



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN
CURSO DE GRADUAÇÃO EM DESIGN

CLAIRES MAIA DE PAIVA

METODOLOGIA DE DESIGN SUSTENTÁVEL DE COMPÓSITO
BIODEGRADÁVEL À BASE DE CASCA DE BANANA PARA APLICAÇÃO
EM EMBALAGEM E SINALIZAÇÃO AMBIENTAL

FORTALEZA

2021

CLAIRES MAIA DE PAIVA

METODOLOGIA DE DESIGN SUSTENTÁVEL DE COMPÓSITO
BIODEGRADÁVEL À BASE DE CASCA DE BANANA PARA
APLICAÇÃO EM EMBALAGEM E SINALIZAÇÃO AMBIENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Design da
Universidade Federal do Ceará,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Design.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Nadia Khaled
Zurba

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P167m Paiva, Claires Maia de.

Metodologia de design sustentável de compósito biodegradável à base de casca de banana para aplicação em embalagem e sinalização ambiental. / Claires Maia de Paiva. – 2021.

67 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Design, Fortaleza, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Nadia Khaled Zurba.

1. Design sustentável. 2. Materiais compósitos. 3. Embalagem. 4. Casca de banana. 5. Biodegradável. I. Título.

CDD 658.575

CLAIRES MAIA DE PAIVA

METODOLOGIA DE DESIGN SUSTENTÁVEL DE COMPÓSITO
BIODEGRADÁVEL À BASE DE CASCA DE BANANA PARA
APLICAÇÃO EM EMBALAGEM E SINALIZAÇÃO AMBIENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Design da
Universidade Federal do Ceará,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Design.

Aprovada em: 10/11/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Nadia Khaled Zurba (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Emílio Augusto Gomes de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Jorge Alcobia Simões
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a Dr^a Nadja Gilheuca Dutra Montenegro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do Curso de Design por essa longa jornada de conhecimento!

À minha família, em especial aos meus queridos pais Jacires e Cláudio, por todo o apoio e paciência no meu percurso acadêmico.

À Professora Orientadora Nadia Khaled Zurba, agradeço por todo auxílio e orientação no desenvolvimento deste trabalho, por todas as horas dedicadas a revisão do projeto, e as tardes de experimentação do material.

Agradeço à banca pela participação e contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Professora Camila Barros, Coordenadora do .Ponto - Escritório Modelo de Design e ao Professor Roberto Vieira, Coordenador do Projeto Fotografia Tátil, pelo especial pelo acolhimento e orientação de ambos durante minha participação nos projetos de extensão.

Ao Professor Emílio Augusto, agradeço pelas disciplinas “Design e Natureza”, assim como “Design e Sistemas Sustentáveis”, essenciais para minha formação e escolha da área deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos meus melhores amigos: Jéssica, Leonardo Igor, e em especial Keylla, agradeço por acreditar nesse trabalho e ajudar-me nas horas possíveis.

Aos meus amigos e colegas do Curso de Design, principalmente das Turmas 3 e 4 com as quais convivi mais, por terem tornado essa jornada mais agradável e por terem criado muitas memórias felizes. Aos meus amigos de curso: Adriano, Marley, Bruna, Gabriel, Alline, Victor, Rafaela, Lya, Leticia, Rayna, Alexander, Ryan, Geraldo, Rebeka, Thais, entre muitos outros.

Ao 7º SDS - Simpósio Design Sustentável Recife 2019, por acontecer na hora certa e me dar a convicção dos caminhos a seguir no futuro.

RESUMO

O trabalho tem por objetivo o design de um novo material compósito biodegradável à base de casca de banana para embalagem sustentável, visando contribuir para a redução do uso de plástico convencional, a partir da incorporação de matéria-prima proveniente do descarte da indústria regional do Nordeste. Mais especificamente, o estudo visa a investigação do panorama do descarte de resíduos da indústria regional, identificando o respectivo potencial de uso como matéria-prima de embalagem biodegradável; obter diferentes amostras do novo material compósito biodegradável casca de banana, sob diferentes condições de processamento. i.e. congelamento, secagem e/ou tratamento térmico a ser incorporado no design de novos produtos biodegradáveis; e efetuar o design da nova embalagem biodegradável a partir das normas técnicas brasileiras, bem como sua aplicação em etiquetas de sinalização ambiental da fauna e flora para o Campus do Pici da UFC. Os resultados obtidos sugerem que a casca de banana apresenta potencial para um produto biodegradável, tendo como grandes vantagens a alta produção e oferta estável durante todo o ano.

Palavras-chave: Design Sustentável. Materiais Compósitos. Embalagem. Casca de Banana. *Musa spp.* Biodegradável.

ABSTRACT

The work purposes the design of a new biodegradable material based on banana peel for sustainable packaging, aiming to contribute to the reduction of the use of conventional plastic, from the incorporation of raw material from the disposal of the regional industry of the Northeast of Brazil. More specifically, the study aims to: Investigate the panorama of regional industry waste disposal, identifying the respective potential for use as a raw material for biodegradable packaging; To characterize different banana peel samples stored by freezing, drying and/or heat treatment, using the microscopy technique, to define their viability as a basic raw material to be incorporated as packaging material; Prepare and characterize a new biodegradable material based on banana peel, under different processing conditions, using microscopy, roughness and moisture techniques; and to Design the new biodegradable packaging based on Brazilian technical standards for packaging.

Keywords: *Sustainable Design. Composite Materials. Package. Banana peel. Musa spp. Biodegradable.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 — Resíduos sólidos coletados em 2018.	7
Gráfico 2 — Quant. (ton.) de cada subcategoria de Plástico coletado 2018.	8
Gráfico 3 — Porcentagem de cada resíduo de Plástico coletado em 2018.	9
Gráfico 4 — Porcentagem de Banana produzida por cada região em 2018.	18
Gráfico 5 — Quant. produzida (ton.) de Banana pelo Nordeste em 2018.	19
Gráfico 6 — Rendimento médio (toneladas/hectares) de Banana em 2018.	20
Gráfico 7 — Área Colhida (hectares) de Banana em 2018.	20
Gráfico 8 — Quantidade produzida (toneladas) de Banana em 2018.	21
Gráfico 9 — Etapas da Metodologia de Design Sustentável (MDS)	30
Imagem 1 — Tripé da Sustentabilidade.	4
Imagem 2 — Infográfico: Cadeia Produtiva e as Origens do Material Plástico.	11
Imagem 3 — Emb. sustentável à base de fibra de coco.	12
Imagem 4 — Emb. sustentável de alumínio reciclável.	12
Imagem 5 — Emb. sustentável biodegradável à base de cogumelo.	13
Imagem 6 — Emb. sustentável de papel reciclado.	13
Imagem 7 — Emb. sustentável à base de fécula de mandioca.	14
Imagem 8 — Emb. biodegr. sustent. à base de bagaço da cana-de-açúcar.	14
Imagem 9 — Emb. biodegr. sustent. à base de milho e bactérias.	15
Imagem 10 — Emb. oxibiodegradável sustentável.	15
Imagem 11 — Emb. biodegr. composta por grama e papelão reciclado.	16
Imagem 12 — Emb. biodegr. utilizando resíduos da indústria como fibras de planta, palha de trigo e bagaço de cana.	16
Imagem 13 — Fibra de banana (TEXFAD: 2021).	22
Imagem 14 — Produtos utilizando o material da TEXFAD.	22
Imagem 15 — Emb. sustentável da marca “ <i>Folha da Bananeira</i> ”.	23

Imagem 16 — Emb. Biodegradável da bananeira (UNSW, 2021).	24
Imagem 17 — Amostras do couro de casca de banana - “ <i>Kuori</i> ”.	24
Imagem 18 — Couro de casca de banana - “ <i>Kuori</i> ”.	25
Imagem 19 — Placas de madeira plástica (ou “WPC”).	29
Imagem 20 — Penca de Banana Prata.	34
Imagem 21 — Banana coletada (esq.) e respectiva casca armazenada (dir.)	35
Imagem 22 — Amostras coletadas (à esquerda) e paisagem (à direita).	35
Imagem 23 — Estrutura do Laboratório, em 26/02/2021.	36
Imagem 24 — Separação das fibras da casca de banana.	36
Imagem 25 — Materiais para a experimentação.	37
Imagem 26 — Result. das amostras 1 e 2 (parte superior) e amostras 3 e 4 (parte inferior).	39
Imagem 27 — Resultado da Amostra 1.	40
Imagem 28 — Resultado da Amostra 2.	40
Imagem 29 — Resultado da Amostra 3.	41
Imagem 30 — Resultado da Amostra 4.	41
Imagem 31 — Referência para desenho da forma.	42
Imagem 32 — Rascunhos da embalagem.	43
Imagem 33 — Modelagem 3D da embalagem.	44
Imagem 34 — Simulação do resultado final da embalagem.	45
Imagem 35 — Simulação do resultado final da embalagem, em diferentes disposições.	45
Imagem 36 — Rascunhos do Poste (à esquerda) e Tag (à direita).	46
Imagem 37 — Desenvolvimento dos adesivos de identificação.	47
Imagem 38 — Desenvolvimento do modelo das placas.	48
Imagem 39 — Simulação do resultado final da Tag de Identificação.	48
Imagem 40 — Simulação do resultado final do Poste de identificação.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Maiores produtores mundiais de lixo plástico (*em um ano).	1
Tabela 2 — Exemplos de principais subgrupos e cultivares.	18
Tabela 3 — Escala de Maturação de Von Loesecke.	34
Tabela 4 — Processos submetidos aos materiais.	38
Tabela 5 — Composição das amostras.	38
Tabela 6 — Medidas da modelagem desenvolvida.	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Justificativa	3
1.3. Problema de Pesquisa	5
1.4. Objetivos	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1. Descarte de plástico no Brasil	7
2.2. Embalagens sustentáveis e biodegradáveis	9
2.3. Banana (<i>Musa spp.</i>)	17
2.4. Classificação do Materiais	27
3. METODOLOGIA DE DESIGN SUSTENTÁVEL	30
3.1. Descrição das etapas da Metodologia de Design Sustentável	30
3.2. Aplicação da MDS para Novos Produtos Biodegradáveis	33
4. RESULTADOS	34
4.1. Material Compósito Biodegradável à base de Casca de Banana	34
4.2. Design de Aplicações Sustentáveis	42
4.2.1. Embalagem Sustentável Biodegradável	42
4.2.2. Etiqueta de Sinalização Biodegradável	46
5. CONCLUSÃO	50
6. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	51
REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Na lista dos dez maiores produtores de lixo plástico do mundo, o Brasil ocupa a 4ª posição, conforme mostra a Tabela 1. A situação se agrava quando se trata da reciclagem, visto que o país se apresenta na pior posição entre os 10 países, com um índice de reciclagem de apenas 1,28% do total produzido. Este valor é muito aquém dos Estados Unidos de aproximadamente 35%, e bem inferior à média global de reciclagem plástica de 9% (WWF BRASIL, 2019).

Os dados supra referenciados integram um estudo do Banco Mundial, publicado em inglês, intitulado: “What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050” (tradução, em português, “Que desperdício! 2.0: Um retrato global da gestão de resíduos sólidos até 2050”).

Tabela 1 — Maiores produtores mundiais de lixo plástico (*em um ano).

País	Total de lixo plástico gerado*	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

Fonte: WWF Brasil. Adaptado de: “*What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*”.

Segundo a organização WWF Brasil (2019), tal desperdício de materiais plásticos produz impactos na natureza por falta de reciclagem, conforme afirma:

“Mesmo parcialmente passando por usinas de reciclagem, há perdas na separação de tipos de plásticos (por motivos como estarem contaminados, serem multicamadas ou de baixo valor). No final, o destino de 7,7 milhões de toneladas de plástico são os aterros sanitários. E outros 2,4 milhões de

toneladas de plástico são descartados de forma irregular, sem qualquer tipo de tratamento, em lixões a céu aberto.”

Para Manzini e Vezzoli (2016, p.28), a **sustentabilidade** é um objetivo a ser atingido, e não uma direção a ser seguida, como erroneamente é entendido. Nem sempre as soluções apresentadas são realmente sustentáveis, é necessário validá-las para garantir a sustentabilidade (Manzini e Vezzoli, 2016; Kazazian, 2009).

Segundo Kazazian (2009, p.54), se uma logística pesada de reciclagem consome muita energia, a utilização de uma nova matéria-prima pode ser mais benéfica ao meio ambiente, pois a reciclagem causaria mais impactos ambientais.

Para ser verdadeiramente sustentável, as propostas devem seguir a requisitos gerais propostos por Manzini e Vezzoli (2016, p.28):

- utilizar essencialmente **recursos renováveis** (ex. ar, água, energia solar, biomassa);
- otimizar o uso de **recursos não-renováveis** (ex. carvão, petróleo, gás natural);
- não acumular lixo que o ecossistema não possa fazer a degradação;
- não permitir a exploração do espaço ambiental de sociedades “pobres” por meio de sociedades “ricas”.

O **ecodesign** é uma abordagem que consiste em reduzir os impactos de um produto, e tornar a economia mais “leve” para melhorar a qualidade de vidas humanas no presente e no futuro. A durabilidade é uma das estratégias para a economia leve, pois preserva os recursos naturais ao alongar a duração de vida de um produto e diminuir sua renovação (KAZAZIAN, 2009, p 36-44).

Manzini e Vezzoli (2016, p.99) afirmam que para atingir maior ecoeficiência, deve-se levar os requisitos ambientais em consideração desde o desenvolvimento do produto. Esta prática é mais vantajosa, pois age preventivamente, evitando impactos ambientais e econômicos.

