e flexão.

**Figura 54: Corpos de prova para o ensaio de tração.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 55: Corpos de prova para o ensaio de flexão.**



Fonte: Autor (2020)

Após a cura do material foram eliminadas as rebarbas que pudessem causar prejuízos em sua forma, para melhor adequação aos ensaios propostos. Foi concretizada a pesagem individual e coletiva dos corpos de prova para os ensaios de tração e flexão, como ilustra a Tabela 2. Para obter um peso uniforme para todas as amostras, foi realizada a retirada das aparas e rebarbas de cada corpo de prova.

**Tabela 2: Peso dos corpos de prova.**

Tração		Flexão	
Peça 1	5 g	Peça 1	8 g
Peça 2	6 g	Peça 2	9 g
Peça 3	6 g	Peça 3	9 g
Peça 4	6 g	Peça 4	9 g
Peça 5	7 g	Peça 5	10 g
<b>Total</b>	<b>30 g</b>	<b>Total</b>	<b>45 g</b>

Fonte: Autor, 2020.

As Figuras 56 e 57 ilustram mais detalhadamente o acabamento do material, enquanto a Figura 58 o detalhamento técnico.

**Figura 56: Acabamento do corpo de prova para o ensaio de tração**



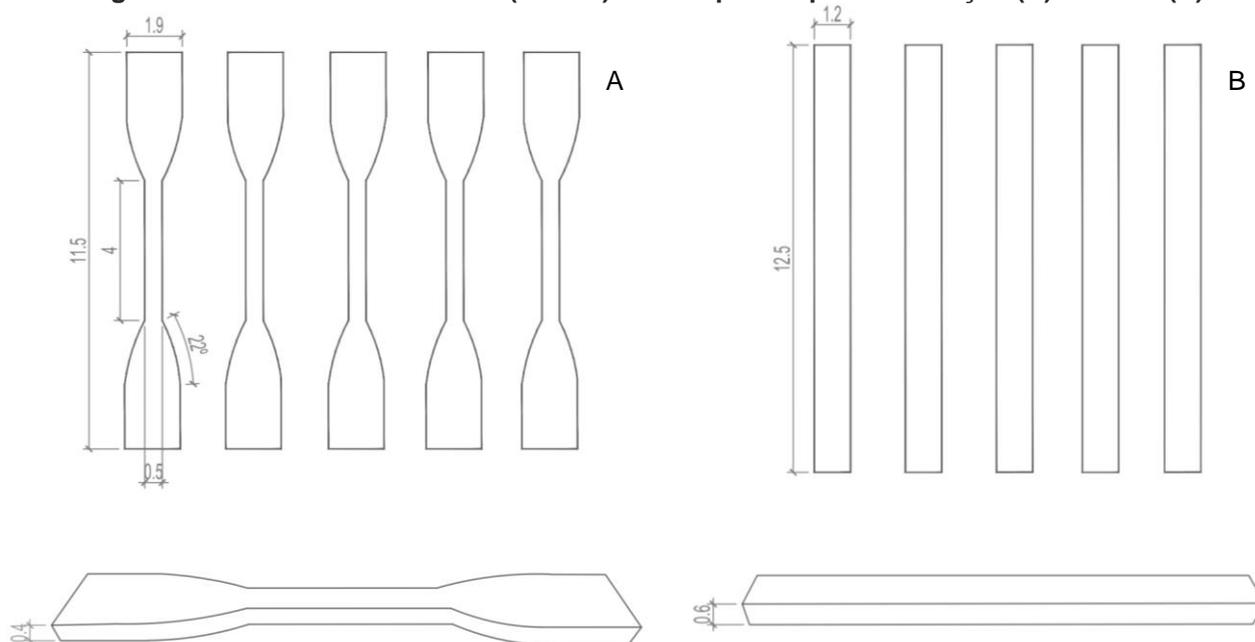
Fonte: Autor, 2020.

**Figura 57: Acabamento do corpo de prova para o ensaio de flexão.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 58: Detalhamento técnico (em cm) dos corpos de prova de tração (A) e flexão (B).**



Fonte: Autor, 2020.

Todo o processo de fabricação do ecocompósito e dos corpos de prova foi realizado no Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano — IMA pertencente à Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A etapa seguinte foi a tentativa de realização dos ensaios de tração e flexão do ecocompósito, utilizando os corpos de prova confeccionados em chapa de metal.

Dito tentativa de ensaio, pois os resultados ficaram na zona de imprecisão, o que necessitaria, além da confecção de um número maior de corpos de prova, refazer os ensaios para se obter corretamente os valores de deformação. Lembrando que em função da pandemia de COVID-19 a placa produzida inicialmente em molde de compensado naval serviu para os testes de usinagem.

### **3.4 Metodologia de análise sensorial/tátil do material e propostas de aplicação em projeto de design**

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

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

As sensações e percepções vivenciadas com o ecocompósito desenvolvido permitiu a realização de uma apreciação tátil e visual do material. Algumas características são identificadas, como ilustram as Figuras 59 e 60, tais como a textura, superfície com brilho ou opacidade, peso (desde que esteja com o material em mãos), coloração e o resultado da incidência de luz solar no material. Neste contexto, Mello (2013, p.106) relata que a superfície do material influencia no gerenciamento da luz, ou seja, enquanto alguns produtos geram intensidade luminosa excessiva, outros refletem a luz de maneira que interferem na visão de quem interage com o material. A interferência visual que a luz solar causa na placa é observada principalmente na variação de tons em sua coloração. Isso não significa que esta interferência seja prejudicial, apenas cria novas significações na estética do material.

**Figura 59: Apreciação tátil e visual do ecocompósito.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 60: Placa exposta a luz solar.**



Fonte: Autor, 2020.

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

É possível perceber na Figura 61 que a combinação da fibra de piaçava moída e a resina de mamona resultaram em um material capaz de gerar reações e sentimentos, seja por meio de características sensoriais, estéticas ou simbólicas, influenciando diretamente nas possíveis aplicações no design.

**Figura 61: Detalhes que compõe a placa.**



Fonte: Autor, 2020.

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

O Quadro 9 a seguir ilustra as características identificadas quanto aos atributos sensoriais e táteis identificados no material a partir do seu manuseio e observação.

**Quadro 9: Atributos táteis e visuais da placa do ecocompósito.**

<b>TÁTIL</b>	<b>VISUAL</b>
Liso	Opaco
Sem flexibilidade	Fosco (com superfície do molde fosca)
Rígido	Semi-brilhoso (com superfície do molde lustrosa)
Leve	Brilhoso (exposto à luz solar)
Resistente ao risco	Pesado
Aspecto de madeira	Cor amadeirada

Fonte: Autor, 2020.

Além das características citadas, é traçado um paralelo aos variados tipos de madeiras utilizadas em móveis e revestimentos, onde foi possível identificar semelhanças táteis e de temperatura. Agradável ao toque dos pés e das mãos, o material se apresenta de forma fria. Quando ao peso (kg) também surpreende, pois a placa a partir da observação visual aparenta ser mais pesada do que realmente é. O que causa uma sensação de surpresa ao manusear o objeto e influencia diretamente na experiência

material do usuário. Embora pareça um material pesado para a área da placa, foi registrado apenas 300g (Figura 62). Vale informar que o peso do material vertido no molde era de 342g e após a mistura dos componentes e a cura do material, houve diminuição do peso, devido à quantidade de material que se expandiu para fora do molde (ocasionado com o processo de expansão da resina poliuretana em temperatura ambiente), gerando alguma perda.

**Figura 62: Pesagem da placa.**



Fonte: Autor, 2020.

Por suas características sensoriais/táteis observadas, o ecocompósito pode ter seu uso sugerido no design industrial e na arquitetura de interiores. Deixa-se claro, neste trabalho, que essas sugestões de aplicações são baseadas inicialmente na observação das características sensoriais do material, devendo ser realizados ensaios técnicos para comprovar a viabilidade do material para tais fins. No design industrial e na arquitetura, sugere-se o uso do ecocompósito em móveis não estruturais e revestimentos horizontais ou verticais, pois sua geometria poderá variar do laminado ao bloco. É importante mencionar a similaridade do material (Figura 63) com a coloração e aspectos de alguns tipos de madeira, por exemplo, *cabreuva vermelha*, *ipê escuro*, *jatobá*, *muirapiranga*, *roxinho* e *sucupira* como ilustram as imagens da Figura 64 (A, B, C, D, E e F).

**Figura 63: Coloração do ecocompósito em luz ambiente.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 64: Madeiras naturais: cabreuva vermelha (A); ipê escuro (B); jatobá (C); muirapiranga (D); roxinho (E) e sucupira (F).**



Fonte: Eco folhas, 2017.

O ecocompósito desenvolvido permite uma experimentação contínua, ou seja, experimentações materiais, por meio dos atributos tátil e visual. Porém, como já frisado anteriormente, todas as sugestões de uso dependem do conhecimento das propriedades técnicas a serem estudadas, algo que se dará com a realização dos ensaios físico/mecânicos previstos e que não puderam ser realizados devido a pandemia do COVID-19.

### **3.5 Projeto de Design: Metodologia proposta**

Foi proposto o uso do ecocompósito no design industrial, arquitetura e construção civil, tais como: pisos, revestimentos verticais e projetos de móveis não estruturais. Para tanto, se propõe o uso do material desenvolvido aliado a uma marcenaria dita tradicional ou até mesmo auxiliada por computador. Tal escolha se deu em função da observação das características do material e os testes de usinagem realizados, tal proposição poderá ser analisada futuramente em um estudo de doutorado que realize os ensaios técnicos para comprovação. Este fato não invalida o projeto aqui proposto, pois as características sensoriais e físicas

flagrantes no ecocompósito podem apontar tal uso, mesmo que de forma inicialmente conceitual.

A partir de toda experiência absorvida até aqui, foi possível apresentar sugestões de projetos utilizando o material desenvolvido e para tanto, foi adotada uma parte da metodologia de design, a seguir:

- Tema do projeto: Sugerir aplicações de produtos no campo do design industrial, arquitetura e construção civil para o ecocompósito de fibras de piaçava e resina de mamona;
- Experimentação do material: processo de usinagem e marcenaria tradicional;
- Projeto de design: Desenvolver um piso do tipo taco residencial, um revestimento vertical residencial e peças de mobiliário residencial;
- Desenhos técnicos;
- Desenvolvimento da identidade visual;
- Apresentação final.

Essas etapas foram essenciais para a realização e experimentação das aplicações futuras do ecocompósito em aplicações conceituais diversas, demonstrando a importância de se utilizar um material com menor impacto ambiental para fins de design.

### **Conclusão prévia do Capítulo III**

O capítulo III apresentou a parte prática, do estudo realizada no laboratório LAPTEC 2, localizado no Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano — IMA/UFRJ, assim como a metodologia para a experimentação do material: piaçava moída e a resina de mamona. Após a fabricação do ecocompósito e a realização dos corpos de prova, foi feita a apreciação tátil e visual da peça produzida, utilizando como referência alguns pesquisadores da área que acrescentaram significativamente na elaboração deste capítulo. Posteriormente, foi sugerido o uso do ecocompósito em projetos de revestimentos (horizontais e verticais) e peças de mobiliário.

