



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

MARCELO VICENTE DA SILVA JUNIOR

**DESIGN DE PRODUTO À BASE DE RESÍDUOS VEGETAIS
VOLTADOS AO MERCADO DO VEGANISMO:
PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS DE UM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE
RESINA DE MAMONA CARREGADO COM PÓ DO ENDOCARPO DO
COCO**

RECIFE
2020

MARCELO VICENTE DA SILVA JUNIOR

**DESIGN DE PRODUTO À BASE DE RESÍDUOS VEGETAIS
VOLTADOS AO MERCADO DO VEGANISMO:
PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS DE UM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE
RESINA DE MAMONA CARREGADO COM PÓ DO ENDOCARPO DO
COCO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Design. Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos.

Orientador: Prof. Dr. Amilton José Vieira De Arruda

RECIFE

2020

Catálogo na fonte
Bibliotecária Mariana de Souza Alves – CRB-4/2105

- S586d Silva Junior, Marcelo Vicente da
Design de produto à base de resíduos vegetais voltados ao mercado do veganismo: primeiras experiências de um compósito polimérico de resina de mamona carregado com pó do endocarpo do coco / Marcelo Vicente da Silva Junior. – Recife, 2020.
93p.: il., fig.
- Sob orientação de Amilton José Vieira de Arruda.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 2020.
- Inclui referências.
1. Planejamento e Contextualização de Artefatos. 2. Compósito. 3. Eco materiais. 4. Material Driven. 5. Percepção Material. I. Arruda, Amilton José Vieira de (Orientação). II. Título.
- 745.2 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2021-212)

MARCELO VICENTE DA SILVA JUNIOR

**DESIGN DE PRODUTO À BASE DE RESÍDUOS VEGETAIS
VOLTADOS AO MERCADO DO VEGANISMO:
PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS DE UM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE
RESINA DE MAMONA CARREGADO COM PÓ DO ENDOCARPO DO
COCO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Design. Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos.

Aprovada em: 30/10/2020.

BANCA EXAMINADORA

Participação via Videoconferência

Prof. Dr. Amilton José Vieira De Arruda
Universidade Federal de Pernambuco

Participação via Videoconferência

Germanya D' Garcia Araújo Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Participação via Videoconferência

Fernando Jorge Lino Alves
Universidade do Porto

Participação via Videoconferência

Thamyres Oliveira Clementino
Universidade Federal de Campina Grande

A Deus, aos meus pais Marcelo Vicente e Elianeide Ramos,
minha irmã, Mariane Ramos e minha avó, Tereza Barbosa.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Amilton Arruda, por todo o suporte, paciência e estímulo. Aos professores do PPG Design, à equipe da secretaria, bem como a Theska, Rodrigo, Drica, Antônio Nogueira e todos os participantes do Biodesign, pela boa convivência.

A Mariane, Eliésio, Jacqueline, Alice, Sarah, João Pedro, Rafael e todos os amigos, pelo apoio e trocas.

A Carol e Victor, pela acolhida nas terras lusitanas.

Ao Prof. Pedro, do Departamento de Engenharia de Minas da UFPE, pelo suporte durante o uso do laboratório no Brasil. Ao Prof. Jorge Lino (FEUP), pela oportunidade de acesso ao Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Serviços do DEMec/FEUP, onde fui muito bem acolhido por todos com quem tive a oportunidade de conviver. Grato pelo suporte nos experimentos materiais realizados e durante o processo interdisciplinar, enquanto estava em período de mobilidade na cidade do Porto.

À Profa. Carla Langella, por todo o apoio durante a visita a Itália e pela apresentação das perspectivas plurais em relação ao Design, experimentos materiais e desenvolvimento sustentável.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A origem das matérias primas tem sido um tema recorrente na esfera industrial, considerando as demandas ambientais planetárias e o potencial tecnológico que estimula ações em prol do desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o trabalho evidencia a demanda por produtos mais integrados às matérias primas de origem renováveis. O objetivo geral desta pesquisa é investigar os atributos do compósito de resina de mamona e do pó do endocarpo do coco (PEC), bem como suas possíveis aplicações. Foi utilizada uma adaptação do *Material Driven Design* – metodologia que estimula o processo de design a partir dos experimentos materiais – como base para as investigações mecânicas e todo o processo de dinâmica com o material. Através das lentes do veganismo, evidencia-se um nicho que demanda inovações tecnológicas, principalmente enquanto alternativas aos produtos de origem animal. Para os procedimentos técnicos, foram utilizadas duas composições da resina poliuretana à base de mamona, sendo uma mais flexível, a 301, e a outra menos flexível, a 302. Seguiu-se a norma D638-10, da *American Society for Testing and Materials*, na qual os corpos de prova para os testes de tração foram compostos por 0%, 5% e 10% de PEC em partículas de 25 micrômetros. Foi possível constatar a formação de um compósito de cor marrom, em que a adição da carga gera diminuição da curva de tensão em ambas as resinas, em maior grau na resina 302. Ratifica-se o potencial de aplicações superficiais, mas destaca-se que sua fragilidade não favorece a aplicação quando há constante flexão do material ou exposição às intempéries, considerando a falta de resistência aos raios ultravioleta. De acordo com as potencialidades e fragilidades do material, como apontado pelo *Material Driven Design*, defende-se que esse compósito pode ser mais bem aproveitado com reforço têxtil.

Palavras-chave: Compósito, Eco materiais, Material Driven, Percepção Material.

ABSTRACT

The origin of raw materials has been a recurring theme in the industrial sphere, considering the planetary environmental demands and the technological potential that stimulates actions in favor of sustainable development. In this sense, the work highlights the demand for products more integrated with renewable raw materials. The general objective of this research is to investigate the attributes of the composite made by castor resin + coconut shell powder (CSP), and their possible applications. An adaptation of the Material Driven Design (KARANA, et al, 2015) was used as the basis for mechanical investigations and the entire process of dynamics with the material. Through the lens of veganism, a niche that demands technological innovations is highlighted, motivating alternatives to products of animal origin. For technical procedures, two compositions of polyurethane resin based on castor were used, 301 (more flexible) and 302 (less flexible). The ASTM D638-10 standard was followed, in which the specimens for the tensile tests were composed of 0%, 5% and 10% of CSP in 25 micron particles. It was possible to verify the formation of a brown colored composite, in which the addition of the load decreases the stress curve in both resins, to a greater degree in resin 302. The potential for surface applications is confirmed, but it is highlighted that its fragility does not favor application where there is constant flexing of the material or exposure in outdoor areas, considering the lack of resistance to the Ultra Violet realms. Considering the strengths and weaknesses of the material, as pointed out by the MDD, it is argued that this composite can be better used with textile reinforcement.

Keywords: Composite, Eco-materials, Material driven, Material Perception

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Etapas do Método <i>Material Driven Design</i>	17
Figura 2	– <i>Material Driven Design</i>	18
Figura 3	– Economia Linear x Economia Circular	24
Figura 4	– Infográficos referentes à pesquisa da Confederação Nacional da Indústria, 2019.	28
Figura 5	– Corte longitudinal do coco verde.....	30
Figura 6	– Classificação de Materiais compósitos.....	31
Figura 7	– Processo de secagem do endocarpo do coco para retirada do restante do conteúdo alimentício	34
Figura 8	– Máquina utilizada para triturar inicialmente o coco	35
Figura 9	– Processo de pulverização do endocarpo do coco.....	35
Figura 10	– Experimentos materiais preliminares	36
Figura 11	– Experimentos materiais preliminares	36
Figura 12	– Teste de inflamabilidade e abrasão e experimento com espirulina em pó.....	38
Figura 13	– Corpo de prova para ensaio de tração.....	40
Figura 14	– Gráfico de comportamento típico da curva de tensão-deformação para ensaios de tração.....	40
Figura 15	– Processo de pesagem, adição e micção e aplicação da resina nos moldes de silicone.....	41
Figura 16	– Medição dos corpos de prova	42
Figura 17	– Realização do teste.....	43
Figura 18	– Dados da resina 301 com 0% de PEC.....	45
Figura 19	– Dados da resina 301 com 5% de PEC.....	46
Figura 20	– Dados da resina 301 com 10% de PEC.....	47
Figura 21	– Dados da resina 302 com 0% de PEC.....	48
Figura 22	– Dados da resina 302 com 5% de PEC.....	49
Figura 23	– Dados da resina 301 com 10% de PEC.....	50
Figura 24	– Experiências que propõem a utilização de matérias primas de fontes renováveis	52
Figura 25	– Produtos em “couro” produzido com folhas da empresa Nuvi Nomad ..	53
Figura 26	– Calçado produzido a partir do “couro de azeitona”	54

Figura 27 – Materiais produzidos pela Chip[s] Board®, em diferentes pigmentações.....	55
Figura 28 – Processo de economia circular proposto pela Chip[s] Board®	55
Figura 29 – Peça da Salvatore Ferragano, em parceria com a Orange Fiber	56
Figura 30 – Bolsas da empresa Happy Genie.....	56
Figura 31 – Aplicação do tecido à base de resíduos de uva no modelo Bentley EXP 100 GT	57
Figura 32 – Sapato desenvolvido a partir da borra de café e plástico reciclado	58
Figura 33 – Modelo da camisa à base de leite e bolsa à base de cortiça	59
Figura 34 – Veículo expondo o material desenvolvido pela Bcomp	60
Figura 35 – Aplicação da pinhatex e imagem de um trabalhador local das Filipinas	60
Figura 36 – Projeto para produção de suco e impressão 3D	62
Figura 37 – Genecis bioplásticos: conversão de resíduos alimentares em plásticos biodegradáveis e outros materiais de alto valor	63
Figura 38 – Compilação da pesquisa de mercado (benchmarking)	64
Figura 39 – Campanhas da PETA.....	65
Figura 40 – Homocentrismo e especismo seletivo	67
Figura 41 – Cadeia produtiva do Couro	69
Figura 42 – O processo de extração de couro das vacas	71
Figura 43 – Pó do endocarpo do coco e cola PVA (face brilhosa e face rugosa) ...	74
Figura 44 – Acessório confeccionado com o PEC e Resina de Mamona	75
Figura 45 – Materiais x e y e suas superfícies x1, x2; y1, y2	77
Figura 46 – Imagens das pranchas apresentadas aos usuários	78
Figura 47 – Compósito em sobreposição à fibra de algodão	83
Figura 48 – Potenciais aplicações para o compósito	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento industrial
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CICB	Centro das Indústrias de Curtume do Brasil
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DS	Desenvolvimento sustentável
EC	Economia Circular
FEM	Fundação Ellen MacArthur
FEUP	Faculdade de Engenharia do Porto
GVR	<i>Grand View Research</i>
ha	Hectare
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
ICT	<i>International Council of Tanners</i>
LDPS	Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Serviços
MDD	Material Driven Design
MPA	Mega Pascal
PEC	Pó do endocarpo do coco
PETA	<i>People for Ethical Treatment of Animals</i>
PHA	Polihidroxialcanoato
PLA	Poliácido láctico
PVA	Acetato de Polivinila (<i>Poly Vinyl Acetate</i>)
PVC	Policloreto de vinila
UFPB	Universidade Federal da Paraíba

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	METODOLOGIA.....	17
1.2.1	Influência da pandemia de Covid-19 na pesquisa	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL.....	22
2.1.1	Política Nacional de Resíduos Sólidos	22
2.2	RESÍDUOS NO BRASIL.....	23
2.3	ECONOMIA CIRCULAR.....	23
2.3.1	Design regenerativo	25
2.3.2	Economia de performance	26
2.3.3	<i>Cradle to Cradle</i> – do berço ao berço	26
2.3.4	Ecologia industrial	26
2.3.5	Biomimética	27
2.3.6	Economia Circular no Brasil	27
2.4	COCO NUCIFERA	29
2.4.1	Endocarpo do coco	30
2.5	MATERIAIS COMPÓSITOS.....	31
2.5.1	Matriz	32
2.5.2	Resina Poliuretana à base de óleo de Mamona	32
3	DESENVOLVIMENTO DAS QUATRO ETAPAS	34
3.1	ETAPA 01: Experientos Materiais	34
3.1.1	Produção do pó do endocarpo do coco	34
3.1.2	Ensaio físicos e mecânicos	39
3.1.3	Preparação para os ensaios	40
3.1.4	Produção dos corpos de prova	41
3.1.5	Resultados dos ensaios de tração	43
3.1.6	Apresentação dos gráficos	44
3.1.7	Perspectivas adicionais às constatações mecânicas	51
3.2	ETAPA 02: Criar Visão de Experiência Material.....	51

3.2.1	Pesquisa de Mercado	52
3.2.2	Abordagens mercadológicas (benchmarking)	53
3.2.2.1	“Couro” produzido com Folhas	53
3.2.2.2	“Couro” produzido com folhas de oliveira.....	54
3.2.2.3	Material produzido com resíduo de Batata.....	54
3.2.2.4	Fibras advindas do resíduo de Laranjas	55
3.2.2.5	Tecido produzido com resíduos de maçã	56
3.2.2.6	Material produzido com resíduos de Uvas	56
3.2.2.7	Calçado produzido com polímero advindo dos oceanos e resíduo de café.....	57
3.2.2.8	Camisa produzida com resíduo de leite	58
3.2.2.9	Compósito de fibra natural aplicado à indústria	59
3.2.2.10	Pinhatex – Fibra de Abacaxi	60
3.2.2.11	Impressão 3D	61
3.2.2.12	Microrganismos e resíduos gerando bioplástico polihidroxialcanoato (PHA)	62
3.2.3	Conclusão da etapa 02	63
3.3	VEGANISMO.....	64
3.3.1	O especismo	66
3.3.2	Homo sapiens está contido no Reino Animália	68
3.3.3	O mercado Vegano, oportunidades para profissionais do design	68
3.3.4	Mercado do couro	69
3.3.5	O mercado dos materiais alternativos	71
3.3.6	Perspectivas problemáticas	72
3.3.6.1	Materiais de origem residual	73
3.3.7	Conclusão da sessão	73
3.4	ETAPA 03: Manifestar Padrões de Experiência	74
3.4.1	Estudos anteriores	74
3.4.2	Disciplina Imagem Avaliativa do Objeto	75
3.4.3	Padrões de experiência	78
3.4.3.1	Itália.....	79
3.4.3.2	Portugal.....	80
3.4.3.3	Brasil	81
3.5	ETAPA 04: Elaborando Conceitos em Produtos/Materiais.....	81
3.5.1	Conceito material	83
4	CONCLUSÕES	86
4.1	PROPOSTAS FUTURAS	87

REFERÊNCIAS.....	88
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O processo de (re)aproveitamento residual vegetal tem sido uma área de crescente visibilidade. O tema remete aos diálogos acerca do desenvolvimento sustentável e os impactos ambientais, sociais e econômicos que as nossas ações implicam. Ezio Manzini aponta que, para introduzirmos inovação social, deve haver o contexto que necessita de mudança e uma sociedade que digira novas tecnologias, ademais *“uma sociedade que integra novas tecnologias estimula as pessoas a projetar e solucionar problemas de maneiras diferentes”* (EZIO, 2015).

É perceptível, mundialmente, a crescente tendência de uso de fibras naturais como principais materiais nas aplicações em engenharia. Já no início dos anos 2000, Gore (2006) aponta a poluição generalizada causada pelo descarte de materiais sintéticos não biodegradáveis, mudanças climáticas e as emissões de dióxido de carbono (CO₂) durante os processos industriais como fatores preocupantes aos eventos climáticos mundiais.

Essa discussão passou a ser mais incorporada na vida do discente durante a graduação em design, na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em 2018, quando o grupo da disciplina de estágio supervisionado foi introduzido no método *Material Driven Design* (MDD) (KARANA et al., 2015), que, naquela ocasião, foi executado em dupla com Matheus Martins, profissional artesão atuante na praia de Pipa, no município de Tibau do Sul, no estado do Rio Grande do Norte. O método MDD consiste em um conjunto de etapas que estimulam o processo de design a partir da experiência com a matéria prima. As etapas do método são: entender o material – caracterização técnica e experiencial; criar uma visão de experiência em materiais; manifestar padrões de experiência em materiais; e elaborar conceitos em produtos/materiais. Nessa dinâmica, estimula-se que a aplicação do produto final seja coerente com as potencialidades e fragilidades identificadas por meio dos experimentos materiais.

Durante a disciplina, o pó do endocarpo do coco (PEC) foi selecionado como insumo para a execução do método, sendo coletado da produção artesanal de Matheus Martins. Simultaneamente, surgiu a demanda da Aldeia do Galego, situada na Baía da Traição, que buscava alternativas para os endocarpos de coco, resíduos da produção do óleo do fruto. Nesse sentido, gerou-se um material compósito – união de materiais distintos com o objetivo de imprimir novas propriedades – com

proporções de 2:1 de cola PVA e PEC. O material resultante desse processo remetia visualmente ao couro, por sua cor marrom, advinda do PEC; maleabilidade, por conta da Cola; assim como a inconsistência, por conta da reação com a cola.

A presente pesquisa continuou com a abordagem do MDD e apresentou o resultado da alimentação das etapas do método e a continuidade dos debates interdisciplinares com a engenharia de materiais. Houve a substituição da Cola PVA por uma resina formulada à base de um poliuretano vegetal, a resina de mamona, favorecendo novos experimentos materiais, principalmente a investigação mecânica por meio do teste de tração, assim como a identificação de suas características intrínsecas. Alimentou-se, então, a etapa de entendimento material, através da identificação das potencialidades e fragilidades do compósito de resina de mamona e PEC.

Essa mudança evoca o diálogo acerca das influências que estimulam as transições tecnológicas no contexto de materiais. Nesse sentido, destaca-se a Economia Circular (EC) e sua abordagem de ações em prol da transição de sistemas lineares para circulares, na qual o ciclo de vida dos artefatos faz parte do projeto, visando um processo retroativo em prol do desenvolvimento sustentável (DS).

O DS caracteriza-se pela atenção ao atendimento das necessidades sociais no presente, sem que haja comprometimento das gerações futuras. Não obstante, o conceito de desenvolvimento sustentável abrange também o aspecto econômico, o que requer ações amplas visando essa tríade (ARRUDA; FERROLI; LIBRELOTTO, 2018).

Na alimentação do método, na segunda etapa (criar uma visão de experiência em materiais), a proposta dialoga de forma ampla com os materiais de origens residuais, tendo o veganismo como lente para essa perspectiva. A *Vegan Society* (2020) aponta o veganismo como uma “filosofia e um modo de vida que busca excluir, na medida do possível e praticável, todas as formas de exploração e crueldade para com os animais para alimentação, roupas ou qualquer outro propósito”. A consolidação desses hábitos por meio de um grupo de indivíduos vem influenciando desenvolvimentos tecnológicos, e conseqüentemente novas alternativas materiais. Nesse sentido, a abordagem holística do tema expõe conceitos relevantes para a compreensão global sobre o veganismo e seu potencial na área do design.

Tendo em vista o potencial das fontes renováveis como input industrial, Andrew Dent (2012) evidencia os processos naturais como complemento à herança de desenvolvimento de sintéticos, advindos da revolução industrial do século XIX. Apesar de não fazer uso de processos biológicos para o desenvolvimento material, esta pesquisa evidencia o potencial das fontes renováveis como complemento das discussões que envolvem materiais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é investigar os atributos do compósito de resina de mamona e do pó do endocarpo do coco e suas possíveis aplicações. Nesse sentido, apresenta-se um material que dialoga com o contexto contemporâneo de desenvolvimento sustentável.

Através da pesquisa e experimentos obteve-se um material biodegradável, esteticamente similar ao couro, nomeado “Pele Vegetal”. Os experimentos materiais e proposições de aplicação visam estimular a discussão acerca da interação do designer e a área de materiais, para, assim, elucidar o desenvolvimento de produtos alternativos aos de origem animal.

1.1.2 Objetivos Específicos

Esta pesquisa apresenta, ainda, os seguintes objetivos específicos:

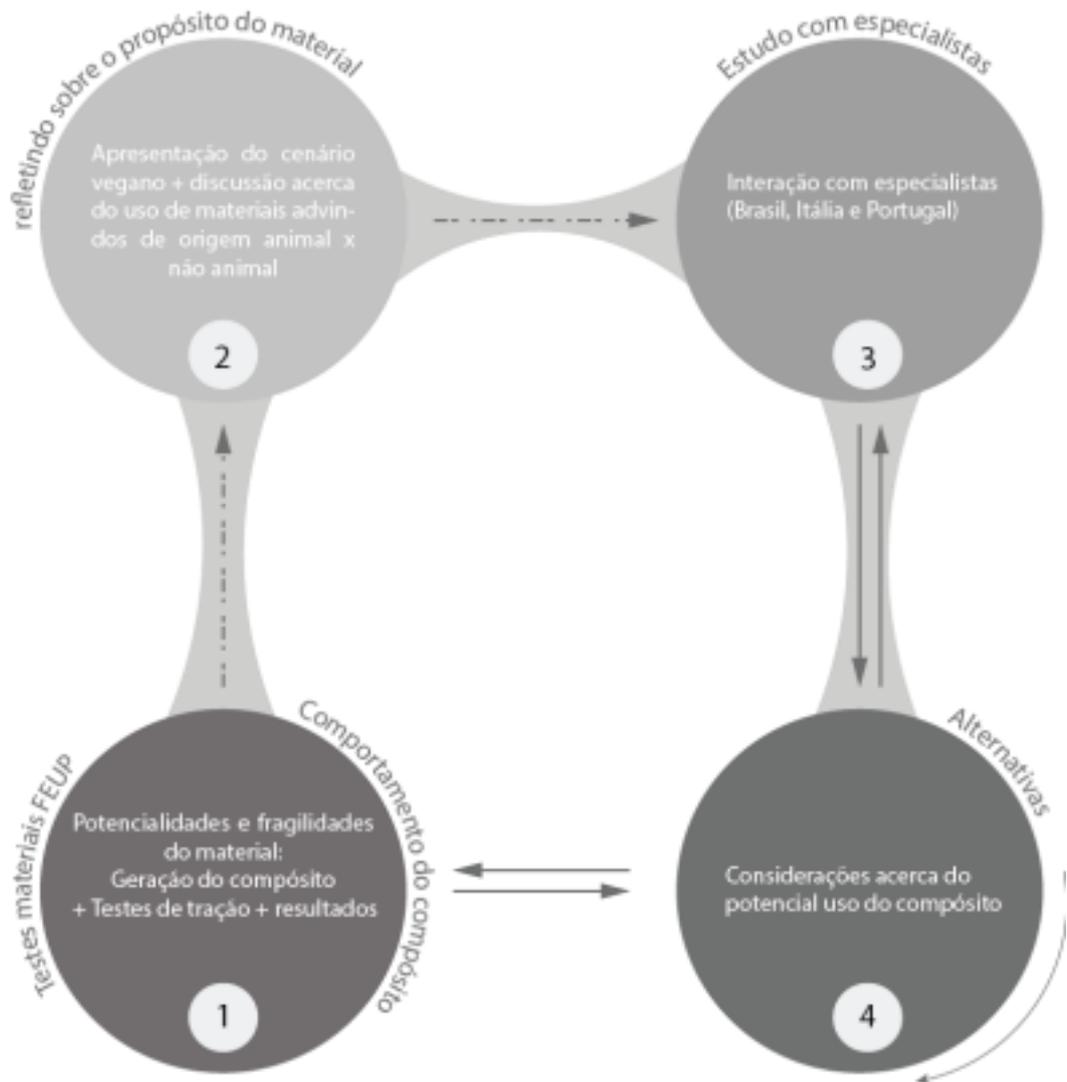
- a) Apresentar o panorama acerca do cenário de design e resíduos vegetais;
- b) apresentar a visão global do veganismo e sua conexão com as inovações tecnológicas em materiais e produtos;
- c) produzir o pó do endocarpo do coco e adicionar a resina, para gerar o compósito;
- d) produzir os corpos de prova, para ensaios de tração e flexão;
- e) apresentar o resultado dos testes e possíveis aplicações para o compósito.

