



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Aplicadas e Educação - CCAE
Departamento de Design
Curso de Bacharelado em Design

Miguel Leite Medeiros

PESQUISA DE FIBRAS NATURAIS PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO
COM REDUÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

RIO TINTO - PB
2024

Miguel Leite Medeiros

PESQUISA DE FIBRAS NATURAIS PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO
COM REDUÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, requisito para conclusão do curso de Design da Universidade Federal da Paraíba, para obtenção do título de Bacharel em Design.

Orientador: Theofilo Moreira Barreto de Oliveira

Rio Tinto – PB
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS E EDUCAÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM DESIGN

MIGUEL LEITE MEDEIROS

PESQUISA DE FIBRAS NATURAIS PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO
COM REDUÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

O presente Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Design da Universidade Federal da Paraíba foi avaliado em defesa pública no dia 06 de Maio de 2024 e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros: o Prof. Me. Theofilo M. B. de Oliveira (Orientador/Presidente da banca), Prof.(a) Me. Uyara de Sousa Travassos Barbosa (Membro interno) e o Prof. Dr. Heber Sivini Ferreira (Membro externo).

Documento assinado digitalmente

 **THEOFILO MOREIRA BARRETO DE OLIVEIRA**
Data: 07/05/2024 00:40:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assina o Me. Theofilo M. B. de Oliveira
(Orientador/Presidente da banca)
Centro de Ciências Aplicadas e Educação – CCAE – Campus IV
Departamento de Ciências Sociais – DCS

Documento assinado digitalmente

 **UYARA DE SOUSA TRAVASSOS BARBOSA**
Data: 07/05/2024 09:03:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.(a) Me. Uyara de Sousa Travassos Barbosa (Membro interno)
Centro de Ciências Aplicadas e Educação – CCAE – Campus IV
Departamento de Design DD

Documento assinado digitalmente

 **HEBER SIVINI FERREIRA**
Data: 07/05/2024 09:53:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Heber Sivini Ferreira (Membro externo).
Centro de Tecnologia – CT Campus I
Departamento de Engenharia de Materiais - DEMAT

Catálogo na publicação Seção de

M488p Medeiros, Miguel Leite.

Pesquisa de fibras naturais para desenvolvimento de produto com redução de impacto ambiental / Miguel LeiteMedeiros. - Rio Tinto, 2024.

79 f. : il.

Orientação: Theofilo Moreira Barreto Oliveira.TCC (Graduação) - UFPB/CCAÉ.

UFPB/CCAÉ

CDU 502.131.1

Catálogo e Classificação

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Ozailton e Jailma, pois é pelo fruto do seu amor e o trabalho de uma vida que chego onde estou e me permito sonhar. Eu devo tudo a vocês.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais Ozailton e Jailma, e aos meus irmãos Mariana e Mateus, pois vocês são minha inspiração e maior bem.

Agradeço ao meu amor Mariana Siqueira, por sempre me apoiar nos momentos difíceis e ser o motivo dos momentos bons.

Agradeço aos meus professores Theofilo Moreira Barreto de Oliveira e Heber Sivini Ferreira pela oportunidade que me foi dada, e por me mostrarem por meio do exemplo o valor do trabalho.

Agradeço aos meus amigos Angelo, Alexia, Bruno, Daiane e Iris por estarem comigo nessa caminhada. Vocês fizeram tudo isso valer a pena.

RESUMO

A presente proposta de projeto tem o objetivo de desenvolver um material compósito na criação de um produto sustentável. Com uma finalidade interdisciplinar, este estudo visa pensar uma solução prática na diminuição dos resíduos descartados pela ação do homem no ambiente. Para isso, será aplicado um estudo técnico, estético e funcional com o foco em três áreas do conhecimento: o Design, a Engenharia de Materiais e a Biomimética. Tendo em vista que os recursos naturais do planeta estão cada vez mais escassos por causa das demandas de consumo que só aumentam, pensar em formas inovadoras e inteligentes para evitar o descarte de resíduos de formas inapropriadas, também é o papel do designer de produtos. Deste modo, a nossa meta de investigação será compor um material resistente a choques físicos, a absorção de água e que não apresente riscos aos componentes biológicos do ecossistema marinho, viabilizando uma proposta mais ecológica.

Palavras-Chave: Compósito, Bio-Design, Biomimética, Estética, Sustentável.