A **banana** é uma fruta com oferta estável ao longo do ano. De acordo com LIMA *et al.*, (2012), os estados brasileiros da Bahia, Pernambuco e Minas Gerais são citados como exemplos de relevantes polos produtores de banana, apresentando uma produção contínua ao longo de todos os meses. Além de uma produção de 6.752.171 toneladas no Brasil em 2018 (IBGE, 2018), a abundância da oferta de bananas a torna uma das frutas mais consumidas do país.

Como referência de pesquisas sobre o aproveitamento de resíduos da casca de banana em embalagens, destaca-se o estudo de Oliveira (2018), cuja investigação refere-se à composição química de bananas, conforme a tese intitulada: “Biomassa de cascas de banana como fonte de matéria-prima na obtenção de filmes bionanocompósitos com potencial aplicação em embalagens biodegradáveis”.

1.2. Justificativa

O trabalho justifica-se, inicialmente, a partir dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de “Materiais e Processos 1, 2, 3 e 4” que contribuíram especificamente para gerar uma reflexão de como o Designer deve adotar uma visão crítica sobre o uso dos materiais e processos de fabricação de produtos, em larga escala.

Do ponto de vista da sustentabilidade, o estudo justifica-se pelos questionamentos sobre os dados preocupantes sobre o descarte de resíduos sólidos apresentados na disciplina “Design e Sistemas Sustentáveis” do curso de Design da UFC.

Diante dessa abordagem, o estudo mostra-se pertinente por propor uma investigação adequada ao contexto regional que promova a criação e divulgação de materiais inovadores, e ao se alinhar com o ecodesign.

Ao mesmo tempo, justifica-se como proposta de design que gere possíveis alternativas viáveis ao uso de plástico, num atual contexto de descarte que tem se acelerado gradativamente desde sua popularização.

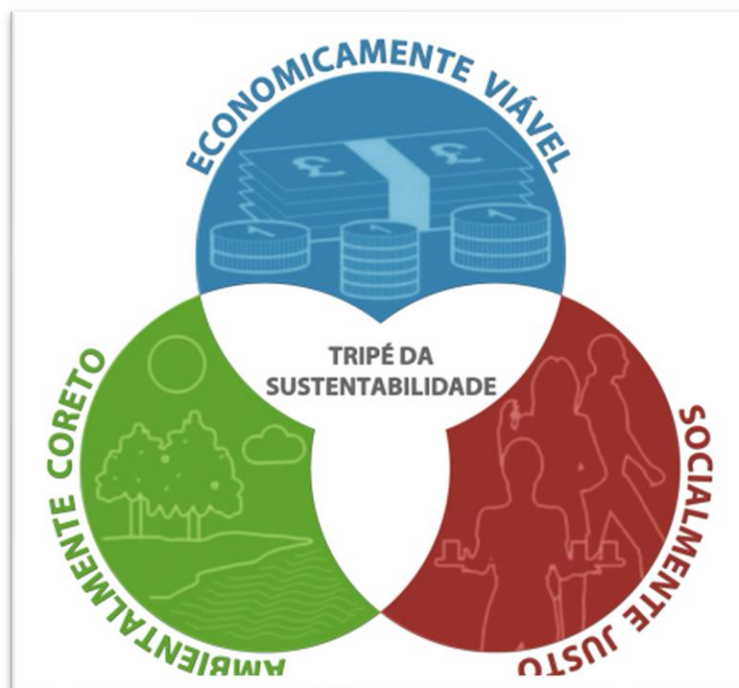
Para Manzini e Vezzoli (2016, p.147), o estudo justifica-se, ainda, claramente na área de atuação do Designer em relação aos materiais e processos, a saber:

“o designer tem um papel relevante na escolha e aplicação dos materiais empregados em produtos de produção em série, mesmo sabendo que não vai estar envolvido com a origem ou com o fim destes materiais ao cessar o ciclo de vida dos produtos”.

As pesquisas são direcionadas para a indústria regional (Nordeste), pois além de ser uma região rica em matérias-primas, preza-se pela sustentabilidade do material. Para isso, utiliza-se de referência o **“Tripé da Sustentabilidade”** e seus três eixos:

- **Economicamente viável:** ao utilizar uma matéria-prima em abundância e com grande quantidade de desperdício, gerar retorno financeiro;
- **Ambientalmente correto:** por não extrair, nem desgastar a natureza, utilizar de materiais que são desperdiçados diariamente;
- **Socialmente justo:** ao fortalecer a produção e o trabalho, reforçar a identidade da região e sua população, não favorece a desigualdade.

Imagem 1 — Tripé da Sustentabilidade.



Fonte: <https://www.ecosolarer.com.br/>. Conceito proposto por Ignacy Sachs.

1.3. Problema de Pesquisa

Um problema de pesquisa pode ser compreendido pela intensidade de uso das embalagens plásticas no dia-a-dia e seus respectivos impactos ambientais. Tais embalagens são convenientes para utilização, em larga escala, pois são mais baratas, práticas de usar e fáceis de encontrar.

Em relação ao ciclo de vida, após o uso em um curto período, a embalagem pode ter seu descarte final. Dependendo da sua natureza química, se descartada pelo meio correto, a embalagem pode passar por um processo de reciclagem.

Entretanto, um sério problema técnico incide quando uma embalagem é descartada diretamente no meio ambiente, ainda que reciclável, pois o material plástico pode permanecer por centenas de anos até ser totalmente degradado. Além disso, é possível que esse lixo produza efeitos negativos a curto prazo, pondo fim a vidas de seres vivos e ao *habitat* natural da fauna e flora.

Nesse sentido, destaca-se o seguinte problema geral de pesquisa:

- **Como desenvolver uma embalagem biodegradável, ou outras utilizações, incorporando resíduos descartados da indústria regional do Nordeste, de modo a incentivar, simultaneamente, a redução do uso de plástico, para minimizar os riscos ao meio ambiente?**

1.4. Objetivos

O trabalho tem por objetivo propor novas soluções em design sustentável utilizando a Casca de Banana como matéria-prima básica na composição de um novo material compósito, biodegradável, visando sua respectiva aplicação no design de novos produtos, por exemplo, de embalagens e etiquetas de sinalização ambiental da fauna e flora do Campus do Pici da UFC. Desse modo, almeja-se obter novas alternativas, a partir da incorporação de resíduos biodegradáveis provenientes do descarte da indústria do Nordeste, que possam contribuir para a redução do uso de plástico convencional.

Mais especificamente, o trabalho visa:

- Propor uma Metodologia de Design Sustentável (MDS) tendo por conceito a incorporação da Casca de Banana: definir quais as etapas principais possibilitam a reprodução do uso dessa matéria-prima biodegradável, no panorama regional do descarte de resíduos;
- Obter um Compósito à base de Casca de Banana (CCB): preparar diferentes amostras físicas, sob diferentes condições de processamento, i.e. por congelamento, secagem e/ou tratamento térmico, cujo material obtido possa ser aplicado no design de produtos biodegradáveis;
- Elaborar o Design de Produtos Biodegradáveis (DPB): criar novas utilizações com o referido material, em particular uma nova embalagem para uso de entrega alimentar (*delivery*) a partir das normas técnicas brasileiras, bem como propor uma linha de etiquetas de sinalização da fauna e flora para o Campus do Pici – *Smart Campus Park/UFC*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

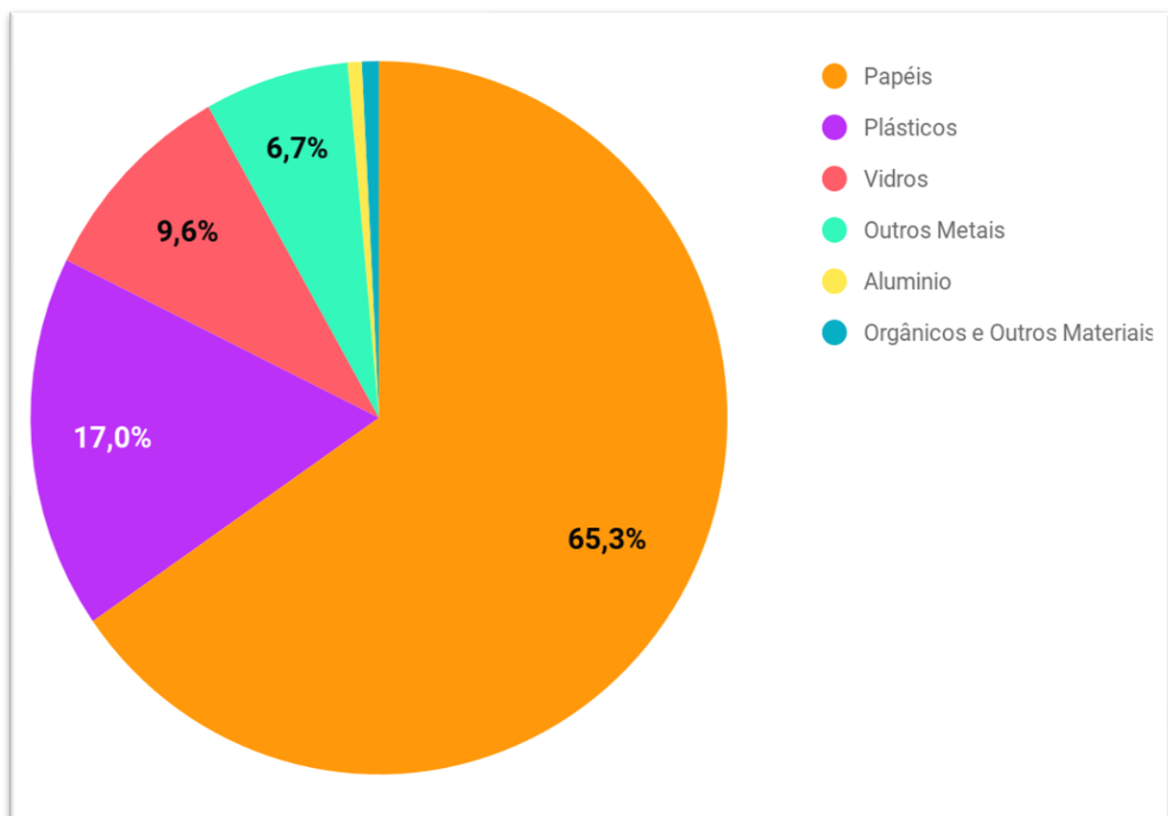
2.1. Descarte de plástico no Brasil

Segundo a Associação Nacional de Carroceiros e Catadores de Materiais Recicláveis – ANCAT, as organizações acompanhadas pela associação coletaram cerca de 67.048 toneladas de resíduos sólidos somente no ano de 2018.

A distribuição percentual de resíduos sólidos coletados anualmente pela ANCAT (2018) está dividida em seis categorias, conforme mostrado no Gráfico 1 e descrito a seguir:

- categorias de resíduos sólidos coletados: papéis, plásticos, vidros, alumínio, outros metais, orgânicos, entre outros materiais.

Gráfico 1 — Resíduos sólidos coletados em 2018.



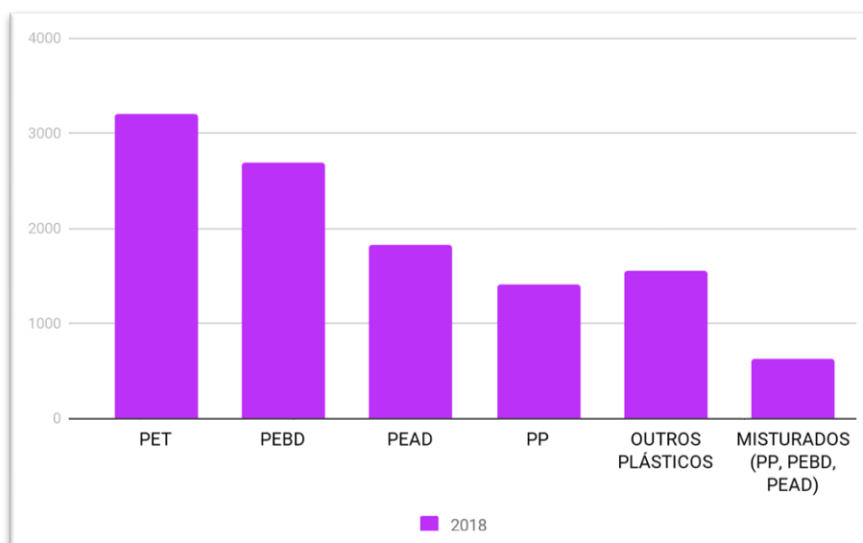
Fonte: Adaptado de ANCAT - Anuário da Reciclagem 2017-2018.

Refira-se ao representativo descarte de plásticos do total de resíduos sólidos de materiais recicláveis no Brasil no ano de 2018, cerca de 11.308 toneladas, representando 17% de todo material coletado (ANCAT, 2018). Dentre a categoria dos materiais plásticos, o PET – Polietileno tereftalato ocupa a 1ª posição, em torno de 28% de material reciclável mais coletado no país (Gráficos 2 e 3, respectivamente).