1.2 METODOLOGIA

O trabalho apresenta a seguinte estrutura:

- a) inicia-se com a apresentação do referencial teórico;
- b) em sequência apresentam-se a alimentação das quatro etapas do MMD, com os seus respectivos itens em cada sessão (Figura 1).

Figura 1 – Etapas do Método *Material Driven Design*



Fonte: Adaptado de Karana et al. (2015).

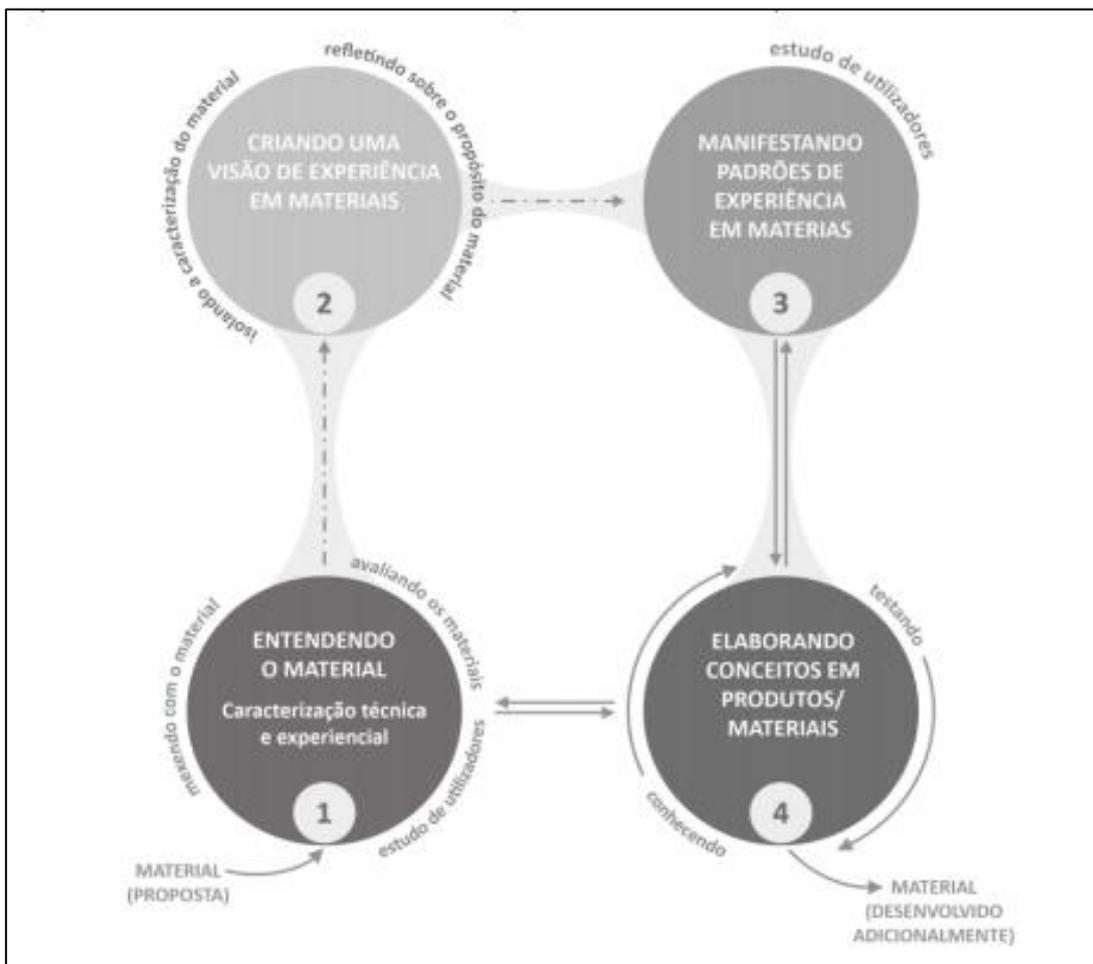
O desenvolvimento desta dissertação inicia-se com o referencial teórico, no qual são apresentadas as abordagens globais acerca da temática residual, assim como estudos que apontaram as motivações para as escolhas das características do PEC. Também é feita uma introdução aos conceitos de materiais compósitos, matriz

e, em sequência, a resina poliuretana de mamona. Aborda-se também o desenvolvimento sustentável e a economia circular, de forma ampla, e o cenário no Brasil.

Após esse processo introdutório, deu-se sequência a alimentação das quatro etapas do MDD, conforme apresentado na figura 1.

O *Material Driven Design* (Karana et al., 2015), método que baseia a estrutura do trabalho, consiste em uma abordagem que estimula o processo de design, a partir do material em mãos, buscando investigar suas potencialidades e fragilidades, visando a possível aplicação em propostas de produtos. Segue-se as seguintes etapas: entender o material – caracterização técnica e experiencial; criar uma visão de experiência em materiais; manifestar padrões de experiência em materiais; elaborar conceitos em produtos/materiais (Figura 2).

Figura 2 – Material Driven Design



Fonte: Leite (2020), adaptado de Karana et al. (2015).

1.2.1 Influência da pandemia de Covid-19 na pesquisa

Durante o processo de mobilidade estudantil, realizada no período de janeiro a março de 2020, o impacto da pandemia de covid-19 começou a ser notório, principalmente na segunda quinzena do mês de março, quando as fronteiras estavam fechando e as atividades institucionais também entravam em restrições. O pesquisador iniciou a quarentena na própria cidade do Porto, o que ocasionou alguns contratemplos no desenvolvimento deste trabalho:

- a) Inicialmente, a proposta seria de realizar workshops com especialistas, visando coletar desse grupo potenciais aplicações para o material. Os workshops foram inviabilizados, devido ao isolamento social. Tendo isso em vista, a alimentação do método (etapa 03) conteve o feedback coletado através das entrevistas informais e interações experienciadas durante a mobilidade;
- b) após a chegada ao Brasil, em 30 de março de 2020, houve a inviabilidade de produção de PEC, tendo em vista o fechamento dos laboratórios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A reciclagem de resíduos sólidos torna-se cada vez mais praticada, no Brasil o “pó resultante da extração das fibras pode ser usado para fabricação de linhas para pescaria, solados de sapatos, cascos de barcos, ou podem ainda ser queimados e retornar ao coqueiral em forma de cinzas” (VAN DAM; VAN DEN OEVER; KEIJSERS, 2004).

Os produtos são, geralmente, compostos por vários tipos de materiais que impactam o meio ambiente em diferentes níveis. Os danos ocorrem desde a extração e se acumulam na transformação da matéria-prima, uso e descarte do produto pelo consumidor (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

Thompson (2015) expõe a importância do processo de seleção dos materiais para a sustentabilidade, por se tratar do momento em que se define os impactos que o produto causará ao meio ambiente. Para Manzini e Vezzoli (2011), no momento da escolha dos materiais, pode ocorrer a minimização dos danos ambientais, por meio da escolha de materiais que tragam, aos produtos, maior coerência com a resiliência do planeta.

Entre os materiais que trazem menor impacto estão os materiais naturais. Isso ocorre, segundo Thompson (2015, p. 12), porque “os materiais naturais, como madeira e fibras vegetais, são manufaturados com pequeno processamento de matéria-prima”. A utilização de materiais naturais para materialização dos artefatos acompanha a história da humanidade, por razões óbvias. Contudo, com o passar do tempo e desenvolvimento tecnológico, vem disputando espaço com os materiais sintéticos, que nas últimas décadas ganharam destaque considerável nos projetos de design (LIMA, 2006).

Para Moraes (2010), a capacidade técnico-produtivo-fabril do século XX revolucionou os hábitos e costumes, mas foi incapaz de permear a ética ecológica e ambiental, fator que começa a ser alterado devido ao crescimento da problemática ambiental. Para Lima (2006), com o crescimento dos problemas ambientais, outras abordagens mais inovadoras vêm sendo adotadas para os materiais naturais, resgatando seu valor para o design de produtos.

Aglomerantes naturais, tais como o PEC, têm um potencial excepcional como reforço para polímeros (OBIUKWU; UCHECHUKWU; NWAOGWUGWU, 2016). Bledzki, Mamun e Volk (2010) observaram que a incorporação de PEC reduz a

propriedade de amortecimento do biocompósito, com melhoria significativa na resistência à tração e módulo de tração. Outro aspecto observado é a variação entre as porcentagens de PEC, principalmente pelos estudos realizados, em sua maioria, com a resina epóxi, que difere da resina de mamona, principalmente, pela dureza final que o material curado apresenta. No estudo de Rajesh et al. (2019), os autores apontam o uso de 10% de PEC e partículas entre 0-50 μ m, atingindo, assim, maiores valores de resistência à tração, resistência ao impacto e resistência à flexão.

Singh et al. (2014) apontam as porcentagens de 20-30% de PEC, sendo utilizados valores de 212 a 850 micros, tendo a sua resistência máxima à tração com 20% de PEC, utilizando partículas de aproximadamente 170 mesh, proporcionando essa matéria prima em 88 microns.

Um estudo experimental apontou que compósitos contendo partículas menores que 250 micros exibiram, no geral, menor resistência à flexão e impacto, propriedades comparadas com compósitos com maiores partículas (AHMED; CHARY, 2017).

Liyanage e Pieris (2015) destacam que reforços mais fortes têm a tendência de terem partículas de aproximadamente 30nm, e reforços menos potentes (carbonato de cálcio moído, por exemplo) são mais utilizados com partículas de aproximadamente 100-150 microns. No entanto, destaca-se que, através da escaneamento eletrônico, as partículas maiores que 75 microns apresentam superfície desigual e grosseira.

As partículas de 100-250 microns são mais comuns para compósitos com epoxi, portanto, para essa alternativa com a resina de mamona, foi necessário considerar as características da superfície identificadas em experimentos preliminares. Após a cura, ambas as superfícies (fosca e brilhosa) não respondem positivamente à abrasão, e essa característica influenciou a escolha da menor porcentagem obtida após a granulometria. Nesse momento, foi escolhida a porcentagem de 25 microns, visando a obtenção de um resultado com maior grau de homogeneidade, sem necessitar do uso de lixas para o acabamento. Ademais, foram selecionadas as porcentagens de 0-10% PEC para incorporação no material, considerando a potencialidade no uso de 0-20% de PEC.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL

Em relação a América Latina, a Fundação Ellen MacArthur (FEM) destaca que, pelo potencial da área para propulsão da EC, principalmente devido à riqueza em recursos naturais e biodiversidade, e pelos benefícios que a inovação social proporcionará, a América Latina tem um papel importante a desempenhar. O Brasil vem se inserindo na dinâmica sustentável por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que representa um forte avanço no tocante da relação entre a sustentabilidade e políticas públicas.

2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A PNRS, Lei Federal nº 12.305/2010, prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

A PNRS institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na logística reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo; cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

O Ministério do Meio Ambiente aponta que a PNRS coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos, no que concerne ao marco legal, e inova com a inclusão de catadoras, catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na logística reversa quanto na coleta seletiva (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

2.2 RESÍDUOS NO BRASIL

Ao longo dos anos, os dados indicam que houve uma pequena evolução em relação a coleta de lixo e a destinação adequada dos rejeitos. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2010, o Brasil gerou 60,86 milhões de toneladas de resíduos sólidos, coletando 88,9% e destinando inadequadamente 42,4% do total coletado. Já em 2018, o país gerou 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos, coletando 92% e destinando inadequadamente 40,5% do total coletado (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2019).

Apesar dos avanços com trato residual no país, ainda há carência de ações para a eliminação dos lixões a céu aberto. A ABRELPE apontou que, em 2018, foram destinados a lixões ou aterros controlados 29,5 milhões de toneladas de resíduos, em mais de 3 mil municípios. Cenário preocupante, considerando as populações que vivem próximas a esses locais e que estão expostas à poluição do ar, da água, e do solo, atração de vetores de risco sanitário e de incêndios (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2019)

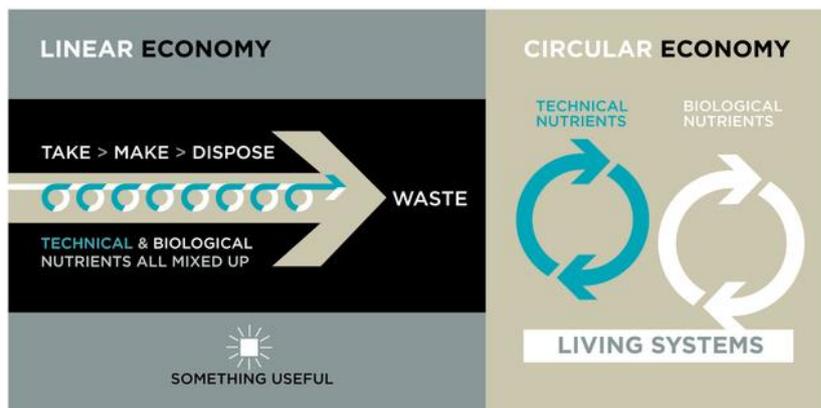
2.3 ECONOMIA CIRCULAR

Precisamos reinventar a maneira como pensamos negócios. Evoluir de um modelo de pensamento linear para sistêmico é fundamental para inovarmos rumo a padrões de produção e consumo regenerativos. Só assim colocaremos os negócios a serviço da geração de impacto social, ambiental e econômico positivos para a sociedade (CIRCULAR ECONOMY 100, 2017, p. 4).

A economia circular (EC) surge em um momento da civilização humana em que as evoluções nas maneiras de viver, trabalhar e comunicar são notórias. O sistema econômico herdado das resoluções industriais, no decorrer dos anos, pautou-se na estratégia linear, baseada em extrair, produzir e descartar.

Essa abordagem passa por uma transição para o processo circular: ao invés de “vender e esquecer os produtos, as empresas usarão os produtos como oportunidades para a contínua criação de valor, assim como de relacionamentos duradouros e contínuos com os clientes” (WEETMAN, 2019)

Figura 3 – Economia Linear x Economia Circular



Fonte: Fundação Ellen MacArthur (2017).

Em uma perspectiva prática, é possível identificar a característica vital da abordagem disseminada pela EC. É notória a busca por perspectivas restaurativas, que visam proporcionar às gerações futuras meios para o desenvolvimento sustentável, através da transformação de resíduos em recursos (SMOL; KULCZYCKA; AVDIUSHCHENKO, 2017).

A EC já pode ser encontrada na legislação de países como China, Japão, Alemanha, Inglaterra, e em expansão na união europeia, no entanto Smol, Kulczycka e Avdiushchenko (2017) apontam tensões e limitações para a sua aplicação em diferentes extratos. O não desenvolvimento da EC em nível regional é um exemplo dessa limitação. Apesar dos desafios, os autores defendem o valor da abordagem e a sua capacidade de desdobramento, principalmente pelas ações que visam a eficiência no trato com os recursos e produção.

A Fundação Ellen MacArthur (FEM) visa desenvolver e promover princípios de uma economia circular. Sua missão é de acelerar a transição para esse tipo de economia, visando proporcionar melhores soluções para as pessoas e meio ambiente. O relatório “Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição” (FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, 2015) indica os três principais princípios da EC:

- a) Princípio 1: preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. Isso começa com a desmaterialização dos produtos e serviços – com sua entrega virtual, sempre que isso for o ideal. Quando há necessidade de recursos, o sistema circular seleciona-os com sensatez e, sempre que possível, escolhe tecnologias e processos que utilizam recursos renováveis ou que apresentam melhor

desempenho. Uma economia circular também aprimora o capital natural, estimulando fluxos de nutrientes dentro do sistema e criando as condições necessárias para a regeneração, por exemplo, do solo;

- b) Princípio 2: 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. Isso significa projetar para a remanufatura, a renovação e a reciclagem, de modo que componentes e materiais técnicos continuem circulando e contribuindo para a economia. Sistemas circulares usam os menores circuitos internos (p. ex.: manutenção, em vez de reciclagem) sempre que possível, preservando, assim, mais energia e outros tipos de valor incutidos nos materiais e componentes. Esses sistemas também maximizam o número de ciclos consecutivos e/ou o tempo dedicado a cada ciclo, prolongando a vida útil dos produtos e intensificando sua reutilização. Por sua vez, o compartilhamento amplia a utilização dos produtos. Os sistemas circulares também estimulam a reinserção segura de nutrientes biológicos na biosfera para decomposição, de modo a transformá-los em matérias primas valiosas para um novo ciclo. No ciclo biológico, os produtos são projetados para serem consumidos ou metabolizados pela economia e regenerar novos valores nos recursos. Para os materiais biológicos, a essência da criação de valor está na oportunidade de extrair mais valor de produtos e materiais aproveitando-os em cascata, em outras aplicações. Como em qualquer sistema linear, a busca de ganhos de produtividade em todas essas alavancas é útil e requer aprimoramentos contínuos do sistema. Mas, diferentemente do que ocorre em um sistema linear, um sistema circular não comprometeria a efetividade;
- c) Princípio 3: estimular a efetividade do sistema, revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio. Isso inclui a redução de danos a sistemas e áreas como alimentos, mobilidade, habitação, educação, saúde e entretenimento, e a gestão de externalidades, como uso da terra, ar, água e poluição sonora e da liberação de substâncias tóxicas.

A FEM (2015) também apresenta as cinco escolas de conhecimento que alicerçaram as abordagens em EC, descritas abaixo.

2.3.1 Design regenerativo

Nos Estados Unidos, John T. Lyle começou a desenvolver ideias de design regenerativo que poderiam ser aplicados para todos os sistemas, ou seja, para além

da agricultura, para o qual o conceito de regeneração havia sido formulado anteriormente.

2.3.2 Economia de performance

Walter Stahel, arquiteto e economista, em 1976, esboçou em seu relatório de pesquisa para a Comissão Europeia: “O Potencial de Substituir Mão-de-Obra por Energia”, em coautoria com Genevieve Reday, a visão de uma economia em ciclos (ou economia circular) e seu impacto na criação de emprego, competitividade econômica, redução de recursos e prevenção de desperdícios. Creditado por ter cunhado o termo "*cradle to cradle*" (berço a berço) no final de 1970, Stahel trabalhou no desenvolvimento de uma abordagem de “ciclo fechado” para processos de produção e criou o *Product Life Institute*, em Genebra, há mais de 25 anos.

2.3.3 Cradle to Cradle – do berço ao berço

Michael Braungart, visionário químico alemão, continuou a desenvolver, em conjunto com o arquiteto americano Bill McDonough, o conceito e o processo de certificação *Cradle to Cradle*TM. Essa filosofia de projeto considera todos os materiais envolvidos nos processos industriais e comerciais para serem nutrientes, dos quais há duas principais categorias: técnicos e biológicos. O framework *Cradle to Cradle* é focado no design para a efetividade, em termos de produtos com impacto positivo, e redução dos impactos negativos da comercialização através da efetividade

2.3.4 Ecologia industrial

“Ecologia industrial é o estudo dos fluxos de materiais e energia nos sistemas industriais”. Concentrando-se em conexões entre operadores dentro do ecossistema industrial, essa abordagem visa a criação de processos de ciclo fechado, nos quais os resíduos servem como insumo, eliminando assim a noção de um subproduto indesejável. A ecologia industrial adota um ponto de vista sistêmico, projetando processos de produção de acordo com as restrições ecológicas locais, enquanto observa seu impacto global desde o início, e procura moldá-los para que funcionem o mais próximo possível dos sistemas vivos.

2.3.5 Biomimética

Janine Benyus, autora de “Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza”, define sua abordagem como uma “nova disciplina que estuda as melhores ideias da natureza e então imita esses designs e processos para solucionar os problemas humanos”. Estudar uma folha para inventar uma melhor célula solar é um exemplo.

Ela pensa nisso como “inovação inspirada pela natureza”. A biomimética se baseia em três princípios fundamentais:

- a) natureza como modelo: estudar modelos da natureza e simular essas formas, processos, sistemas e estratégias para solucionar os problemas humanos;
- b) natureza como medida: usar um padrão ecológico para julgar a sustentabilidade das nossas inovações;
- c) natureza como mentora: ver e valorar a natureza não com base no que nós podemos extrair do mundo natural, mas no que podemos aprender com ele;

2.3.6 Economia Circular no Brasil

No encontro “Economia Circular e a Indústria do Futuro”, realizado em São Paulo, no dia 24 de setembro de 2019, uma pesquisa da Confederação Nacional da Indústria (CNI) mostrou que 76,4% das indústrias do país desenvolvem algum tipo de economia circular (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

De acordo com 75,9% dos entrevistados pela pesquisa, a razão para adotar a economia circular foi a redução de custos; já 47,3% disseram que foram motivados pela busca por maior eficiência operacional. Em seguida, aparece como razão, a oportunidade de novos negócios (22,6%) (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

Segundo o estudo, 60% das indústrias entendem que as práticas de economia circular podem contribuir para a geração de empregos na própria empresa ou na cadeia produtiva do setor. No entanto, 73% consideram que a transição para a economia circular deve ser uma responsabilidade compartilhada entre governo, consumidores e iniciativa privada (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

A pesquisa realizada pela CNI usou amostra de 1.261 empresas industriais da área correlacionada ao tema, escolhidas de forma aleatória, considerando a abrangência nacional. O campo foi feito com 170 indústrias e a margem de erro foi de 5,5% para mais ou para menos (ABREU, 2019).

Figura 4 – Infográficos referentes à pesquisa da Confederação Nacional da Indústria, 2019.



Fonte: Abreu (2019).

Na abertura do encontro “Economia Circular e a Indústria do Futuro”, o Presidente da Confederação nacional da indústria (CNI), Robson Braga de Andrade, destacou a importância do investimento na pesquisa aplicada, na modernização de processos e o desenvolvimento de produtos e serviços inovadores. Indicando também o papel do estado como incentivador da EC e, conseqüentemente, do diálogo acerca da inovação, resíduos e recursos, propiciando a introdução de novos produtos, processos e modelos de negócio que gerem menos impacto ambiental e social, aponta para a reflexão sobre alta demanda por artefatos e a

insustentabilidade dessa necessidade (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

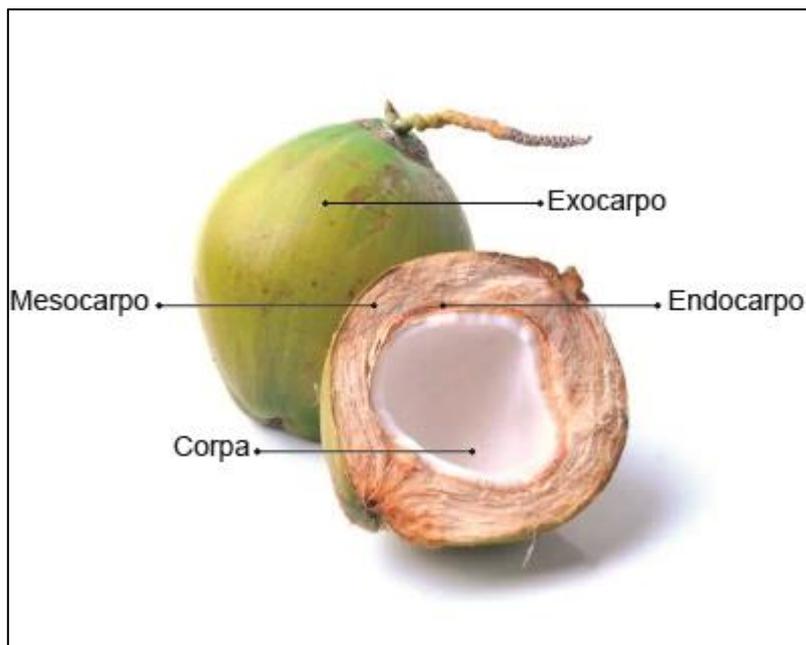
As ações no país em prol do desenvolvimento sustentável convergem para o discurso de Bonsiepe (2011), em que esse autor destaca a característica do país como dependente colonial e evidencia a importância dos investimentos em educação, tecnologia e inovação como propulsores do desenvolvimento intelectual local, fazendo com que o Brasil não somente exporte matérias primas, mas também construa sua autonomia industrial.