ABSTRACT

This project proposal aims to develop a material composite to create a sustainable product. With an interdisciplinary purpose, this study aims to come up with a practical solution for reducing the waste discarded by man's actions in the natural environment. In order to do this, a technical, aesthetic and functional study will be carried out focusing on three areas of knowledge: Design, Materials Engineering and Biomimetics. Bearing in mind that the planet's natural resources are becoming increasingly scarce due to ever-increasing consumption demands, thinking of innovative and intelligent ways to avoid disposing of waste in inappropriate ways is also the role of the product designer. In this way, our research goal will be to create a material that is resistant to physical shocks and water absorption and that does not present risks to the biological components of the marine ecosystem, making a more ecological proposal possible.

Keywords: Composite, Bio-Design, Biomimetics, Aesthetics, Sustainable.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Compósito de resina poliéster e fibra de vidro22
Figura 2 – Compósito de resina poliéster e fibra de juta22
Figura 3 – Compósito de resina poliéster e fibra de sisal23
Figura 4 - Mecanismo para transferência do lixo evitando poeira43
Figura 5 - Vasilhames para coleta seletiva44
Figura 6 - Lixeira Ibirra45
Figura 7 - Lixeira Steel46
Figura 8 - Lixeira com Tampa de Aço Inox48
Figura 9 - Lixeira de Rua Iron49
Figura 10 - Lixeira Repeat51
Figura 11 - Lixeira quadrada54
Figura 12 - Lixeira coberta compartimentalizada55
Figura 13 - Lixeiras cobertas, recipientes cilíndricos56
Figura 14 - Lixeira encaixável56
Figura 15 - Lixeiras individuais57
Figura 16 - Lixeiras laterais58
Figura 17 - Alternativas de cobertura59
Figura 18 - Organização dos tecidos celulares vegetais61
Figura 19 - Padrão de organização e recipientes62
Figura 20 - Reutilização de arestas65
Figura 21 - Chapas de aço galvanizado66
Figura 22 - Corpo dos vasilhames67
Figura 23 - Detalhe do encaixe dos recipientes68
Figura 24 - Estrutura de aço galvanizado69
Figura 25 - Cobertura de chapa de aço69
Figura 26 - Lixeira de praia70

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Gráfico Tensão x Deformação obtido no ensaio de tração20
Gráfico 2 - Tensão x Deformação do compósito de fibra de vidro e resina poliéster24
Gráfico 3 - Tensão x Deformação do compósito de fibra de juta e resina poliéster25
Gráfico 4 - Tensão x Deformação do compósito de fibra de sisal e resina poliéster26
Gráfico 5 - Tensão x Flecha do compósito de fibra de vidro e resina poliéster27
Gráfico 6 - Tensão x Flecha do compósito de fibra de juta e resina poliéster28
Gráfico 7 - Tensão x Flecha do compósito de fibra de sisal e resina poliéster29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado do ensaio de tração: Resina poliéster e fibra de vidro	24
Tabela 2 – Resultado do ensaio de tração: Resina poliéster e fibra de Juta	25
Tabela 3 – Resultado do ensaio de tração: Resina poliéster e fibra de sisal	26
Tabela 4 - Resultado do ensaio de flexão: Resina poliéster e fibra de vidro	27
Tabela 5 - Resultado do ensaio de flexão: Resina poliéster e fibra de juta	28
Tabela 6 - Resultado do ensaio de flexão: Resina poliéster e fibra de sisal	29
Tabela 7 – Compósito de Resina Poliéster e mantas de Vidro	30
Tabela 8 – Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Juta, método Hand Lay Up	32
Tabela 9 – Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Juta, método Vacuum Forming	33
Tabela 10 – Ensaio de Tração do Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Sisal	34
Tabela 11 – Ensaio de Flexão do Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Sisal	34
Tabela 12 - Requisitos e parâmetros para desenvolvimento do produto	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM – Sociedade Americana de Testes e Materiais
CNUAD – Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP – Corpo de Prova
CP’S – Corpos de Prova
Inox – Inoxidável
IOC – Instituto Osvaldo Cruz
LBC – Laboratório de Biologia Celular
NBR – Norma Brasileira
ONU – Organização das Nações Unidas
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
UFBA – Universidade Federal da Bahia
UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido
UFPB – Universidade Federal da Paraíba
UV – Ultravioleta
WCED – World Commission on Environment and Development