# Capítulo IV

## Usinagem e Projeto de Design

### Considerações Iniciais

Este capítulo aborda a experimentação e testes relacionados à placa do ecomcompósito no processo de usinagem tradicional, assim como sugestões para aplicações em projetos de design.

## Capítulo IV

### 4.1 Usinagem

O termo usinagem descreve um grupo de processos que consistem na remoção do material e modificação das superfícies de uma peça, com o intuito de dar formas finais às peças para a produção de um produto. A classificação deste processo se dá por meio do torneamento, fresamento e furação (processos de corte), a retificação (processos abrasivos) e os processos não tradicionais, como os elétricos, ópticos e químicos (KALPAKJIAN e SCHIMID, 2009, pp. 555-719).

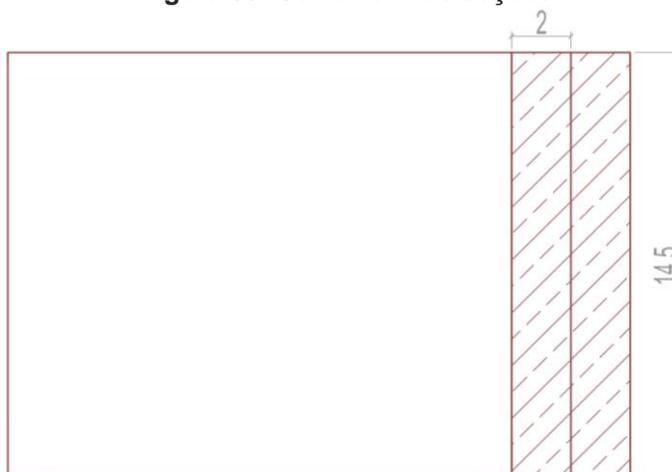
#### 4.1.1 Testes de usinagem com o ecocompósito

##### 4.1.1.1 Corte na serra circular esquadrejadeira

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

O primeiro passo consistiu em cortar a placa do ecocompósito em duas seções de 2 cm x 14,5 cm, sendo este o seu menor lado, como ilustra a Figura 65.

Figura 65: Corte de duas seções.

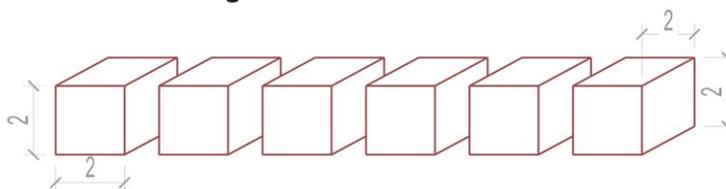


Fonte: Autor, 2020.

Posteriormente uma seção foi cortada em sete cubos de 2 cm<sup>2</sup>, sendo utilizados três para a realização dos testes de perfuração com prego e três para

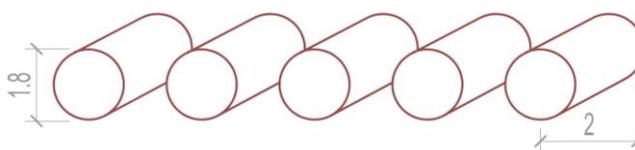
perfuração com parafuso (Figura 66). A outra seção foi torneada para em seguida ser dividida em seis cilindros com diâmetro de 1,8cm, para o teste de polimento/lixamento em marcenaria, ilustrado na Figura 67.

**Figura 66: Corte dos cubos.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 67: Corte dos cilindros após torneamento.**



Fonte: Autor, 2020.

A resposta ao corte da serra circular esquadrejadeira foi positiva, sendo este equipamento considerado ideal para o corte de MDF<sup>9</sup>, MDP<sup>10</sup>, madeiras, entre outros. A serra utilizada foi a da marca *Baldan SEC 3* (Figura 68) indicada para marcenaria, indústria de móveis e construção civil. Segundo dados do fabricante as suas dimensões são:

- Dimensões da mesa móvel – 1145 x 900 mm;
- Dimensões da mesa fixa – 900 x 700 mm;
- Comprimento máximo de corte sem riscador – 3050 mm;
- Comprimento máximo de corte com o riscador – 2900 mm;
- Distância de corte entre a serra e o guia da mesa fixa – 950 mm;

<sup>9</sup> O **MDF** é um painel de madeira reconstituída, é a sigla para Medium Density Fiberboard ou Painel de Fibras de Média Densidade. As fibras de madeira são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética, por meio da ação conjunta de pressão e calor em prensa contínua de última geração. **Fonte: Indústria Brasileira de Árvores** (c 2017).

<sup>10</sup> O **MDP** é um painel de madeira reconstituída, é a sigla para Medium Density Particleboard ou Painel de Partículas de Média Densidade. As partículas são posicionadas de forma diferenciada, com as maiores dispostas ao centro e as mais finas nas superfícies externas, formando três camadas. São aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética por meio da ação conjunta de pressão e calor em prensa contínua de última geração. **Fonte: Indústria Brasileira de Árvores** (c 2017).

- Altura máxima de corte – 120 mm;
- Diâmetro da serra – 350 mm e;
- Rotação do eixo da serra – 3200 RPM.

**Figura 68: Serra esquadrejadeira circular**



Fonte: Baldan, 2020

O disco usado para corte foi o da marca *Freud*, possuindo 80 dentes em seu corpo e espessura de corte corresponde a 2,5mm (Figura 69), proporcionando assim um corte preciso, sem falhas e deformações no material.

**Figura 69: Disco Freud.**



Fonte: Autor, 2020.

Foi observado no momento em que a placa de compósito estava sendo cortada (Figura 70), que a mesma não soltava pó ou resíduo visível. Diferente do MDF, que quando é cortado elimina grande quantidade de resíduos, podendo gerar assim impacto ambiental caso não tenha uma destinação correta do pó acumulado.

A Figura 71 ilustra em detalhe o corte do material, onde é percebido que não houve perda e nenhum dano a sua estrutura. O ecocompósito foi cortado sem a

necessidade de força física, bastou-se o apoio das mãos para que a serra cortasse rapidamente às duas sessões.

**Figura 70: Processo de corte do material compósito.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 71: Detalhe do corte.**



Fonte: Autor, 2020.

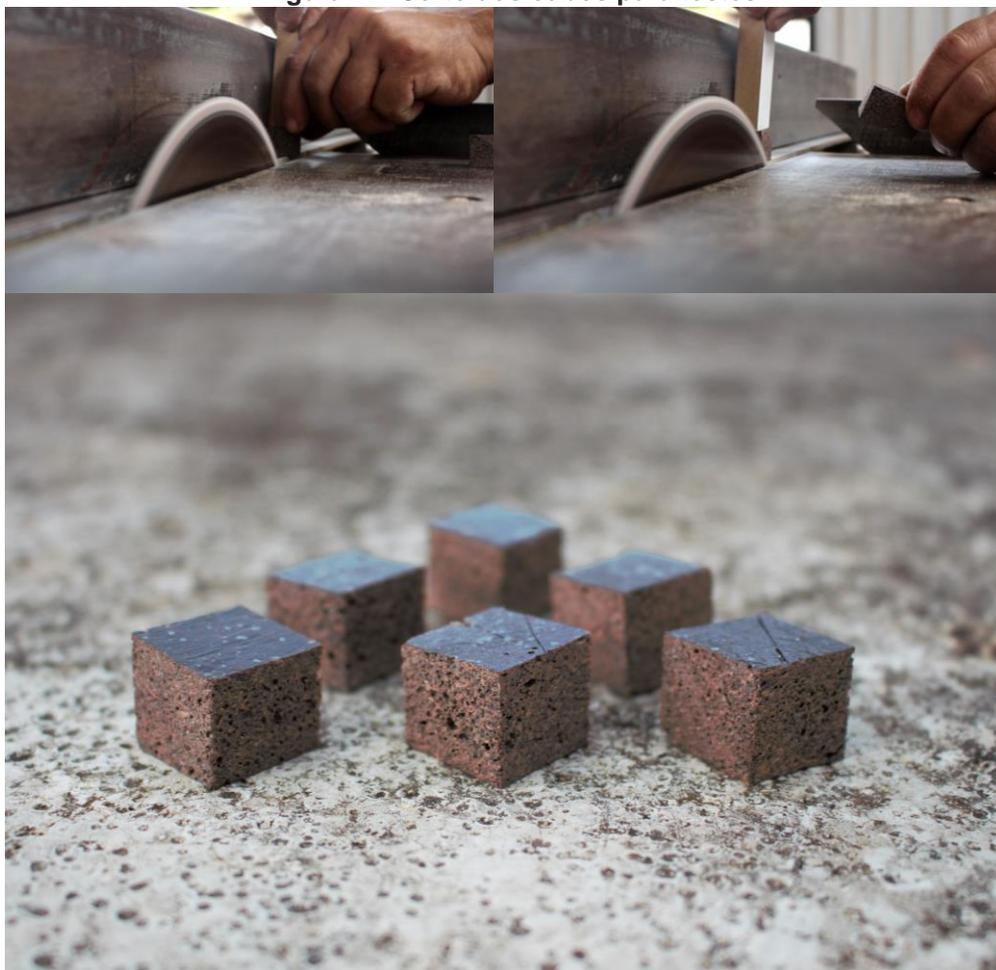
É possível observar na Figura 71 que não houve fissuras na superfície do material ao se realizar o corte com a serra circular, evidenciado a possível eficiência

da combinação entre a fibra de piaçava moída e a resina de mamona, materiais base do ecocompósito.

#### 4.1.1.2 Perfuração com prego e parafuso

Com os cubos de 2 cm<sup>2</sup> cortados na serra circular esquadrejadeira *Baldan SEC 3* (Figura 72), foram realizados os testes de perfuração com prego de 13 mm x 18 mm e parafuso rosca soberba Philips de cabeça chata com 3,5 mm x 40 mm. O teste de perfuração ocorreu na marcenaria *Irmãos Bento*, já citada anteriormente.

Figura 72: Corte dos cubos para testes.



Fonte: Autor, 2020.

O procedimento para a perfuração com prego ocorreu em três cubos, totalizando três repetições sobre uma bancada de madeira. Após processo de furação, as amostras se mostraram eficientes ao impulso de arranque gerado. Notou-se que nos três cubos testados não houve trincas ao redor dos furos e os

pregos ofereceram resistência ao serem fixados, conforme ilustra a Figura 73. Este fato surpreendeu o marceneiro, pois o processo não causou rachaduras ou deformações no material. Para os profissionais da marcenaria visitada, o material além de ser inusitado gerou boas surpresas em sua utilização, devido ao seu aspecto e possibilidades de manuseio.