2.4 COCO NUCIFERA

Segundo ALMEIDA et al. (2018), o IBGE aponta que, no período de 2013 a 2017, o Brasil teve média de 243.671 hectares destinados à colheita de coco. Em questões de rendimento médio da produção por estado, de 2014 a 2016, Pernambuco teve média de 18.397 quilogramas de coco por hectare, apresentando, em 2016, 19.679 kg/ha. Prades, Salum e Pioch (et al. 2016) apresentam o volume de água de coco importado pelos Estados Unidos, que em 2014 foi de 288.537, 38% de origem brasileira e 32% tailandesa.

A casca do coco verde, *cocos nucifera*, é um resíduo agrícola com alto potencial de aproveitamento, mas com poucas ações de reaproveitamento implantadas no Brasil. Segundo Rosa et al. (2001 apud PEDROSA et al., 2015), de 80% a 85% do peso bruto do coco verde é considerado lixo. Embora orgânico, o resíduo do coco é de difícil degradação e demora mais de oito anos para se decompor completamente (CARRIJO et al., 2002 apud PEDROSA et al., 2015).

A adaptabilidade da planta foi expressiva no território nacional e o cultivo do coqueiro, *Cocos nucifera L.*, é considerado, por alguns, uma das atividades agrícolas mais importantes, gerando emprego e renda, além de fonte nutricional na alimentação. A partir dessa planta, são obtidos mais de 100 subprodutos (CUENCA, 1998 apud PEDROSA et al., 2015). Considerando o consumo do fruto, pode-se apontar que, além do líquido, consome-se o albúmen sólido, parte comestível do fruto. Carrijo (2002 apud PEDROSA, 2015) destaca que essas partes representam de 15% a 20% do que é consumido, sendo de 80% a 85% do peso bruto considerado lixo (Figura 5).

Figura 5 – Corte longitudinal do coco verde

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.4.1 Endocarpo do coco

Udhayasankar e Karthikeyan (2015 apud ARAÚJO, 2017) destaca que o endocarpo é um dos mais importantes enchimentos naturais produzidos em países tropicais, como a Indonésia, Tailândia, Malásia e Sri Lanka. Segundo o autor, o elevado teor de lignina faz com que os compósitos feitos com o endocarpo sejam mais resistentes à intempéries e, portanto, mais adequadas para aplicação em materiais de construção.

Tabela 1 – Composição química do endocarpo do Coco

Nº	Composição Química	Endocarpo
1	Celulose	26,6
2	Hemicelulose	21,0
3	Lignina	29,4
4	Pectina	27,7
5	Solventes	4,2
6	Anídridos	3,5
7	Cinzas	0,6

Fonte: Udhayasankar e Karthikeyan (2015 apud ARAÚJO, 2017).

2.5 MATERIAIS COMPÓSITOS

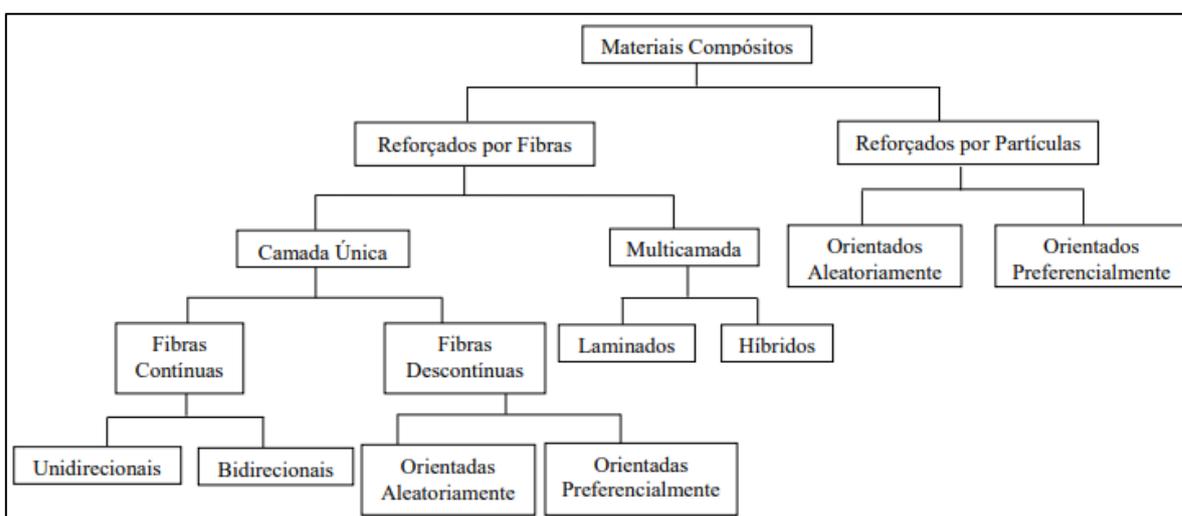
A palavra “compósito” (do inglês *composite*) significa que dois ou mais materiais são combinados, numa escala macroscópica, para formar um terceiro. O exame macroscópico desse material permite a identificação de diferentes componentes a olho nu (ARAÚJO, 2017). A mistura imiscível desses dois materiais é representada por uma matriz e um reforço, um aglutinante e aglomerante, respectivamente (FÉLIX, 2013).

A potencialidade dos compósitos já é perceptível ao visualizar os processos naturais, como na seringueira, ossos, celulose dispersa em lignina e outros compósitos naturais. Ressalta-se, nesse contexto, que a mistura dos materiais resulta em características novas, não podendo um material isolado atingir o determinado fim (AL-OQLA; ALMAGLABEH; OMARI, 2017).

Tendo em vista que os compósitos são formados por matriz e reforço, é válido apontar a evolução do uso de matrizes poliméricas, abrangendo as possibilidades cerâmicas e metálicas. Assim como nas matrizes, os reforços em compósitos poliméricos vão além do vidro e carbono, por exemplo, e a aderência às fibras naturais se dá tanto para aplicações semi ou não estruturais (MANSOR; SALIT, 2017).

A figura 6 apresenta a classificação dos materiais compósitos e os reforços utilizados:

Figura 6 – Classificação de Materiais compósitos



Fonte: Matthews e Rawlings (1999 apud SOUSA, 2013).

2.5.1 Matriz

A matriz é a parte mais aparente do compósito e age como meio de transmissão e distribuição da tensão aplicada para o reforço. Ela também funciona como proteção para as fibras ou partículas utilizadas como reforço (CALLISTER JUNIOR, 2008 apud SOUSA, 2013).

Nessa experiência, o reforço em pó foi utilizado considerando os resultados de coloração que poderiam ser alcançados, assim como para avaliar a interferência das diferentes % de cargas de PEC nessa mistura imiscível.

As resinas (matrizes poliméricas) podem ser termorrígidas ou termoplásticas, onde as primeiras endurecem durante o processo de formação e não amolecem com um aumento de temperatura. Para as termorrígidas, apenas uma temperatura excessiva causará degradação, possivelmente permanente. O processo de cura do material polimérico é um fator vital para as propriedades mecânicas finais do compósito (LOPES, 2018).

As resinas podem ser classificadas como naturais, semissintéticas e sintéticas. As resinas naturais são provenientes de origem animal, mineral e vegetal. As semissintéticas advêm de produtos naturais, modificados quimicamente. As resinas sintéticas, como a poliuretana, epóxi e o poliéster, resultam da adição e condensação (MILANESE, 2008 apud SOUSA, 2013).

2.5.2 Resina Poliuretana à base de óleo de Mamona

A resina poliuretana pode ser obtida por meio de fontes renováveis ou petróleo (SILVA, 2003). Os poliuretanos têm ótima aplicabilidade para revestimentos, protegendo os substratos nos quais eles forem aplicados (COUTINHO; DELPECH, 1999 apud SOUSA, 2013). Essa resina pode ser obtida por meio do óleo da mamona (*Ricinus Communis*), ou *Castor oil*, que é um insumo abundante no Brasil e apresenta bom desenvolvimento em regiões tropicais e subtropicais, com baixa umidade (SILVA, 2003).

Por seu caráter natural e renovável, e por ser utilizado para síntese de poliuretano, que cura a frio, torna-se menos agressivo ao meio ambiente. Podem ser aplicados como matéria prima para tintas, revestimentos e lubrificantes (MILANESE, 2008 apud SOUSA, 2013).

A resina utilizada nesta pesquisa apresenta duas configurações, sendo uma mais flexível (301) e outra menos flexível (302). Em ambas as resinas há a mistura de dois componentes (A e B), em que há a reação por meio do catalizador, por aproximadamente 3 minutos, gerando um material uniforme que, em sequência ao PEC, é adicionado e o compósito é posto para curar. As informações a seguir são resultado da leitura do rótulo e do diálogo com o fornecedor da resina:

- a) resina 301 – gel com processo de solidificação entre 20 e 30min, atinge, aproximadamente, 62/63° durante a reação dos componentes A e B e tem o processo de cura em 24h, ao natural. Também é possível utilizar a estufa em, aproximadamente, 70°-80°, durante 1-2h, acelerando o processo de cura;
- b) resina 302 – de característica mais rígida, cura mais rapidamente. Em 13min ela assume o estado de gel e após 1h pode ser tocada, sem que ela esteja viscosa. Apesar da cura mais rápida, indica-se 24h para cura total de ambas.

O potencial biodegradável do material aponta para a possibilidade de seu descarte na natureza, porém esse descarte deve ocorrer exclusivamente quando o material estiver completamente cristalizado. Isso porque o descarte desse material em forma líquida pode interferir na dinâmica do terreno, no sentido de ocorrer a cura sobre algum componente da fauna ou flora.

O fornecedor da resina tinha formação na área de química e um empreendimento, chamado ADORNO REVESTIMENTOS ESPECIAIS, que visava, nessa proposta, integrar tecnologia, ambiente sustentável e soluções estéticas, com um alto nível de personalização, bem como revestir pisos, paredes e qualquer outro elemento de ambientes residenciais.

3 DESENVOLVIMENTO DAS QUATRO ETAPAS

3.1 ETAPA 01: EXPERIMENTOS MATERIAIS

A primeira etapa baseia-se no processo de experimentações materiais, visando a caracterização do material em mãos. A caracterização consiste na identificação das potencialidades e fragilidades do material e suas possíveis aplicações (KARANA et al., 2015).

3.1.1 Produção do pó do endocarpo do coco

O processo iniciou com a coleta do resíduo em um mercado de hortifruti em Boa Viagem (Recife), no entanto a primeira coleta foi frustrada, pois o acondicionamento dos endocarpos foi inadequado, gerando mofo no material, já que ainda havia resíduos do fruto no interior. Após a segunda coleta no local, o material foi imediatamente posto em contato com o sol, o que permitiu, após aproximadamente 8 horas, o endurecimento e a retirada de todo albúmen sólido para obter o endocarpo sem resíduos alimentícios (Figura 7).

Figura 7 – Processo de secagem do endocarpo do coco para retirada do restante do conteúdo alimentício



Fonte: Acervo do autor, 2020.

O material obtido foi encaminhado ao laboratório de engenharia de minas, onde foi utilizada a máquina trituradora (Figura 8) por aproximadamente 2 minutos, diminuindo o tamanho do endocarpo. Na sequência, foi utilizado um martelo para diminuir ainda mais o material, que foi, em seguida, introduzido no moinho de facas

para viabilizar a colocação das partículas no pulverizador (Figura 9). O processo no moinho de facas durou aproximadamente 30 min e, apesar de ser uma máquina antiga, o processo aconteceu. A pulverização durou cerca de 15 min e, como resultado, foram obtidas as primeiras partículas de PEC.

Considerando os experimentos materiais realizados na FEUP houve a terceirização da granulometria na instituição, foi entregue o PEC que o pesquisador trouxe do Brasil e foi realizada a caracterização do material.

Figura 8 – Máquina utilizada para triturar inicialmente o coco



Fonte: Acervo do autor, 2020.

Figura 9 – Processo de pulverização do endocarpo do coco



Fonte: Acervo do autor, 2020.

Legenda: a) endocarpo do coco quebrado em partículas menores; b) trituração do material no moinho de facas; c) pulverização.

Houve, inicialmente, experimentos com a resina, a fim de obter um primeiro contato com o material. O processo se deu da seguinte maneira:

- a) mistura dos componentes A e B, durante aproximadamente 3 minutos, com o intuito de gerar uma mistura homogênea;
- b) em seguida, adicionou-se a porcentagem de PEC à resina e um processo de homogeneização de aproximadamente 2 minutos;
- c) dispersão do material em uma superfície cerâmica e cura ao natural.

Figura 10 – Experimentos materiais preliminares



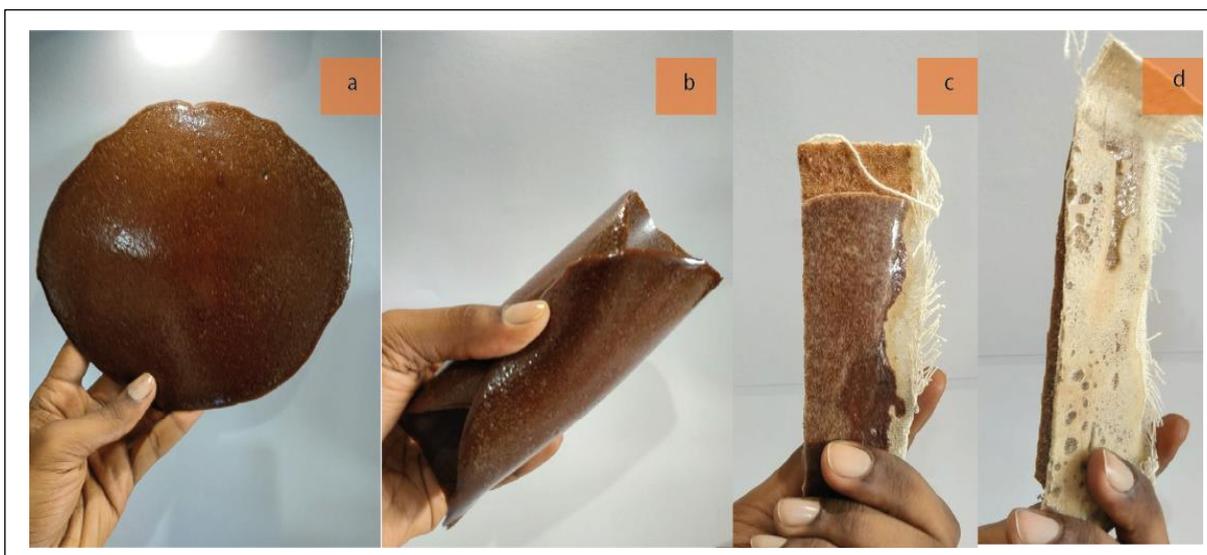
Fonte: Acervo do autor, 2020.

Notas:

Imagem à esquerda indica a mistura dos materiais e cura ao ar livre, sendo três itens, dois mais circulares e a casca do abacate revestido pelo compósito;

A imagem à direita representa a vista inferior (porosa) e superior (lisa).

Figura 11 – Experimentos materiais preliminares



Fonte: Acervo do autor, 2020.

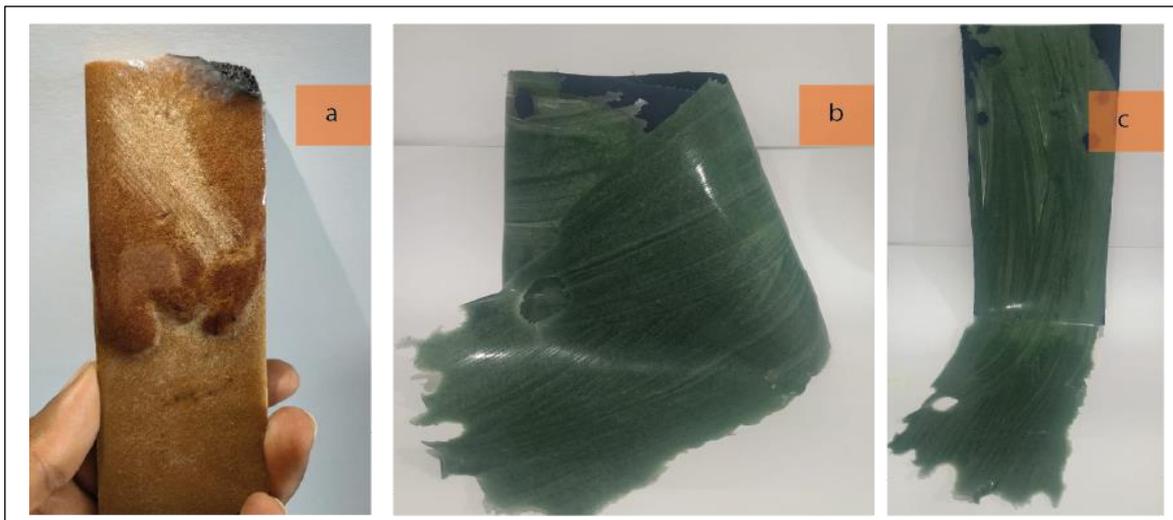
Legenda: a) brilho do material preliminar; b) maleabilidade do material preliminar; c) aplicação do material com o reforço do algodão; d) verso do material.

Os materiais (Figura 10) foram os resultados dos primeiros contatos, que apontaram a potencialidade do uso da superfície cerâmica para a aplicação do material para cura. Para todos os experimentos, foram utilizadas as proporções de 2:1 do componente A em relação ao B, onde A é a resina e B o catalisador. Também se testou a aplicação do material sobre uma casca seca de abacate, buscando visualizar a reação diante desse resíduo vegetal. Foi possível cobrir totalmente a casca e, com isso, o material apresentou maior resistência à ruptura. Ainda nessa dinâmica, (Figura 10) aponta-se o caráter poroso que o material se configura, ambos com aproximadamente 0,5 cm de espessura.

Além disso, aponta-se o brilho e a flexibilidade do material preliminar (Figura 11). Esse experimento foi resultado do mesmo processo inicial de composição da resina, adição do PEC e cura na superfície cerâmica. Um aspecto observado foi a reação do material ao interagir com o tecido (Figura 11). O processo de composição material foi realizado normalmente, como segue:

- a) após a geração da resina e a adição do PEC, o material foi aplicado sobre o tecido, que estava sobreposto à superfície cerâmica. Visualmente, o tecido filtrou a resina e concentrou a coloração marrom separada da coloração bege. A face marrom estava por cima e a bege estava em contato com a superfície cerâmica.
- b) ambos os materiais apresentaram maleabilidade alta (Figura 11), rugosidades ao serem flexionados e, no entanto, não se rompem com facilidade. A experiência como tecido aponta um caráter macio, assim como proporcionam a alta aderência do tecido à resina. Mesmo com essa alta aderência, o material e o tecido podem ser desafixados após aplicar força média, mas isso ressalta a possibilidade de reutilização desses materiais e chama a atenção para a característica de alta aderência.

Figura 12 – Teste de inflamabilidade e abrasão e experimento com espirulina em pó



Fonte: Acervo do autor, 2020.

Legenda: a) teste de inflamabilidade e abrasão; b) experimento com a espirulina em pó; c) experimento com a espirulina em pó.

Também foram realizados testes de inflamabilidade e abrasão (Figura 12) e a experiência confirmou a fragilidade da superfície. Aponta-se que, se a superfície for atingida por uma lâmina, no sentido da profundidade do material, ele não apresentará resquícios dessa incisão, caso o material seja mantido estático. No entanto, quando se trata de abrasão, o material se apresenta frágil. Destaca-se que, ao incorrer nessa ação, é retirada uma das camadas superficiais. Na figura 12 é possível observar uma alta intensidade na abrasão, mas, mesmo com o uso de uma lixa, a superfície perde brilho. Por isso, quando se trata dessa dinâmica, chama-se atenção aos acabamentos. Devem ser feitos acabamentos laterais, onde as camadas externas (de maior área) não sejam comprometidas.

Durante a pandemia, tornou-se oportuno o experimento com a carga de espirulina em pó, com o intuito de verificar as características que seriam formadas. Essa técnica foi apresentada pelos próprios fornecedores e o procedimento foi o seguinte:

- a) utilizar uma superfície de vidro e aplicar um sebo vegetal para favorecer o desmolde. Nessa experiência, foi utilizada a cera da marca Gran Prix, principalmente por conter a cera de carnaúba, indicada pelos produtores;
- b) gera-se a resina em estado homogêneo e adiciona-se o pó de espirulina;
- c) em seguida, deve-se aplicar uma camada do compósito sobre o vidro e espalhar. Nessa experiência, foi utilizado um esquadro Desetec,

considerando que a indicação inicial de utilizar um rolo pequeno de pintura não favoreceu a atividade, devido à absorção do material pela esponja. O esquadro proporcionou uma base mais estável e um resultado mais homogêneo;

- d) deve-se aguardar aproximadamente 40 min para que a resina se apresente mais viscosa. Ao tocar a resina, após esse período, ela estará mais pegajosa e pronta para receber a camada de tecido;
- e) se for necessário, deve-se passar o ferro no tecido e, caso seja outro material, o procedimento de aplicação é o mesmo. Deve-se pôr a camada têxtil suavemente e utilizar a espátula/esquadro para uniformizar esse contato;
- f) Na sequência, gera-se mais uma quantidade de resina para aplicar em cima do tecido, formando um compósito com reforço têxtil.

Caso não seja aplicada a segunda camada do compósito, é possível desafixar o tecido do material, no entanto a aderência entre ambos é forte. Isso posto, destaca-se essa característica que pode favorecer a desmembração dos itens para reciclagem, por exemplo, mas destaca-se que o material, após entrar em contato com a resina, também a absorve e, após a separação dela, não retoma ao estado virgem.

3.1.2 Ensaio físicos e mecânicos

Os ensaios mecânicos possuem como principal objetivo verificar a complexibilidade entre reforço e matriz (HUMPHREYS; GOODHEW, 1988 apud MACIEL, 2017). Em relação à integridade, são considerados ensaios destrutivos, já que provocam inutilização parcial ou total da peça. Os ensaios são baseados nas normas da *American Society for Testing and Materials* (ASTM).

O instrumento que orientou essa etapa foi a abordagem das normas da ASTM, mais especificamente as normas D638-10 e D790-17 para os testes de tração e flexão, respectivamente. Houve um desafio inicial de enquadrar o material à norma adequada, para o qual foram analisadas as normas ISO 527-1, 527-2, 527-4; as normas ASTM D3039, D-3039m-14 e D638-10, para os testes de tração; e para os ensaios de flexão, foram analisadas as normas ASTM D790-17, D790-10; ISO 14125.1998; e a ASTM D-6272.02.

3.1.3 Preparação para os ensaios

Tração consiste na aplicação de carga de tração uniaxial crescente, em um corpo de prova específico, até a ruptura. Devido ao fato desse ensaio permitir deformações uniformemente distribuídas em todo o corpo, e pela possibilidade de fazer com que a carga cresça lentamente durante o teste, pode-se medir de maneira satisfatória a resistência do material (DALCIN, 2007 apud MACIEL, 2017).