SUMÁRIO

SUMÁRIO	12
1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVOS:.....	15
3.1 GERAL:	15
3.2. ESPECÍFICOS:	15
4. CRONOGRAMA:	15
5. ESTUDO DE MATERIAIS	16
5.1 MATERIAIS:	16
<input type="checkbox"/> FIBRAS:.....	16
<input type="checkbox"/> RESINAS:	17
5.2 MÉTODOS:	18
5.3 ANÁLISE:.....	19
<input type="checkbox"/> Ensaio de Tração:.....	19
<input type="checkbox"/> Ensaio de Flexão:	20
6. RESULTADOS:.....	21
6.1. CORPOS DE PROVA:	21
6.2. ENSAIOS MECÂNICOS:	23
6.2.1. Tração:	23
6.2.2. Flexão:.....	26
6.3. DISCUSSÃO:	29
6.3.1. Resina Poliéster e Fibra de Vidro:	30
6.3.2. Resina Poliéster e Fibra de Juta:	31
6.3.3. Resina Poliéster e Fibra de Sisal:	33
6.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS:.....	35
7. MUDANÇA DE DIRECIONAMENTO.....	36
8. METODOLOGIA PROJETUAL	38
9. CONTEXTO E USUÁRIO	39
10. BRIEFING	41
11. ANÁLISE SINCRÔNICA E DIACRÔNICA	42
11.1. ANÁLISE DIACRÔNICA.....	42
11.2. ANÁLISE SINCRÔNICA	44
<input type="checkbox"/> Ecopex.....	44
<input type="checkbox"/> Cleanlurb.....	48
<input type="checkbox"/> Nola.....	50
12. REQUISITOS E PARÂMETROS	52

13.	Alternativas Criadas	54
	<input type="checkbox"/> Alternativa 1	54
	<input type="checkbox"/> Alternativa 2	55
	<input type="checkbox"/> Alternativa 3	55
	<input type="checkbox"/> Alternativa 4	56
	<input type="checkbox"/> Alternativa 5	57
	<input type="checkbox"/> Alternativa 6	57
	13.1. ALTERNATIVA SELECIONADA	58
14.	ANÁLISE MORFOLÓGICA	59
15.	ANÁLISE ESTÉTICA	60
16.	ANÁLISE FUNCIONAL	62
17.	DESENHO TÉCNICO	64
18.	ESCOLHA DOS MATERIAIS	64
	<input type="checkbox"/> Recipiente:	64
	<input type="checkbox"/> Tampa:	65
	<input type="checkbox"/> Estrutura e cobertura:	66
19.	DETALHAMENTO DO PRODUTO	66
20.	CONCLUSÃO	71
21.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	Referências de sites	75
22.	APÊNDICE	76
	APÊNDICE A – DESENHO TÉCNICO DA TAMPA	76
	APÊNDICE B – DESENHO TÉCNICO DO RECIPIENTE	77
	APÊNDICE C – DESENHO TÉCNICO DA ESTRUTURA	78
	APÊNDICE D – DESENHO TÉCNICO DA COBERTURA	79

1. INTRODUÇÃO

As praias do Brasil demonstram uma exuberância e uma beleza natural reconhecidas mundialmente. Para cada cidadão brasileiro, elas são um cenário tradicional ideal para desfrutar de vários momentos de lazer. Diversos fatores contribuem para este nosso entendimento. Por exemplo: o clima tropical do nosso país, a nossa extensão costeira, a diversidade de opções para o desfrute (esportes aquáticos, práticas de nudismos, turismo e comércio em geral), e a disponibilidade por ser uma alternativa de lazer de baixo custo ou custo zero. As praias inclusive estão dispostas na constituição federal como um “bem comum do povo com acesso livre e franco” (Presidência da República, 1988). Por isso, as praias brasileiras são uma das opções de lazer mais democráticas do país.

No entanto, é factível que a grande demanda de movimentação litorânea irá ainda depender de alguns fatores sociais, descrevendo assim, como ela será frequentada. De acordo com as pesquisadoras Araújo e Costa (2016, p. 52) a condição financeira é um fator decisivo na hora de selecionar qual praia frequentar.

Devido as grandes movimentações de público e as intensas atividades humanas nas praias, há uma grande produção de resíduos sólidos que acarretam em graves consequências ambientais. De diversos tamanhos e formatos, orgânicos e inorgânicos, este tipo de resíduo não fica restrito somente as partes secas das praias. Por causa de uma falta de planejamento sanitário em algumas praias, a educação dos usuários e uma maior conscientização do público sobre o descarte de produtos, a poluição atinge também as águas das praias. Tais práticas se tornam vetores de doenças, riscos para a nossa saúde e dos animais marinhos, além de explicitar uma grande poluição visual, com impactos na redução do turismo (Dias Filho *et al.* 2011 p. 50).