A ANCAT (2018) divide o Plástico coletado em seis subcategorias, conforme nomenclatura e distribuição mostrada no Gráfico 2 descritas a seguir:

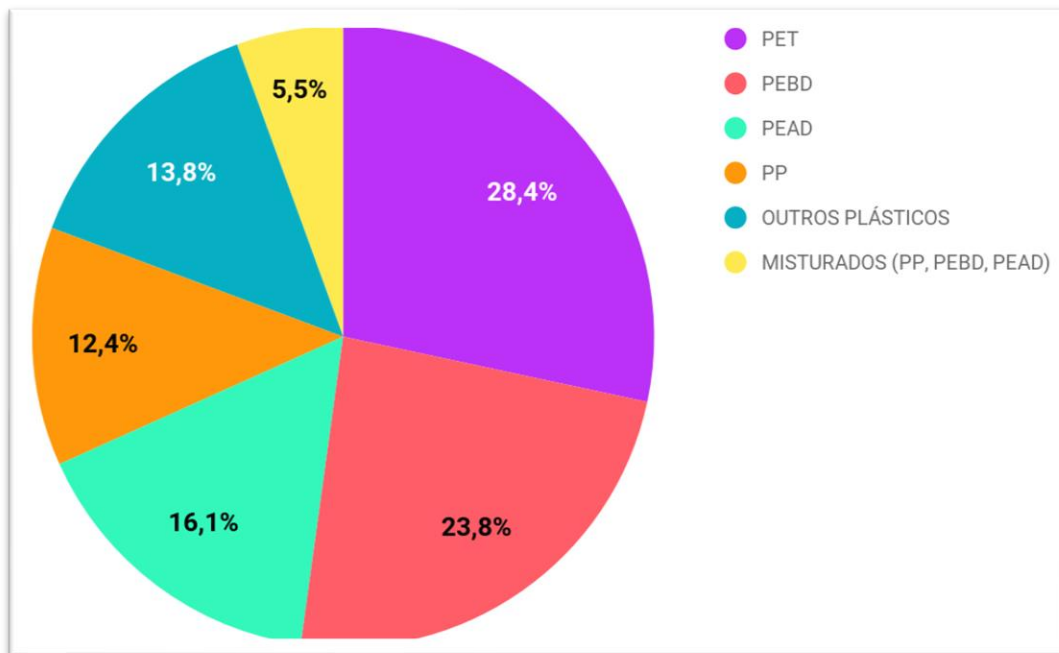
- PET - Politereftalato de Etileno;
- PEBD - Polietileno de baixa densidade;
- PEAD - Polietileno de alta densidade;
- PP - Polipropileno;
- Outros plásticos: sacolinhas; tampinhas; ABS, Acrilonitrila butadieno estireno; EPS, Poliestireno Expandido; PS, Poliestireno; PVC, Policloreto de Vinila; e outros não descritos;
- Misturados de PP, PEBD, PEAD.

Gráfico 2 — Quantidade em toneladas de cada subcategoria de Plástico coletado em 2018.



Fonte: Adaptado de ANCAT - Anuário da Reciclagem 2017-2018.

Gráfico 3 — Porcentagem de cada resíduo de Plástico coletado em 2018.



Fonte: Adaptado de ANCAT - Anuário da Reciclagem 2017-2018.

2.2. Embalagens sustentáveis e biodegradáveis

Definição de embalagem

A função das embalagens é a seguir descrita por Manzini e Vezzoli (2016, p.98):

"A função das embalagens é conter, proteger, transportar e informar. Seu ciclo de vida, ou seja, o período entre a extração dos recursos para a produção até o último tratamento recebido por um produto, passa por pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte. Considerar o ciclo de vida de um produto tem o objetivo de avaliar as consequências ambientais, econômicas e sociais".

Em relação à abordagem do ciclo de vida de um produto, Kazazian (2009, p. 53) destaca que esta é uma estratégia para alcançar uma economia leve.

Categorias de embalagens

As embalagens são categorizadas em três tipos, segundo Jorge (2013, p.22):

- **Primária:** embalagem que está em contato direto com o produto, é a responsável pela conservação e contenção;
- **Secundária:** contém uma ou várias embalagens primárias, é responsável pela proteção durante a distribuição, sendo responsável pela comunicação;

- **Terciária:** agrupa embalagens primárias ou secundárias para o transporte.

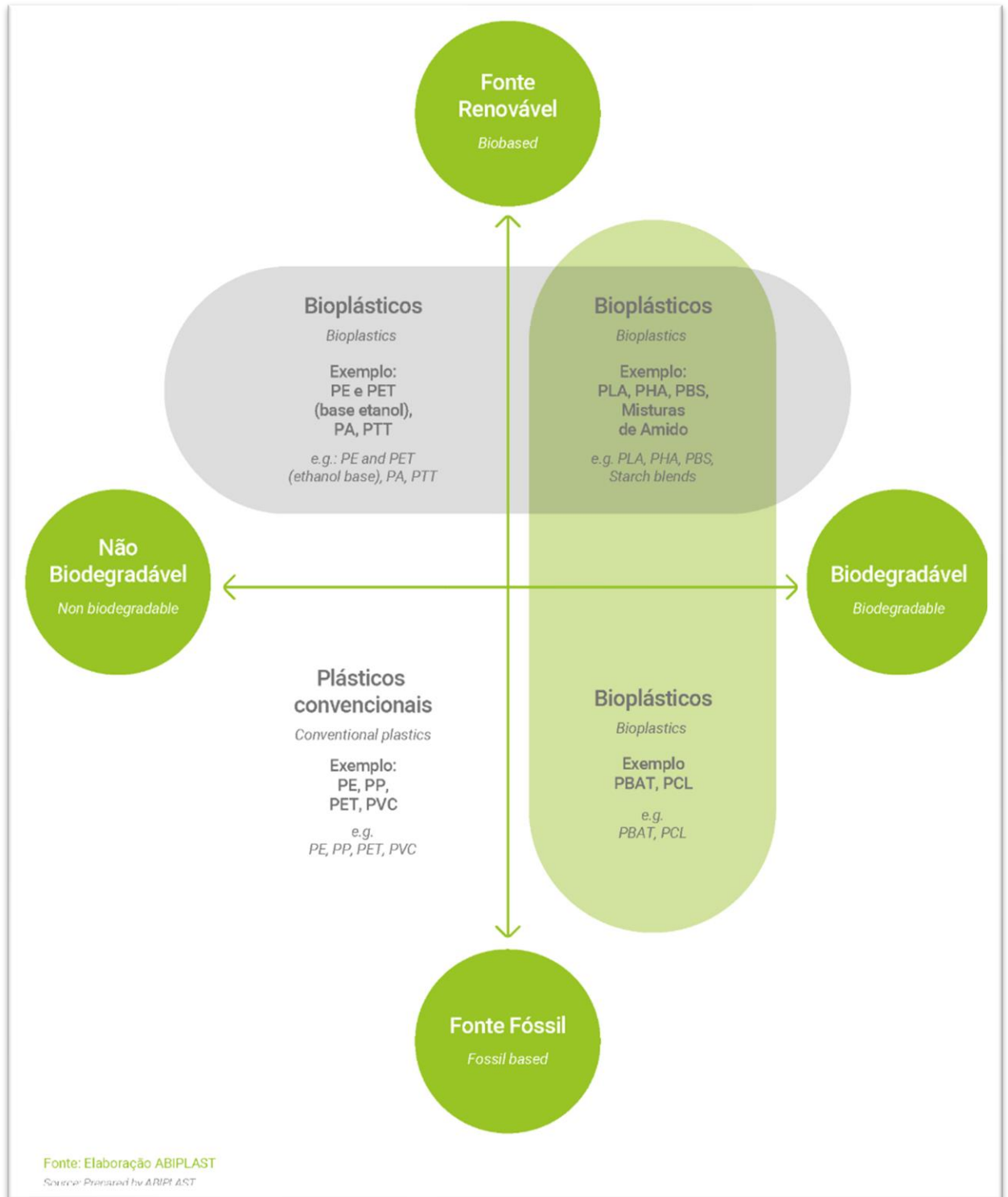
Classificação das embalagens

De acordo com a origem da matéria-prima utilizada, a embalagem pode ser por designações, segundo a NBR 15448-1 (ABNT) intitulada “*Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis*” que define os seguintes termos técnicos (*grifo meu*):

- **“Bioplástico ou biopolímero:** polímero ou copolímero produzido a partir de matérias-primas de fontes renováveis.
- **Degradação:** alteração na estrutura química do polímero, que leva a uma perda irreversível das propriedades de uso do material.
- **Biodegradação:** degradação causada por atividade biológica de ocorrência natural por ação enzimática. Pode ser aeróbia (em presença de oxigênio) ou anaeróbia (em ausência de oxigênio ou em ambiente com baixa disponibilidade de oxigênio).
- **Fotodegradação:** degradação causada por ação da luz.
- **Hidrodegradação:** degradação causada por ação da água (hidrólise).
- **Oxidegradação:** degradação causada por ação do oxigênio (oxidação).
- **Termodegradação:** degradação causada por ação do calor.
- **Desintegração:** alteração física de um material em fragmentos.
- **Embalagem plástica compostável:** embalagem plástica cujos componentes são compostáveis.
- **Embalagem plástica degradável:** embalagem plástica cujos componentes sofrem degradação.
- **Embalagem plástica renovável:** embalagem plástica cujos componentes são de fontes renováveis.
- **Hidrossolubilidade:** propriedade de uma substância de dissolver-se completamente na água, sem quebra da molécula.
- **Polímero:** substância de alta massa molar (maior do que 10 000 g/mol), que consiste em moléculas caracterizadas pela repetição de um ou mais tipos de monômeros.”

Na Imagem 2, apresenta-se um infográfico que relaciona as origens de cada material plástico com a degradabilidade do mesmo.

Imagem 2 — Infográfico: Cadeia Produtiva e as Origens do Material Plástico.



Fonte: ABIPLAST - Perfil 2018.

Embalagens sustentáveis podem ser consideradas aquelas produzidas à base de material orgânico e/ou recicláveis, que demandam pouca energia e recursos naturais na sua produção e com impactos ambientais reduzidos após o seu descarte.

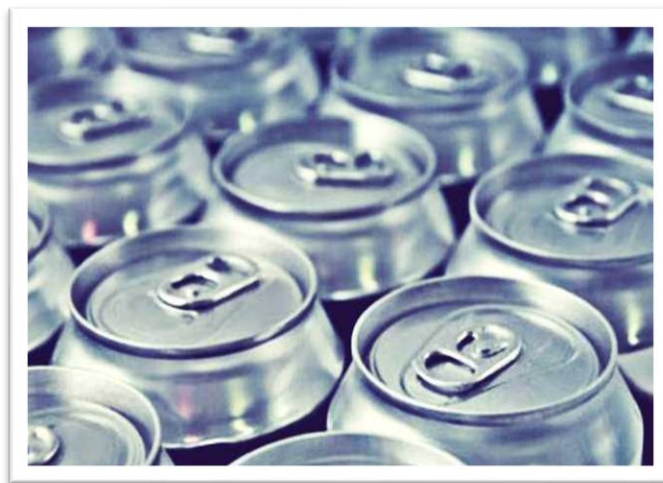
De acordo com o portal eCycle (2020b), as embalagens sustentáveis são uma forma de reduzir os danos causados pelo descarte, por exemplo, as embalagens biodegradáveis de fibra de coco, de papel reciclado, entre outras. Esses tipos de embalagem são alternativas ao plástico convencional, conforme os exemplos apresentados nas imagens de 3 a 12 a seguir.

Imagem 3 — Embalagem sustentável à base de fibra de coco.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

Imagem 4 — Embalagem sustentável de alumínio reciclável.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

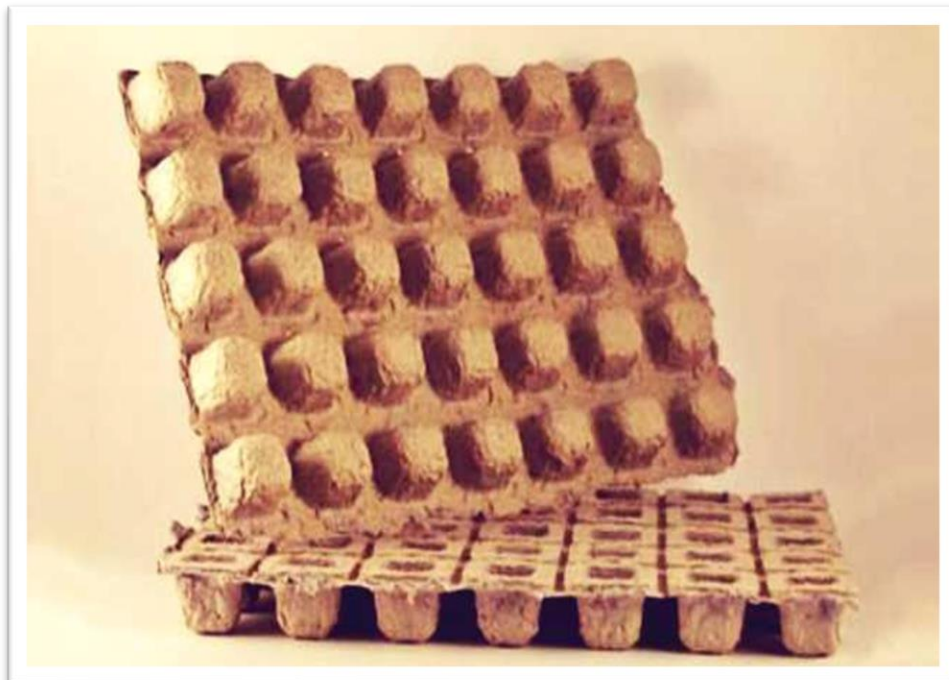
Imagem 5 — Embalagem sustentável biodegradável à base de cogumelo.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

Imagem: Embalagem biodegradável feita pela Ecovative Design, utilizando biomaterial de micélio a partir de resíduos agrícolas por mycobond está licenciado sob (CC BY-SA 2.0)

Imagem 6 — Embalagem sustentável de papel reciclado.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

Imagem 7 — Embalagem sustentável à base de fécula de mandioca.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

Imagem 8 — Embalagem biodegradável sustentável à base de bagaço da cana-de-açúcar.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

Imagem 9 — Embalagem biodegradável sustentável à base de milho e bactérias.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

Imagem 10 — Embalagem oxibiodegradável sustentável.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>.

Imagem 11 — Embalagem biodegradável composta por grama e papelão reciclado.