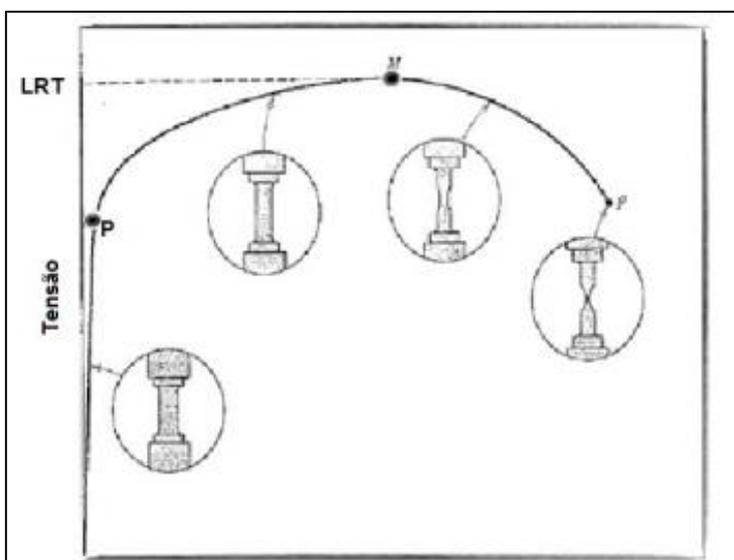
Figura 13 – Corpo de prova para ensaio de tração



Fonte: Dalcin (2007 apud MACIEL, 2017).

Segundo Callister (2000 apud MACIEL, 2017), a figura 14 mostra uma curva de tensão-deformação, no qual o ponto P exibe o limite entre a região plástica e a região elástica, ou seja, o limite no qual um material deixa de retornar ao seu estado original quando a força sobre ele é cessada e, como consequência, esse material fica deformado. Esse ponto é conhecido como limite de escoamento.

Figura 14 – Gráfico de comportamento típico da curva de tensão-deformação para ensaios de tração



Fonte: Callister (2000 apud MACIEL, 2017).

O ponto M representa a tensão máxima da curva tensão-deformação, conhecida como Limite de Resistência à Tração (LRT). É o ponto em que, caso essa tensão seja aplicada e mantida, ocorrerá a fratura. Nota-se, nesse momento, que fisicamente inicia a ocorrência de uma constrição, também chamado de "pescoço", e toda deformação subsequente fica confinada a essa região, fenômeno que é conhecido como "empescoçamento" (MACIEL, 2017). A resistência à fratura corresponde a tensão aplicada quando da ocorrência da fratura.

Outra definição importante, que o mesmo autor cita, diz respeito à ductilidade, ou seja, a medida do grau de deformação plástica que foi suportado quando da fratura. Isso irá definir se o material é frágil (não possui plasticidade) ou dúctil (MACIEL, 2017).

3.1.4 Produção dos corpos de prova

Os corpos de prova seguiram as normas da ASTM e foram compostos por meio das etapas tradicionais de preparo da resina e adição das porcentagens de 0%, 5% e 10%, em moldes de silicone disponibilizados pelo Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Serviços (LDPS). Cada corpo de prova, após a cura, foi identificado com um esparadrapo e ocorreu a aferição das medidas das peças com um paquímetro eletrônico. Cada peça direcionada aos testes de tração foram medidas em três áreas diferentes (centro e extremidades), visando coletar a média de cada corpo de prova, principalmente pelo aumento de volume após a cura, que requereu acabamentos e nivelção da superfície.

Figura 15 – Processo de pesagem, adição e micção e aplicação da resina nos moldes de silicone



Fonte: Acervo do autor, 2020.

Legenda: a) pesagem, adição e micção; b) moldes de silicone.

Figura 16 – Medição dos corpos de prova



Fonte: Acervo do autor, 2020.

Legenda: a) medição com o parquímetro eletrônico; b) corpos de prova contendo a resina 301 (os três à esquerda) e 302 (os três à direita); c) corpos de prova 301 (0%, 10% e 5%) d) expansão do volume durante a cura do corpo de prova de flexão da resina 302.

Foram preparados os corpos de ensaio para os testes de tração e flexão, no entanto os testes de flexão não foram realizados. Em diálogo com os técnicos responsáveis pela interação com os maquinários, o teste de tração foi inviabilizado, considerando que o maquinário, direcionado para testes em metais, não resultaria em um conteúdo de bom proveito. Nesse sentido, foi tomada a decisão de não continuidade e a ciência desse aspecto com antecedência poupou a perda do material que foi utilizado para os corpos de prova de flexão.

Durante o processo de cura da resina 302, foi perceptível uma variação significativa no volume dos corpos de prova 5% e 10% de PEC (Figura 16); os compósitos, ao iniciarem a cura, tinham o mesmo volume que o material puro, mas

após aproximadamente 20 min o material duplicou de tamanho. Tendo isso em vista, foi necessário realizar ajustes no material com o uso de lixa e estilete.

Figura 17 – Realização do teste



Fonte: Acervo do autor, 2020.

Após a etapa de preparação e cura, os materiais foram encaminhados ao processo de testes, sendo esses testes realizados pelos técnicos do laboratório e os dados encaminhados ao pesquisador para a sequência das análises. Nesse processo, foi importante as anotações das dimensões dos corpos de prova. Inicialmente, o técnico ajustou o material utilizando uma morsa e, em seguida, introduziu a máquina para a realização dos testes.

3.1.5 Resultados dos ensaios de tração

É importante destacar o desafio dessa etapa, por não ser parte do repertório acadêmico do pesquisador. No entanto, com a ajuda dos universitários e engenheiros do LDBS, foi possível traduzir os dados em gráficos, por meio das ferramentas do Excel. Ademais, a interação com os engenheiros foi importante, pelo compartilhamento de referências e facilitação do entendimento de conceitos da área.

Os gráficos demonstram a deformação relativa, em milímetros (mm), do objeto com pó de endocarpo de coco com porcentagens de 5% e 10% em sua

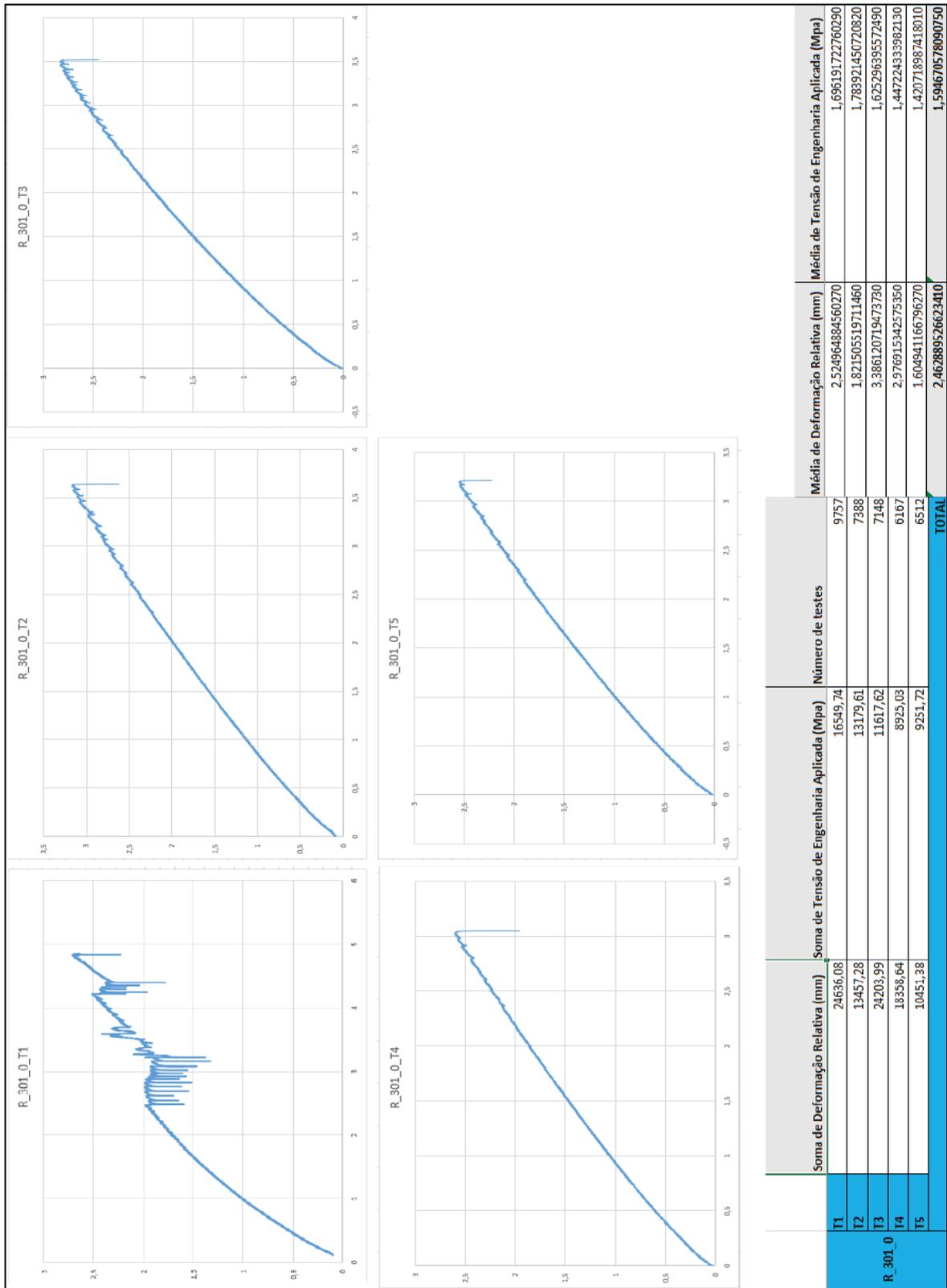
composição, em função da tensão aplicada, em Mega Pascal (MPa), sendo o eixo das abscissas (x) a tensão aplicada e o eixo das coordenadas (y) a deformação relativa.

Os dados apontam que, quanto maior a porcentagem desse pó, a resistência do material decairia com o passar do tempo e tensão recebida. Isso significa que o módulo de elasticidade, também conhecido como módulo de Young, diminui, e com a adição do PEC o material torna-se mais frágil, menos resistente à tração e com menor alongamento na ruptura.

Na seção seguinte estão apresentados, em figuras, os gráficos advindos dos cinco corpos de prova testados, assim como uma breve tabela que aponta a soma de deformação relativa, a soma de tensão de engenharia aplicada, o número de testes, a média de deformação relativa e a média de tensão de engenharia aplicada.

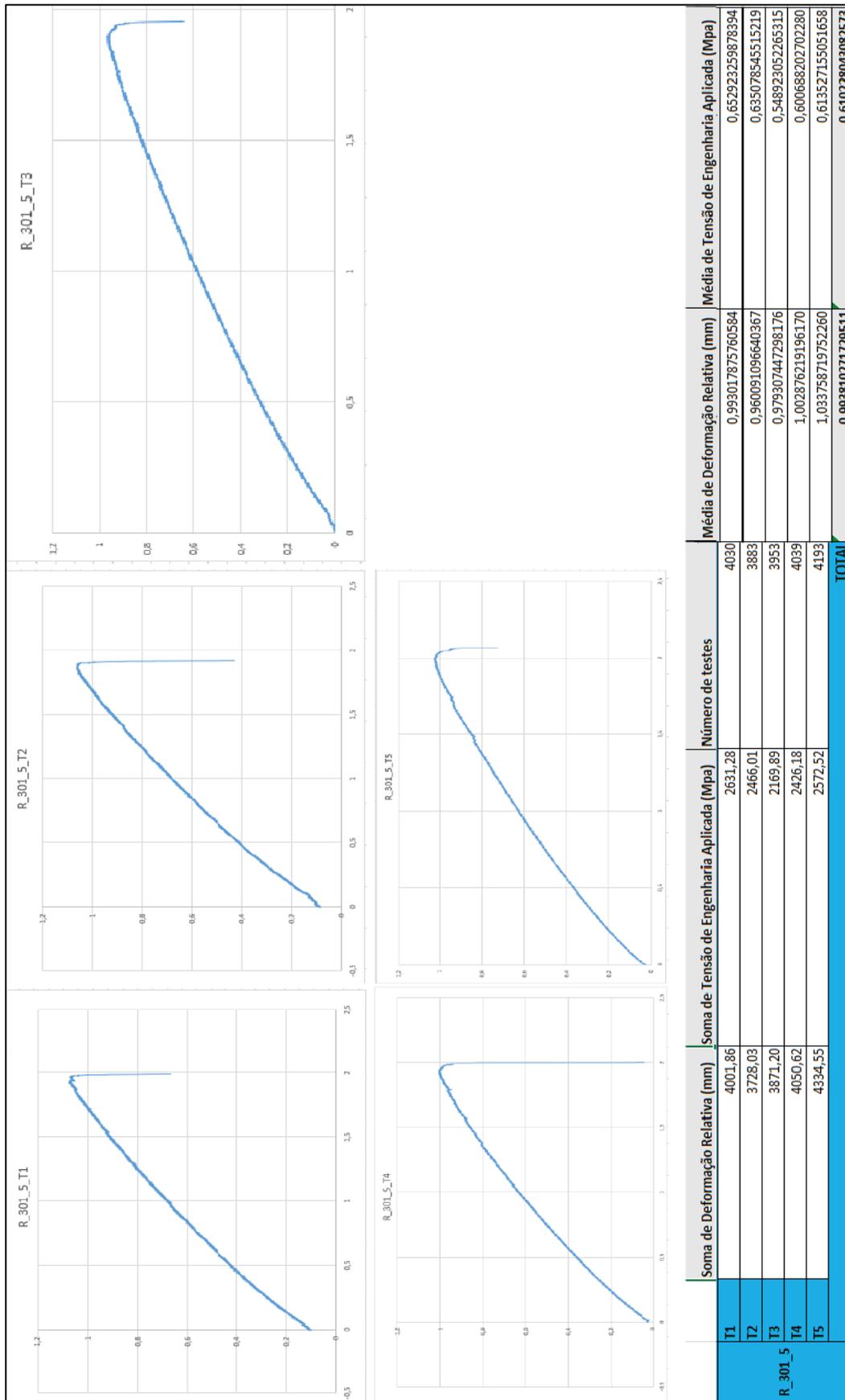
3.1.6 Apresentação dos gráficos

Figura 18 – Dados da resina 301 com 0% de PEC



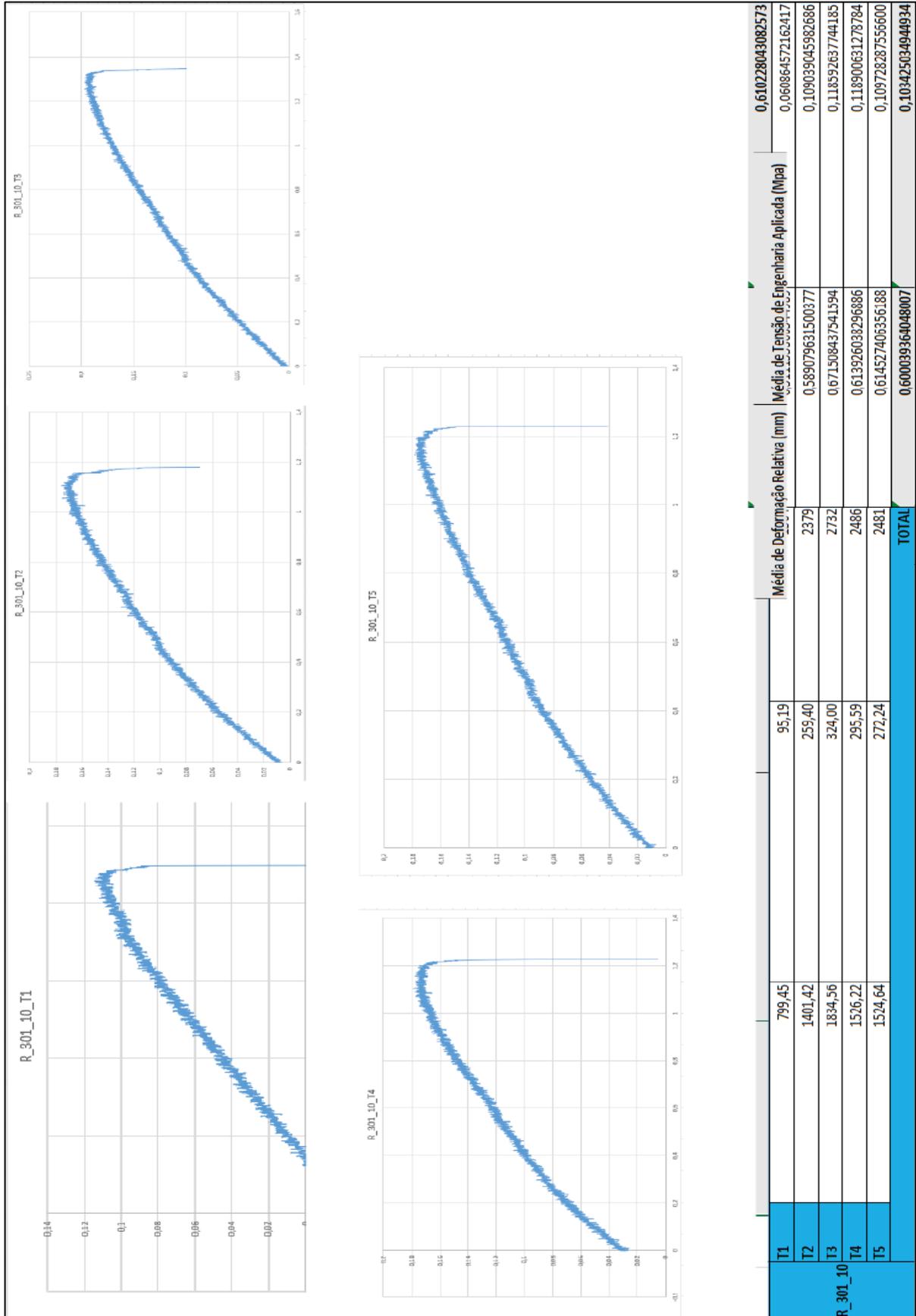
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Figura 19 – Dados da resina 301 com 5% de PEC



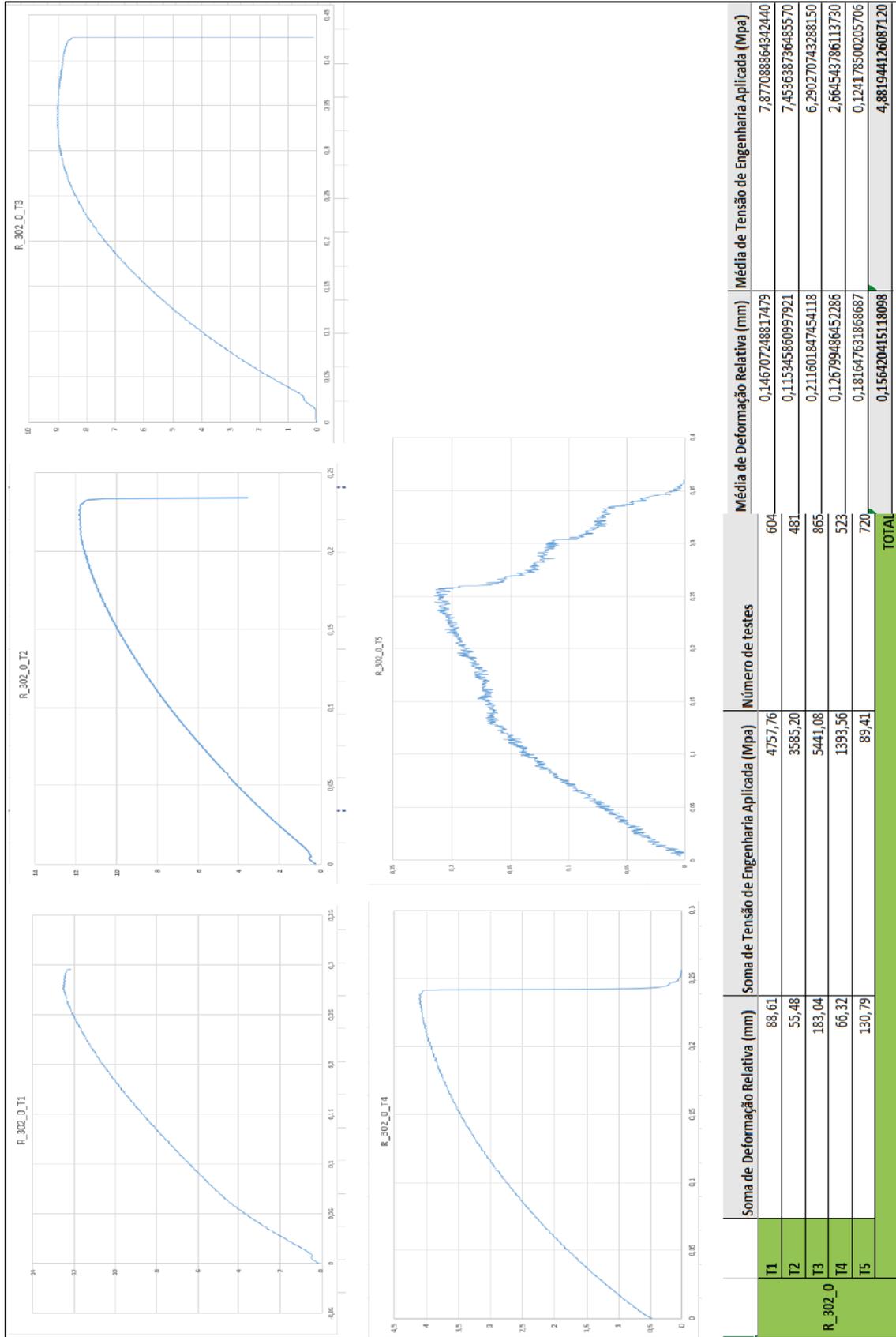
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Figura 20 – Dados da resina 301 com 10% de PEC



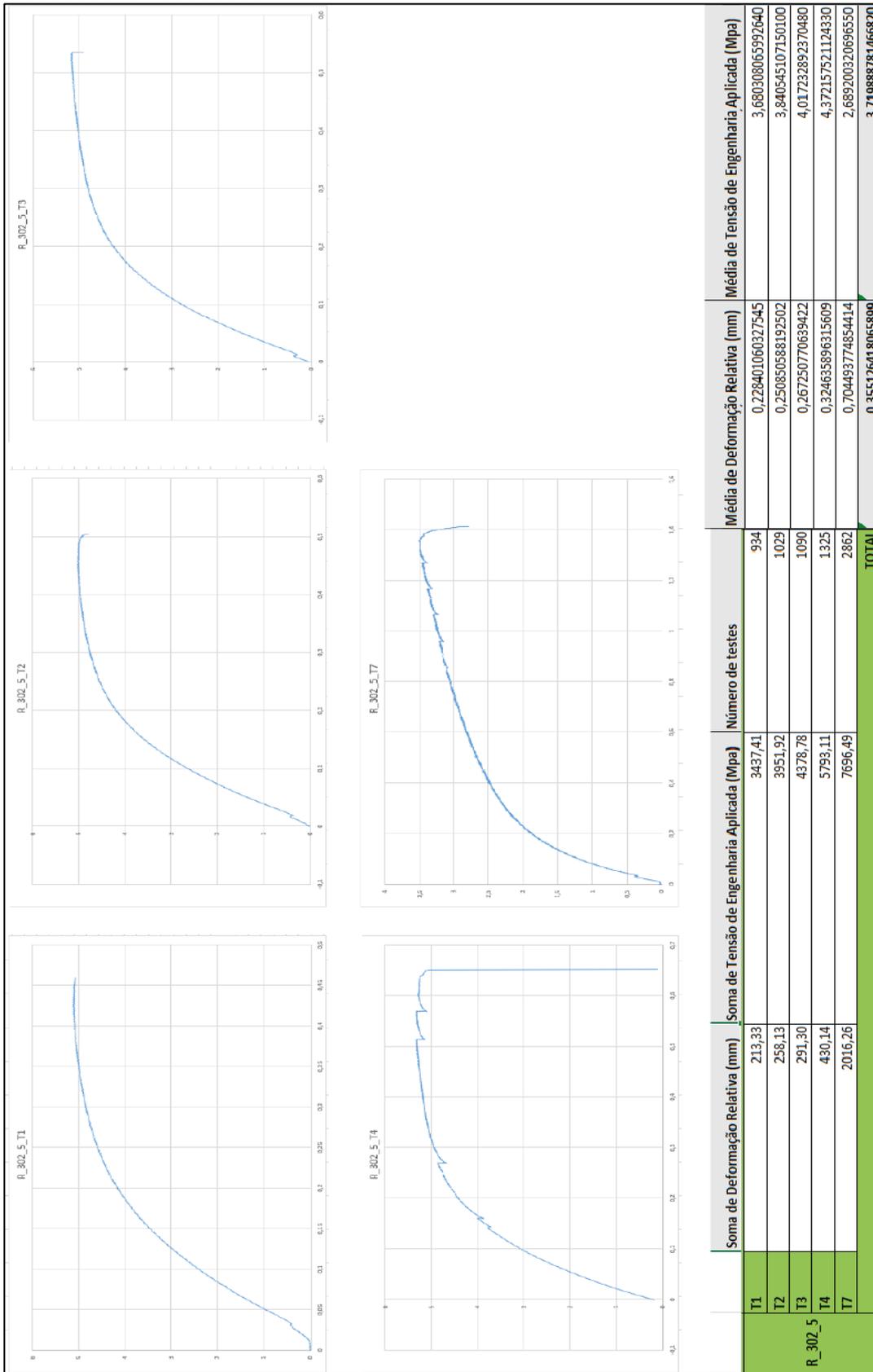
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Figura 21 – Dados da resina 302 com 0% de PEC