**Figura 73: Perfuração com o prego (A) e detalhe da saída do prego (B).**



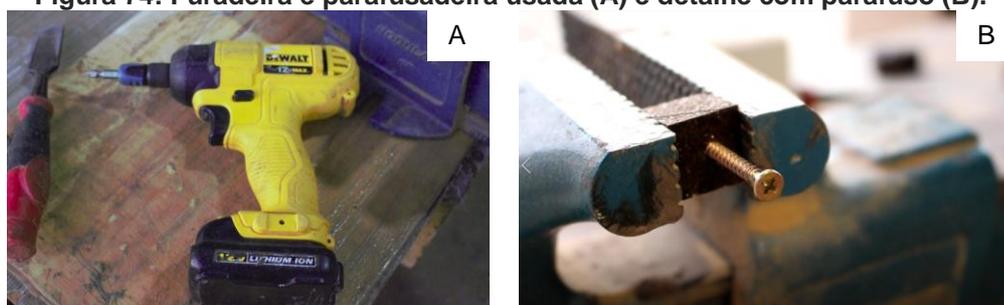
Fonte: Autor, 2020

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

Sem demonstrar um comportamento diferente do teste citado acima, a perfuração com o parafuso, deu continuidade às boas expectativas e demonstrou mais uma vez a resistência ao ser perfurado.

Foram realizadas três repetições e para este teste foi utilizada uma furadeira e parafusadeira de impacto da marca *DeWalt*, indicada para uso em alvenaria, metal, madeira e tijolo, com uma broca de 3 mm de ponteira comum Philips (Figura 74). O material demonstrou solidez e firmeza ao impacto gerado pela ferramenta, sua estrutura se manteve sem alteração.

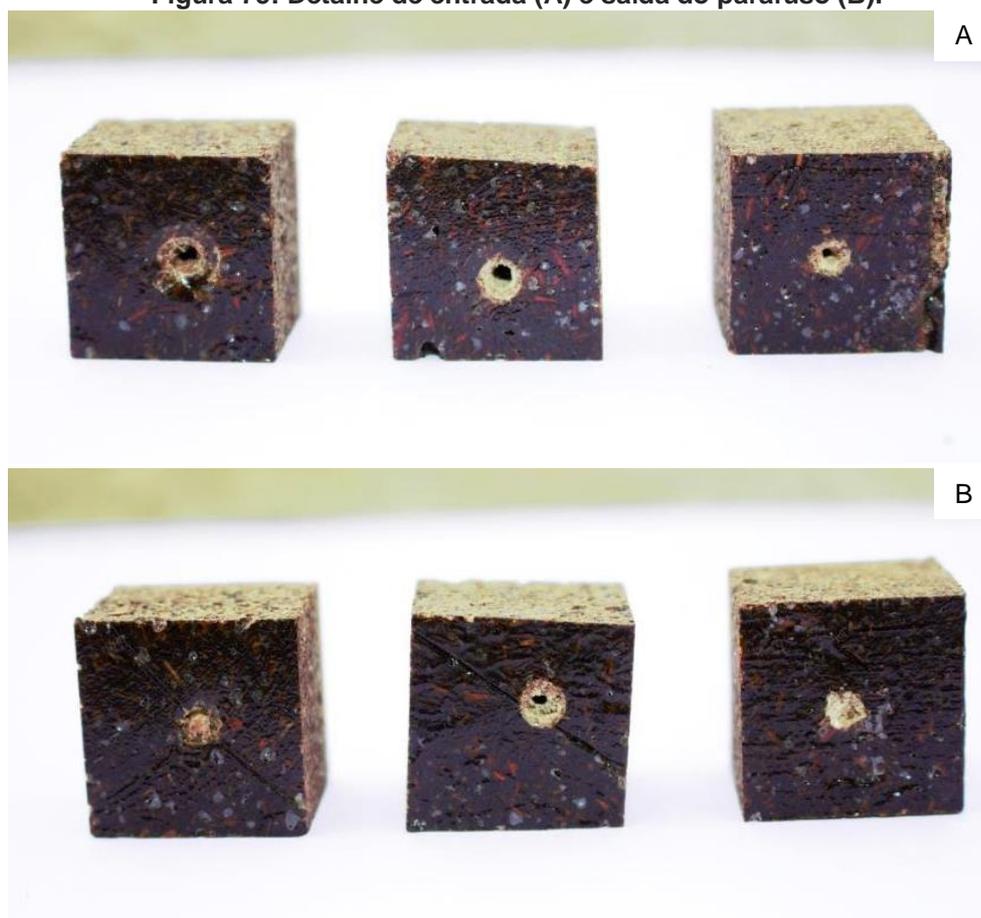
Figura 74: Furadeira e parafusadeira usada (A) e detalhe com parafuso (B).



Fonte: Autor, 2020.

Após os corpos de prova serem perfurados com parafusos, os mesmos foram retirados de modo a verificar o seu comportamento e mudança em sua estrutura. Feito isto, a Figura 75 ilustra os três cubos sem os parafusos, evidenciando os furos de entrada e os de saída sem trincas ao seu redor e com a estrutura externa intacta.

Figura 75: Detalhe de entrada (A) e saída do parafuso (B).



Fonte: Autor, 2020.

#### 4.1.1.3 Torneamento

Em um segundo momento, no dia 24 de junho de 2020, a seção de 2 cm x 14,5 cm foi torneada na empresa *Tornearia Canemar*, localizada na Rua Paulino Fernandes Silva, nº 313 –Sapucaia – RJ.

Para uma maior precisão no torneamento da peça, foi utilizado o torno mecânico da marca *Romi* e modelo *NTS – 410*, como ilustra a Figura 76.

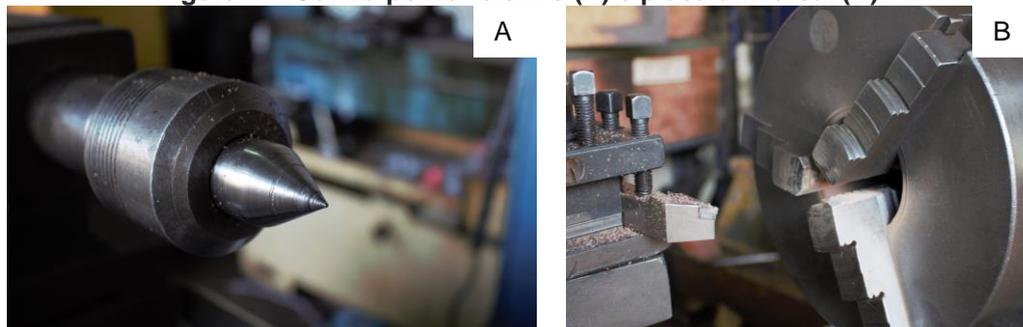
**Figura 76: Torno mecânico Romi NTS – 410.**



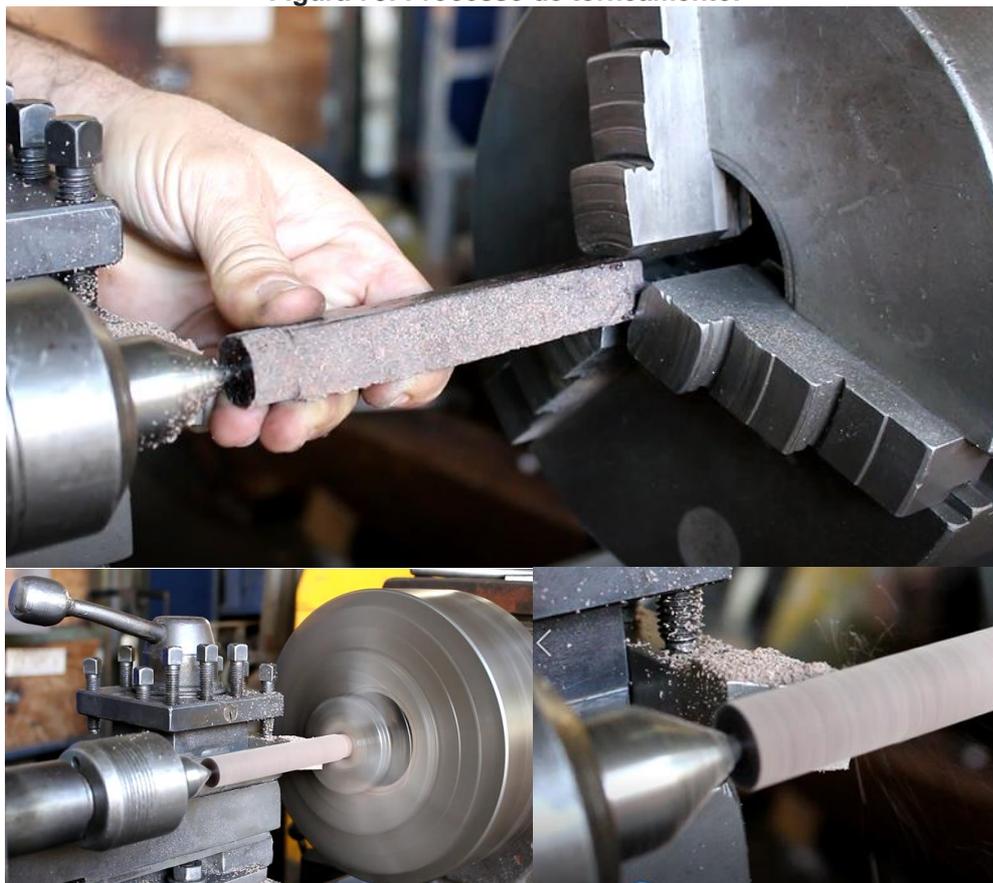
Fonte: Autor, 2020.

Para iniciar o torneamento, a seção do material compósito foi acoplada em duas extremidades, a primeira chamada de contra ponto rotativo e a segunda de placa universal (Figura 77). Após este encaixe, a peça foi torneada em 1000 RPM por meio do corte de vídia, que é utilizado para material macio, até atingir forma cilíndrica (Figura 78). O corte foi a seco sem necessidade de aditivo para facilitar o torneamento.

**Figura 77: Contra ponto rotativo (A) e placa universal (B).**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 78: Processo de torneamento.**

Fonte: Autor, 2020.

Durante o processo de torneamento a mesma característica identificada no corte da serra circular se manteve presente. Enquanto o material estava sendo transformado em cilindro, o único resíduo gerado foi o necessário para tornar o material circular, porém não gerou pó no ambiente. O material impressionou o profissional torneiro, pelas características identificadas, como a leveza e resistência, e com uma observação importante: a maciez do material durante o processo de torneamento.

Com a precisão do equipamento, o resultado obtido foram seis cilindros de 2 cm de altura por 1,8 cm de diâmetro, cortados no próprio torno mecânico (Figura 79) e que posteriormente foram utilizados nos testes simples de polimento/lixamento em abrasiva tradicional de marcenaria.

**Figura 79: Corte dos cilindros.**

Fonte: Autor, 2020.

#### 4.1.1.4 Polimento/lixamento

No dia 26 de junho de 2020, ao retornar na marcenaria *Irmãos Bento*, realizou-se o teste de polimento/lixamento, na lixadeira de cinta. Este teste, em absoluto, tem a intenção de substituir o citado no capítulo Material e Métodos desta dissertação. A intenção é tão somente analisar o comportamento do material frente às tarefas de acabamento superficial e possíveis perdas de material no processo.