Fonte: <https://conexaoplaneta.com.br/blog/embalagem-biodegradavel-e-feita-com-folhas-de-tomate-e-papelao-reciclado/>.

Imagem 12 — Embalagem biodegradável utilizando resíduos da indústria como fibras de planta, palha de trigo e bagaço de cana.



Fonte: <https://www.terrawembalagens.com.br/kit-amstras>.

Segundo o estudo realizado por Ferreira e Silva (2019), a embalagem biodegradável demonstra dificuldades que devem ser investigadas. Algumas das questões pertinentes são em relação às propriedades físico-químicas da embalagem. Dificuldades como degradação rápida, caso ocorra com a embalagem, pode causar problemas na logística e inviabilizar exposição nas prateleiras e estoque. Se utilizada com alimentos, a embalagem precisa de uma barreira de proteção para não entrar em contato com o alimento. Há também dúvidas sobre a estética do material, em relação a cor e transparência. No que se refere às questões econômicas do material, deve-se considerar que a embalagem tem que ser economicamente viável, com uma fabricação não tão complexa, ou ela ficará em desvantagem na concorrência com plásticos. Sobre outros aspectos, relatam a falta de conhecimento do processo de biodegradação, como o usuário identifica que a embalagem é biodegradável, e se a mistura com lixo não-biodegradável afetará a biodegradabilidade da embalagem.

2.3. Banana (*Musa spp.*)

A Banana (*Musa spp.*) é uma fruta originada no continente asiático. A fruta vem da Bananeira, uma planta do gênero *Musa*, da família das Musáceas (BORGES *et al.*, 2006). A *Musa spp.* é uma evolução das espécies *Musa acuminata* Colla (AA) e *Musa balbisiana* Colla (BB) (LIMA *et al.*, 2012).

Segundo LANDAU *et al.* (2020) os diversos usos da banana atualmente são: consumo in natura, banana-passa, bananas chips, farinha de banana, doces e geleias, polpa para papinhas de bebê, balas, produtos de panificação, sobremesas congeladas, aguardente, licor; e para usos além do alimentício, é usada para artesanato, produção de papel, e polímeros naturais.

Em relação aos tipos de banana, LIMA *et al.* (2012) afirma (grifo meu):

*“Grupo genômico é uma expressão empregada na abordagem da nomenclatura da bananeira para designar cada combinação específica entre o número básico de cromossomos das espécies *Musa acuminata* (AA) e *Musa balbisiana* (BB)” e **subgrupo**, em bananeira, é um termo utilizado para abranger um conjunto de cultivares originadas por mutação do mesmo genótipo.”*

Os subgrupos são divididos em cultivares. As bananas dos cultivares diferem em aparência, casca, polpa, sabor, tolerância à baixa fertilidade do solo, resistência a doenças, entre outros (LIMA *et al.*, 2012).

Segundo BORGES *et al.* (2006), no Brasil as cultivares mais consumidas de banana são: Prata; Pacovan; Prata Anã; Maçã; Mysore; Terra; e D'Angola.

Do tipo exportação, as cultivares mais consumidas são: Nanica; Nanicão; e Grande Naine. A preferência no país varia, na maior parte do Brasil a favorita é a Banana Prata, e nas regiões Sul e Sudeste predomina a Banana Nanica.

Segundo a Produção Agrícola Municipal do IBGE foram produzidas 6.752.171 toneladas de banana em 2018 (IBGE, 2018).

Tabela 2 — Exemplos de principais subgrupos e cultivares.

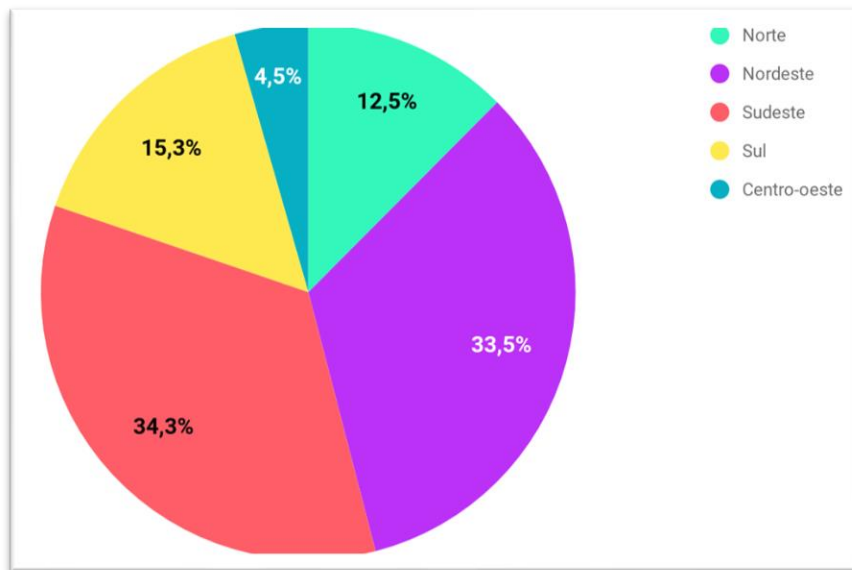
Subgrupo	Prata (AAB)	Cavendish (AAA)
Cultivares	Prata Comum	Nanica
	Pacovan	Nanicão
	Prata Santa Maria	Grand Naine
	Prata Ponta Aparada	
	Prata São Tomé	

Fonte: a autora. Adaptado de LIMA *et al.* (2012).

A região Nordeste representa 33,5% da quantidade total de banana produzida, com 2.259.288 toneladas colhidas. É a segunda região que mais produz bananas no país. Segundo Borges *et al.* (2006), o clima no Nordeste é favorável para a plantação de bananeira, pois é uma planta que necessita de calor constante, chuvas bem distribuídas e elevada umidade.

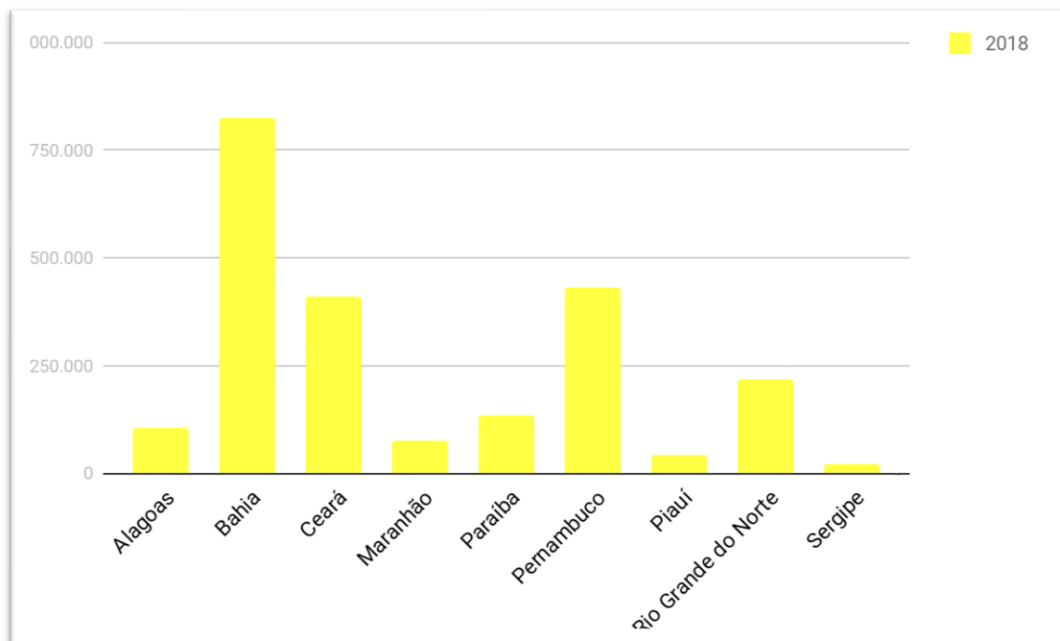
Na região Nordeste, a maior produção se concentra no estado da Bahia, seguido por Pernambuco e Ceará.

Gráfico 4 — Porcentagem de Banana produzida por cada região em 2018.



Fonte: Adaptado de IBGE - Produção Agrícola Municipal 2018.

Gráfico 5 — Quantidade produzida (toneladas) de Banana pelo Nordeste em 2018.

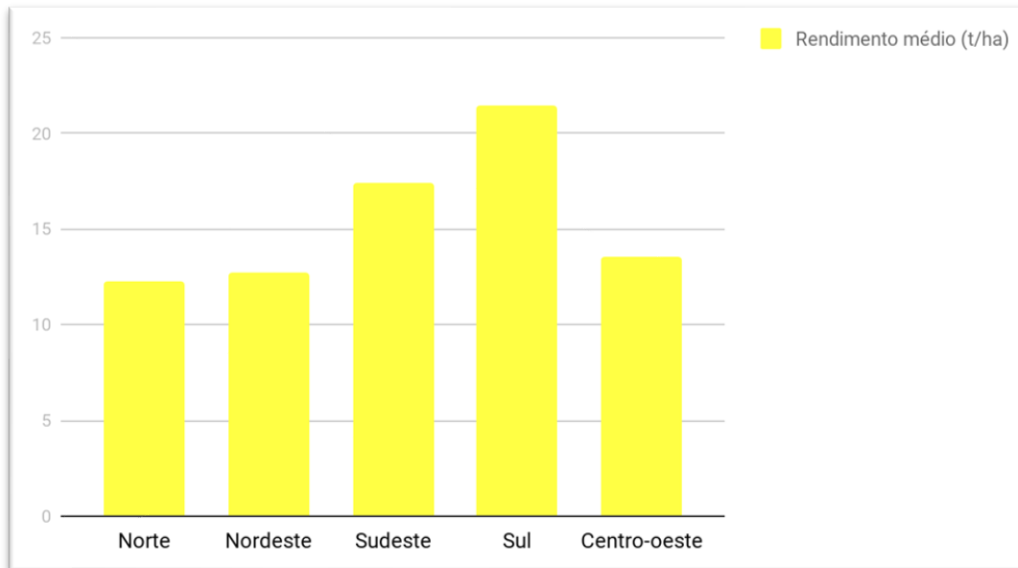


Fonte: Adaptado de IBGE - Produção Agrícola Municipal 2018.

Apesar de ter a segunda maior colheita e a maior área colhida do país, dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2018) mostram que o rendimento médio no Nordeste é inferior a outras regiões do país.

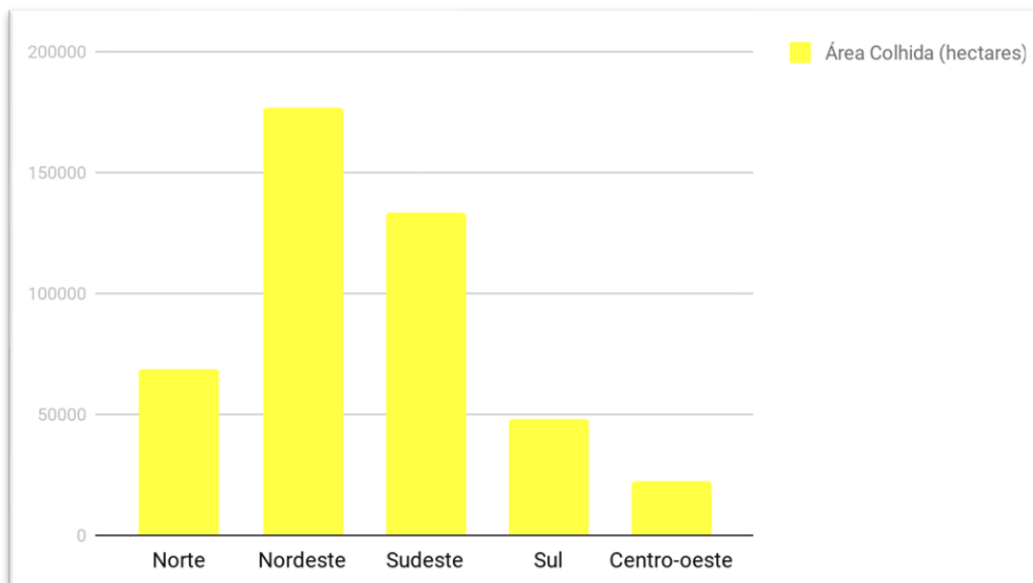
Segundo Borges *et al.* (2006), a banana é uma das frutas com maior perda após colheita, devido à forma inadequada de embalagem e transporte até o consumidor final. As perdas são maiores nas regiões Norte e Nordeste.

Gráfico 6 — Rendimento médio (toneladas/hectares) de Banana em 2018.



Fonte: Adaptado de IBGE - Produção Agrícola Municipal 2018.

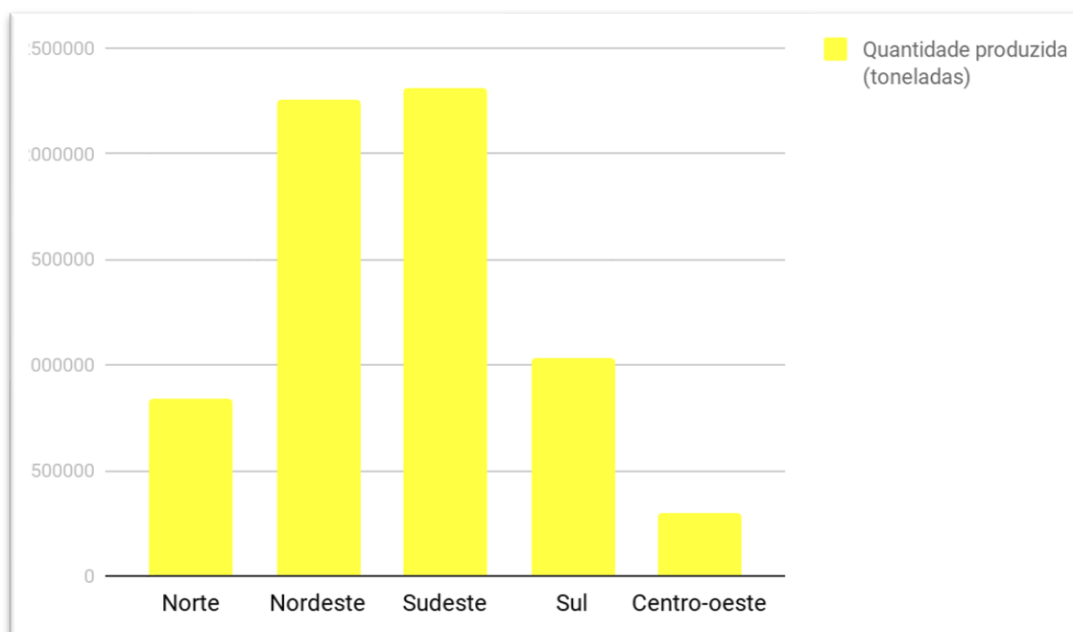
Gráfico 7 — Área Colhida (hectares) de Banana em 2018.