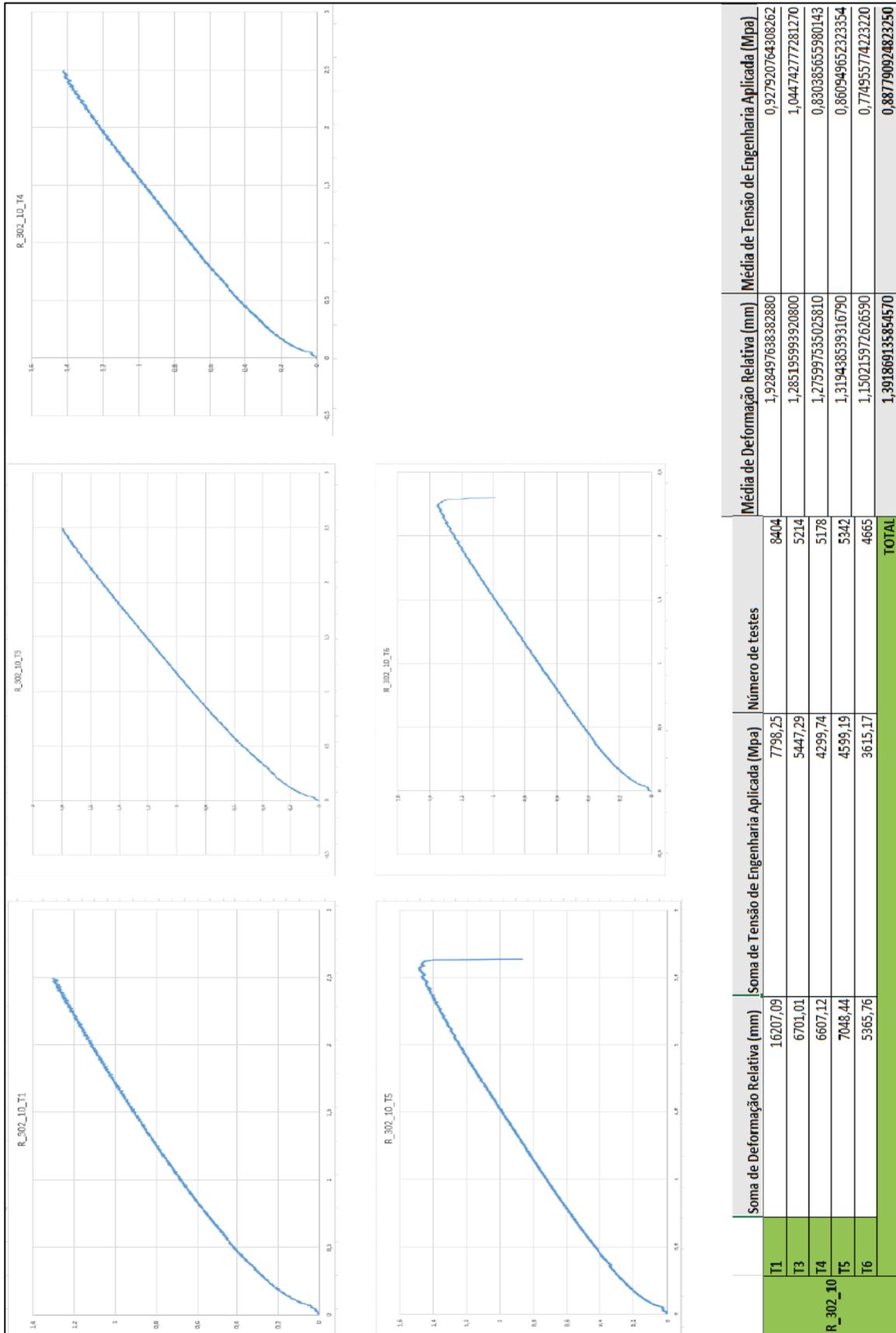
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Figura 22 – Dados da resina 302 com 5% de PEC



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Figura 23 – Dados da resina 301 com 10% de PEC



Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

3.1.7 Perspectivas adicionais às constatações mecânicas

Em complemento aos aspectos mecânicos investigados, aponta-se que o material apresenta também as seguintes características:

- a) o material que não sofreu adição de PEC é maleável e apresenta coloração amarelada;
- b) o material apresenta duas faces: a que cura em contato com a superfície cerâmica apresenta caráter mais fosco, e a oposta expõe maior brilho;
- c) as proporções de 5% de PEC apresentam uma coloração muito similar nas resinas 301 e 302, sendo uma coloração marrom com menor intensidade que com 10% de PEC;
- d) a maleabilidade das peças é notória, apesar da 302 ser menos maleável, considerando a natureza da resina;
- e) a característica expansiva que a resina 302 alcança proporciona ao material maior maciez;
- f) a porosidade é um aspecto notório no material, menos presente na resina 301. Essa característica faz com que a fricção com a pele seja mais grosseira do que a experiência com a resina 301 com 0% de PEC. Apesar da resina 302 também apresentar certo grau de flexibilidade, notoriamente inferior à resina 301, o material não responde positivamente à fricção cutânea.

3.2 ETAPA 02: CRIAR VISÃO DE EXPERIÊNCIA MATERIAL

Materiais disponíveis, no âmbito industrial, com caráter residual, vêm sendo cada vez mais evidenciados. Essa seção alimenta o processo de investigação material proposto pelo MDD (KARANA et al., 2015), que visa a conceituação do material e sua contextualização no mundo. Introduce-se, inicialmente, um *benchmarking*¹, visando destacar aplicações residuais vegetais e experiências que propõem a utilização de matérias primas de fontes renováveis. Em seguida, apresenta-se o contexto vegano, inserindo essa proposta material em um universo mais específico.

¹ Avaliação de mercado; etapa do método MDD (KARANA et al., 2015).

3.2.1 Pesquisa de Mercado

Silva Júnior et al. (2019) apresentam uma jaqueta advinda de fibras de celulose (Figura 11). O projeto da designer de moda Suzanne Lee, uma das pioneiras no uso de celulose bacteriana como base para o crescimento têxtil, tem como ponto de partida a produção das fibras por meio de bactérias crescidas em banheiras contendo folhas de chá Kombucha.

Figura 24 – Experiências que propõem a utilização de matérias primas de fontes renováveis



Fonte: Adaptado de Silva Júnior et al. (2019).

Legenda: a) Aplicação em jaqueta do processo de celulose bacteriana (Suzanne Lee); b) Light Design e cogumelos (Danielle Trofe); c) óculos de serragem de madeira e resina de mamona (zerezes); d) experimentos com o processo de cultura bacteriana (Suzanne Lee).

Lefteri (2013) apresenta o projeto de Suzanne Lee e explica que à medida que as bactérias digerem o açúcar, em um período de duas ou três semanas, uma camada de celulose pura se forma e a variação do tempo determina a espessura do material.

Apesar do produto ainda não estar disponível comercialmente, a proposta é muito inovadora, sendo uma alternativa à “cultura tradicional de plantas que estão sempre precisando de algodão” (LEFTERI, 2013, p. 60), também por ser compostável e permitir o uso do descarte doméstico como insumo material.

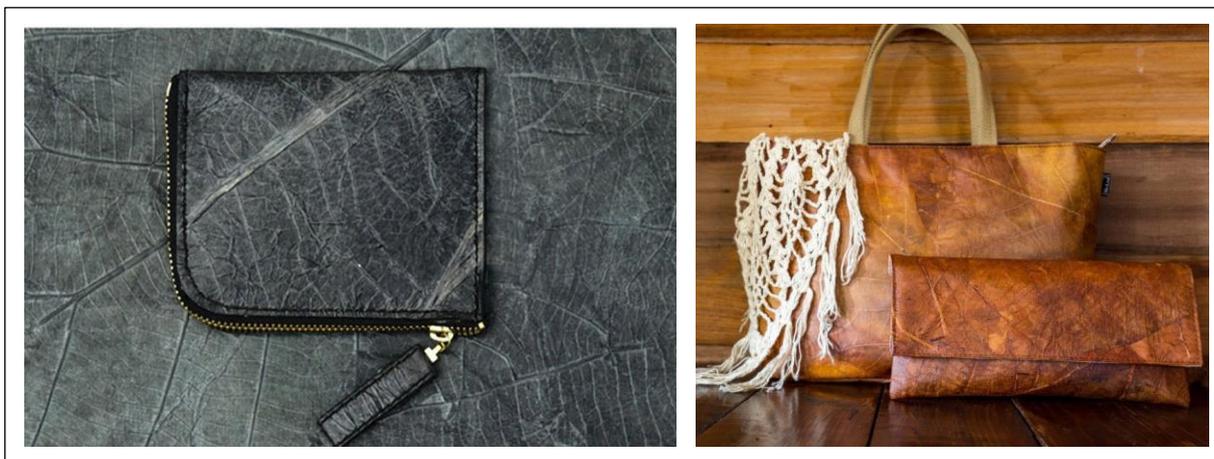
Lefteri (2013) destaca a produção diferenciada desse material, que ocorre em uma etapa, diferente dos processos convencionais que passam por processos de extração, conversão em grânulos etc. Apesar de ainda não ser à prova d'água, esse material é atóxico, compostável, passível de controle da espessura, passível de ser colorido por vegetais e frutas, antimicrobiano, não produz descartes, produzido em uma única etapa e bem aceito pelo consumidor por conta do fator ecológico.

3.2.2 Abordagens mercadológicas (benchmarking):

3.2.2.1 “Couro” produzido com Folhas

A fábrica da Nuvi Nomad fica em Chiang Mai, na Tailândia, e a sede em Frankfurt, Alemanha. A empresa afirma que o princípio fundamental do empreendimento é criar o melhor produto, sem causar danos, ao mesmo tempo em que usa a moda para inspirar responsabilidade social e ambiental (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO VESTUÁRIO DO DISTRITO FEDERAL, 2018). O material é feito à mão com as folhas de teca, escolhidas em um processo seletivo, que são tingidas pelos artesãos locais com cores não tóxicas e depois seladas e refinadas pela técnica inovadora da marca. O resultado é um produto elegante, leve, durável, resistente à água e sujeira, antifúngico, disponível em várias cores e livre de produtos plásticos e animais.

Figura 25 – Produtos em “couro” produzido com folhas da empresa Nuvi Nomad



Fonte: Sindicato das Indústrias do Vestuário do Distrito Federal (2018).

3.2.2.2 “Couro” produzido com folhas de oliveira

O couro curtido de folhas de oliveira custa 10% a 20% mais do que o couro convencional. Mas, especialmente na Europa, é crescente o número de consumidores que estão dispostos a pagar mais pela proteção ambiental. Um fabricante de automóveis alemão já está usando o couro para seus assentos de carro e a marca Thies lançou sua linha de calçados feitos com o “couro de azeitonas”.

Figura 26 – Calçado produzido a partir do “couro de azeitona”



Fonte: Cunha (2018).

3.2.2.3 Material produzido com resíduo de Batata

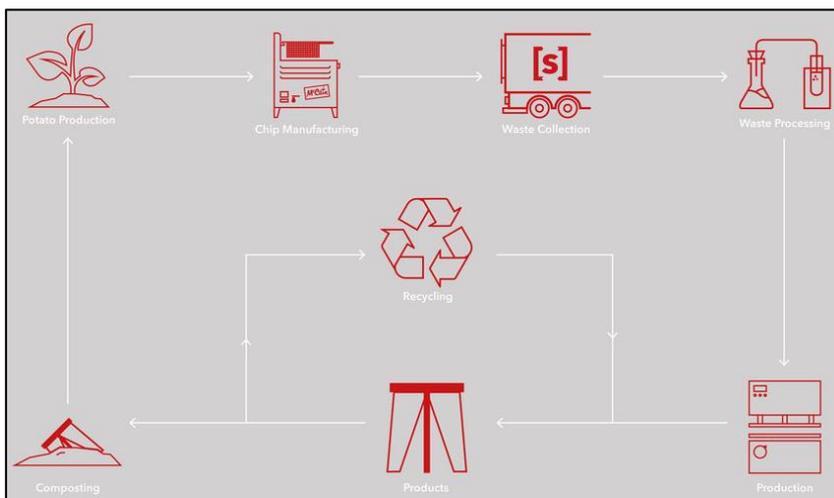
A Chip[s] Board® é uma empresa cujo processo produtivo baseia-se no desenvolvimento de materiais duráveis, recicláveis e biodegradáveis, não contendo toxinas químicas e projetados para aplicar de forma mais incisiva a dinâmica de economia circular aos materiais. Aborda-se, por meio da economia circular, a combinação de pesquisa e inovação, visando maximizar a utilização de recursos abundantes na atualidade, estimulando a discussão acerca da melhoria das condições do planeta.

Figura 27 – Materiais produzidos pela Chip[s] Board®, em diferentes pigmentações



Fonte: Chipboard (2020).

Figura 28 – Processo de economia circular proposto pela Chip[s] Board®



Fonte: Chipboard (2020).

3.2.2.4 Fibras advindas do resíduo de Laranjas

A Orange Fiber é uma empresa italiana, fundada em 2014, que desenvolve tecidos a partir dos resíduos da laranja, o “bagaço”, com a intenção de proporcionar elegância e materiais refinados, adequando-se aos padrões de excelência da indústria têxtil italiana. Na figura 29 é apresentada a colaboração com a marca de moda de luxo Salvatore Ferragamo, apontada pela Orange Fiber como a primeira parceria a adotar esse tecido de origem vegetal.

Figura 29 – Peça da Salvatore Ferragamo, em parceria com a Orange Fiber



Fonte: Orange Fiber (2019)

3.2.2.5 Tecido produzido com resíduos de maçã

Considerando a diminuição dos recursos naturais – especialmente fibras que exigem mais energia, como o algodão – e o impacto ambiental de fibras à base de petróleo, como acrílico, poliéster, nylon e elastano, a Happy Genie defende que a indústria têxtil e de vestuário deveriam procurar alternativas sustentáveis. Tanja Schenker, fundadora da Happy Genie, acrescenta, porém, que o caminho da ideia até material acabado não foi fácil. O processo durou cerca de um ano.

Figura 30 – Bolsas da empresa Happy Genie



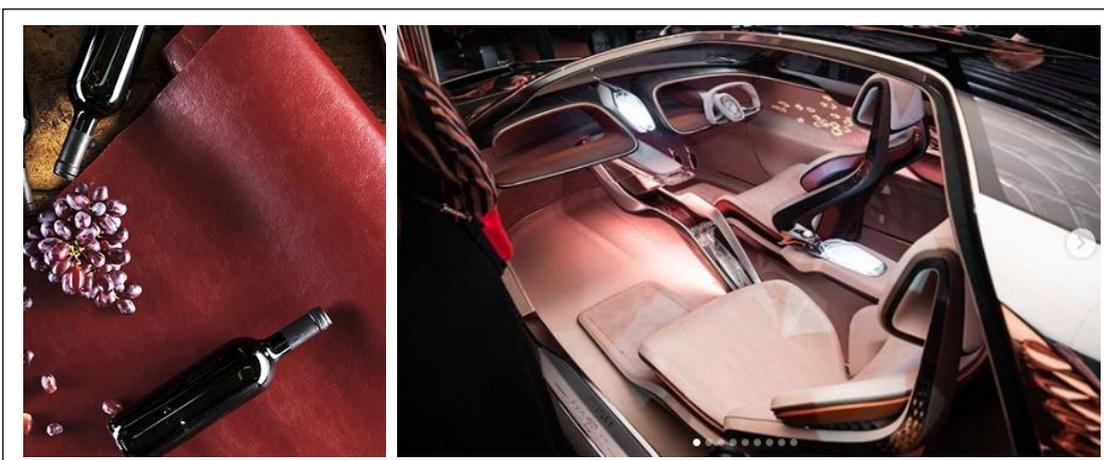
Fonte: Happy Genie (2020).

3.2.2.6 Material produzido com resíduos de Uvas

Fundada em 2016, a VEGEA é uma empresa italiana que propõe o laço entre a química e a aquicultura para o desenvolvimento de produtos sustentáveis. Essa proposta, desenvolvida pelo arquiteto italiano Gianpiero Tessitore, surgiu da sua inquietação acerca da falta de alternativas ao couro para a indústria da moda e de

móveis. Buscando soluções que não incorressem em crueldade animal e que fossem sustentáveis, começou pesquisas em 2014 e desenvolveu o *Wine Leather*. O material é feito a partir dos resíduos descartados na produção de vinho, como sementes, cascas e talos da uva. Considerando a alta produção de vinho na Itália, o resíduo também se torna abundante e transforma-se em matéria prima. É válido apontar que esse material é processado sem utilizar água, ácidos ou outros componentes químicos. O bagaço é separado, desidratado e prensado com algumas substâncias e óleos que permitem a similaridade com o couro animal.

Figura 31 – Aplicação do tecido à base de resíduos de uva no modelo Bentley EXP 100 GT



Fonte: Vegea Company (2019)

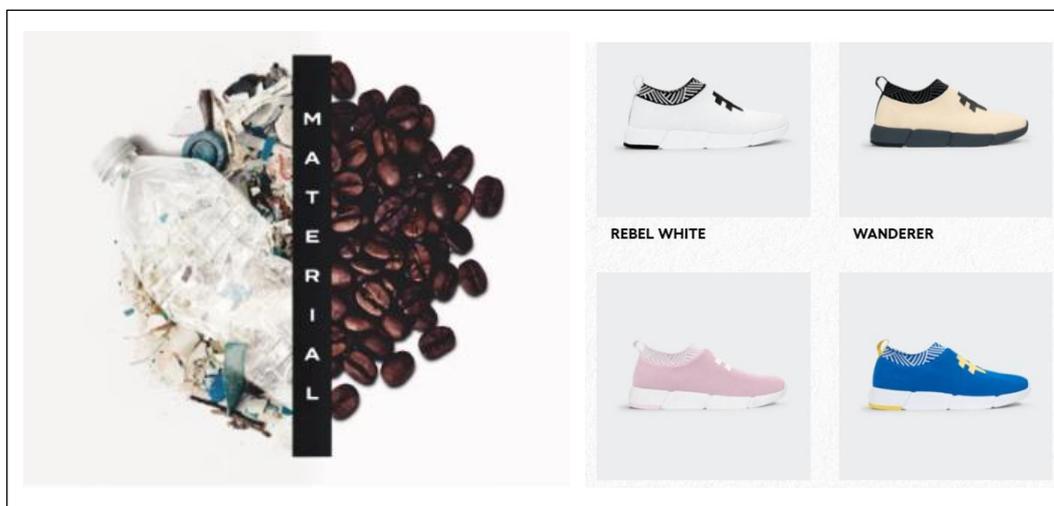
3.2.2.7 Calçado produzido com polímero advindo dos oceanos e resíduo de café

A startup finlandesa Rens Original desenvolveu um sapato antiderrapante, impermeável e resistente aos odores, feito de borra de café e plástico reciclado. Cada par é feito de 300g de borra de café de origem local. A borra é seca, pulverizada e misturada com plástico reciclado, pós-consumo, para criar um fio flexível, que, por sua vez, é à prova de odores, antibacteriano, de secagem rápida e bloqueador de luz UV. O fio é então tricotado para fazer o cabedal do sapato.

Apesar de serem tricotados, os calçados passam pela impermeabilização chamada membrana *AquaScreen Tech*, ao invés de usar um revestimento ou tratamento. A tecnologia permite que o ar passe, mas protege contra a penetração de água. Os sapatos são tão impermeáveis quanto botas de borracha, no entanto não favorecem a ventilação dos pés, problema que é solucionado pelos fios de café,

que absorvem a umidade que facilmente se dissipa, devido à secagem rápida, além do café ser a prova de odores.

Figura 32 – Sapato desenvolvido a partir da borra de café e plástico reciclado



Fonte: Rens (2020).

3.2.2.8 Camisa produzida com resíduo de leite

A Mi Terro é uma empresa que introduziu no mercado uma abordagem com o reaproveitamento do resíduo do leite, assim como comercializa um modelo de bolsa feito de cortiça. O processo para o desenvolvimento da camisa começa pela obtenção dos resíduos de leite, que são fermentados e depois desnatados, removendo seu conteúdo de gordura. Em seguida é desidratado, resultando em um leite em pó, que é purificado para remover todas as substâncias que não sejam uma proteína natural, conhecida como caseína. A caseína em pó é imersa em álcalis, produzindo uma solução que é passada através de uma fieira para criar fibras. O ácido sulfúrico é então usado para remover o álcali das fibras, que são finalmente esticadas e fiadas em fio, numa fábrica na China (MI TERRO, 2020).

Feita a partir desse fio, a Mi Terro diz que sua *Limitless Milk Shirt* é lavável na máquina, tem toque suave, semelhante a seda, além de ser antibacteriana, resistente a rugas, hidratante, bloqueadora de UV e elástica em todas as direções. Além disso, o tecido da camiseta, supostamente, permite um fluxo de ar otimizado, ajudando a manter o usuário frio e não exalando (aprisiona) odores. De acordo com a Mi Terro, cada cinco camisetas representam um copo de leite que seria desperdiçado.

Figura 33 – Modelo da camisa à base de leite e bolsa à base de cortiça



Fonte: Mi Terro (2020).

3.2.2.9 Compósito de fibra natural aplicado à indústria

A empresa BComp – *Composite Reinforcements* – apresenta uma abordagem para o uso de fibras naturais na fabricação de peças de alta performance, por meio de estruturas leves, materializadas pelos *grids* de compósitos naturais. A tecnologia tem inspiração biomimética, pela referência às veias das folhas e a rigidez e peso mínimo que alcançam. Dessa forma, o projeto busca desenvolver estruturas com nervuras, para proporcionar essa alta performance desejada. Defendem que pode ser utilizada como substituição ou reforço às fibras de carbono, em modelos *sport*, assim como para proporcionar maior leveza às partes internas de veículos.

Em adição, um estudo realizado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos aponta que, recentemente, as montadoras vêm se mostrando interessadas na incorporação de compósitos de fibras naturais nas partes interiores e exteriores dos veículos. Essa ação visa atingir dois objetivos: a diminuição do peso do veículo, aumentando a eficiência do combustível; e também progredir com as demandas sustentáveis do processo de fabricação. Empresas como Mercedes Benz, Toyota e Daimler Chrysler já fazem uso dessa alternativa material e visam a expansão de seu emprego (WESTMAN et al., 2010).

Figura 34 – Veículo exposto o material desenvolvido pela Bcomp



Fonte: BComp (2020).