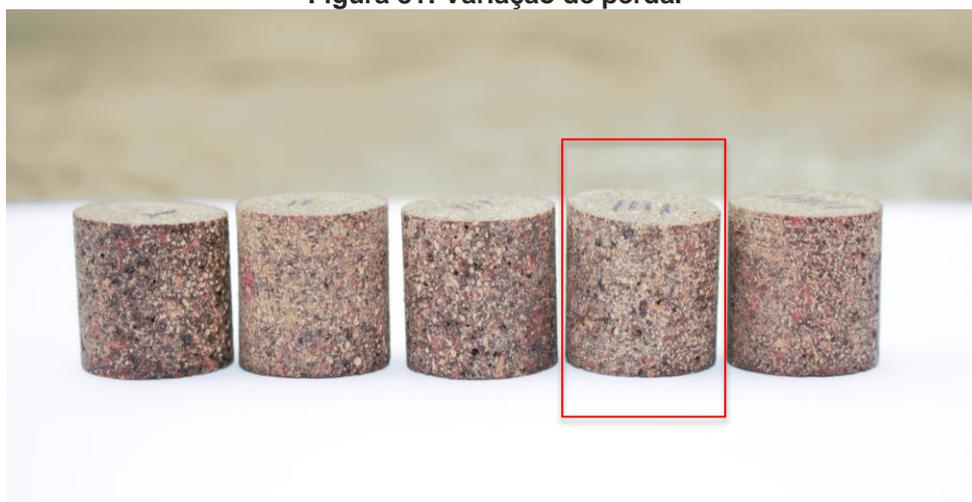
O procedimento se deu na lixadeira de marca *Ferrari* e lixa *Deerfos* com grão 50, no qual os corpos de prova foram presos a um MDF de modo a apresentar sustentação e segurança, permitindo o toque do ecomcompósito com a lixa. Para cada cilindro (cinco cilindros) foi repetido o processo por um tempo estipulado em 1 minuto cada, sendo cinco repetições realizados no meio da lixadeira, onde a área de contato é maior, mais firme e estável, como ilustra a Figura 80.

**Figura 80: Teste de polimento/lixamento.**

Fonte: Autor, 2020.

Observou-se que os corpos de prova com área mais porosa (com mais bolhas de ar) perdiam mais massa que os corpos de prova que apresentavam área mais compactada. Este fato deve-se, possivelmente, à prensagem da placa não ter sido uniforme. Devendo tal informação ser mais bem detalhada para comprovar tal hipótese. A Figura 81 ilustra o cubo em destaque com superfície mais irregular que as outras amostras. A área lixada apresentou superfície opaca.

**Figura 81: Variação de perda.**



Fonte: Autor, 2020.

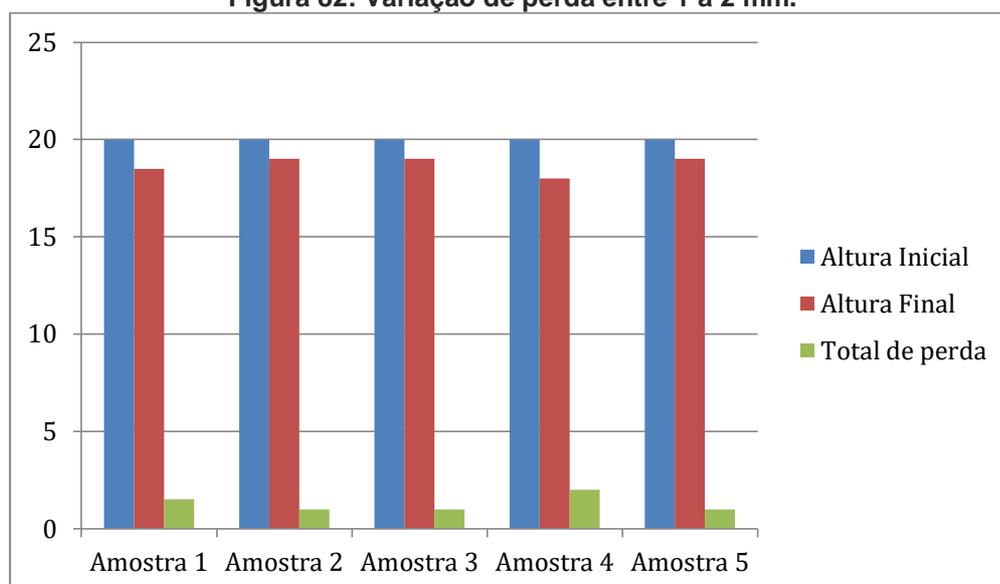
A variação de perda (em altura) foi de 1 a 2 mm entre às cinco peças testadas (medidas com paquímetro) e podem ser observadas na Tabela 3. Por ausência de balança científica – equipamento de laboratório – não foi possível realizar a pesagem dos corpos de prova antes e depois do processo de polimento/lixamento. Para melhor visualização da variação de peso após o processo de lixamento entre os corpos de prova, a Figura 82 ilustra o gráfico de colunas com as perdas.

**Tabela 3: Total de perda em mm após polimento/lixamento.**

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

Fonte: Autor, 2020.

**Figura 82: Variação de perda entre 1 a 2 mm.**



Fonte: Autor, 2020.

Diante dos resultados observados neste processo, pode-se sugerir que os desgastes apresentados nos cilindros foram razoavelmente baixos, porém se faz necessária a realização do teste de abrasão citado no capítulo anterior. O acabamento superficial notado é de aspecto fosco. Sugere-se o uso de lixas de granulações diferentes para avaliar os possíveis efeitos de superfície de acabamento.

Por fim, as tarefas de usinagem realizadas sugerem-se que o material desenvolvido apresenta potencial de utilização em produtos diversos, tais como pisos, revestimento e mobiliário. Sempre ressaltando que essas sugestões são baseadas em testes de usinagem em marcenaria tradicional e que para serem mais bem avaliadas, deverão ser acompanhadas dos ensaios físicos-mecânicos anteriormente propostos.

## 4.2 Projeto de Design

Baseado nos comportamentos e respostas obtidas nos testes de usinagem e nas observações sobre as características sensoriais/táteis do material desenvolvido foi possível propor aplicações práticas do mesmo em produtos.

Neste sentido, para um melhor aproveitamento do compósito desenvolvido em futuras aplicações de projetos que atendam a arquitetura, a engenharia e o design, é proposto a fabricação da placa do ecomcompósito por meio da moldagem por compressão, optando por dimensões próximas à chapa do MDF (com

dimensões de 1,85 × 2,5 m), sendo uma alternativa para diversas aplicações. Como aplicações, sugerem-se inicialmente projetos de: revestimento 3D para parede, piso tipo assoalho e banco longo. Sugerindo também um estudo futuro de aproveitamento do pó gerado no corte das placas.

#### 4.2.1 Revestimento 3D para parede

A *Promob Software Solutions* (2017), uma empresa de tecnologia especializada no desenvolvimento de soluções para a indústria moveleira, define os revestimentos 3D como peças que possuem saliências tridimensionais que se combinam para causar uma sensação de movimento. São encontrados em diversos formatos, cores e tamanhos, proporcionando mais dinâmica, movimento e volume no ambiente. Segundo a empresa, a instalação é simples, porém é necessário garantir que a superfície em que for aplicada seja plana e nivelada.

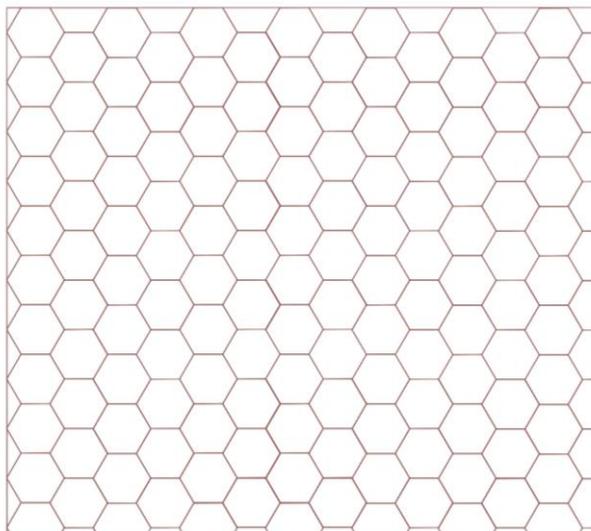
Segundo o portal *Archtrends Portobello* (2019), site dedicado a referências e tendências em arquitetura e design com foco em revestimentos, as peças 3D destacam o espaço não só pelos desenhos, mas também pelas variações nos efeitos de luz e sombra que eles produzem. Os mais vendidos são produzidos em gesso e porcelanato, sendo as opções mais encontradas no mercado.

Com as referências apresentadas, é visto que essas grandes empresas mencionam o revestimento 3D como uma alternativa de sofisticação e conforto, podendo ser aplicado em ambientes empresariais ou domiciliares. É importante ressaltar que geralmente, observa-se a sua aplicação com gesso cola ou argamassa, instaladas diretamente na superfície da parede.

No intuito de manter as suas principais características, esta pesquisa propõe a utilização da chapa do ecocompósito de piaçava como revestimento 3D em ambientes internos, optando por utilizar a argamassa em sua instalação. Para revestimentos externos seria necessária a realização de testes de resistência contra intempéries e absorção de água.

A Figura 83 ilustra o aproveitamento da placa do compósito para as peças sugeridas como revestimento 3D, na forma de hexágonos regulares com seus lados apresentando 100 mm, onde foi possível preencher 130 hexágonos completos, restando ainda os incompletos.

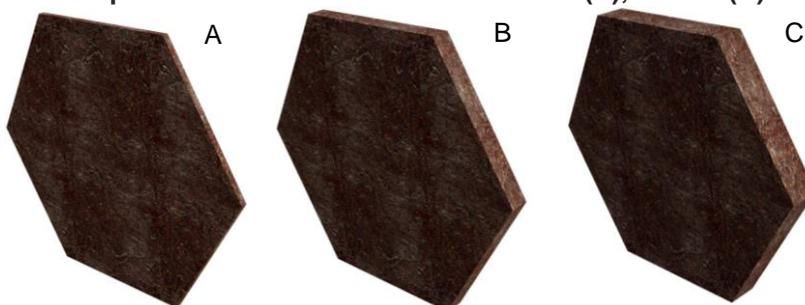
**Figura 83: Aproveitamento da chapa para o revestimento 3D.**



Fonte: Autor, 2020.

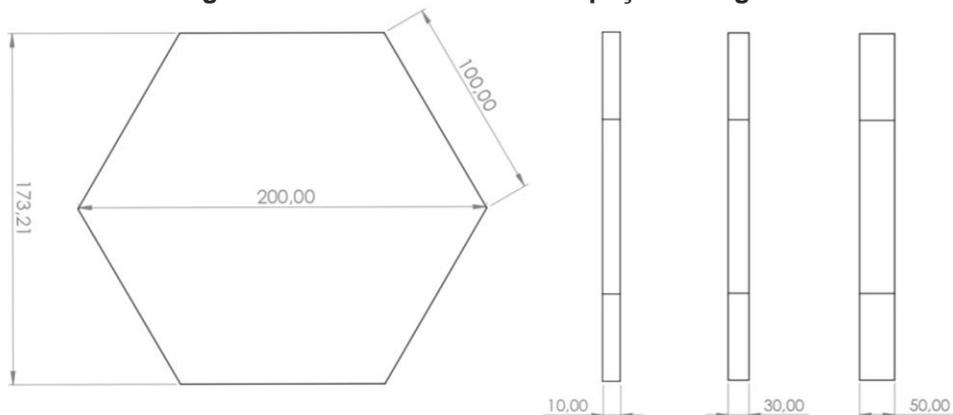
Para obter movimento e volume na composição do revestimento, optou-se pelo formato hexagonal com três espessuras opcionais, sendo elas em 10 mm, 30 mm e 50 mm ilustradas na Figura 84 e com seus respectivos desenhos técnicos na Figura 85.