Fonte: Adaptado de IBGE - Produção Agrícola Municipal 2018.

A relação entre a Área Colhida (hectares) e a Quantidade produzida (toneladas) demonstra a perda de uma grande quantidade da plantação de Bananas no Nordeste.

Gráfico 8 — Quantidade produzida (toneladas) de Banana em 2018.



Fonte: Adaptado de IBGE - Produção Agrícola Municipal 2018.

O desperdício na cadeia produtiva da Banana não se encerra nas frutas. Além destas, também são desperdiçadas suas cascas após o consumo, as folhas da bananeira, e outras partes da planta. Para contornar esta perda, várias iniciativas desenvolvem soluções para o reaproveitamento.

Na Uganda, uma empresa startup denominada “*TexFad Vocational Business Incubator*” utiliza o tronco da bananeira geralmente descartado para extrair sua matéria-prima (TEXFAD, 2021). **A fibra do tronco da bananeira** é utilizada para produzir tecidos, artesanato e outros materiais. O portal de notícias brasileiro eCycle descreve sobre o referido processo de fabricação das fibras TexFad, em versão traduzida, apresentado a seguir (ECYCLE, 2021):

“Primeiro, os troncos da bananeira são partidos ao meio com facões e alimentados por meio de uma máquina de corte. A máquina transforma esses troncos em longas fibras de couro que são penduradas para secar antes de serem processadas e transformadas em produtos ecológicos de alta qualidade.”

Em 2013, a empresa “*Folha da Bananeira*” apresentou uma inovação no Brasil ao introduzir um novo produto no mercado. Apesar de ser um item de fácil obtenção, a **folha da bananeira** era restrita a donos de plantações, sítios, etc.

O produto final possui diversos formatos e tem usos como invólucro para comidas, decoração para pratos, artesanato, embalagem para restaurantes, etc.

Imagem 13 — Fibra de banana (TEXFAD: 2021).



Fonte: <https://textfad.co.ug/banana-project.php>.

Imagem 14 — Produtos utilizando o material da TEXFAD.



Fonte: <https://textfad.co.ug>.

Imagem 15 — Embalagem sustentável da marca “Folha da Bananeira”.



Fonte: <https://folhadabananeira.com.br/wp-content/uploads/2018/11/Screen-Shot-2018-11-07-at-10.39.13.png>.

Na Austrália, duas pesquisadoras da “*University of New South Wales – UNSW*” desenvolveram uma embalagem com resíduos da plantação de banana. Com o objetivo de reduzir o descarte após a colheita, estudaram em específico o tronco e caule da bananeira. Análises do material mostraram que a composição da matéria-prima possui 90% de água e 10% de matéria sólida. O desenvolvimento da embalagem partiu do corte do material, passou por um forno de secagem e foi moído em um pó muito fino. O pó resultante do processo de moagem foi passado por um tratamento químico para obter maciez. O material resultante tem uma consistência similar ao papel manteiga, conforme mostrado na Imagem 16. Testes de degradação comprovaram que o material se decompõe no solo após o período de seis meses (CICLO VIVO, 2019).

Imagem 16 — Embalagem Biodegradável da bananeira (UNSW, 2021).



Fonte: <https://ciclovivo.com.br/inovacao/tecnologia/embalagem-bananeira-e-desenvolvida-na-australia>.

A estudante de design Sarah Harbarth do “*Institut Industrial Design - HGK*”, na Suíça, desenvolveu um **material similar ao “couro” feito com casca de banana**. Tal material designado de “*Kuori*” foi desenvolvido para ser utilizado para fabricar solas de sapato, armação de óculos, bolsas, pulseira para relógio, capa para celular e filamentos para impressão 3D, conforme mostrado nas Imagens 17 e 18 (BOAS NOVAS MG, 2021).

Imagem 17 — Amostras do couro de casca de banana - “*Kuori*”.



Fonte: <https://www.futurematerialsbank.com/material/banana-peel>.

Imagem 18 — Couro de casca de banana - “Kuori”.



Fonte: <https://boasnovasmg.com.br/2021/05/24/designer-suica-cria-sapatos-e-bolsas-com-cascas-de-banana>.

Outros estudos incluem a tese intitulada “*Biomassa de cascas de banana como fonte de matéria-prima na obtenção de filmes bionanocompósitos com potencial aplicação em embalagens biodegradáveis*” de Oliveira (2018), defendida na Universidade Federal do Ceará. Segundo o referido autor, a casca de banana descartada apresenta um problema ambiental ao ser descartada, pois contém grandes teores das substâncias químicas nitrogênio e fósforo, o que a torna suscetível à degradação microbiana. Com o objetivo de aproveitar os resíduos industriais da casca de banana, o autor extraiu as substâncias **Pectina e Celulose da casca de banana** para a obtenção de filmes bionanocompósitos.

Em relação à aplicação do referido produto obtido, o material resultante apresenta uma embalagem de filme bionanocompósito com solubilidade em água, no qual o autor recomenda utilizar como embalagem primária, para que uma embalagem secundária possa realizar a proteção contra água e umidade que o filme não possui.

Pesquisadores do Grupo de Biopolímeros e Materiais Avançados (BioMat) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) também fazem o estudo de uma substância obtida na casca de banana: a **Lignina**. Intitulado “Avaliação da capacidade antioxidante e citotoxicidade de lignina organossolve da casca da banana”, segundo o Diário do Nordeste (2021) “o objetivo do estudo foi avaliar a relação estrutura - propriedade das ligninas da casca de banana (BPLs) como agentes antioxidantes e antimicrobianos”.

Segundo os pesquisadores, a lignina é uma substância encontrada em diversas frutas, e tem possibilidade de substituir os derivados de petróleo em diversas aplicações na indústria de embalagens. O processo para a obtenção desta embalagem é denominado organossolve, utilizado para fracionar a biomassa vegetal da casca de banana em celulose, hemicelulose e lignina. O estudo aponta que a Lignina tem importante papel na propriedade antioxidante antimicrobiana, agindo para prolongar a vida dos alimentos nas prateleiras (DIÁRIO DO NORDESTE, 2021).

Relevante referência utilizando casca de banana foi descrita no experimento intitulado “*Produção de Bioplástico a partir da casca de Banana-Prata (Musa Acuminata): desenvolvimento de exemplar interdisciplinar*” (BARROS *et al.*, 2020). Tal experimento teve por objetivo obter um biopolímero (ou bioplástico), a partir dos materiais orgânicos, tais como o **Amido de milho, Glicerol e Fibra da casca de Banana Prata**, conforme descrito a seguir (BARROS *et al.*, 2020):

“Primordialmente, para extrair a fibra da banana-prata, 50g da casca da fruta selecionada foram trituradas no liquidificador, junto a 150 ml de água retirada do próprio laboratório, até a fragmentação de toda a casca. De forma isolada, deu-se início o processo de formação do plástico a partir da mistura, por meio de um bastão de vidro, de 25g de amido de milho, 8 ml de glicerina e 8 ml de vinagre de maçã. Ambos materiais foram dispostos em um béquer com capacidade para 250 ml. Posteriormente, a mistura obtida passou para processo de cozimento em manta aquecedora a aproximadamente 90°C por 10 minutos com a utilização de um bastão de vidro, para auxiliar na mistura. O aquecimento foi mantido até a solução obter consistência pastosa e homogênea, com uma certa dificuldade de misturá-la. Após tal etapa, o produto resultante do cozimento foi adicionado à fibra da banana no liquidificador, e foram batidos por cerca de cinco minutos, gerando, dessa maneira, um composto homogêneo e de coloração marrom-

acinzentada, fato esse que se deve à reação da enzima polifenol oxidase (PPO) com o oxigênio presente no ar. Posteriormente, o composto obtido foi disposto igualmente em duas placas de petri, sendo uma amostra destinada à estufa com circulação de ar a 35° C por 48 horas e outra à secagem natural na bancada laboratorial.”

Estes estudos mostram que a Banana e seus derivados são matérias-primas altamente versáteis, podendo ser aplicados em embalagens, folhas, produtos diversos, entre outros.

2.4. Classificação do Materiais

Materiais Poliméricos

Para Callister (2002, p.309), a madeira, o algodão e a seda são como “polímeros naturais” ocorrendo naturalmente no meio-ambiente e utilizados há muitos séculos. Já os polímeros que conhecemos hoje foram desenvolvidos sinteticamente devido aos avanços na pesquisa científica, responsáveis por sintetizar pequenas moléculas orgânicas em numerosos polímeros.

Estes polímeros sintéticos podem ser produzidos rapidamente a um preço baixo, tendo uma grande vantagem aos materiais naturais.

Materiais Compósitos

Segundo Callister (2002, p.359), compósitos são materiais resultantes da combinação de dois ou mais materiais diferentes, unindo características de ambos para atender necessidades que os materiais convencionais como polímeros, metais e cerâmicas não podem atender. Se trata de melhorar características mecânicas do material final, como resistência a condições ambientais, altas temperaturas, rigidez, entre outras. Um critério para considerar um material como compósito, se trata de ambos os materiais possuírem fases quimicamente diferentes, ou seja, materiais **multifásicos**.

O referido autor afirma que existem materiais compósitos gerados na natureza: “Por exemplo, a madeira consiste em fibras de celulose resistentes e flexíveis, que são envolvidas e mantidas unidas por meio de um material mais rígido chamado de lignina.” (CALLISTER, 2002, p.359)

Material Compósito de Madeira Plástica (WPC)

Segundo o Sebrae (2014), um material compósito comercialmente conhecido como “*madeira plástica*” ou “*WPC*” (acrônimo do inglês, “*Wood Plastic Composite*”) é uma mistura de madeira e outros polímeros de várias composições, reforçados com fibras vegetais e/ou minerais como carbonato de cálcio, talco e fibras de vidro sintéticas. O processo de produção do WPC confere característica às madeiras plásticas semelhantes à madeira comum.

As vantagens do *WPC* incluem durabilidade de aproximadamente 50 anos, impermeabilidade, menor preço em relação às madeiras, utilização limpa que não produz farpas ou rachaduras, fácil manutenção da peça, resistência à química e pragas e boa aplicabilidade. O material tem usos diversos, desde móveis a brinquedos, plataformas, portões, etc. (SEBRAE, 2014).

Além disso, o *WPC* é um material sustentável, pois é composto por plásticos provenientes de resíduos domésticos e industriais, e fibras vegetais como a fibra de coco, serragem, entre outros. (SEBRAE, 2014).

Segundo Müzel (apud Taylor *et al.*, 2009), “a composição do *WPC* varia geralmente entre 30 -70% de madeira, 30-55% de polímero e 0,5-15% de aditivos.”

Segundo pesquisa realizada por Carnietto (2020), os polímeros mais utilizados para a fabricação de *WPC* são resíduos de plásticos, PVC, PP e PE; e as fibras mais utilizadas são pó de madeira, fibra natural e casca de arroz.

Na Imagem 19 a seguir, são mostradas placas de madeira plástica em diversas cores para aplicação.

Imagem 19 — Placas de madeira plástica (ou “WPC”).

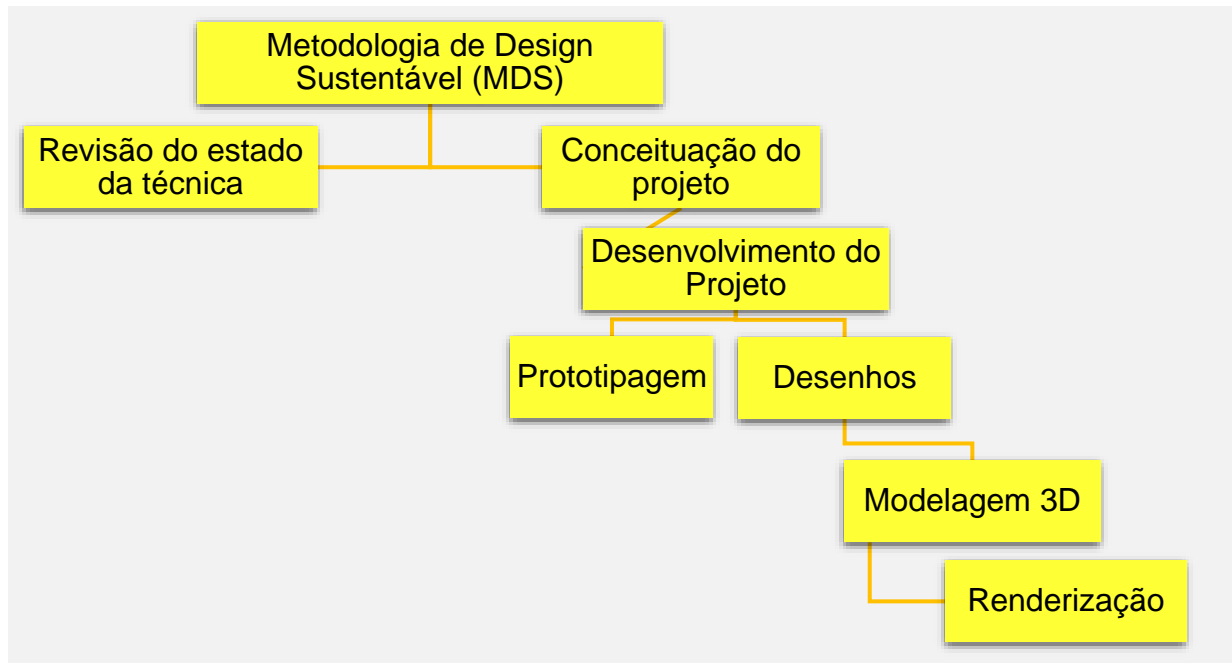


Fonte: <https://5.imimg.com/data5/DA/FT/MY-2050059/wood-plastic-composite-500x500.jpg>.