3.2.2.10 Pinhatex – Fibra de Abacaxi

Sobre o ponto de vista de atuação social, econômica e ambiental, a empresa Ananas Anam será destacada. Carmen Hijosa, uma especialista em artigos de couro, em consultoria com a indústria de couro Filipina na década de 90, chocou-se com a devastação ambiental gerada pela indústria do couro e por meio de pesquisas, visando valorizar a produção local, foi desenvolvido um material a partir das fibras do abacaxi: o pinhatex. Um ponto importante é a visão sobre os produtores, considerando que a marca defende e atua juntamente com as comunidades, objetivando o bem estar e o desenvolvimento delas, possibilitando, por exemplo, a utilização de uma máquina para que, no processo de decorticação, sejam aproveitados o máximo de resíduos possível.

Figura 35 – Aplicação da pinhatex e imagem de um trabalhador local das Filipinas



Fonte: Ananas Anam (2017).

O tecido Piñatex, produzido pela Ananas Anam (Figura 35), é uma alternativa ao couro, feita a partir de fibras de celulose extraídas de folhas de abacaxi. Segundo a empresa, não são necessários recursos ambientais adicionais para a matéria-prima e não há produtos químicos, usados na produção, na lista *Cradle 2 Cradle* de substâncias proibidas. Eles vivenciam a “produção em circuito fechado”, no qual a biomassa residual das folhas é usada como fertilizante ou biocombustível natural. Além disso, a malha não tecida é biodegradável.

Cunha (2015) acrescenta, em seu blog Stylo Urbano, outros exemplos de materiais que utilizam resíduos como insumo:

- a) SeaCell, produtora de fibras derivadas da polpa da madeira (Liocel) e algas: segundo os produtores, o material contém propriedades anti-inflamatórias, para a pele, e estimulantes do metabolismo. Oferecem, também, um colchão cuja tampa removível contém partículas microscópicas de fibras de algas marinhas, supostamente auxiliando na regeneração das células;
- b) A SwicoFil produz tecidos com o resíduo do tofu, sendo uma alternativa 100% biodegradável. A proteína de soja é liquefeita e, em seguida, esticada em fibras longas e contínuas que são cortadas e processadas como qualquer outra fibra de fiação. Porque a soja tem alto teor de proteína, o tecido é muito receptivo a corantes naturais, sem a necessidade de corantes sintéticos. O material é macio e mais resistente que a seda e o algodão;
- c) O tecido de urtiga pode ser o tecido mais sustentável de todos. Ele produz uma fibra têxtil excepcionalmente forte, elástica, suave e naturalmente retardadora de fogo. O uso de urtigas para tecido remonta à Idade do Bronze, na Dinamarca, onde as fibras de urtiga foram encontradas em locais de sepultamento. A urtiga é muitas vezes considerada uma praga, pois crescem em áreas muitas vezes inadequados para outras culturas, sem a necessidade de pesticidas, herbicidas ou muita água. Quando a urtiga é misturada com o linho, o tecido se torna naturalmente antibacteriano e resistente ao bolor.

3.2.2.11 Impressão 3D

Os materiais residuais também se integram como parte do insumo para produção de filamentos para impressão 3D. Um projeto desenvolvido pelo arquiteto Carlo Ratti permite a produção do suco e o acúmulo das cascas da laranja para,

posteriormente, serem secas e trituradas, obtendo-se um pó que será adicionado de ácido polilático (PLA), gerando, dessa forma, bioplásticos. Esse processo resulta em um filamento que pode ser aquecido e derretido pela extrusora da impressora 3D, que é posicionada dentro do espremedor, possibilitando a impressão de copos com esse material (VALDIVIESO, 2019).

Figura 36 – Projeto para produção de suco e impressão 3D



fonte: Valdivieso (2019).

3.2.2.12 Microrganismos e resíduos gerando bioplástico polihidroxialcanoato (PHA)

A startup Genecis utiliza microrganismos como meio para reciclar resíduos alimentícios e transformá-los em bioplástico PHA: poliésteres produzidos na natureza por inúmeros microrganismos, incluindo fermentação bacteriana de açúcares ou lipídios. A empresa aponta que, atualmente, o PHA é feito com insumos ainda onerosos, como milho e cana de açúcar, e defendem que os custos podem ser drasticamente reduzidos com a utilização de resíduos alimentícios. Outro potencial apresentado é que, ao combinar o PHA ao poliácido láctico (PLA), outro tipo de bioplástico, é possível gerar filamentos para impressão 3D.

O grupo é formado por engenheiros, bioquímicos e de automação, e nessa dinâmica apresentaram o primeiro produto da startup, o PBVs, um plástico biodegradável de alta qualidade, utilizado para produzir embalagens com alta resistência térmica, recipientes compostáveis de café e filamentos para impressão 3D.

Figura 37 – Genecis bioplásticos: conversão de resíduos alimentares em plásticos biodegradáveis e outros materiais de alto valor



Fonte: Genecis (2020).

3.2.3 Conclusão da etapa 02

Os exemplos apresentados não representam a totalidade de empresas que abordam a temática, mas a partir dessas perspectivas é possível inferir alguns pontos importantes para concluir a etapa 02:

- a) a utilização de resíduos vem mudando a perspectiva de como as empresas lidam com os materiais e produtos;
- b) conseqüentemente, os consumidores passam a ser apresentados a novas possibilidades, gerando um cenário onde se torna propícia a inovação social;
- c) a diversidade de resíduos utilizados desperta a atenção para as oportunidades residuais nas localidades. O material da Vegea solidifica isso. Gera-se, nesse sentido, um estímulo ao desenvolvimento local;
- d) a inovação promovida pelas impressões 3d é uma grande contribuição para os avanços materiais.

Figura 38 – Compilação da pesquisa de mercado (benchmarking)

Projeto/Empresa	Resíduo Utilizado	Produto desenvolvido	Produtos no Mercado	Biodegradavel
Nuvis Nomad 	Folhas	Acessórios	Sim	—
Olivenleder 	Azeitonas	Revesimentos Acessórios	Sim	—
Orange Fiber 	Laranja	Produto têxtil	Sim	Sim
Chipboard 	Batata principalmente	Não	Não	—
Happy Genie 	Maçã	Acessórios	Sim	—
Vegea 	Uvas	Revestimento	Sim	Sim
Rens Original 	Borra de café e PET (oceanos)	Tênis	Sim	—
Mi Terro 	Leite	Acessório e vestuário	Sim	Sim
B comp 	Compósito fibra natural	Área Automobilística	Sim	—
Pinhatex 	Abacaxi	Acessórios, calçados, vestuário	Sim	—
3dnatives 	Laranja	Copos comestíveis 3Dprint	Feira	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3.3 VEGANISMO

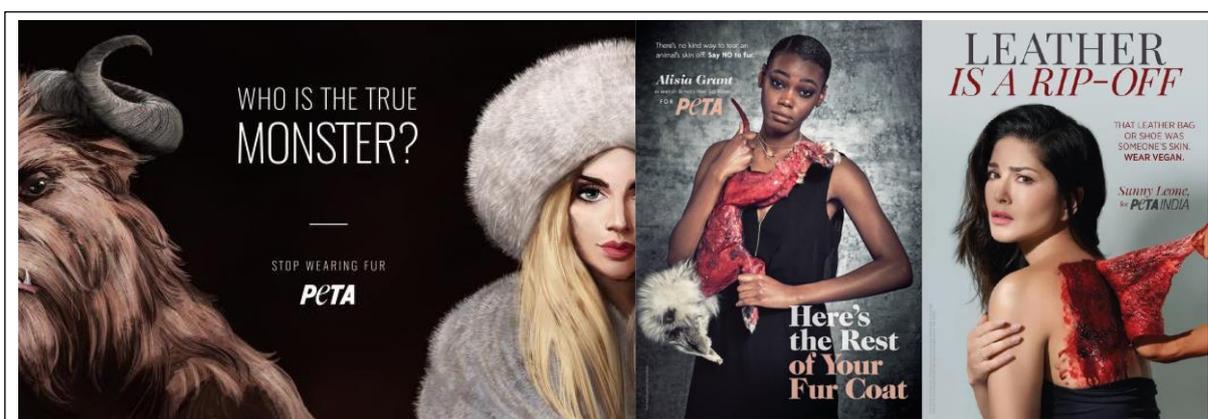
O contexto de produção sofreu múltiplas influências durante o início do segundo milênio, quando foi notória a atenção aos aspectos ambientais e

econômicos, relacionados aos hábitos industriais. O veganismo é apontado como resultado de uma configuração social, que também passa a ser incluída no contexto produtivo. A atenção a essa temática vem causando controvérsias, tendo em vista que defendem hábitos de relações entre os seres vivos de forma menos parasita.

A partir de novos requisitos, as oportunidades de materialização na área projetual são estimuladas não somente na área de design de produto, mas também serviços, estratégia e outras esferas. O veganismo prospecta-se em direção a propostas menos danosas ao meio ambiente, assim como pela geração de soluções tecnológicas e belas, contudo a erradicação do sofrimento animal é o cerne da abordagem.

A *People for Ethical Treatment of Animals* (PETA), a maior organização de proteção animal do mundo, é reconhecida por sua influência sobre grandes marcas de moda, devido ao seu ativismo, que evidencia os maus tratos gerados pela indústria. Através de diversos tipos de ações e materiais gráficos (Figura 39), o grupo chama a atenção aos aspectos ambientais, assim como para banir o uso dos animais como insumo para produtos, testes cosméticos e fins de entretenimento, estimulando também a geração de novas alternativas para a eliminação do uso de animais.

Figura 39 – Campanhas da PETA



Fonte: People for Ethical Treatment of Animals (2020).

Além dos fins citados acima, a abordagem alimentícia é uma das grandes temáticas do século XXI, tendo em vista que, segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change*, a relação com a agricultura é uma grande influência para as causas das mudanças climáticas. Cerca de “23% dos gases de efeito estufa emitidos advém da agricultura, pecuária e florestas”, necessárias para manter o sistema (PYTEL,

2019), evidenciando a influência da relação com os tipos de cultivo, origem alimentar e logística na reconfiguração de hábitos sociais.

Essa abordagem, que defende erradicar o uso de animais, é complexa, pois envolve um dos “insumos” componentes da base para o desenvolvimento social do homo sapiens.

Atualmente, o Centro das Indústrias de Curtume do Brasil (CICB) informa que “o setor do couro emprega mais de 50 mil trabalhadores e, parte desse contingente, dedica-se exclusivamente a ações para reciclagem de águas, descarte adequado de resíduos e melhora de processos”, defendendo que essas ações têm gerado impactos significativos (CICB, 2019).

Cardoso e Lopes (2015) descrevem o uso primordial na região semiárida, onde o couro era utilizado na confecção de “gibões, chapéus, cantis, e uma gama de outros apetrechos de trabalho, indispensáveis para que o campear do gado fosse realizado”. A partir desse material, os indivíduos produziam obras de arte e empregavam-no aos mais diversos artigos da residência. Ademais, a prática se efetivou como parte da construção cultural local.

Manzini e Vezzoli (2011) destacam a relevância de pesquisas que visem o desenvolvimento de novos materiais, buscando mitigar o impacto ambiental, bem como aspectos relativos ao consumo, enfatizando a necessidade de rompimento com padrões anteriores, que alinhavam o bem estar social ao consumo de produtos industriais. Observa-se o crescimento de projetos de produtos que visam trazer consonância entre o consumo e a resiliência ambiental, que corresponde, segundo Vezzoli (2010), à dimensão ambiental da sustentabilidade.

Esse complexo cenário, apresentado ao campo do design, requer a investigação dos méritos do veganismo sem rejeitar a história construída com o apoio da indústria do curtume. Faz-se necessário compreender, também, que ambas as indústrias têm problemáticas e, nesse sentido, busca-se incentivar a discussão acerca da forma como o mercado pode ler o cenário atual de oportunidades de desenvolvimento material.

3.3.1 O especismo

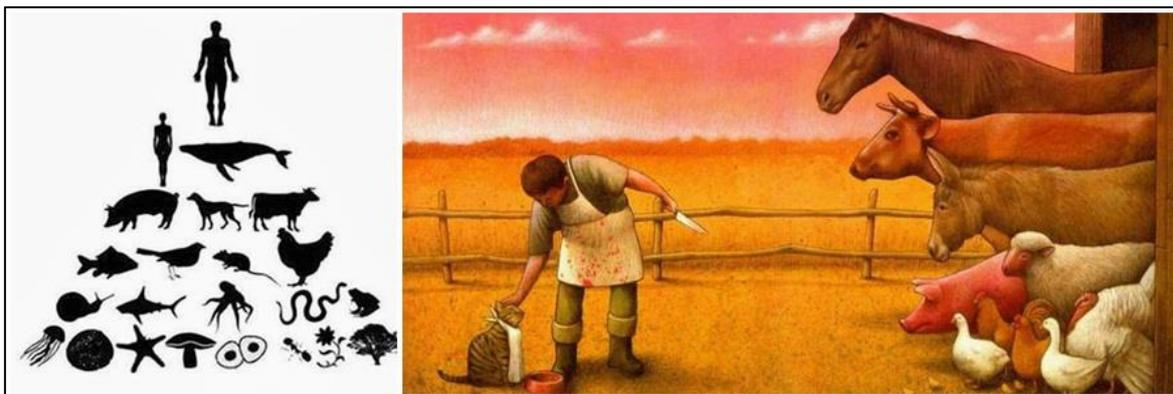
A PETA defende que o “o especismo é uma crença equivocada de que uma espécie é mais importante que outra. Essa mentalidade tóxica está profundamente

arraigada em nossa sociedade e resulta em todos os tipos de consequências negativas”. O grupo ativista também faz referência ao livro “Animal Liberation”, do autor Peter Singer, publicado no ano de 1975. O material foi considerado um conteúdo filosófico impactante e um marco no que se refere ao diálogo acerca do relacionamento do homo sapiens com os demais animais.

A Doutora Sônia Felipe aponta as problemáticas da relação do homo sapiens com os demais animais do reino animalia. Sua pesquisa tem como foco as implicações éticas, ambientais e nutricionais do consumo do leite bovino e, para fins desta pesquisa, compreende-se válido o entendimento acerca do sofrimento animal, na ótica da Dra. Sônia:

O princípio da igual consideração de interesses semelhantes elaborado na ética prática animalista, iniciada na metade da década de 70 do século XX, em Oxford, pelo jovem estudante de Filosofia, Peter Singer, ao mesmo tempo em que a revolução verde colhia seus primeiros sucessos -, exige a incorporação da dor e do sofrimento dos animais não-humanos à reflexão ética. Segundo esse princípio, os interesses fundamentais dos animais não-humanos são tão relevantes para eles quanto o são os nossos, para nós. Não há distinções especistas entre direitos fundamentais quando se trata de seres sencientes, isto é, cientes de sua dor e capazes de sofrer (FELIPE, 2013, p. 1).

Figura 40 – Homocentrismo e especismo seletivo



Fonte: Felipe (2013).

A autora, por meio de palestras e de seu livro Galactolatria, destaca que os bastidores da indústria dos laticínios são totalmente diferente do design gráfico vendido nas redes alimentícias. Processo esse que submete a vaca à um sofrimento intenso, desde a inseminação por mãos humanas, supressão de seu filhote, o processo diário de má alimentação, condição de semiconfinamento e a falta de suavidade com que o leite é retirado do úbere. A autora aprofunda-se no entendimento desse cenário e complementa com aspectos contraditórios que a

perspectiva nutricional dissemina há anos, comprovando a inadequação do consumo do leite de vacas por homo sapiens (FELIPE, 2013).

3.3.2 Homo sapiens está contido no Reino Animália

Trindade (2018) aponta que o não reconhecimento do homo sapiens dentro do reino animália é ecologicamente incorreto e moralmente problemático. Ele defende que a forma como o termo “animal” é usado caracteriza uma linguagem especista, considerando o cunho hostil e degradante na qual ele é empregado. O autor defende que a razão dessa intensa resistência popular à perspectiva de humanos como sendo animais é, precisamente, a reconstrução cultural pela qual o termo ‘animal’ passou ao longo dos séculos.

Quando uma mulher reage ao ser destrutada protestando: “Eu sou um ser humano!” ou “Eu quero ser tratada com respeito, não como um animal,” o que, exatamente, ela está sugerindo acerca das formas aceitáveis de tratar os outros animais? Talvez devido a comparações entre mulheres e animais não-humanos tão comumente implicarem em sexismo, muitas mulheres anseiam por se distanciar dos outros animais. Feministas, em especial, percebem que a imagem do “animal” tem favorecido a opressão das mulheres. Entretanto, se o nosso tratamento e visão dos outros animais se tornassem carinhosos, respeitosos e justos, as metáforas não-humano/animal rapidamente perderiam todo o seu poder ofensivo. Poucas mulheres têm notado o quanto acabam espelhando os seus opressores patriarcais ao tomarem parte na degradação de outras espécies. Mulheres que evitam reconhecer que são animais possuem uma grande semelhança com homens que preferem ignorar que mulheres são humanos (DUNAYER, 1995, p. 19 apud TRINDADE, 2018).

A compreensão dessa relação entre o homo sapiens e os animais de outras espécies é fundamental para compreensão da história e sua influência hoje.

3.3.3 O mercado Vegano, oportunidades para profissionais do design

Destaca-se, dessa forma, a influência no campo nutricional e social, tratando, inicialmente, o especismo de forma pontual, entretanto o cenário amplo aponta a influência desse diálogo nos modos de vida de grupos no Brasil e no mundo.

O jornal El País, por meio das pesquisas do Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE), conclui que cerca de 30 milhões de pessoas, ou 14% da população brasileira, aderiu à dieta vegana. Vale ressaltar que vegetarianos não consomem animais em sua dieta, enquanto os veganos, além de não comer carne

animal, abstêm-se de ovos, leite, couro, peles e todos os produtos derivados de animais (HERNANDO, 2019).

O conteúdo que Felipe (2013) propõe ilustra o cenário pelo qual os animais estão sujeitos, mesmo com seus quadros cotidianamente suprimidos, denunciando os maus tratos na cadeia industrial.

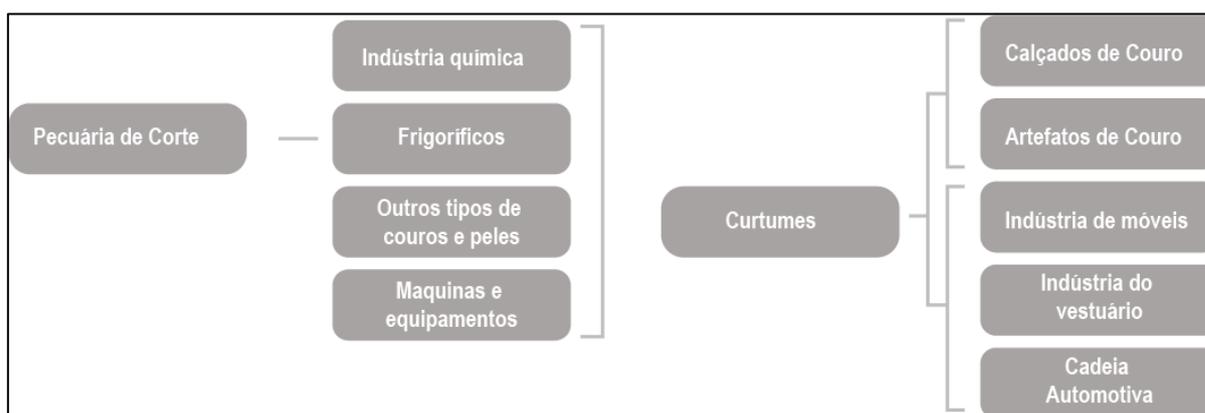
A libertação animal, aparentemente distante do design, é totalmente interligada à área, considerando todo o processo de geração de alternativas e seleção material envolvida.

Esses estímulos motivadores à construção de novos hábitos implicam em novos arranjos e demandas da sociedade. Tendo em vista o papel do profissional de design e sua habilidade de leitura dos rearranjos e necessidades sociais, torna-se pertinente a compreensão desse cenário por conta das oportunidades de atuação geradas.

3.3.4 Mercado do couro

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial indica, em seu relatório de acompanhamento setorial, que a indústria do couro depende da pecuária de corte e dos frigoríficos para o fornecimento da matéria prima (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2011). A indústria compõe-se especialmente dos curtumes, que fabricam e fornecem o couro para diferentes indústrias, que por sua vez utilizam-no como um de seus insumos para a confecção de artefatos (Figura 41).

Figura 41 – Cadeia produtiva do Couro



Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2011).

O relatório informa que o couro provém de diversos animais, como equinos, caprinos e bovinos, sendo o último predominante na produção e comercialização mundial. Dados compilados pelo *International Council of Tanners* (ICT) mostram que, aproximadamente, 65% do couro produzido no mundo tem origem bovina.

Apesar dos esforços para o desenvolvimento de produtos sintéticos, as autoras Garcia e Madeira (2007, apud ASSOCIALÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2011) defendiam que ainda não haviam sido desenvolvidos materiais capazes de substituir perfeitamente o couro, incorporando suas principais características, como estilo, leveza e adaptabilidade. No entanto, até o ano de 2019, muitas empresas passaram a desenvolver materiais alternativos ao couro animal, suprimindo as expectativas dos consumidores.

A agricultura animal enfatiza bastante o meio ambiente, usando muitos recursos naturais e produzindo grandes quantidades de metano, um gás de efeito estufa extremamente potente. O relatório da ONU afirmou que "uma mudança para dietas à base de plantas" é uma das maneiras mais significativas de reduzir os gases de efeito estufa do setor agrícola. (PYTEL, 2019).

O próprio relatório da Agência Brasileira de Desenvolvimento industrial (2011) expõe a importância de investimentos para o desenvolvimento de produção mais ambientalmente adequada. O documento indica a dependência da indústria do couro à pecuária, podendo-se associar essa relação ao uso excessivo dos recursos hídricos (19 mil litros para produção de manteiga e 17,1 mil litros para produção de carne de boi) por exemplo. O processo do abate é velado pela indústria, apesar da prática ser conhecida. As fortes imagens gráficas da extração do couro (figura 4), por exemplo, são indícios do motivo dessa omissão.

Na plataforma *VeganDesign* aponta-se algumas estatísticas de design, informando a quantidade de animais necessários para a confecção de artigos de moda. No caso das vacas, necessitam-se de oito vacas para produzir um sofá, nove para produzir o interior de um Rolls Royce Phantom e cinco para produzir uma poltrona.

Figura 42 – O processo de extração de couro das vacas



Fonte: Vegan Design (2020) e Revolução Animalista (2017).

3.3.5 O mercado dos materiais alternativos

A Associação Vegetariana Portuguesa (2019) aponta o aumento pela procura de artefatos livres de crueldade animal, destacando até a indústria automobilística, como a Tesla e a Ferrari, e seus interiores *vegan friendly*. A associação, através do relatório da cultura de negócios *Grand View Research* (GVR), estima que o mercado do couro vegan será de 85 milhões de dólares em todo o mundo, até 2025. De acordo com o relatório da GVR, espera-se que a China, Brasil, Malásia, Tailândia e Vietnã desempenhem um papel importante no futuro deste mercado.

Outrora considerados de baixa qualidade e frágeis, os materiais veganos passaram a ser considerados de alta qualidade e duradouros. Esses materiais disseminaram-se também no design de interiores, como atesta a designer Dimare (2018), ao apontar que o sofrimento animal é ignorado, contudo muito pertinente às escolhas projetuais, pois não somente os animais sofrem, mas cerca de 90% dos trabalhadores indianos do ramo de curtimento morrem antes dos 50 anos devido à exposição a toxinas.