**Figura 84: Espessuras do revestimento 3D: 10mm (A), 30 mm (B) e 50 mm (C).**



Fonte: Autor, 2020.

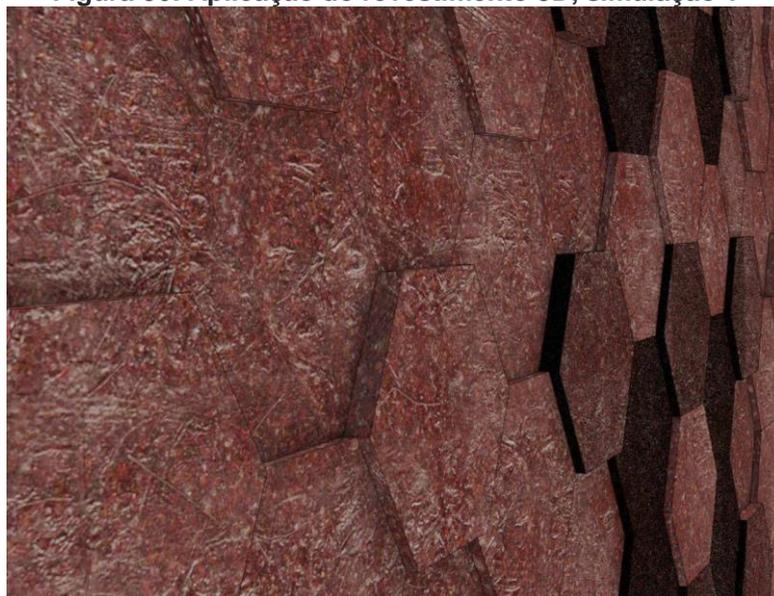
**Figura 85: Desenho técnico das peças hexagonais.**



Fonte: Autor, 2020.

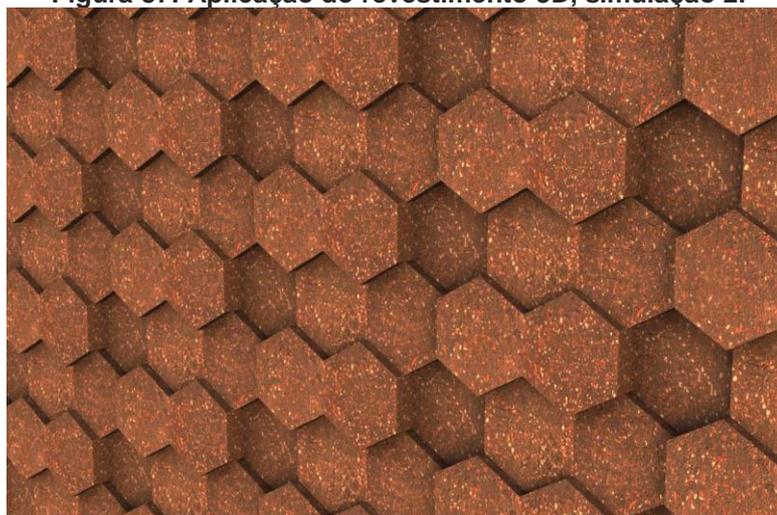
A aplicação deste revestimento possibilita dinamismo ao ambiente, aconchego e sofisticação com o movimento causado pelo volume e sombra de cada peça, como pode ser verificado nas simulações ilustradas nas Figuras 86 e 87. O desenho foi pensado de maneira a proporcionar um processo de corte e encaixes simples, facilitando sua produção e conseqüentemente a aplicação em paredes.

**Figura 86: Aplicação do revestimento 3D, simulação 1**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 87: Aplicação do revestimento 3D, simulação 2.**



Fonte: Autor, 2020.

#### 4.2.2 Piso tipo assoalho

Os pisos maciços do tipo assoalho, são peças que variam entre 8 e 22 mm de espessura, largura entre 57 e 210 mm e comprimentos de 280 e 6000 mm, com encaixes do tipo macho/fêmea em duas ou quatro laterais (ANDRADE, 2015, p. 34).

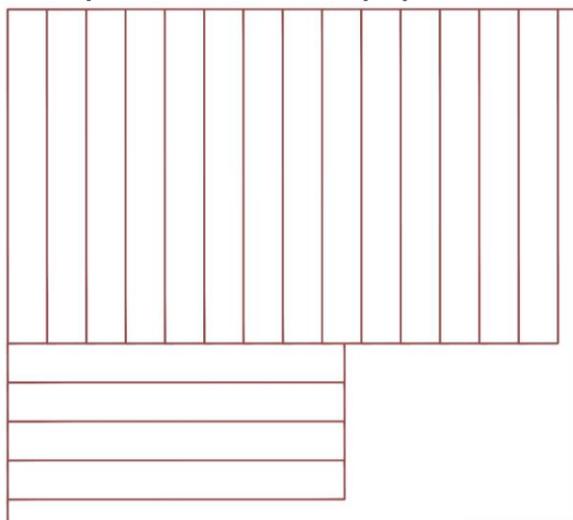
Já de acordo com a Empresa Madipê (2020), as medidas disponíveis para o assoalho TG4 (Figura 88 A) são: espessura de 1,8cm, larguras variando de 5 a 13 cm e comprimentos de 30 a 210 cm. Para o assoalho tradicional (Figura 88 B) as medidas são: espessura de 1,8 cm, larguras de 6,5 a 20 cm e comprimentos de 1,5 m a 5,50 m. Segundo a empresa fabricante de pisos de madeira, os assoalhos são duráveis, de fácil manutenção e não acumulam poeira, além de oferecerem alto conforto térmico.



Fonte: MADIPÊ, 2020.

Este piso de tábuas mais longas, chamados de assoalhos, tem a sua instalação comum a outros pisos, mas são necessários alguns cuidados que vão da limpeza do contra piso, a impermeabilização, em seguida passa pelas técnicas de instalação (colagem, adesivo, pregos ou parafusos) até a instalação do rodapé (ANPM, 2020).

Quanto às medidas das tábuas, é percebido que cada empresa trabalha com sugestões diferenciadas que formam uma série de opções para cada cliente. Neste sentido, a pesquisa sugere a chapa do ecocompósito, para fabricação dos pisos do tipo assoalho com as seguintes medidas: 1200 mm x 140 mm x 20 mm (Figura 89).

**Figura 89: Aproveitamento da chapa para o corte do piso**

Fonte: Autor, 2020.

A figura acima ilustra o melhor aproveitamento para o corte dos pisos, nesta disposição é possível cortar 18 peças em uma única chapa. Considerando a resistência e o teste de polimento/lixamento feito na lixa de cinta, as respostas demonstram pouca perda de massa e com isso se torna um material interessante a ser aplicado como revestimento horizontal, pois há pouco desgaste da peça. Porém, essa consideração é apresentada neste estudo como uma sugestão, algo que precisa ser comprovado com a realização dos ensaios mecânicos citados.

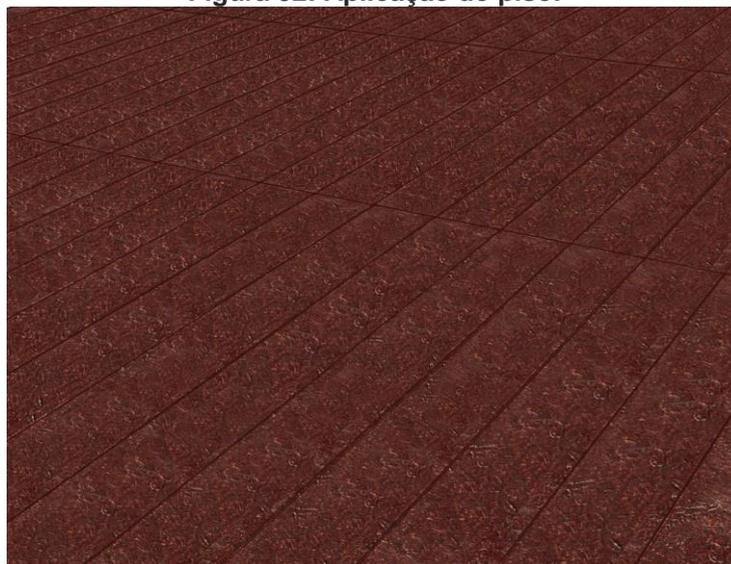
O desenho sugerido (Figura 90) possui encaixe macho-fêmea, que pode ser confeccionado de maneira simples por meio da serra de disco e seu desenho técnico (Figura 91) ilustra os detalhes da ripa. Já a Figura 92 ilustra uma simulação da sua aplicação.

**Figura 90: Piso do tipo assoalho**

Fonte: Autor, 2020

**Figura 91: Desenho técnico.**

Fonte: Autor, 2020.

**Figura 92: Aplicação do piso.**

Fonte: Autor, 2020.

### 4.2.3 Banco longo

Os bancos longos são fáceis de serem encontrados no mercado moveleiro, com variações em sua altura e design, são produtos que podem compor qualquer espaço ou cômodos de uma casa, ou empresa.

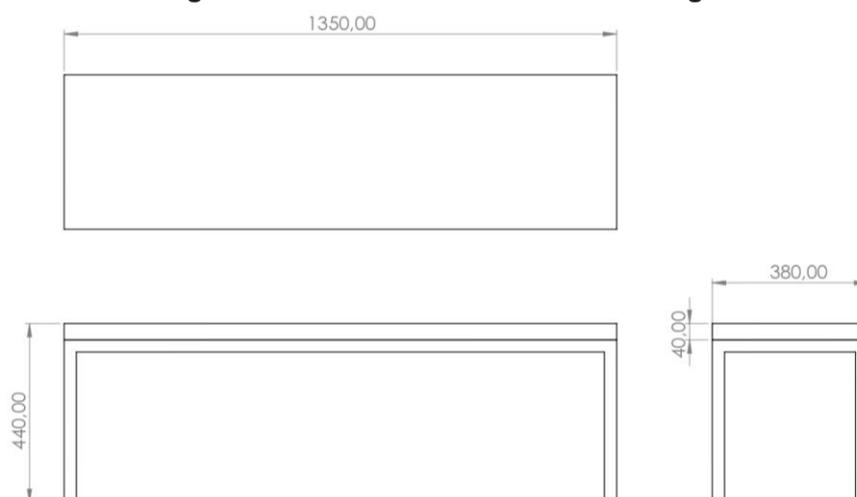
O banco aqui proposto, ilustrado na Figura 93 com seu respectivo desenho técnico na Figura 94, sugere sua fabricação a partir do ecocompósito produzido. A partir dos testes de usinagem realizados em marcenaria, o material revelou potencial para ser utilizado na tarefa de corte, perfuração com prego e parafuso, assim como o torneamento e lixamento, instrumentos e técnicas muito utilizados na produção de móveis.