3. METODOLOGIA DE DESIGN SUSTENTÁVEL

3.1. Descrição das etapas da Metodologia de Design Sustentável - MDS

Gráfico 9 — Etapas da Metodologia de Design Sustentável (MDS)



Fonte: a autora.

Etapa 1 - Revisão do Estado da Técnica

A etapa de pesquisa de estado da arte foi realizada com o objetivo de definir a matéria-prima a ser estudada, utilizando as seguintes bases de dados: *Blucher Proceedings*; Repositório Institucional da UFC; e Repositório Embrapa.

Adicionalmente a estas bases de dados, foram realizadas pesquisas de materiais no google, blogs e websites. Os materiais pesquisados estão expostos no tópico 2.2 deste trabalho.

Foram selecionados 14 estudos de matérias-primas, que posteriormente passaram pelos critérios: tipo de matéria-prima, origem da matéria-prima, localização, estudo direcionado a embalagem, foco em redução de resíduos no geral. Após a exclusão dos estudos que não atingiram a maioria dos critérios, foram selecionadas 3 matérias-primas: Casca de Banana, Fibra de Coco, Fibra da casca de Coco Verde.

Os critérios de seleção final foram: **origem da matéria-prima e inovação do material**. Resultou na seleção da **Casca de Banana** como matéria-prima para o desenvolvimento de uma embalagem biodegradável.

Etapa 2 - Conceituação do Projeto

Em adição a problematização realizada na Fundamentação Teórica deste trabalho, são apresentados mais argumentos para a criação de uma embalagem biodegradável no contexto que a sociedade está inserida após 2020.

Segundo o National Geographic Brasil (2020) e Terra (2020), a pandemia de covid-19 aumentou drasticamente o consumo de embalagens plásticas e para delivery. A situação é relatada na entrevista obtida pelo National Geographic Brasil (2020):

“Tenho visto, no dia-a-dia, o aumento de plásticos, mas de descartáveis. Por causa do novo hábito das pessoas de pedir delivery, de se alimentar em casa. Mas, para nós, catadores, é considerado lixo porque não tem reciclagem, não gerenciamos, e o ferro velho não compra”, conta Barbosa. “Infelizmente, vemos o aumento desse material, mas a maior quantidade vai para o aterro. Como não tem reciclagem, não tem valor para o catador, vai para o aterro ser queimado.”

Segundo o Terra (2020), além do uso aumentado das embalagens para delivery, ocorreu também uma “explosão” na compra de eletrônicos, que por sua vez, são embalados em várias camadas de plástico para proteção no transporte viário e aéreo. Outro agravante no descarte da pandemia foram as embalagens de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), altamente requisitadas no último ano.

Com base na justificativa do projeto e no aumento de descartes devido a pandemia de covid-19, os tipos de embalagem considerados para a aplicação são as embalagens de uso único, como embalagens secundárias para delivery, sacolas para supermercado e transporte de produtos.

Em paralelo a isso, durante a disciplina de Gestão da Inovação no curso de Design, foi percebida a demanda de uma sinalização para a fauna e flora local do Campus do Pici (UFC). O Campus do Pici possui um ecossistema rico, e que por vezes passa despercebido ao olhar no dia-a-dia. Muitas vezes, o

conhecimento sobre a fauna e a flora local são restritos aos grupos de pesquisa, estudantes e professores de uma determinada área de estudos. Em 2016, foi criada a lei que torna a Matinha do Pici uma Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), a Unidade de Conservação protege 47 hectares de mata nativa. Segundo estudos, é um dos últimos refúgios da fauna original da capital (UFC, 2019).

Com o intuito de conscientizar a população, divulgar, e proteger a fauna e flora, será desenvolvido um projeto de **Tags e Placas para identificação da Fauna e Flora local do Campus do Pici**, utilizando como matéria-prima o material biodegradável deste trabalho. Esta aplicação, apesar de não ser um projeto de embalagens trará mais versatilidade ao material, expandindo e diversificando as aplicações para produtos.

O projeto de Tags e Postes para Sinalização de Fauna e Flora faz parte do **Smart Campus Park**, uma iniciativa que reúne professores e alunos no desenvolvimento de propostas para o Campus do Pici.

Com estas propostas em mente, deu-se início à próxima etapa do projeto, o rascunho e desenvolvimento.

Etapa 3 - Desenvolvimento do Projeto

Para Löbach (2001, p.150), após a análise do problema de design deve-se iniciar a geração de alternativas. Estas alternativas devem ser geradas com base nas análises realizadas nas fases anteriores do projeto. Löbach (2001, p.150) recomenda trabalhar livremente nas ideias para gerar a maior quantidade de alternativas, esta liberdade no projeto irá conduzir a novas combinações de ideias. Na fase de geração de alternativas, é importante para o designer traçar rascunhos das ideias ou modelos 3D das ideias mais promissoras. (LÖBACH, 2001, p.153).

3.2. Aplicação da MDS para Novos Produtos Biodegradáveis

Aplicação da MDS, através das seguintes etapas:

- Conceito: biodegradável;
- Matéria-prima: casca de banana;
- Padrão colorimétrico: Escala de Maturação de Von Loesecke;
- Referência de forma: casca de banana;
- Modelagem 3D;
- Renderização;
- Experimentação.

Etapa 4 - Prototipagem

Segundo Löbach (2001, p.155), a última fase no processo de design é a materialização do produto, ou a prototipagem. Esta materialização deve ser revista e aperfeiçoada para chegar a melhor alternativa no projeto (LÖBACH, 2001, p.153).

Neste sentido, o que será realizado neste tópico é a coleta de Bananas e de outras matérias-primas a fim de obter um material compósito para a embalagem biodegradável.

A casca de banana coletada para a experimentação foi a cultivar Banana Prata comum, pertencente ao subgrupo Prata (AAB), devido a popularidade da cultivar e suas características, conforme destaca o estudo de LIMA *et al.* (2012):

“As cultivares do subgrupo Prata são vigorosas, apresentam poucas manchas escuras no pseudocaule, pecíolos com margens eretas, porte alto, e um sistema radicular agressivo, o que lhes possibilita a sobrevivência e a produção em solos de baixa fertilidade e com deficiência hídrica.”








4. RESULTADOS

4.1. Material Compósito Biodegradável à base de Casca de Banana (CCB)

No desenvolvimento da Metodologia de Design Sustentável de Material Compósito à base de Casca de Banana (MDS-CCB) houve a consideração de tornar reprodutível o experimento de preparação do novo material.

Para o experimento, todas as bananas foram adquiridas no mesmo comerciante, e em estado similar ao da Imagem 20. As bananas estavam na gradação 7 da Escala de Maturação de Von Loesecke (Tabela 3).

Tabela 3 — Escala de Maturação de Von Loesecke.

						
1	2	3	4	5	6	7
Totalmente verde	Verde com traços amarelos	Mais verde que amarelo	Mais amarelo que verde	Amarelo com a ponta verde	Todo amarelo	Amarelo com áreas marrons

Fonte: Adaptado de FAEP - Federação da Agricultura do Estado do Paraná.

Imagem 20 — Penca de Banana Prata.



Fonte: a autora.

Imagem 21 — Banana coletada (à esq.) e respectiva casca armazenada (dir.).



Fonte: a autora.

As cascas foram coletadas no período de 17 de julho de 2020 a 14 de outubro de 2020, total de 89 dias e pesando aproximadamente 1,1 kg. Estão armazenadas individualmente e refrigeradas num congelador, sob temperatura negativa constante de aproximadamente $-4,0^{\circ}\text{C}$.

Imagem 22 — Amostras coletadas (à esquerda) e pesagem (à direita).



Fonte: a autora.

Foram necessárias visitas técnicas a fim de obter dados precisos sobre a casca da banana. A visita foi realizada no Laboratório localizado no Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, no Bloco 729 do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

O objetivo desta coleta é analisar as propriedades do material por meio de microscopia, a ser realizada na próxima etapa do projeto.

Imagem 23 — Estrutura do Laboratório, em 26/02/2021.



Fonte: a autora.

Imagem 24 — Separação das fibras da casca de banana.



Fonte: a autora.

Após a secagem da casca de banana a 140° por 40 minutos, obteve-se uma casca desidratada. Esta casca foi adicionada a um grupo de materiais com o objetivo de obter um compósito biodegradável. Os materiais são os seguintes:

- A) Casca de Banana Prata desidratada;
- B) Serragem em pó de madeira;
- C) Farinha de trigo tipo 1 D.B.;
- D) Embalagem de polpa moldada de papelão;
- E) Garrafa PET granulada;
- F) Material ligante;
- G) Água encanada não-filtrada.

Na Imagem 25 a seguir são mostrados os materiais de **A)** até **F)** reunidos para a experimentação.

Imagem 25 — Materiais para a experimentação.



Fonte: a autora.

Na Tabela 4 são apresentados os processos a qual cada material foi submetido.

Tabela 4 — Processos submetidos aos materiais.

Materiais	A)	B)	C)	D)	E)	F)	G)
Processos	Tratamento térmico à 140° C. Tempo: 40 minutos.	Nenhum.	Nenhum.	Nenhum.	Nenhum.	Nenhum.	Nenhum.

Fonte: a autora.

A fim de obter diferentes resultados, foram feitas combinações com os materiais em diferentes proporções, mostradas a seguir na Tabela 5.

Tabela 5 — Composição das amostras.

PROPORÇÃO	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
A) Casca de Banana desidratada;	1:1	2:2	1:1	1:1
B) Serragem em Pó de Madeira;	1:1	2:2	1:1	1:1
C) Farinha de Trigo Tipo 1 D.B.;	1:1	2:2	1:1	1:1
D) Emb. de polpa moldada de papelão;	1:1	2:2	1:1	1:1
E) Garrafa PET granulada;	-	-	¼	2:1
F) Material ligante	1:1	2:2	1:1	1:1
G) Água encanada não-filtrada.	1:1	2:2	1:1	1:1

Fonte: a autora.

Os materiais foram então submetidos a um tratamento térmico à 180°C por 20 minutos. Na Imagem 26 abaixo são mostrados os resultados obtidos após o tratamento.

Imagem 26 — Resultado das amostras 1 e 2 (parte superior) e amostras 3 e 4 (parte inferior).



Fonte: a autora.

As amostras tiveram resultados distintos com base nos materiais adicionados. Em comum, as quatro amostras possuíam uma estrutura e densidade similar, também apresentando a mesma leveza no peso do material. As amostras sem adição do material E) Garrafa PET granulada obtiveram melhor textura e menos odor.

A seguir nas Imagens 27 a 30 são exibidos os resultados de cada amostra.

Imagem 27 — Resultado da Amostra 1.



Fonte: a autora.

Imagem 28 — Resultado da Amostra 2.



Fonte: a autora.

Imagem 29 — Resultado da Amostra 3.



Fonte: a autora.

Imagem 30 — Resultado da Amostra 4.



Fonte: a autora.

4.2. Design de Aplicações Sustentáveis

4.2.1. Embalagem Sustentável Biodegradável

Proposta 1 - Embalagem Secundária para Delivery.

Para o desenho da embalagem, a ideia inicial foi buscar na natureza as inspirações para o formato.

Para maior identificação com este trabalho, foi estudada a forma da banana. Na Imagem 31, mostra-se uma ilustração da banana que foi utilizada como referência para o desenho das ideias.