O impacto das questões animais gerou mudanças estruturais em grandes marcas de luxo, que não fazem mais uso de peles animais em suas coleções. nomes como Chanel, Calvin Klein, Burberry, Diane Von Furstenberg, Giorgio Armani, Gucci, Hugo boss, Ralph Lauren, Tommy Hilfiger, dentre outras, tomaram a iniciativa de excluir o item. A exclusão pela pioneira Gucci, no ano de 2015, foi um grande incentivo para outras marcas perceberem a importância da leitura do público para a delimitação estratégica dos negócios (FARRA, 2017).

Houve também a percepção do consumo dos millennials, em que foi identificado que essa geração não tinha a mesma relação com o as peles que as gerações anteriores. Dessa forma, a mudança de estratégia de mercado pode ter sido influenciada pelo sofrimento animal, mas a demanda de mercado impulsionou as inovações. Não somente as marcas citadas anteriormente, mas a Zara e H&M, como exemplos de grande empreendimento de lojas de departamento, também buscaram alinhar-se aos requisitos do consumidor para favorecer os negócios (FARRA, 2017).

3.3.6 Perspectivas problemáticas

Assim como o *greenwash*, termo que surgiu na década de 80 nos estados unidos como forma de protesto às empresas que produziam propagandas enganosas em relação ao desenvolvimento sustentável (WATSON, 2016), a propaganda de produtos veganos pode ser problemática, ao passo que há materiais químicos que não são ecologicamente favoráveis.

Em entrevista a Christian, Fox e Kelly (2016), o cientista de materiais Andrew Dent comenta sobre a problemática que envolve a substituição do couro por alternativas de PVC ou poliuretano, sem considerar o perigo que esses materiais apresentam em estágio de combustão. Outro aspecto pertinente é acerca da composição química, onde ele aponta que os materiais a base de PVC utilizam plastificantes, como o *phthalates*, utilizados para a flexibilização do material. Esse plastificante é problemático, considerando que o nível de toxicidade depende dos níveis e do tipo dos materiais utilizados.

Além disso, aponta-se que, atualmente, a alternativa mais popular ao PVC para couro sintético é o poliuretano. Esse material, no entanto, apresenta seu próprio conjunto de desafios econômicos e ambientais. O processo químico complexo faz com que os preços sejam elevados, gerando uma variação de qualidade de desempenho. Outra preocupação em relação ao couro sintético é o uso de solventes, pois transformar poliuretano em líquido requer esses materiais que, geralmente, são de alta toxicidade (CHRISTIAN; FOX; KELLY, 2016).

Além das questões químicas destacadas, é notório que o couro tem uma vida útil diferente das propostas em PVC, que não envelhecem com a mesma característica do couro. Outra advertência do cientista é que o couro permite a

degradação no solo, apesar dos processos químicos pelos quais passa, enquanto as propostas em PVC requerem uma desconstrução molecular para serem reutilizadas.

Defende-se, por fim, que a questão não é somente a decisão entre comprar couro animal ou vegano, mas sim questionar-se sobre a real necessidade de compra, considerando os estímulos da sociedade capitalista.

3.3.6.1 Materiais de origem residual

Para Moraes (2010), a capacidade técnico-produtivo-fabril do século XX revolucionou os hábitos e costumes, mas foi incapaz de permear a ética ecológica e ambiental, fator que começa a ser alterado devido ao crescimento da problemática ambiental. Lima (2006) defende que o crescimento dos problemas ambientais impulsionou abordagens mais inovadoras, adotando-se, em maior escala, os materiais naturais e resgatando seu valor para o design de produtos. Como apontou Dent, na entrevista a Christian, Fox e Kelly (2016), os materiais alternativos que estão surgindo são muito promissores, apesar da atenção necessária à composição química.

3.3.7 Conclusão da sessão

Como processo de entendimento desse fenômeno social, tornou-se relevante a contextualização da complexidade entre a relação do homo sapiens e os demais animais.

Retomando o questionamento de Dent, é válido refletir sobre não se concentrar na escolha dos materiais, mas sim na real necessidade de compra, reforçando a validade em desatrelar o bem estar e o consumo (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

É possível que o sofrimento animal não seja o motivador principal das decisões empresariais, contudo reforça o poder que o consumidor tem para estimular inovação nas grandes corporações, considerando as marcas de luxo e suas ações estratégicas e sensíveis para a leitura das novas configurações e demandas sociais.

3.4 ETAPA 03: MANIFESTAR PADRÕES DE EXPERIÊNCIA

No método MDD (Karana et al., 2015), a terceira etapa condiz com a interação do material com potenciais usuários, visando a coleta de informações no nível estético, sensorial e perceptivo, para, assim, seguir à etapa 04, com entendimento dessa interação, assim como o que o material evoca desses usuários.

3.4.1 Estudos anteriores

Torna-se pertinente a apresentação do material com o pó do endocarpo do coco desenvolvido, em 2018, durante a graduação do pesquisador, tendo como aglutinante a cola PVA. O processo inicial envolveu os experimentos materiais e interação com o usuário. Essa dinâmica teve como base a metodologia *Material Driven Design* (MDD) (Figura 2), que desempenha um papel importante ao motivar o processo de experimentos materiais, especificamente a interação do profissional de Design com essa etapa projetual.

O produto final da experiência foi um material (Figura 44) que evocou dos usuários a similaridade ao couro animal (resultado da etapa 03), considerando principalmente os aspectos de cor e brilho, apesar da textura ainda ser menos maleável que o produto animal.

Figura 43 – Pó do endocarpo do coco e cola PVA (face brilhosa e face rugosa)



Fonte: Silva Júnior et al. (2019)

Figura 44 – Acessório confeccionado com o PEC e Resina de Mamona



Fonte: Acervo do autor, 2019.

O produto foi utilizado, posteriormente, por aproximadamente dois anos, mantendo sua dureza, textura e cor, no entanto, por excesso de volume inserido na bolsa, o material iniciou um processo de ruptura. Nesse processo, o pesquisador utilizou-a cotidianamente, em ambientes internos e externos.

Com a continuidade dos diálogos com o material em mãos, foi identificada a oportunidade de buscar um aglutinante alternativo à cola PVA (Acetato de Polivinila), selecionando-se, então, a resina de mamona, que passou a ser a nova matriz para esses experimentos com o pó do endocarpo do coco (PEC).

3.4.2 Disciplina Imagem Avaliativa do Objeto

Como produto da disciplina “Imagem avaliativa do produto e do ambiente”, ofertada no Programa de Pós-graduação em Design (PPGDesign), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pela linha de ergonomia, foi avaliada a percepção de dois materiais compósitos, priorizando elementos configurativos de cor, brilho, textura e flexibilidade.

Nessa etapa da pesquisa, a matéria prima proveniente do pó do endocarpo do coco eram as composições química (cola PVA) e biodegradável (resina de mamona). Assim, gerou-se quatro superfícies distintas (frente e verso), denominadas x1, x2, e y1, y2.

Como procedimento de pesquisa, adotou-se entrevistas estruturadas e foi solicitado ao grupo entrevistado para selecionar a superfície de sua preferência para a possível aplicação em bolsas, calçados e painel interno de automóvel. Os elementos estéticos mais considerados foram, em primeiro lugar, o médio brilho, textura lisa, flexibilidade baixa e cor marrom escura, relacionados ao material x1. Em sequência, o material y1 obteve destaque para alto brilho, textura lisa, alta flexibilidade e cor marrom claro; e o y2, pelo baixo brilho, textura fosca, alta flexibilidade e cor marrom claro.

Nesse sentido, considerando os atributos intrínsecos do material, o trabalho conduzido permeou a avaliação estética e a preferência visual dos materiais a um conjunto de tipos de artefatos apresentados ao usuário. Em relação a possíveis aplicações, os usuários processam o que captam de características materiais e ao que elas o remetem, indicando com base em repertório, escolhem a alternativa material preferível. Consciente ou inconscientemente o acesso ao repertório busca a seleção da aplicação “ideal”.

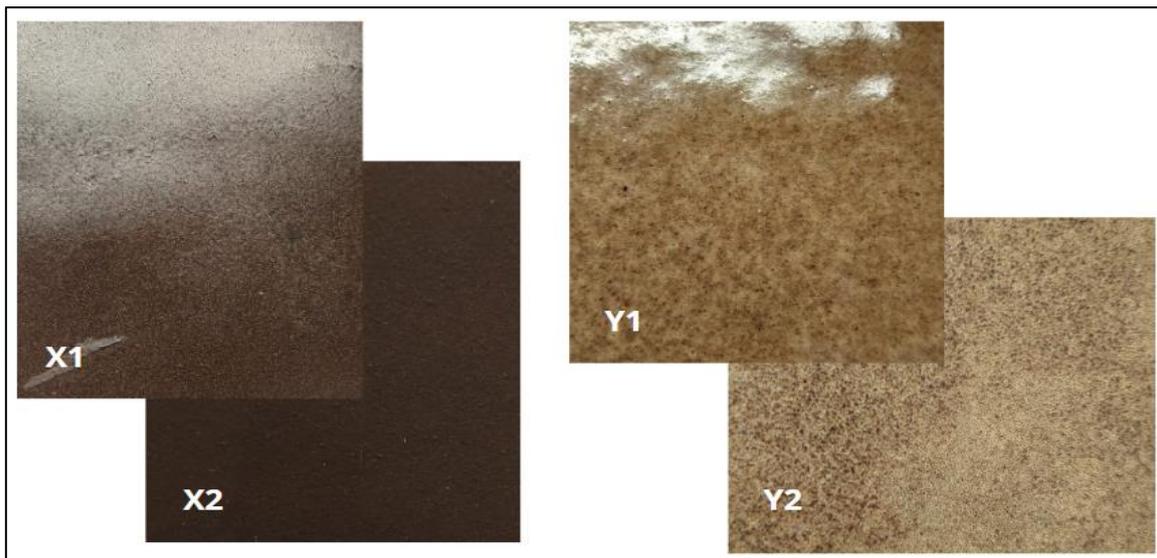
A pesquisa abordou os respondentes por meio de entrevistas estruturadas, utilizando um formulário digital para computar as respostas. Ademais, o suporte de quatro pranchas contendo oito imagens, de três tipos de produtos industriais, e os materiais compósitos que foram entregues aos usuários para que houvesse a interação entre usuário material, possibilitando a escolha da superfície de melhor adequação.

A amostra populacional, neste trabalho, foi de 26 pessoas, não especialistas, e a coleta foi na cidade do Recife, em sua maioria na Universidade Federal de Pernambuco e em outros locais onde o pesquisador se encontrava cotidianamente. É importante salientar que não foram dadas explicações técnicas sobre os materiais, no que se refere à composição.

A abordagem com os entrevistados ocorreu baseada no Sistema de Classificações Múltiplas (COSTA FILHO, 2005), em que os usuários foram apresentados aos materiais x e y e suas variações (x1, x2, y1 e y2), que correspondem às superfícies (frente e verso) de cada material.

Os elementos de estímulo levaram em conta os aspectos de brilho, textura, flexibilidade e cor, identificados em cada uma das superfícies dos materiais x e y (Figura 45; Quadro 1):

Figura 45 – Materiais x e y e suas superfícies x1, x2; y1, y2



Fonte: Acervo do autor, 2020.

Quadro 1 – Elementos de estímulos associados aos materiais

Materiais / Elementos Estéticos	x1	x2	y1	y2
Brilho	médio	baixo	alto	baixo
Superfície	lisa	fosca	lisa	fosca
Flexibilidade	baixa	baixa	alta	alta
Coloração	marrom escuro	marrom escuro	marrom claro	marrom claro

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As imagens dos três diferentes tipos de produtos foram dispostas em quatro folhas A4, impressas em sequência de oito imagens, variando de A a C (A1, A2, A3, A4; B1, B1; C) (Figura 2).

Figura 46 – Imagens das pranchas apresentadas aos usuários



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

O trabalho concluiu, através dos dados coletados, a preferência pelo material x, em sua superfície x1, e pelo material y, na superfície Y1, apontando as preferências de textura, brilho, cor e flexibilidade para determinadas aplicações industriais. Houve surpresa para o entrevistador quando o material x1 foi escolhido, devido a composição química não biodegradável. Dessa forma, o material x1 foi o mais escolhido, destacando o médio brilho, superfície lisa, baixa flexibilidade e coloração marrom escuro.

3.4.3 Padrões de experiência

Essa experiência alimenta a etapa 03 (interação com o usuário), proposta pelo MDD. Apesar de não terem sido aprofundados os aspectos de preferibilidade na pesquisa, seguindo a abordagem da disciplina, essa primeira experiência está sendo considerada como elemento da interação com o usuário (etapa 03).

Essa fase foi de grande valia para identificar, principalmente, as preferências dos participantes, assim como aspectos não verbais evocados aos usuários pela interação material. Nesse momento, também foram expostas as mudanças que ocorreram nos eventos presenciais, devido à pandemia da Covid-19, em 2020.

Durante o período de mobilidade na Faculdade de Engenharia do Porto (FEUP), os workshops presenciais, que intencionavam a dinâmica com especialistas, foram suspensos por conta das medidas de saúde pública. No entanto, por estar sempre com o material em mãos, foi possível interagir com diferentes profissionais informalmente.

Nesta pesquisa, o processo de troca com o usuário tinha como objetivo inicial a realização dos workshops com pessoas criativas (discentes da FEUP), no entanto as circunstâncias também propiciaram contato com especialistas no Brasil, Portugal e Itália. Logo, essa etapa consistiu no resultado dessas interações, o que resultou nas perspectivas apresentadas a seguir.

3.4.3.1 Itália

As experiências evidenciaram os aspectos:

- a) Estéticos, principalmente o brilho e maleabilidade. Em visita à *Fondazione Idis-Città della Scienza*, que objetiva influir na construção de uma nova economia baseada em conhecimento, tendo em vista a criação de uma maior coesão social. A visita ao espaço ocorreu por intermédio da Profa. Carla Langella e, nesse contato, a interação com as coordenadoras do espaço reforçou a atenção do usuário aos aspectos de cor e maleabilidade. A *Città della Scienza* contém um espaço chamado *CORPOREA, The interactive museum on human body*; as diretoras do espaço apontaram a potencialidade de exposição e realização de workshops no local, o que não ocorreu devido ao curto período no país, no entanto o contato com pessoas que trabalham na área de exposições abriu o leque de possibilidades de abordagem do material em uma perspectiva mais artística;
- b) Experimentos materiais: em visita ao *Hybrid Design Lab*, dirigido pela Profa. Carla, foi perceptível o valor estético, conceitual e prático dos projetos desenvolvidos no laboratório. As atividades remetem ao processo do MDD, devido à interação com novos materiais. Nessa visita, houve a oportunidade de conhecer uma pesquisadora, orientanda da Profa. Carla, e o projeto de desenvolvimento de papéis para impressão, tendo como insumo resíduos de frutos (caroço de manga, e outros), utilizando-os não

somente como forma de reaproveitar, mas também como gerador de uma paleta de cores em teste;

- c) Houve também um encontro com o Dr. Mario Malinconico, PhD em química, em que ele destacou o potencial do material em mãos, mas enfatizou a potencialidade no uso de fibras. A abordagem da pesquisa visava apenas o uso do PEC, no entanto, após os testes de tração, foi perceptível que o compósito seria mais bem aproveitado com o reforço de fibras, como dito pelo professor;
- d) Já no Brasil, em conferência com a Profa. Langella, ela fez ótimas observações em relação à composição do material:
 - Introduzir outros resíduos vegetais, buscando proporcionar uma paleta de cores mais diversa;
 - Investigar os processos fitoterápicos e a possibilidade da utilização dessa abordagem, para proporcionar um produto com valor estético e também funcional.

3.4.3.2 Portugal

A experiência no Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Serviços (DEMec/FEUP), coordenado pelo Prof. Jorge Lino, favoreceu o desenvolvimento dos testes com o material. A experiência com os demais pesquisadores foi muito rica, pois eles auxiliaram imensamente nas etapas de escolha das normas e soluções de eventuais dúvidas sobre os critérios do processo:

- a) Houve o contato com Raquel Duarte, arquiteta, produtora de joias com resina e estudante de mestrado em design na FEUP. Em uma reunião, realizada em fevereiro de 2020, ela apontou veementemente para a estratégia das texturas através do uso de moldes, o que possibilitaria com que as pessoas pudessem enxergar o material com diferentes lentes, expandindo as possibilidades de experiência com o material;
- b) Em uma visita à Casa da Juventude, em Matosinhos (Porto), a doutoranda em design Adriana Fernandes apresentou o espaço, que tem um grande papel na (re)inserção de indivíduos, em prol da autonomia e desenvolvimento coletivo. Nesse momento, os aspectos absorvidos foram

o trabalho coletivo e interdisciplinar realizado no local. Foi perceptível que o contexto da Casa da Juventude conecta-se com as abordagens acerca do veganismo e sustentabilidade, ao passo que há convergência nas ações em prol do desenvolvimento local e desenvolvimento de experimentações materiais.

3.4.3.3 Brasil

Ao regressar ao Brasil, houve o segundo contato, em 11 de setembro de 2020, com o distribuidor da resina de mamona. O distribuidor compartilhou alguns testes preliminares realizados. Os aspectos mais importantes foram:

- a) A técnica de produção de filmes mais finos, gerando um compósito reforçado com tela de náilon, conferindo ao material maior resistência à tração;
- b) Outro aspecto foi o compartilhamento do processo de cura, que é realizado à vácuo. O procedimento favorece a eliminação de bolhas de ar, mais comuns no processo de cura ao ar livre, conferindo às peças, além de um aspecto estético mais uniforme, maior resistência;
- c) Houve também a apresentação de outros experimentos, apontando o caráter versátil da resina. Foram apresentados materiais muito similares aos polímeros mais duros, utilizados em aparelhos eletrônicos.

3.5 ETAPA 04: ELABORANDO CONCEITOS EM PRODUTOS/MATERIAIS.

A quarta e última etapa integra as descobertas e conclusões dos passos anteriores, de maneira a formar um conjunto de conceitos para a aplicação do material em estudo. A resina em questão já tem sua aplicabilidade como revestimento reconhecido e, após as experiências com o PEC, reforça-se esse potencial.

Ao fim dos experimentos, destaca-se que houve a ratificação do material em sua aplicação para superfícies, considerando que a resina de mamona já tem um histórico de aplicações como revestimento e impermeabilizante.

Apesar da diminuição na resistência à tração, em decorrência da soma de PEC, foi possível observar a potencialidade em utilizar a cor marrom escura (10%

PEC) e a associação às fibras, conferindo maior resistência, considerando que de forma solo o material é limitado. Destaca-se, também, que o material tem maior potencialidade nas aplicações que envolvem menos flexão, sendo candidato para artefatos suspensos e luminárias, por exemplo.

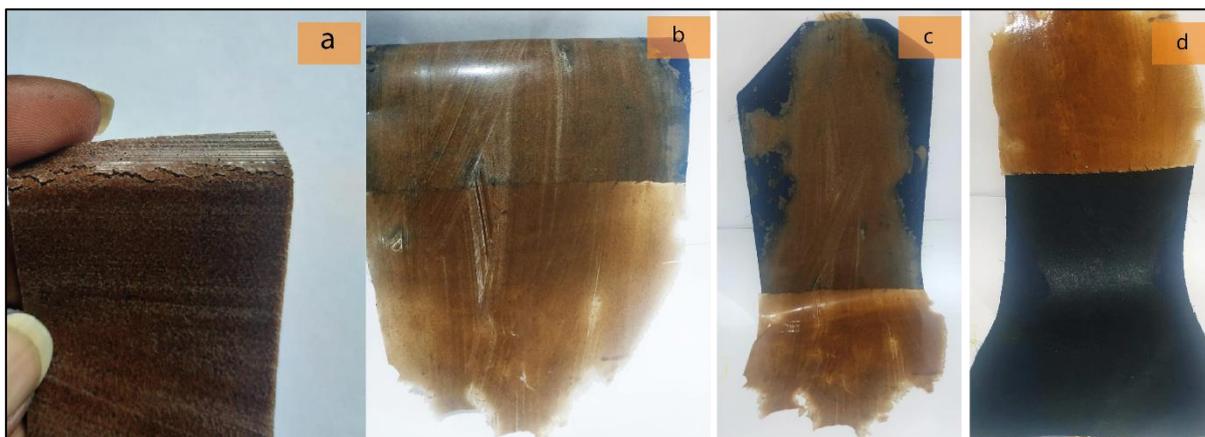
No entanto, quando se aborda a esfera calçadista, o material deve ser trabalhado em conjunto com um tecido. Isso porque a fricção com a pele não é agradável como a resina 301 em 0% PEC. Ele adere de forma estável a tecidos, o que favorece a sua aplicação em artigos cotidianos, como de escritório, calçados e acessórios (superfície para bolsas, carteiras, agendas, pastas, capas protetoras para aparelhos eletrônicos).

É válido ressaltar que a versão material proporcionada pelo PEC pode ser enriquecida pela introdução de outros resíduos vegetais, expandindo a cartela de cores. Torna-se relevante combinar as diferentes propriedades que o poliuretano proporciona e utilizar o compósito desenvolvido neste trabalho como composição com a resina com 0% de PEC, ou até mesmo com porcentagem de outra carga. Ainda relacionado à aplicabilidade, pela falta de proteção aos raios ultravioleta, o material não é um bom candidato para aplicações que estejam em constante contato com intempéries. Isso diverge das expectativas iniciais e restringe o potencial para aplicações. Na área automobilística, por exemplo, o projeto não deve aplicá-lo em áreas que entram em contato com o sol.

Tendo em vista o caráter prático dessa etapa, destaca-se que, durante a apresentação final, ocorrida em 30 de outubro, foram expostas, de forma visual, as possibilidades de aplicação do material. Também foram apresentados os aspectos relacionados ao ciclo de vida do material e o processo de desenvolvimento de um produto. As demais demonstrações foram resultado de manipulação gráfica.

3.5.1 Conceito material

Figura 47 – Compósito em sobreposição à fibra de algodão



Fonte: Acerto do autor, 2020.

Legenda: a) compósito e a fragilidade ao flexioná-lo; b) tonalidade marrom obtida; c) meia pele sobreposta ao tecido e o restante somente o material; d) verso do material.

As aplicações materiais, como comentadas anteriormente, são restritas para o uso do material unicamente como testado no presente trabalho. Foi realizado um último experimento, buscando verificar a viabilidade de uma camada menos espessa em adesão à fibra de algodão. Esse tecido seguiu o mesmo contexto da experiência com a espirulina apresentada na etapa 01. A figura 47 expõe a fragilidade do material, que se rompe ao atingir uma flexão de 90°, sendo sustentado pelo reforço em fibra. No entanto, ao retornar à posição original, as rupturas anteriormente visíveis tornam-se imperceptíveis. Já quando o material é flexionado do lado inverso ao apresentado não há ruptura, mas sim um enrugamento na superfície do compósito ao flexioná-lo em 180° e, após retornar ao estado original, o material passa a apresentar resquícios dessa flexão. A superfície apresenta-se mais marcada, no entanto não apresenta nenhuma ruptura. Ao experienciar o produto por completo é perceptível que o conjunto de camadas torna a proposta mais rígida e menos propícia a flexões que potencialmente danificariam a superfície, sendo assim uma alternativa viável para aplicação do compósito em questão.

Com a adição e sem a adição de reforço, a porosidade do material é notória: quando não reforçado ele apresenta características translúcidas.