**Figura 93: Banco longo.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 94: Desenho técnico do banco longo.**



Fonte: Autor, 2020.

Em primeiro momento o banco pode ser fabricado com a placa do ecomcompósito cru, isso quer dizer sem o uso de pigmentação, aplicação de fórmica ou pintura. Essas aplicações de acabamento e outras mais serão testadas no futuro. O banco possui o seu assento produzido com a chapa do ecomcompósito acrescido de parafusos à sua estrutura em metalon.

Algumas ações são necessárias ou comuns antes da fabricação final de um móvel, que é a preparação de um protótipo (Quadro 10). Segundo o dossiê técnico SBRT – SENAI RS (2007, pp.21-22) para que o produto atinja as suas expectativas funcionais e estéticas ao final, é importante se atentar ao planejamento das ações a seguir:

**Quadro 10:Preparação de um protótipo.**

1. Desenho técnico	5. Construir gabaritos	9. Montagem do móvel
2. Ajuste às normas	6. Pré-corte das peças	10. Aferição
3. Explanção do projeto	7. Usinagens e corte final	11. Confeção de desenhos técnicos, fichas e roteiros de fabricação
4. Relacionar peças e materiais	8. Furações	12. Pintura

Fonte: SBRT – SENAI RS, 2007.

Com esse planejamento, o projeto do móvel, que tem seu início no desenho até a sua fabricação e finalização do produto, apresenta potencial para ser um bom produto. A placa do ecocompósito tendo passado por testes de usinagem responde de forma positiva as expectativas, o resíduo de piaçava com resina de mamona poderá tornar-se alternativa material e recurso na produção moveleira.

### 4.3 Desenvolvimento de Identidade visual

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

**Logotipo** – *Piamam* foi o nome criado para o compósito desenvolvido na pesquisa e sua arte encontra-se ilustrada na Figura 95.

Localizado no centro do quadrado, o logotipo *piamam* representa as junções das palavras piaçava e mamona, materiais utilizados para a confecção do ecocompósito. Suas linhas tipográficas fazem alusão à flexibilidade e resistência da fibra de piaçava, enquanto os traços em amarelo destacam as palavras que são unidas. Suas cores representam à resina poliuretana a base do óleo da mamona. O quadrado sólido que envolve o *piamam*, de cor marrom, é atribuído à cor da piaçava e a placa resultante do compósito.

**Figura 95: Logotipo criado para o material compósito**



Fonte: Autor, 2020.

**Escala de cores** – As cores empregadas no logo *piamam* são (Figura 96): o marrom Pantone 161C e o amarelo Pantone 130 C. Caracterizando assim a escala de cores utilizadas em material impresso (CMYK) e digital (RGB).

**Figura 96: Cores em Pantone, CMYK e RGB.**



**marron**

Pantone  
161 C

CMYK  
41 69 89 46

RGB  
99 60 32

**amarelo**

Pantone  
130 C

CMYK  
0 39 100 0

RGB  
250 168 25

Fonte: Autor, 2020.

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

Gabriola - Regular

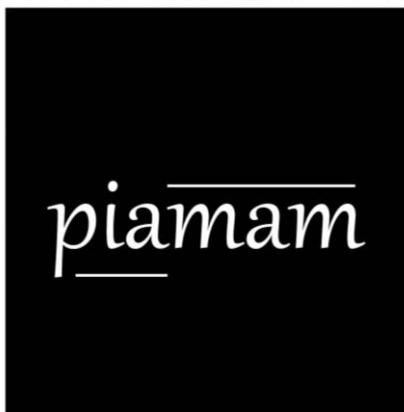
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

123456789

**Versão Preto / Branco e Tons de Cinza** – Em caso de limitações quanto ao número de cores disponíveis em um processo de impressão, podem ser utilizadas as versões em preto e branco e tons de cinza (80% e 35%), ilustrado nas Figuras 97 e 98.

**Figura 97: Versão Preto / Branco do logotipo.**



Fonte: Autor, 2020.

**Figura 98: Versão Tons de Cinza do logotipo.**



Fonte: Autor, 2020.

### 4.3.1 Apresentação final

A Figura 99 ilustra a placa do compósito *piamam* com o logotipo.

Figura 99: Apresentação final.



Fonte: Autor, 2020.

## Conclusão

O objetivo deste trabalho foi apresentar novas possibilidades com os resíduos agroindustriais, oriundos do processo de fabricação de vassouras de piaçava e o seu reaproveitamento, atentando as questões da sustentabilidade no design, tais como: relação Design & Materiais, Economia Circular e Ecodesign, promovendo um maior entendimento teórico e prático a partir das fibras sem utilização por parte dessas fábricas e descartadas como lixo sem potencial, o que nesta pesquisa se transforma em matéria-prima para fabricação de projetos de design industrial com menor impacto ambiental.

Os resíduos de fibra de piaçava são materiais alternativos, de origem natural que quando aliado à resina poliuretana a base do óleo da mamona, de origem renovável, poderá contribuir para a diminuição do impacto ambiental na produção de novos produtos de design, arquitetura e engenharia, seja com as fábricas de vassouras que deixariam de acumular resíduos para o descarte em aterros sanitários ou mesmo a redução do desmatamento para fins mobiliários e utilização de cursos não renováveis.

Neste sentido foi realizada uma pesquisa exploratória dos materiais ecocompósitos que resultou em uma experiência única com a confecção de um novo material, realizado no Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – IMA/UFRJ, que após a fabricação do ecocompósito e a realização dos corpos de prova, foi possível estudos e testes de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design. O material de coloração amadeirada, leve e robusto (podendo ser de menor espessura e mais delicado) despertou curiosidade e admiração aos profissionais de marcenaria e de tornearia, por todo o aspecto e comportamento do ecocompósito testado.

O processo de usinagem se deu por marcenaria tradicional, onde foram aplicados teste de perfuração com pregos e parafusos, corte com a serra circular e desgaste da peça na lixadeira. Em outra etapa do processo, partes dos corpos de prova foram torneados em tornearia mecânica. Em ambos os processos foram notados bons desempenhos do material, sem que tivesse ocorrido rompimento ou fissuras dos mesmos.

As características sensoriais e táteis do ecocompósito, como sua textura lisa, rígida, leve, resistente ao risco, de aspecto amadeirado dão identidade ao material

que visa possibilidades reais de aplicações em projetos de design, seja por meio de um revestimento ou na fabricação de outro produto.

O resultado deste desenvolvimento, em sua perspectiva sustentável, cria várias possibilidades de projetos de design sustentável, do revestimento ao mobiliário. Deixando assim, bem clara, a importância do design na relação com os materiais e seu uso.

### **Sugestões para trabalhos futuros**

Para trabalhos futuros, é importante destacar as análises, ensaios e testes pendentes e que não foram possíveis realizar, devido à pandemia do COVID 19.

É interessante expandir a pesquisa, com o objetivo de testar novas possibilidades de aplicações, visto o comportamento do material durante e após a usinagem. Sugere-se também concretizar os ensaios respectivos às normas adotadas para tração, compressão, flexão e abrasão. Com tais resultados, designers e empresas interessadas poderão utilizar o material de forma mais efetiva na fabricação de itens diversos.

Embora alguns pontos, precisem de aprofundamento, como as características tangíveis e intangíveis ou mesmo o processo de fabricação do material em outras proporções de piaçava e resina, espera-se que tudo o que foi abordado até aqui contribua e seja base para novas pesquisas e evolução do material pesquisado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINANTE, S. R.; PACHECO, É. B. A. V.; VISCONTE, L. L. Y. **Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas**, vol.36, n.1, pp.114-122, 2013. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422013000100021&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422013000100021&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 17 de Ago. 2019.

ALMEIDA JUNIOR, G. **Avaliação dos aspectos subjetivos relacionados aos materiais: proposição de método e escalas de mensuração aplicadas ao setor moveleiro**. 2013. 176f. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

ANDRADE, A. **Guia básico para instalação de pisos de madeira**. 2d. – Piracicaba: ANPM, 2015. Disponível em: <<https://www.anpm.org.br/publicacoes/guia-basico-para-instalacao-de-pisos-de-madeira/>>. Acesso em: 13 Jun. 2020.

ARCHTRENDS. **Revestimento 3D – Como usá-lo na decoração**. 2019.. Disponível em: <<https://archtrends.com/blog/revestimento-3d-como-usa-lo-na-decoracao/>>. Acesso em 23 Jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

ASTM D638 – 14: **Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics**. 2014.

ASTM D790 – 03: **Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials**. 2003.

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

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

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

BALDAN. **Serra esquadrejadeira circular**. Disponível em: <<https://www.baldan.ind.br/conteudos/serras-circulares-esquadrejadeiras.html>>. Acesso em 16 Jun. 2020.

BIODIESELBR. **Óleo de Manona**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/co-produto-oleo-de-mamona>> Acesso em: 01 Set . 2019.

BOMFIM, G. A. **Morfologia dos objetos de uso: Uma contribuição para o Desenvolvimento de uma Teoria do Design**. In: COUTO, R. M. de S., FABIARZ, J. L., NOVAES, L. Gustavo Amarante Bomfim: uma coletânea. Rio de Janeiro: Rio Books. 1994.

BRITO, G. F. *et al.* Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. Departamento de Engenharia de Materiais. **Revista Eletrônica de materiais e Processos**, Campina Grande – PB, v.6, n.2, p.127- 139. 2011.

CALEGARI, E. P. **Estudo da aplicação de compósitos biodegradáveis à base de biopolímeros e fibras de curauá no design de produto**. 2013. 221 f. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F.; LENZ, D. M. **O desenvolvimento de produtos a partir de novos materiais: aplicação de biocompósitos no design de produtos**, v.5 n.2, 2014. Dez. 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/20016>>. Acesso em: 2 Fev. 2019.

CALEGARI, E.P.; ANGRIZANI, C.C.; PORTO, J.S.; ZANELLA, B.; AMICO, S.C.; DUARTE, L.C.; OLIVEIRA, B.F. Design e materiais: desenvolvimento de biocompósitos a partir da casca de arroz e do resíduo de papel em matriz poliuretana vegetal à base de mamona. In: **5º SIMPÓSIO DE DESIGN SUSTENTÁVEL**. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sbds15/4st701b.pdf>>. Acesso em: 10 Set. 2019

CALEGARI, E.P.; OLIVEIRA, B. F de. Um estudo focado na relação entre design e materiais. **Projética**, v.4, n.1, Jan./Jun. 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/14348>>. Acesso em: 10 Nov. 2018.

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

CAMPOS, E.S.C.; SANTOS, V.M.L. Estudo do processo de extração do óleo de mamona em cooperativas do polo São Francisco. **Engevista**, v.17, n.4, p. 477- 490, Dez. 2015. 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/326798763\\_estudo\\_do\\_processo\\_de\\_extracao\\_de\\_oleo\\_de\\_mamona\\_em\\_cooperativas\\_do\\_polo\\_sao\\_francisco\\_study\\_of\\_the\\_extraction\\_process\\_of\\_castor\\_bean\\_oil\\_in\\_the\\_cooperatives\\_of\\_pole\\_san\\_francisco](https://www.researchgate.net/publication/326798763_estudo_do_processo_de_extracao_de_oleo_de_mamona_em_cooperativas_do_polo_sao_francisco_study_of_the_extraction_process_of_castor_bean_oil_in_the_cooperatives_of_pole_san_francisco)>. Acesso em: 5 Set. 2019.