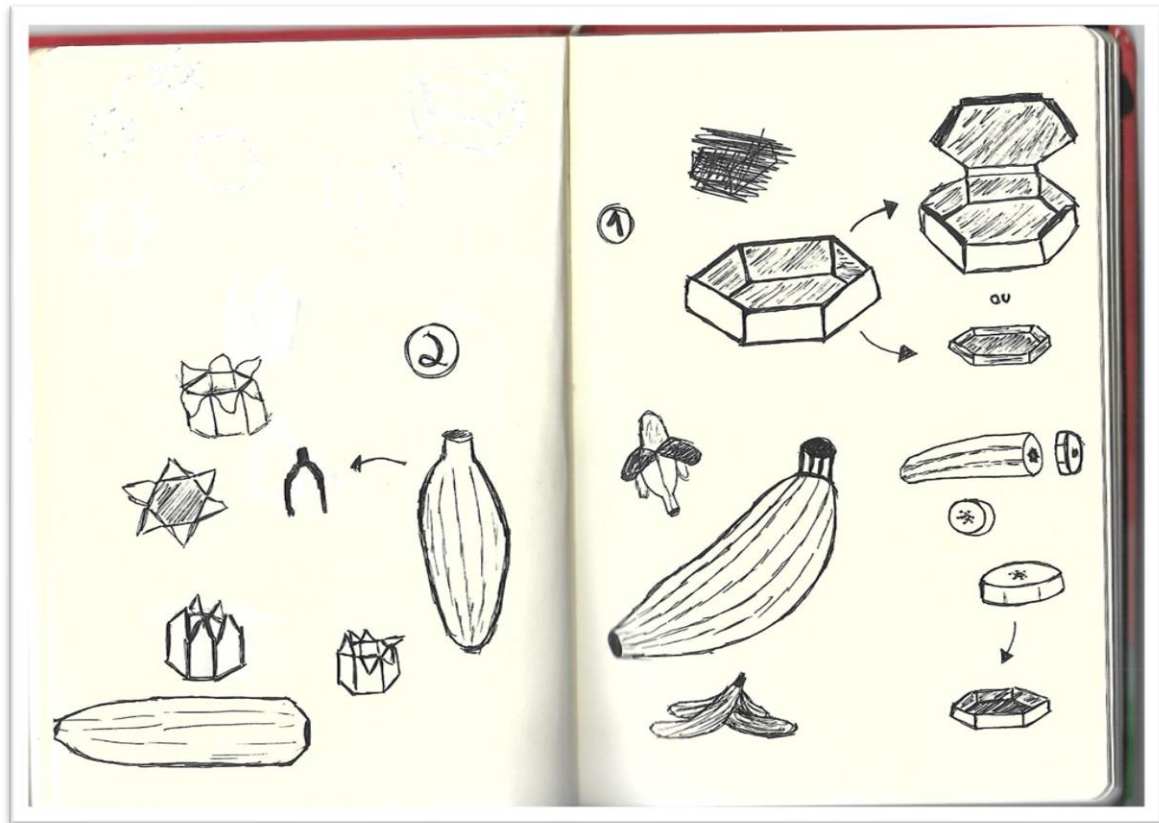
Imagem 31 — Referência para desenho da forma.



Fonte: <https://collection.cooperhewitt.org/objects/2318793596/>.

Foram estudados os formatos da banana nos rascunhos iniciais. Foi percebido que o corte em fatias da banana gera uma estrutura circular ou hexagonal, uma estrutura interessante para embalagens e com um bom aproveitamento de espaço.

Imagem 32 — Rascunhos da embalagem.



Fonte: a autora.

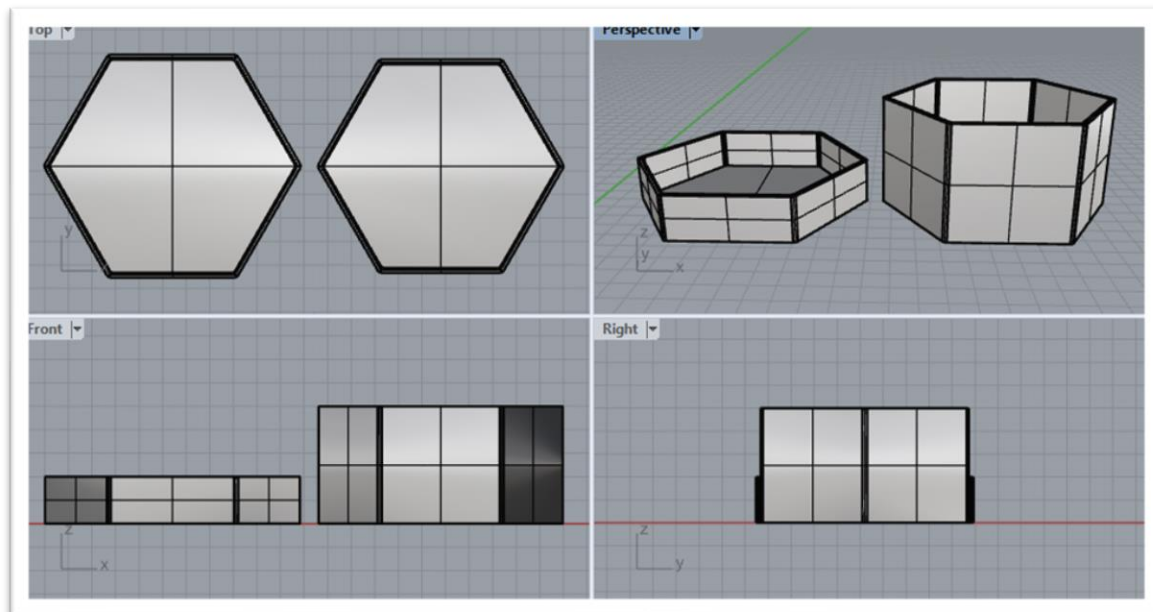
No modelo (1) da embalagem, foi pensada uma embalagem baixa, com tampa encaixável ou acoplada, similar às embalagens existentes no mercado. No modelo (2) foi pensado uma embalagem hexagonal de altura média, com tampa dobrável na estrutura.

Para a escolha da embalagem a desenvolver, foram levados em consideração os critérios de facilidade da execução e praticidade. Foi escolhido o modelo (1), por se tratar de uma caixa baixa com tampa, sua estrutura simples o torna mais fácil de cortar e dobrar.

A modelagem foi desenvolvida no software de modelagem tridimensional Rhinoceros 6. A simulação do resultado final é uma renderização feita no

software Keyshot 9. Na Imagem 33 a seguir, é apresentada a modelagem 3D da embalagem, em quatro vistas diferentes: topo, perspectiva, frontal e lateral.

Imagem 33 — Modelagem 3D da embalagem.



Fonte: a autora.

Para esta embalagem, as medidas utilizadas para a modelagem foram baseadas em caixas para delivery. Nas seguintes medidas:

Tabela 6 — Medidas da modelagem desenvolvida.

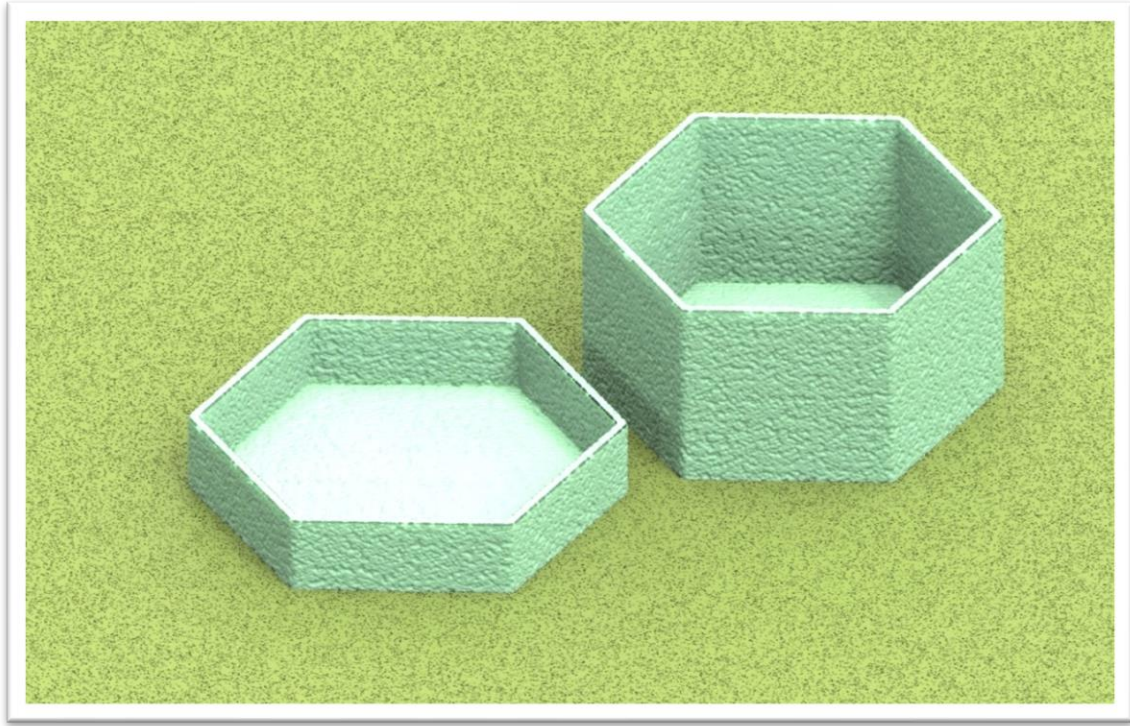
MEDIDAS	Caixa	Tampa
Altura	50 mm	20 mm
Largura	104 mm	108 mm
Comprimento	94 mm	94 mm

Fonte: a autora.

A Imagem 34 a seguir mostra a simulação realista do material, técnica conhecida como *renderização*. Na renderização, a textura e cor do material foram ajustadas para simular um material reciclado com coloração em tons de verde. Este material utilizado na simulação é meramente ilustrativo para representar o

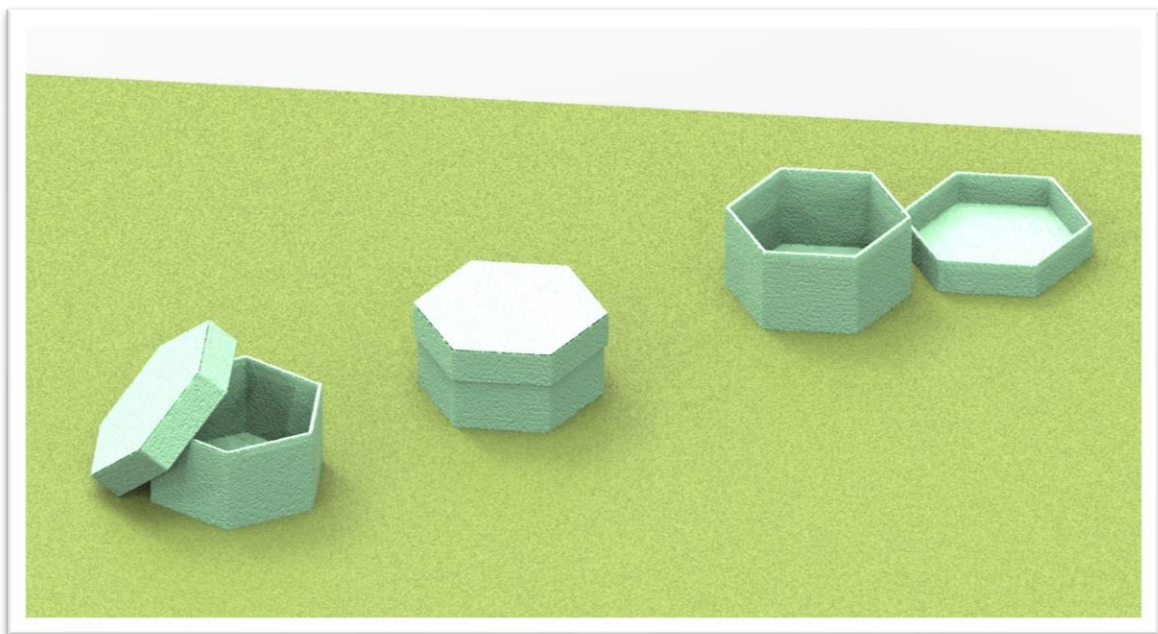
material que será criado neste projeto, o resultado final pode diferir do apresentado nesta simulação.

Imagem 34 — Simulação do resultado final da embalagem.



Fonte: a autora.

Imagem 35 — Simulação do resultado final da embalagem, em diferentes disposições.

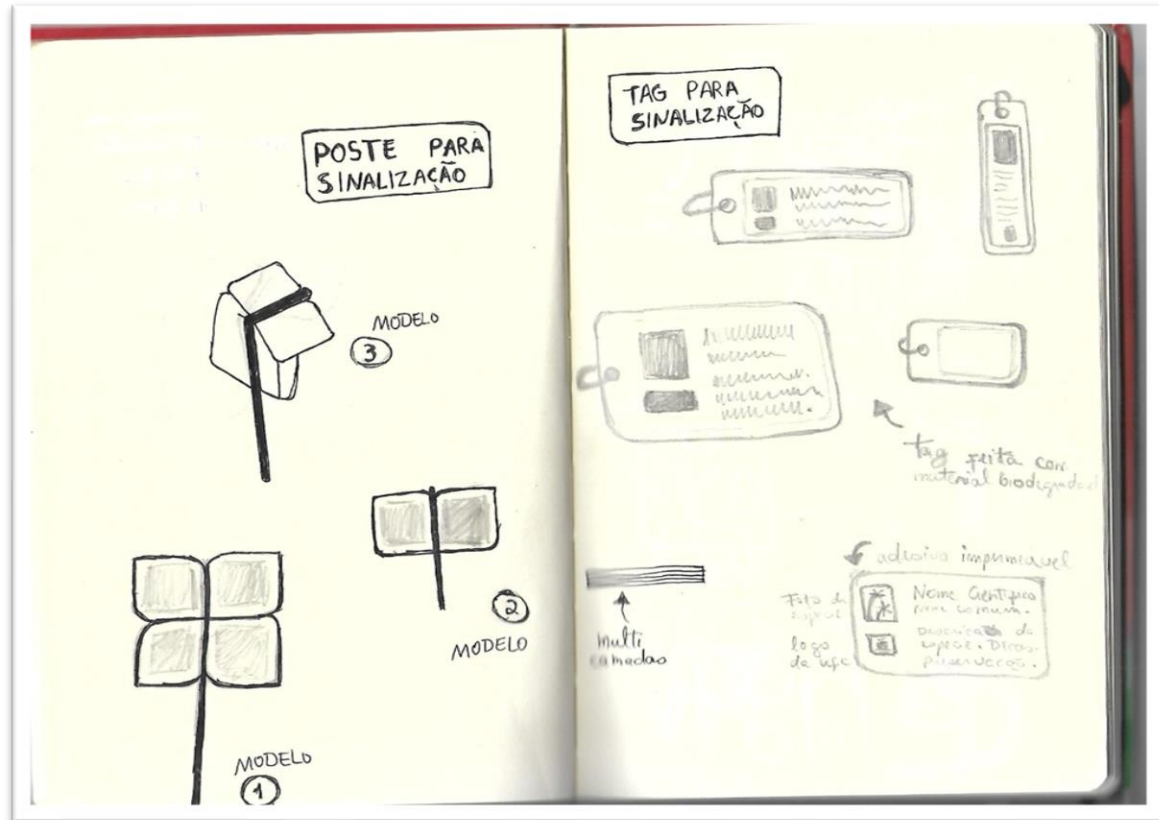


Fonte: a autora.