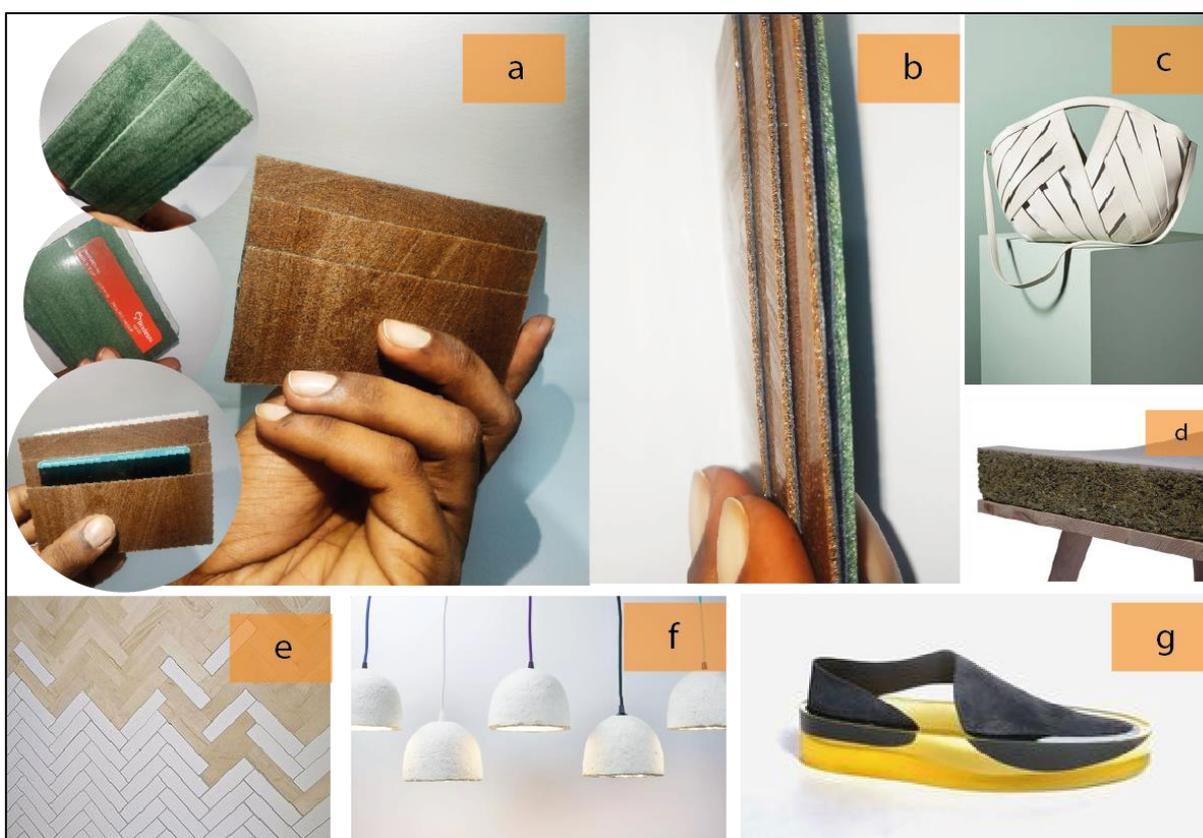
O material seguiu o seguinte processo:

- a) Geração da resina;

- b) Preparação do tampo de vidro com aplicação de cera / sebo vegetal (que pode ser também uma superfície cerâmica;
- c) Aplicação do compósito e aguardo de 40 min, aproximadamente;
- d) Disposição do tecido em algodão;
- e) Cura em 24h e retirada do material;

Aconselha-se que a cera seja aplicada da forma mais homogênea possível, pois caso haja linhas grosseiras no tampo de vidro elas interferirão na superfície do compósito na etapa de cura. No entanto, essa realidade torna-se também uma oportunidade para utilizar a cera como processo de estamparia no compósito.

Figura 48 – Potenciais aplicações para o compósito



Fonte: Acerto do autor, 2020.

Legenda: a) carteira feita com o compósito em questão e espirulina; b) vista superior da carteira; c) modelo estruturado de bolsa como alternativa para aplicação; d) banco; e) aplicações de revestimento; f) luminárias; g) calçado.

A figura 48 reforça visualmente as potenciais aplicações para o compósito:

- a) para a aplicação em um modelo básico de carteira, destaca-se a potencialidade do uso do compósito em uma espessura mais fina (imagens a e b);

- b) o modelo de bolsa é uma das alternativas que proporciona a mínima flexão do material e a reprodução do produto é favorecida com a adição de um reforço têxtil (imagem c);
- c) Considerando também as diversas espessuras do material, é possível considerar a porosidade que o material apresenta como aspecto integrante da estética de produtos. Nesse sentido, o uso da resina 302 é interessante, considerando o aspecto expansivo que o material apresenta, viabilizando aplicações em assentos, destacando a possibilidade de transitar nas áreas internas e externas, mas preferivelmente sem exposição constante a intempéries, devido às alterações potenciais que podem ser geradas na superfície (imagem d);
- d) O processo de impermeabilização é uma das finalidades utilizadas para o material (imagem e);
- e) Para a aplicação do compósito sem reforço, indicam-se artefatos suspensos e que não sejam muito manipulados (imagem f);
- f) O último produto remete à potencialidade de gerar materiais por meio das diversas texturas e possibilidades que o poliuretano proporciona. O solado em espuma poliuretana e a peça em preto poderia ser a aplicação do material em questão, mas sendo utilizada uma camada do material e sobreposta a ela um tecido mais confortável, como a camurça, por exemplo, o que viabilizaria a proposta, tendo em vista o aspecto desagradável da fricção cutânea que o compósito proporciona (imagem g).

4 CONCLUSÕES

Esta dissertação, “Design de produto à base de resíduos vegetais voltados ao mercado do veganismo: primeiras experiências de um compósito polimérico de resina de mamona carregado com pó do endocarpo do coco” resultaram de uma discussão acerca do potencial dos resíduos vegetais e das demandas que influenciam esse desenvolvimento tecnológico. O potencial residual é explícito na pesquisa de mercado e através das lentes do veganismo foi exposta uma discussão que corrobora com a atenção sobre a temática de materiais alternativos em relação aos de origem animal. A apresentação desse nicho conclui que há demandas que têm raízes motivadoras e que podem ser somadas às necessidades ambiental e potencial intelectual científico.

Dessa forma, atenderam-se os objetivos específicos de:

- a) Apresentar panorama acerca do cenário de design e resíduos vegetais;
- b) Apresentar visão global do veganismo e sua conexão com as inovações tecnológicas em materiais e produtos;
- c) Produzir o pó do endocarpo do coco e adicionar a resina para gerar o compósito.

Houve a execução parcial da dinâmica com os corpos de prova. Apesar de ambos terem sido preparados, apenas os ensaios de tração foram realizados. Foram apresentados os resultados dos testes de tração do compósito em questão. Porém, com o fechamento dos laboratórios no Brasil, não foi possível realizar as imagens por meio do Microscópio de Varredura Eletrônica, visando o entendimento da adesão das partículas à resina.

- d) Produzir os corpos de prova para ensaios de tração e flexão;
- e) Apresentar o resultado dos testes e possíveis aplicações para o compósito.

Conclui-se que o compósito, nas condições em que foram realizados os testes, tem maior potencial de aplicabilidade em locais onde o material não sofra flexões constantes, destacando a sensibilidade dele. Ademais, a adição de uma camada de fibra de algodão favorece a resistência do material, pois gera uma base que torna-se mais firme, devido ao contato com a resina. Considerando as composições dos corpos de prova, os dados apontam que o a resina 301 (mais

flexível), em adição ao PEC (25 micrômetros), tem uma melhor resposta mecânica quando comparada com a resina 302 (menos flexível).

Por fim, esta pesquisa reforça a importância da observação das configurações sociais, assim como a urgência dos designers em agirem em prol do desenvolvimento sustentável. A pesquisa tem caráter contínuo, principalmente pelas limitações técnicas para prosseguir com os testes e experimentos.

4.1 PROPOSTAS FUTURAS

Tendo em vista o potencial de aprimoramento da pesquisa, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- a) Caracterizar o material em termos de biodegradabilidade;
- b) introduzir a fitoterapia no processo de desenvolvimento do material, tendo em vista a geração de alternativas em prol da saúde e do bem estar;
- c) Estudar o potencial de diferentes granulometrias, assim como matérias primas (resíduos vegetais) para a geração de materiais;
- d) Realizar a avaliação do ciclo de vida do produto e identificar as melhorias possíveis ao processo;
- e) Mapear a região e prospectar ações estratégicas para estimular o contato entre os diversos atores sociais para o desenvolvimento de materiais com base em resíduos vegetais locais;
- f) Investigar a influência do especismo em relação a intenção de compra de produtos alternativos aos de origem animal;
- g) Desenvolver uma abordagem metodológica para viabilizar a interação dos indivíduos com os materiais por meio dos correios;
- h) Fazer maior uso das diferentes facetas que o poliuretano à base de mamona oferece e usá-las para o desenvolvimento de produtos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Diego. 76,4% das indústrias desenvolvem alguma iniciativa de economia circular, mostra pesquisa da CNI. **Agência de Notícias da CNI**, Brasília, 24 set. 2019. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/764-das-industrias-desenvolvem-alguma-iniciativa-de-economia-circular-mostra-pesquisa-da-cni/>. Acesso em : 20 mar. 2020.
- AHMED, K. Sabeel; CHARY, G. H. Manjunatha. Experimental characterization of coconut shell particle reinforced epoxy composites. **JMES**, v. 8, n. 5, p. 1661-1667, 2017.
- ALMEIDA, Márcio Rogers Melo *et al.* **Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa: Sistema Alternativo de Produção de Coco Aracaju**: Embrapa, 2018. Disponível em: https://bs.sede.embrapa.br/2017/relatorios/tabuleiroscoasteiros_2017_producaococo.pdf. Acesso em: 12 mar. 2020.
- AL-OQLA, Faris M.; ALMAGLABEH, Ahmad; OMARI, Mohammad A. Design and fabrication of green biocomposites. *In*: JAWAID, Mohammad ; SALIT, Mohd S. ; ALOTHMAN, Othman Y. (ed.). **Green Biocomposites: design and applications**. Cham, Sw: Springer, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49382-4>.
- ANANAS ANAM. Piñatex is an innovative natural textile made from pineapple leaf fibre. **Ananas Anam**, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://www.ananas-anam.com/about-us/>. Acesso em: 12 fev. 2020.
- ARAÚJO, Alexandre Everton Freire. **Fabricação e caracterização de um compósito polimérico a base de endocarpo seco com carga e poliamida 6 como matriz**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/23094/1/AlexandreEvertonFreireDeAraujo_DISSERT.pdf. Acesso em: 15 jan. 2020.
- ARRUDA, Amilton J. V.; FERROLI, Paulo Cezar Machado; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. (ORG.). **Design, Artefatos e Sistema Sustentável**. São Paulo: Blucher, 2018. (Série [designCONTEXTO] - Ensaios sobre Design, Cultura e Tecnologia).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Relatório de acompanhamento setorial**: indústria do couro. Brasília: ABDI, 2011. Disponível em: [https://conhecimento.abdi.com.br/conhecimento/Publicaes1/Relat%C3%B3rio%20de%20Acompanhamento%20Setorial%20-%20Industria%20de%20Couro%20\(Mar%C3%A7o%202011\).pdf](https://conhecimento.abdi.com.br/conhecimento/Publicaes1/Relat%C3%B3rio%20de%20Acompanhamento%20Setorial%20-%20Industria%20de%20Couro%20(Mar%C3%A7o%202011).pdf). Acesso em: 8 jan. 2020.
- ASSOCIAÇÃO VEGETARIANA PORTUGUESA. Estima-se que o mercado do couro vegan valha 85 mil milhões de dólares em 2025. **AVG**, Lisboa, 17 abr. 2019. Disponível em: <https://www.avp.org.pt/animais-e-etica/estima-se-que-o-mercado-do-couro-vegan-valha-85-mil-milhoes-de-dolares-em-2025/>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BCOMP. Solutions. **Bcomp**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.bcomp.ch/>. Acesso em: 12 fev. 2020.

BLEDZKI, Andrzej K.; MAMUN, Abdullah, A.; VOLK, Jürgen. Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: the effect of physical, chemical and surface properties. **Compos Sci Technol**, v. 70, n. 5, p. 840-846, 2010.

BONSIEPE, Gui. **Design, Cultura e Sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011. ISBN 978-8521205326.

CARDOSO, José Romero Araújo; LOPES, Marcela Ferreira. A civilização do couro e a civilização da seca: Definições para o processo de construção sócio cultural do semiárido Nordeste. **ADUERN**, Natal, 4 maio 2015. Disponível em: <https://aduern.org.br/2015/05/04/artigo-a-civilizacao-do-couro-e-a-civilizacao-da-seca-definicoes-para-o-processo-de-construcao-sociocultural-do-semiarido-nordestino/>. Acesso em: 5 fev. 2020.

CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUME DO BRASIL. O Couro e o Curtume Brasileiro: A indústria. **CICB**, Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.cicb.org.br/cicb/sobre-couro>. Acesso em: 15 maio 2020.

CHIPS BOARD. Revolutionary bio-plastics made from food that we leave behind. **Chipsboard.com**, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.chipsboard.com/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CHRISTIAN, Scott; FOX, Ej ; KELLY, Kaitlyn. Vegan leather isn't as ethical as you think: cruelty-free synthetics come with serious environmental costs. Entrevistado: Andrew Dent. **Vocativ**, Nova York, 10 Feb. 2016. Disponível em: <https://www.vocativ.com/news/281599/vegan-leather-isnt-as-ethical-as-you-think/index.html>. Acesso em: 10 fev. 2020.

CIRCULAR ECONOMY 100. **Uma economia circular no Brasil**: uma abordagem exploratória inicial. Rio de Janeiro: Ellen MacArthur Foundation, 2017. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Economia Circular**: caminho estratégico para a indústria brasileira. Brasília: CNI, 2019.

COSTA FILHO, Lourival L. **Discussão sobre a definição dimensional em apartamentos**: contribuição à ergonomia do ambiente construído. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

CUNHA, Renato. Conheça 11 tecidos inovadores para a moda do futuro sustentável. **Blog Stylo Urbano**, [s. l.], 31 ago. 2015. Disponível em: <https://www.stylourbano.com.br/conheca-11-tecidos-inovadores-para-a-moda-do-futuro-sustentavel/>. Acesso em : 22 fev. 2020.

CUNHA, Renato. Olivenleder é um curtimento sustentável de couro feito com folhas de oliveira. **Blog Stylo Urbano**, [s. l.], 6 dez. 2015. Disponível em: <https://www.stylourbano.com.br/olivenleder-e-um-curtimento-sustentavel-de-couro-feito-com-folhas-de-oliveira/>. Acesso em : 22 fev. 2020.

DIMARE, Deborah. **Vegan Interiors**. Londres: Blurb, 2018. ISBN-13 978-1364072308.

EZIO Manzini: Design, When Everybody Designs. [S. l.: s. n.], 2015. 1 vídeo (91 min). Publicado pelo canal Medea TV. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ap-vE53CdFI&t=1376s>. Acesso em: 25 nov 2018.

FARRA, Emília. The Humane Society's Fashion Policy Leader Tells Us Why Gucci's Fur-Free Decision Changes Everything. **Vogue**, Nova York, 20 nov. 2017. Disponível em: <https://www.vogue.com/article/humane-society-pj-smith-interview-gucci-fur-free>. Acesso em: 11 jun. 2019.

FELIPE, Sônia T. **O sofrimento das vacas e vitelos**. Palestra apresentada no Curso de Extensão: Implicações éticas, ambientais e nutricionais do consumo de leite bovino – uma abordagem crítica. Florianópolis: UFSC, 10 maio de 2013. 20 p.

FÉLIX, Vinícius C. P. **Materiais Compósitos**: Notas de estudo de Engenharia de Produção. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2013. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/materiais-compositos-6/4882035/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. Economia Circular. **Ellen MacArthur Foundation**, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. **Rumo à Economia Circular**: o racional de negócio para acelerar a transição. Rio de Janeiro: Ellen MacArthur Foundation, 2015. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

GENECIS. High Performance Bioplastics. **Genecis**, Toronto, 2020. Disponível em: <https://genecis.co/>. Acesso em: 10 mai. 2019.

HAPPY GENIE. Luxury handbags made from apples. **Happy-genie**, Bäch SZ, 2020. Disponível em: <https://happy-genie.com/>. Acesso em 10 mai. 2019.

HERNANDO, Silva. A era do veganismo: o fim dos prazeres da carne. **El País Brasil**, São Paulo, 10 fev. 2019. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/29/eps/1548772174_224933.html. Acesso em: 7 out. 2019.

KARANA, Elvin *et al.* Material Driven Design (MDD): a method to design for material experiences. **Int J Des**, v. 9, n. 2, 35-54, 2015.

LEFTERI, Chris. **Materiais em design**: 112 materiais para design de produto. São Paulo: Blucher, 2013. ISBN 9788521209638.

LEITE, Rita Manuel C. L. V. **Design a partir de resíduos**: reaproveitamento de desperdícios alimentares aplicados ao design de produtos - cascas de ovos. 2020.

Dissertação (Mestrado em Design Industrial e de Produto) – Faculdade de Belas Artes, Faculdade do Porto, Lisboa, 2020.

LIMA, Marco Antônio M. **Introdução aos materiais e processos para designers**. Rio de Janeiro: Ciência moderna, 2006.

LIYANAGE, Chinthani D.; PIERIS, Mevan. A physico-chemical analysis of coconut shell powder. **Procedia Chem**, v. 16, p. 222-228, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.045>.

LOPES, Bruno J. **Avaliação da integridade estrutural de pultrudados de fibra de vidro após exposição a incêndios**. 2018. Dissertação (Mestrado e Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MACIEL, Natália de Oliveira R. **Análise mecânica comparativa de tração, flexão e impacto entre compósitos reforçados com fibras de curauá e compósitos reforçados com fibras de vidro**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2017.

MANSOR, Muhd Ridzuan; SALIT, Mohd Sapuan. **Concurrent Conceptual Design and Materials Selection of Natural Fiber Composite Products**. Cingapura: Springer, 2017. ISBN 9789811065910.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: USP, 2011. 366 p. ISBN 978-85-314-0731-4.

MATERIAL Innovation Now: Andrew Dent at TEDxGrandRapids. [S. l.: s. n.], 13 jun. 2012. 1 vídeo (16 min). Publicado pelo canal TEDx Talks. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VvpvSWsdHws>. Acesso em: 25 abr. 2019.

MI TERRO. Mi terro collections. **Miterro.com**, City of Industry, 2020, Disponível em: <https://www.miterro.com/collections/all>. Acesso em: 06 nov. 2019.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Secretaria Nacional de Saneamento. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 247 p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>. Acesso em: 25 out. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Agenda Ambiental da Administração Pública. Gestão adequada dos resíduos gerados. **Portal A3P**, Brasília, 2010. Disponível em: <http://a3p.mma.gov.br/gestao-adequada-dos-residuos-gerados/>. Acesso em : 23 nov 2019.

MORAES, Dijon. **Metaprojeto: o Design do Design**. São Paulo : Blucher, 2010. ISBN-10 8521205163.

OBIUKWU, Osita; UCHECHUKWU, Mbanwokeocha; NWAOGWUGWU, M. C. Study on the Properties of Coconut Shell Powder Reinforced High-Density Polyethylene Composite. **Futo Journal Series**, v. 2, n. 2, p. 43-55, 2016.

ORANGE FIBER. Collections. Ferragano capsule collection. **Orange Fiber**, [s. l.], 2019. Disponível em: <http://orangefiber.it/en/collections/>. Acesso em 10 nov. 2019.

PEDROSA, Carlos Augusto C. *et al.* Projeto Ciclo do Coco. **Wordpress**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://ciclodococo.wordpress.com/objeto-de-estudo/>. Acesso em: 8 jan. 2020.

PEOPLE FOR ETHICAL TREATMENT OF ANIMALS. Animals are no tours. What Is Speciesism?. **Peta**, Norfolk, VA, 2020. Disponível em: <https://www.peta.org/features/what-is-speciesism/>. Acesso em: 12 fev. 2020.

PRADES, Alexia; SALUM, Uron N.; PIOCH, Daniel. New era for the coconut sector. What prospects for research? **OCL**, v. 23, n. 6, p. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2016048>.

PYTEL, Brandon. UN Report: plant-based diets provide “major opportunities” to address climate crisis. **Earth day Network**, [s. l.], 8 Aug. 2019. Disponível em: <https://www.earthday.org/un-report-plant-based-diets-provide-major-opportunities-to-address-climate-crisis/>. Acesso em: 9 set. 2019.

RAJESH, D. H. *et al.* Study the mechanical properties of e-glass fiber and coconut shell particles in epoxy resin. **Int Res J Eng Technol**, v. 6, n. 5, p. 1-4, 2019.

RENS. Wet socks are on the naughty list. **Rensoriginal.com**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://rensoriginal.com/>. Acesso em: 10 ago. 2019.

REVOLUÇÃO ANIMALISTA. Couro. **Wordpress.com**, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://revolucaoanimalistasite.wordpress.com/couro/>. Acesso em: 15 mar. 2020.

SILVA JÚNIOR, Marcelo Vicente *et al.* Pó do endocarpo do coco: input no processo de design para experiências com materiais. **Mix Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 85-96, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n1.85-96>.

SILVA, Rosana Vilarim. **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO VESTUÁRIO DO DISTRITO FEDERAL. Conheça o couro vegano feito de folhas de teca. **Sindiveste**, Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.sindivestedef.org/single-post/2019/01/16/Conhe%C3%A7a-o-couro-vegano-feito-de-folhas-de-teca>. Acesso em: 8 ago. 2019.

SINGH, Alok *et al.* Characterization of novel coconut shell powder reinforced - epoxy composite. **J Eng Technol Res**, v. 2, n. 5, p. 1-7, 2014.

SMOL, Marzena; KULCZYCKA, Joanna; AVDIUSHCHENKO, Anna. Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. **Clean Techn Environ Policy**, v. 19, p. 669-678, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1323-8>

SOUSA, Lauren Karoline. **Produção e caracterização mecânica de compósitos de resina poliuretana à base de óleo de mamona e fibras de rami, sisal e bucha vegetal**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

THOMPSON, Rob. **Materiais Sustentáveis, Processos e Produção**. São Paulo: Editora SENAC, 2015. ISBN 9788539608423.

TRINDADE, Gabriel Garmendia. Especismo, Linguagem e a Percepção Humana dos Demais Animais. In: SCHEFFER, Gisele K. (coord.). **Direito animal e ciência criminal**. Porto Alegre: Canal Ciências Criminais, 2018. Cap. 5, p 102-117.

VALDIVIESO, Carlota. A juice bar transforms orange peels into 3D printed cups. **3DNatives**, [S. l.], 18 Sep. 2019. Disponível em: <https://www.3dnatives.com/en/orange-peels-3d-printed-cups-180920195/>. Acesso em: 5 out. 2019.

VAN DAM, Jan E.G.; VAN DEN OEVER, Martien J.A.; KEIJSERS, Edwin R.P. Production process for high density high performance binderless boards from whole coconut husk. **Ind crop prod**, v. 20, n. 1, p. 97-101, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.12.017>.

VEGAN DESIGN. Design industry statistics. **Vegandesign.org**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://vegandesign.org/industry-facts>. Acesso em: 15 mar. 2020.

VEGAN SOCIETY. Definition of veganism. **The Vegan Society**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.vegansociety.com/go-vegan/definition-veganism>. Acesso em: 5 set. 2019.

VEGEA COMPANY. Bentley chooses Vegea for the interiors of the new Exp 100 Gt. **Vegea**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.vegeacompany.com/bentley-chooses-vegea-for-the-interiors-of-the-new-exp-100-gt/>. Acesso em: 10 fev. 2020.

VEZZOLI, Carlo. **Design de sistemas para a sustentabilidade**. Salvador: EDUFBA, 2010. 342 p. ISBN 978-85-232-0722-9.

WATSON, Bruce. The troubling evolution of corporate greenwashing. **The Guardian**, Londres, 20 ago. 2016. Disponível em: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/aug/20/greenwashing-environmentalism-lies-companies>. Acesso em: 6 set. 2019.

WEETMAN, Catherine. **Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. São Paulo: Autêntica Business, 2019.

WESTMAN, M. P. *et al.* **Natural fiber composites: a review**. Springfield: US Department of Energy, 2010.