CANGEMI, J.M., SANTOS, A.M.; SALVADOR, C. N. Poliuretano: de travesseiros a preservativos, um polímero versátil. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 159–164, Ago. 2009. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/quimica/poliuretano\\_polimero\\_versatil.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/quimica/poliuretano_polimero_versatil.pdf)>. Acesso em: 1 Set. 2019.

CARVALHO, F. R. **Compósitos de fibras de sisal para uso em reforço de estruturas de madeira**. 2005. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

CASTRO, A. M. G. de, LIMA, S. M. V., KOURI, J., SILVA, M. de F. M. M. da & CARTAXO, W. V. Viabilidade, competitividade e sustentabilidade da cadeia produtiva de mamona. *In*: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA**. 2008. Bahia. Salvador, 2008. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/277133/viabilidade-competitividade-e-sustentabilidade-da-cadeia-produtiva-de-mamona-na-obtencao-de-biocombustiveis>>. Acesso em: 6 Jan. 2019.

CORRÊA, H.; XAVIER, L. Concepts, design and implementation of Reverse Logistics Systems for Sustainable Supply Chains in Brazil. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v6, n.1, p.1-25, Jan/Jun 2013. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.902.6379&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15 Jul. 2019.

DICTIONARY CAMBRIGIDE. **Brand / Owbers**. c2020. Disponível em: <[dictionary.cambridge.org](http://dictionary.cambridge.org)>. Acesso em: 20 SET 2019

DICIONÁRIO PRIBERAM. **Piaçaveiro**. c2020. Disponível em: <<https://dicionario.priberam.org/pia%C3%A7aveiro>>. Acesso em: 25 SET 2019.

DICIONÁRIO MICHAELIS. **Isocianato**. c2020. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/Isocianato/>>. Acesso em: 12 JUL 2020.

DICIONÁRIO MICHAELIS. **Hidroxila**. C2020. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/hidroxila>> Acesso em: 12 JUL 2020.

DIAS, F.M. **Aplicação de resina poliuretana a base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada**. 2005. 116 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

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

DIVINO PIAÇAVA. **Portfólio de aplicações**. Disponível em: <<https://piacava.com.br/>>. Acesso em: 10 de Abr. 2019.

EVBUOMWAN, N. F. O.; SIVALOGANATHAN, S.; JEBB, A. Concurrent Materials and Manufacturing Process Selection in Design Function Deployment. **Concurrent Engineering: Research And Application**. V3, n.2. p.135-144. Jun, 1995. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1063293X9500300208>>. Acesso em 25 Out. 2020.

ECODEBATE. **Reciclagem de baixo custo**. Disponível em:<<https://www.ecodebate.com.br/2014/12/15/reciclavel-e-de-baixo-custo-bagaco-de-cana-de-acucar-pode-ser-materia-prima-para-fabricar-embalagens/>> Acesso em: 11 Jul. 2019.

ECO FOLHAS. **Laminas naturais nacionais**. Disponível em <<http://ecofolhas.com.br/laminas-naturais-nacionais>> Acesso em: 13 Mai. 2020.

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

EMBRAPA. **Óleo de mamona**. Disponível em:<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckhw7kz02wx5eo0a2ndxymoanjml.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw7kz02wx5eo0a2ndxymoanjml.html)>. Acesso em: 13 Ago. 2019.

ESQUENAZI, S. M.; **Potencial de uso da fibra da piaçava**. Disponível em: <[http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio\\_resumo2015/resumos\\_pdf/ctch/ARQ/Sofia%20Moreira%20Esquenazi.pdf](http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2015/resumos_pdf/ctch/ARQ/Sofia%20Moreira%20Esquenazi.pdf)> Acesso em: 25 Nov. 2018.

FALLER, R. R. **Engenharia e design: contribuição ao estudo da seleção de materiais no projeto de produto com foco nas características intangíveis**, 2009. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

FERREIRA, M. M. E. F. D. Gestão do design e sustentabilidade. **Gestão do Design e sua adequação a um novo paradigma regido pela Sustentabilidade**. 2010. Dissertação (Mestrado em Design de Produto). Universidade de Lisboa. Portugal. Lisboa, 2010.

FIBRA DESIGN. **Bananaplac**. 2005. Disponível em < <https://www.flickr.com/photos/fibradesign/>> Acesso em: 9 Mar. 2020.

GIACOMINI, N. P. **Compósitos reforçados com fibras naturais pra a indústria automobilística**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo. São Carlos. 2003.

GLOBO RURAL. **Piaçava vira lavoura comercial no Sul da Bahia**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globorural/noticia/2018/11/25/piacava-vira-lavoura-comercial-no-sul-da-bahia.ghtml>>. Acesso em: 26 Nov. 2018.

GONÇALVES, F. A. C. AMARAL, E.L.S; LOPES JUNIOR, J.L; LOPES, B.L.S.; RIBEIRO JUNIOR, L.S.; BRABO, D.R.; AMARANTE, C.B. Fibras vegetais: aspectos gerais, aproveitamento, inovação tecnológica e uso em compósitos. *In: Espacios*. v.39, n.6, Out. 2018. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p12.pdf>>. Acesso em: 15 Mar. 2019.

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

IMPERVEG. **Ficha Técnica AGT 1315**. 2020. Disponível em: <<http://imperveg.com.br/familia-de-resinas/>>. Acesso em: 6 MAR 2020

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁVORES. **MDF – Medium Desnsity Fiberboard – Painés de Fibra de Média Densidade**. c2017. Disponível em:< <https://iba.org/mdf-medium-density-fiberboard-paineis-de-fibra-de-media-densidade>>. Acesso em: 14 AGO 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁVORES. **MDP – Medium Desnsity particleboard – Painés de Partículas de Média Densidade**. c2017. Disponível em:< <https://iba.org/mdp-medium-density-particleboard-paineis-de-particulas-de-media-densidade>>. Acesso em: 14 AGO 2020.

ISO 4.649 – 2017 – **Ruber, vulcanized or thermoplastic – Determination of abrasion resistance using a rotating cylindrical drum device**. 2017.

JOSA, I. O. **Piaçabeiros e piaçaba no médio rio negro (Amazonas – Brasil), sócio economia da atividade extrativista e ecologia da leopoldinia piassaba wallace**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2008.

KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. **Manufacturing Engineering and Technology**. 6ª ed. Ed.: Pearson – Pretince Hall. 2009.

LEÃO, M.A. **Fibras de licuri: um reforço vegetal alternativo de compósito polimérico**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

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

LION FILHO, C. A. P. Q. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos a partir da borra da piaçava para construção da parábola de um fogão solar a concentração**. 2013. 197 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

LÖBACH, B. **Design industrial. Bases para a configuração dos produtos industriais**. Editora Edgard Blücher 2001.

LUZ, B.; CESAR, K.; BAUTISTA, R. **Manifesto do Design na Economia Circular**. 2016. Disponível em: < [http://e4cb.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Manifesto-de-Design\\_RESUMO\\_4-Set-2016.pdf](http://e4cb.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Manifesto-de-Design_RESUMO_4-Set-2016.pdf) >. Acesso em: 1 Set. 2019.

MADIPÊ. **Tipos de pisos de madeira**. Disponível em <<https://www.madipe.com.br/tipos-de-pisos-de-madeira>>. Acesso em: 01 Jun. 2020.

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

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

MARQUES, B. R.; MARTINS, L.J.R. Poliuretano derivado de óleo de mamona: De meio ambiente a Biocompatibilidade. *In: II ENCONTRO CIENTÍFICO – II SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO UNISALESIANO*. LINS-SP. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2009/trabalho/aceitos/CC36939464859.pdf>>. Acesso em: 30 Jun. 2019.

MEDINA, H., V., **A análise de ciclo de vida aplicada a pesquisa e Desenvolvimento de ecomateriais no Brasil**. Disponível em: <<http://web-resol.org/textos/ct2006-006-00.pdf>>. Acesso em: 21 Ago. 2019.

MELLO, A. K. S. **Design de tecnologia social: Reaproveitamento do ouriço da castanha do Brasil no desenvolvimento de novos materiais**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design. Rio de Janeiro, 2013.

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

National Research Council. 1974. **Materials and Man's Needs: Materials Science and Engineering**. Washington, DC: The National Academies Press. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/10435/materials-and-mans-needs-materials-science-and-engineering>>. Acesso em: 09 Ago. 2019.

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

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

ORNAGHI, F. G. **Nanocompósitos TPU/OMMT: Processamento reativo e caracterização**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

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

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

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

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

PROMOB. **Revestimentos em 3D: Como e quando usar em projetos de interiores**. Disponível em: <<https://blog.promob.com/revestimento-em-3d/>>. Acesso em: 24 Jun. 2020.

REVISTA PESQUISA FAPESP. 2016. **Malte da cerveja vira guitarra**. Disponível em < <https://revistapesquisa.fapesp.br/2016/12/16/malte-da-cerveja-vira-guitarra/>> Acesso em: 15 Abr. 2020.

SANTOS, A. M. **Estudo de compósitos híbridos polipropileno / fibras de vidro e coco para aplicações em engenharia**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Paraná. Programa. Curitiba, 2006

SAVASTANO JUNIOR, H; PIMENTEL, L.L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.103-110, Jan./Abr. 2000. Disponível em: <[www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-4366200000100019&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-4366200000100019&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 19 Jul. 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS; SENAI RS. **Processos de fabricação de protótipos de móveis**. 2007. Disponível em: <<https://www.senairs.org.br/documentos/processos-de-fabricacao-de-prototipos-de-moveis>>. Acesso em: 10 Jul. 2020.

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

SILVA, F. C. **Desenvolvimento e caracterização de um ecocompósito de poliuretano de mamona e fibra de lã canina**. 2015. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

SILVA, R. V. **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2003.

SILVESTRE FILHO, G. D. **Comportamento mecânico do poliuretano derivado de óleo de mamona reforçado por fibra de carbono: contribuição para o projeto de haste de implante de quadril**. – São Paulo, 2001. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2001.

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

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

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

TOMCZAK, F. **Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e curauá do Brasil**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010 .

UOL. **Dia do consumo consciente tem como ser sustentável sem deixar de comprar**, 2011. Disponível em <<https://economia.uol.com.br/ultimasnoticias/infomoney/2011/10/14/dia-do-consumo-consciente-tem-como-ser-sustentavel-sem-deixar-de-comprar.htm>> Acesso em: 02 de Mai. 2020

WORLD DESIGN ORGANIZATION.WDO. **Definition of design industrial**. 2015. Disponível em: <<https://wdo.org/about/definition/>> Acesso em: 21 Jun. 2019.

# Anexos

## **Descrição das normas adotadas para cada ensaio**

Anexo A: O ensaio de tração

Anexo B: O ensaio de flexão

Anexo C: O ensaio de abrasão

Anexo D: O ensaio de compressão

## Descrição das normas adotadas para cada ensaio

### Anexo A: O ensaio de tração

A norma adotada para o ensaio de tração é a ASTM D638 -14 – STANDART TEST METHOD FOR TENSILE PROPERTIES OF PLASTIC (Método de teste padrão para determinação das propriedades de tração de plásticos) da ASTM – American Society For Test and Materials.