4.2.2. Etiqueta de Sinalização Biodegradável

Proposta 2 - Poste e Tag de sinalização de Fauna e Flora para Campus do Pici. HACKATHON 2021 – SMART CAMPUS PARK/UFC

Imagem 36 — Rascunhos do Poste (à esquerda) e Tag (à direita).



Fonte: a autora.

Para o poste, foram desenhados três modelos de forma. Identificado como Modelo (1), o poste com 4 módulos tem a função de apresentar até quatro espécimes de fauna e flora presentes em um determinado ambiente. O Modelo (2) apresenta um poste mais compacto, com apenas 2 módulos para apresentação, ideal para apresentação de flora em menor escala como arbustos. O Modelo (3) tem estrutura similar ao Modelo (1), com a diferença de que a parte superior do modelo possui uma dobra no ângulo de 90°, permitindo uma sombra para os módulos, que seriam utilizados na frente e verso do poste. Por limitação no tempo de desenvolvimento do projeto, será aprimorado e apresentado apenas o Modelo (1) para o Poste.

No desenho das Tags, foram desenhadas formas retangulares, de modo que pudesse incluir 1 (uma) imagem da espécie retratada, nome científico, nome popular, hábitos ou fatos sobre determinada espécie da fauna ou flora.

Para ambos os projetos, foi pensada a aplicação do material desenvolvido neste TCC de seguinte modo: folhas planas do material biodegradável sobrepostas até formar uma espessura adequada para as placas. E para as informações, utilizar adesivos impermeáveis de alta qualidade de impressão para resistir às intempéries que serão submetidos ao ar livre.

Imagem 37 — Desenvolvimento dos adesivos de identificação.



Fonte: a autora.

No desenvolvimento das Tags, foi pensada uma diagramação de frente e verso, no qual as informações sobre a espécie fiquem dispostas na frente da tag. Os dados foram obtidos no website da Prefeitura Especial de Gestão Ambiental da UFC (PEGA, 2021). No verso da tag, contém um QR-Code levando ao website

que contém as informações completas sobre a espécie, e também inclui informações dos responsáveis pela veiculação do material.

Imagem 38 — Desenvolvimento do modelo das placas.



Fonte: a autora.

No desenvolvimento dos Postes, foi diagramado um modelo de maior escala, com o objetivo de melhorar a visualização das informações à longa distância.

Imagem 39 — Simulação do resultado final da Tag de Identificação.



Fonte: a autora.

Nas Imagens 39 e 40 apresenta-se uma simulação do resultado final. A tag simula a colagem do adesivo e um tipo de corda para amarração nas superfícies.

No poste mostra-se a simulação dos módulos e das respectivas fixações na estrutura. O formato quadrado com as diagonais arredondadas foi especialmente desenvolvido para o pedestre do Campus do Pici visualizar a placa à distância e associá-la visualmente com a natureza, pois a união dos quatro módulos remete a um trevo de quatro folhas.

Imagem 40 — Simulação do resultado final do Poste de identificação.



Fonte: a autora.

5. CONCLUSÃO

O trabalho propôs novas soluções em design sustentável utilizando a Casca de Banana como matéria-prima básica na composição de um novo material compósito, biodegradável. A casca de banana apresenta alto potencial para uma embalagem biodegradável a ser desenvolvida em larga escala, tendo como grandes vantagens a alta produção e oferta estável de Bananas durante o ano todo. A alta quantidade de descarte das cascas favorece a produção de embalagens com o material, pois atinge os requisitos gerais de sustentabilidade propostos por Manzini e Vezzoli.

6. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Para dar continuidade ao desenvolvimento desta embalagem, é fundamental obter mais dados das propriedades físico-químicas. Deve-se testar a degradabilidade; agente necessário para estimular a degradabilidade; tempo de degradação; propriedades mecânicas do material; e interação com outros materiais, especialmente alimentos.

Para validação de embalagem, deve ser feita uma fase de testes de aceitação com o mercado e os possíveis usuários da embalagem; obter feedback e realizar melhorias no projeto.

Para garantir a sustentabilidade da embalagem pode ser feita uma Análise do Ciclo de Vida (ACV) do produto, de acordo com a NBR ISO 14040 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

REFERÊNCIAS

ABIPLAST - Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. Perfil 2018. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/10/perfil2018-web_VC.pdf. Acesso em 11 mar. 2021.

ABIPLAST - Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. Perfil 2019. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2020/09/Perfil_2019_web_abiplast.pdf. Acesso em 19 jul. 2021.

ABIPLAST - Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. Perfil Preview 2020. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2021/05/PREVIEW_ABIPLAST_2020.pdf. Acesso em 19 jul. 2021.

ABRE – Associação Brasileira de Embalagem. Pontos Críticos do Desenvolvimento de Embalagens. 2012. Disponível em: http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/07/desenvolvimento_embalagens.pdf. Acesso em 3 ago. 2021.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. São Paulo, 2019. 68 p. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 09 abr. 2019.

ANCAT - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (Comp.). Anuário da Reciclagem 2017-2018. São Paulo, 2018. 56 p. Disponível em: <https://ancat.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Anua%CC%81rio-da-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13230: Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis - Identificação e simbologia. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15448-1: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15448-2: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. Parte 2: Biodegradação e compostagem — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16182: Embalagem e acondicionamento — Simbologia de orientação de descarte seletivo e de identificação de materiais. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro. 2009.

BARROS, Letícia Medeiros Xavier De *et al.* PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA CASCA DE BANANA-PRATA (MUSA ACUMINATA): DESENVOLVIMENTO DE EXEMPLAR INTERDISCIPLINAR. Anais do V CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/72947>. Acesso em: 23 ago. 2021.

Blucher Proceedings. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/>. Acesso em: 09 abr. 2019.

BOAS NOVAS MG. Designer suíça cria sapatos e bolsas com cascas de banana. 2021. Disponível em: <https://boasnovasmg.com.br/2021/05/24/designer-suica-cria-sapatos-e-bolsas-com-cascas-de-banana/>. Acesso em 25 ago 2021.

BORGES, *et al.*, A Cultura da Banana. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2006. (Coleção Plantar). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/120874>. Acesso em: 03 set. 2020.

CALLISTER, William D. Jr. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

CARNIETTO, Mirela Bertin. Estudo da Usinagem dos Compósitos Plástico Madeira e Madeira Plástica. 2020. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/193421>.

CICLO VIVO. Embalagem feita a partir de bananeira é desenvolvida na Austrália. 2019. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/inovacao/tecnologia/embalagem-bananeira-e-desenvolvida-na-australia/>. Acesso em: 30 jun. 2021.

DIÁRIO DO NORDESTE. Cearenses estudam uso de casca de banana em embalagens e no lugar de produtos à base de petróleo. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/cearenses-estudam-uso-de-casca-de-banana-em-embalagens-e-no-lugar-de-produtos-a-base-de-petroleo-1.3086407>. Acesso em: 17 mai. 2021.

ECYCLE. Embalagem biodegradável: vantagens, desvantagens e exemplos. 2020a. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2910-embalagem-biodegradavel>. Acesso em: 16 set. 2020.

ECYCLE. Embalagens sustentáveis: o que você precisa saber. 2020b. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/6316-embalagens-sustentaveis.html>. Acesso em: 16 set. 2020.

ECYCLE. Como aproveitar casca de banana. 2021. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/casca-de-banana>. Acesso em: 30 jun. 2021.

EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Pesquisa de publicações. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-publicacoes>. Acesso em: 09 abr. 2019.

FAEP - Federação da Agricultura do Estado do Paraná. Hortiqualidade - Cartilhas de Classificação: Banana. Disponível em: <http://www.faep.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/frutas/banana>. Acesso em: 15 out. 2020.

FERREIRA; Mariana Caroline; SILVA, Jucelia Saete Giacomini. Embalagens biodegradáveis: um estudo sobre as vantagens e desvantagens no setor de alimentos, 7º Simpósio Design Sustentável, Blucher Design Proceedings,

Volume 6, 2019, p. 436-447. Disponível em: www.proceedings.blucher.com.br/article-details/embalagens-biodegradveis-um-estudo-sobre-as-vantagens-e-desvantagens-no-setor-de-alimentos-33517.

Acesso em: 16 set. 2020.

FOLHA DA BANANEIRA. Folha da Bananeira: A pioneira do Brasil. Disponível em: <https://folhadabananeira.com.br>. Acesso em: 30 jun. 2021.

G1 - O Portal de Notícias da Globo. Banana é a fruta mais consumida no Brasil. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/agro-a-industria-riqueza-do-brasil/noticia/2021/05/16/banana-e-a-fruta-mais-consumida-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 17 mai. 2021.

G1 - O Portal de Notícias da Globo. De onde vem o que eu como: Brasil é o 4º maior produtor de banana e está atento à 'pandemia' no campo que afeta cultura. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/agro-a-industria-riqueza-do-brasil/noticia/2021/05/17/de-onde-vem-o-que-eu-como-brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-banana-e-esta-atento-a-pandemia-que-afeta-cultura.ghtml>. Acesso em: 17 mai. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro. 2018.

JORGE, Neuza. Embalagens para alimentos. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2013. 194 p.

Kaza Silpa, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, Frank Van Woerden. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018. 274p. (Urban Development Series). Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Acesso em: 16 out. 2020.

KAZAZIAN, T. (org.). Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2009, 195 p.

LANDAU, Elena Charlotte *et al* (ed.). DINÂMICA DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E DA PAISAGEM NATURAL NO BRASIL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS: Produtos de origem vegetal. Brasília: Embrapa, 2020. 2171 p.

(Embrapa Milho e Sorgo). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1122548/dinamica-da-producao-agropecuaria-e-da-paisagem-natural-no-brasil-nas-ultimas-decadas-produtos-de-origem-vegetal>.

Acesso em: 16 out. 2020.

LIMA, *et al.*, Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2012. 214 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas.). Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-publicacoes/-/publicacao/956873/banana-o-produtor-pergunta-a-embrapa-responde>.

Acesso em: 03 set. 2020.

LÖBACH, Bernd. Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2001.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. 1. ed. 4. reimpr. São Paulo: EdUSP, 2016. 368 p.

MÜZEL, Sarah David. Estudo da Usinagem dos Compósitos Plástico Madeira e Madeira Plástica. 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/149930>.

National Geographic Brasil. Luta contra plásticos descartáveis é atropelada durante a pandemia. 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2020/07/plastico-descartavel-covid-19-pandemia-reciclagem-saude-catadores-sacola>.

Acesso em 19 jul 2021.

NERIS, T. S.; SILVA, S. S. E; LOSS, R. A.; CARVALHO, J. W. P.; GUEDES, S. F. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CASCA DA BANANA (*Musa spp.*) IN NATURA E DESIDRATADA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO. *Ciência e Sustentabilidade*, v.4, n.1, p.5-21, 10 jul. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/cienciasustentabilidade/article/view/211>. Acesso em: 08 set. 2020.

OLIVEIRA, Túlio Ítalo da Silva. Biomassa de cascas de banana como fonte de matéria-prima na obtenção de filmes bionanocompósitos com potencial aplicação em embalagens biodegradáveis. 2018. 173 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PAPANÉK, Victor J. Arquitectura e design: Ecologia e ética. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2007. 287p.

PEGA - Prefeitura Especial de Gestão Ambiental. 2021. Disponível em: <http://www.pega.ufc.br/>. Acesso em 08 set 2021.

Repositório Institucional da Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/>. Acesso em: 09 abr. 2019.

SACHS, Ignacy. Caminhos Para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2009, 96p.

SACHS, Ignacy. Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2008, 152p.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Madeiras plásticas: Uma inovação para o pequeno negócio. 2014. Disponível em: http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/2_RI_FEV_MADEIRA_PLASTICA.pdf. Acesso em 27 ago 2021.

TEXFAD - TexFad Vocational Business Incubator. Banana Project. Disponível em: <https://texfad.co.ug/banana-project.php>. Acesso em: 30 jun. 2021.

TERRA. A covid-19 levou a uma pandemia de poluição plástica. 2020. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/a-covid-19-levou-a-uma-pandemia-de-poluicao-plastica,761b3b9b559523a911d0c8177caf93f8rb0od279.html>. Acesso em 19 jul 2021.

TERRAW. Por que fibras de plantas? Entenda o material. Disponível em: <https://www.terrawembalagens.com.br/post/fibras-de-planta>. Acesso em 19 jul 2021.

UFC - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Observatório Ambiental convida para criação do plano de manejo da Matinha do Pici. 2019. Disponível em: <https://www.ufc.br/noticias/noticias-de-2019/12761-observatorio-ambiental-convida-para-criacao-do-plano-de-manejo-da-matinha-do-pici>. Acesso em: 08 set. 2021.

UNSW - University of New South Wales. Packaging made from banana plants an a-peeling alternative. 2019. Disponível em: <https://newsroom.unsw.edu.au/news/science-tech/packaging-made-banana-plants-peeling-alternative>. Acesso em: 30 jun. 2021.

UNSW - University of New South Wales. How banana plant stems can be made into new kind of sustainable packaging. 2020. Disponível em: <https://newsroom.unsw.edu.au/how-banana-plant-stems-can-be-made-new-kind-sustainable-packaging>. Acesso em: 30 jun. 2021.

WWF Brasil. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 16 out. 2020.