A norma especifica que a amostra do tipo IV é geralmente usada quando são necessárias comparações diretas entre materiais em diferentes casos de rigidez (isto é, não rígidos e semi rígidos). Deve ser utilizado para testar plásticos não rígidos com uma espessura de 4 mm ou inferior. De acordo com esses dados, os corpos de prova para o ensaio de tração apresenta as seguintes dimensões (Figura 1 e Quadro 1).

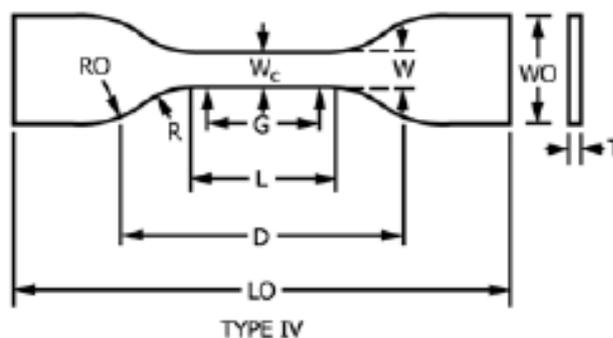


Figura 1: Dimensões do corpo de prova para o ensaio de tração.  
Fonte: ASTM D638 -14

Quadro 1: Dimensões do corpo de prova: legenda.

<b>W</b> (largura de seção estreita): 6 mm;	<b>G</b> (comprimento do medidor): 25 mm
<b>L</b> (comprimento de seção estreita): 33 mm	<b>D</b> (distancia entre as garras): 65 mm
<b>WO</b> (largura total): 19 mm	<b>R</b> (raio): 14 mm
<b>LO</b> (comprimento total): 115 mm	

Fonte: ASTM D638 -14

Quanto ao número de amostras à norma dita para testar pelo menos cinco corpos de prova para cada amostra de materiais isotrópicos. Se os materiais forem anisotrópicos é preciso testar cinco corpos de prova normais e cinco paralelas ao eixo principal de anisotropia. Indica ainda que os corpos de prova que quebrarem fora da seção de teste transversal estreita ou terem alguma falha, deve ser descartado e iniciar novos testes.

## Anexo B: O ensaio de flexão

A norma adotada para o ensaio de flexão é a ASTM D790 -03 – STANDART TEST METHODS FOR FLEXURAL PROPERTIES OF UNREINFORCED AND REINFORCED PLASTIC AND ELECTRICAL INSULATING MATERIALS (Método de teste padrão para propriedades de flexão de plásticos reforçados e não reforçados e materiais de isolamento elétrico).

A norma especifica que o teste abrange a determinação da flexão de plásticos reforçados e não reforçados, incluindo compósitos de alto módulo e materiais isolantes elétricos, sob a forma de barras retangulares moldadas diretamente ou cortadas em folhas, placas ou moldes. O teste utiliza um sistema de carregamento de três pontos, aplicando uma força ao centro, como ilustra a Figura 2.

Para o ensaio pode ser utilizados um dos dois procedimentos, o teste A é projetado principalmente para materiais que quebram em desvios relativamente pequenos, enquanto o procedimento B é para os materiais que sofrem grandes desvios durante o teste. O procedimento A deve ser utilizado para medição da pressão, o módulo de flexão, a menos que a especificação do material indique o contrário. O procedimento B pode ser usado para medição apenas da resistência à flexão.

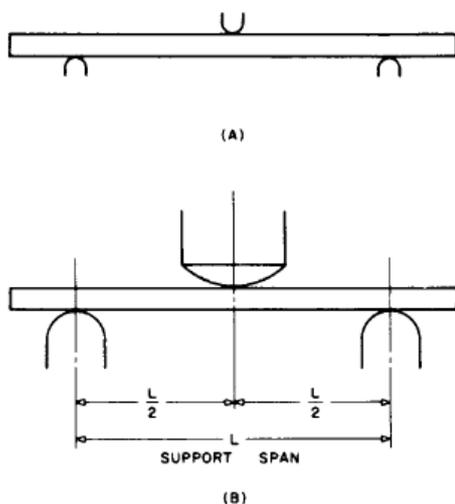


Figura 2: Ensaio de flexão em três pontos.

Fonte: ASTM D790 -03

Quanto ao teste do corpo de prova, o item 7.4 e 7.5 da página 3, recomenda:

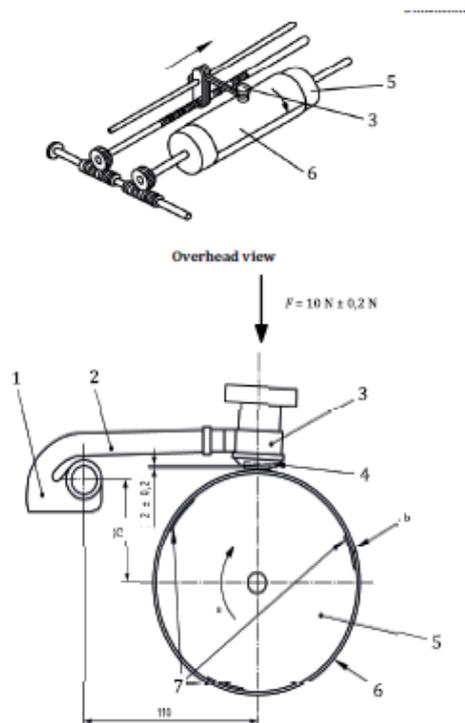
- Item 7.4 – *Materiais de moldagem (termoplástico e termofixo)* – A amostra recomendada é de 127 por 12,7 por 3,2 milímetros. O *Flatwise* testado e suporte *span*, resulta em uma proporção de profundidade de suporte de 16.
- Item 7.5 – *Compósitos reforçados de alta resistência, incluindo laminados ortotrópicos* – A proporção de extensão/profundidade deve ser escolhida sem que ocorra uma falha nas fibras externas das amostras e deve-se apenas ao momento fletor. Pode ser necessário uma relação *span*/profundidade maior que 16:1 (32:1 ou 40:1 são recomendados).

Os ensaios devem ser de pelo menos cinco corpos de prova para cada amostra, sendo no caso de materiais isotrópicos ou moldados.

### **Anexo C: O ensaio de abrasão**

O *Serviço Brasileiro de Normas Técnicas – SBRT* ressalta que a norma DIN 53. 516 usada anteriormente para o ensaio de abrasão está cancelada pela própria instituição e a nova norma é a ISO 4. 649 - 2017 – *Borracha vulcanizada ou termoplástico – Determinação de resistência à abrasão usando um dispositivo de tambor cilíndrico*. O objetivo é determinar a resistência de um material ao usar atrito por meio de volume perdido, resultando em um corpo de prova cilíndrico com no mínimo 6 mm de espessura e  $16 \pm 0,2$  mm de diâmetro. Devem ser testados pelo menos 5 corpos de prova. (ISO 4. 649, 2017, p. 2-3).

Quanto ao aparelho e o material, o cilindro deve ter um diâmetro de  $150 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$  e um comprimento de cerca de 500 mm e deve ser rodado a uma velocidade de  $40 \text{ r / min} \pm 1 \text{ r / min}$ , conforme sentido da rotação indicado na Figura 3.



- |  |  |
|--|--|
| 1. Trenó;  | 6. Folha abrasiva;   |
| 2. Braço giratório;  | 7. Fita adesiva dupla face;                                    |
| 3. Suporte de peça de teste;                                   | $F$ força vertical;  |
| 4. Peça de teste;  | <sup>a</sup> Velocidade de rotação 40 r / min $\pm$ 1 r / min; |
| 5. Cilindro, diâmetro 150 mm $\pm$ 0,2 mm, comprimento 500 mm; | <sup>b</sup> Diferença de tamanho < 2 mm.                      |

**Figura 3: Dispositivo de teste.**

Fonte: ISO 4. 649 - 2017

O suporte do corpo de prova deve ter uma abertura cilíndrica, cujo diâmetro pode ser ajustado a partir de 15,5 mm a 16,3 mm e um dispositivo para ajustar o seu comprimento que sai da abertura a 2 mm  $\pm$  0,2 mm. O suporte deve ser montado em um braço giratório que, por sua vez, esteja preso a um trenó que pode ser movido lateralmente em um eixo. O deslocamento lateral do suporte deve ser de 4,20 mm  $\pm$  0,04 mm por rotação do tambor.

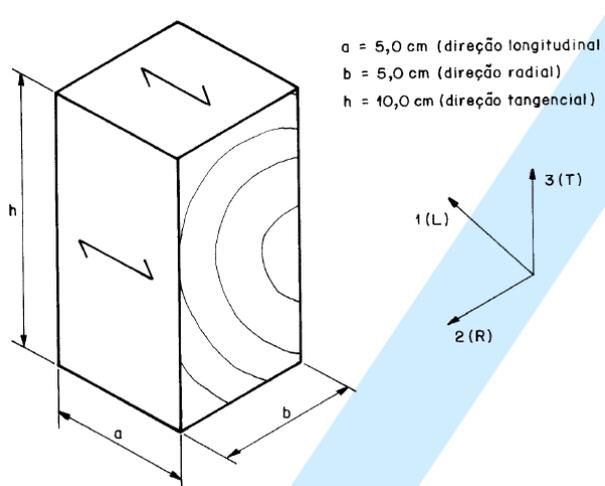
O braço giratório e o suporte da peça de teste devem estar livres de vibrações durante a operação e assim o corpo de prova é pressionado contra o tambor com uma força vertical de 10 N  $\pm$  0,2 N. Para investigação de materiais extremamente macios a força pode ser alterada para 5 N  $\pm$  0,1 n e para materiais extremamente duros a força pode ser alterada para 20 N  $\pm$  0,4 N (ISO 4. 649, 2017, p. 3-5, tradução nossa).

## Anexo D: O ensaio de compressão

A norma ABNT NBR 7190 – 1997 para *Projeto de estruturas de madeira*, fixa as condições gerais que devem ser seguidas no projeto, na execução e no controle nas estruturas correntes de madeira, tais como pontes, pontilhões, coberturas, pisos e cimbres.

O item B.10 da norma trata da compressão normal às fibras e seu objetivo é determinar a resistência e a rigidez à compressão normal da madeira de um lote considerado homogêneo. Os esforços resistentes correspondentes à compressão normal às fibras são determinados com a hipótese de comportamento elastoplástico da madeira.

Quanto ao corpo de prova, deve ter forma prismática, com seção transversal quadrada de 5,0 cm de lado e altura, na direção tangencial, de 10 cm como indicado na Figura 4.



**Figura 4: Corpo de prova para o ensaio de compressão normal.**

Fonte: ABNT NBR - 7190

Para a determinação das propriedades de resistência e rigidez, as medidas dos lados do corpo de prova devem ser feita com exatidão de 0,1 m. Para a determinação do módulo de elasticidade devem ser feitas medidas de deformações em pelo menos duas faces opostas ao corpo de prova.