De acordo com a ABNT (2004, p. 01), através da NBR 10004 podemos entender que resíduos sólidos e suas classificações são: todo aquele resíduo no estado sólido ou semissólido, resultado de uma atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Tais resíduos podem apresentar diversos riscos caracterizados por suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas; risco a saúde pública, provocando mortes e proliferação de doenças; além dos danos causados ao meio ambiente, afetando a fauna, flora e toda composição ambiental.

Por causa destes fatores e partindo de uma reflexão durante o processo acadêmico

de formação em Design de Produtos da Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus IV, Unidade Rio Tinto, a ideia é apresentar um protótipo de um produto que seja sustentável, ecológico e contenha uma inovação tecnológica. Dessa forma, o pressuposto deste protótipo terá uma discussão agregada a área de Engenharia dos Materiais aplicada ao Design de Produto no desenvolvimento de um *Filtro Marinho Sustentável*.

2. JUSTIFICATIVA

O Design, de maneira geral, surge como um ramo científico com um objetivo bem direcionado: atender as novas demandas da indústria e da sociedade em constante transformação. Esta evolução histórica e tecnológica, demandou novas necessidades para atender aos requisitos de uma nova sociedade que estava se constituindo após as primeiras revoluções industriais. A utilização de novos recursos naturais, desenvolvimento de novas tecnologias de produção, novas tendências de consumo e a busca por um alto padrão de conforto levaram a aceleração da degradação do meio ambiente, como apresenta Pazmino (2007, 02).

Por causa disso, novos tipos de resíduos sólidos foram produzidos pelas indústrias. Em pouco mais de 200 anos, os níveis de produção, consumo e descarte aumentaram exponencialmente, o que não só impactou nos processos de produção e extração de matéria-prima, mas resultaram nas alterações climáticas de todo o planeta. A justificativa era bastante objetiva: satisfazer as novas demandas industriais de acordo com Marina Arminda Ribeiro Soares (2008 p. 09).

Décadas de atividades industriais agressivas repercutiram em sintomas que permitiram observar a ineficiência desse modelo, como atesta Pazmino (2007, 05). A crise do petróleo na década de 1970 levou o homem a incentivar diversas pesquisas por fontes de energia alternativas, conscientização ambiental dos consumidores e ao desenvolvimento de produtos menos danosos ao meio ambiente.

De acordo com Costa e Araújo (2003, p. 65), a comoção mundial acerca da degradação dos ecossistemas, causada por atividades humanas, levou a movimentação de organizações internacionais, como em 1982, onde ocorreu a Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar, em Montego Bay, na Jamaica. A Convenção determinou que os países participantes devem reduzir a sua poluição marinha. Além disso, foi acordado que haveria uma responsabilização dos países que descumprirem o acordo entre as nações envolvidas.

No final da década de 1980 e início da década de 1990, ocorreram mais dois marcos importantes para a trazer a discussão acerca do desenvolvimento sustentável para uma parcela maior da sociedade; a primeira foi a Comissão Mundial sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development - WCED*) em 1987. Esta primeira convenção foi responsável por dar início ao debate acerca do desenvolvimento sustentável. A segunda foi a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUAD), também conhecida por ECO-92, no Rio de Janeiro. O evento foi promovido pela Organização das Nações Unidas – ONU e reuniu líderes de estado do mundo todo para discutir temáticas ambientais e o propor um acordo para a integração dos temas apresentados às agendas desses países. Tais eventos internacionais contribuíram para a mudança de percepção da sociedade acerca da influência humana sobre a natureza e o meio ambiente. Isso resultou no entendimento da necessidade de mudança na forma de como devemos manejar nossos recursos e lidar com o meio ambiente, de acordo com Soares (2008 p. 10).

Na busca por algumas das soluções sustentáveis, Pazmino (2007, 02) afirma que um dos papéis do designer, de maneira geral, e em específico do designer de produto, é fazer uso bem-sucedido de recursos e ferramentas para atender aspectos ambientais, sociais, técnicos, ergonômicos, econômicos, estéticos e simbólicos durante o desenvolvimento do sistema produto e/ou serviço. Ou seja, de acordo com este posicionamento, é necessário adaptar ferramentas, baseado nestes conceitos, para desenvolver um produto capaz de se adaptar ao ecossistema marinho e auxiliar no processo de purificação de corpos de águas superficiais. Além disso, um dos nossos objetivos é a criação de um produto que resista as condições ambientais, sem causar grandes impactos aos elementos que compõem esse bioma.

O estudo e a prática dos conhecimentos presentes na área de Engenharia de Materiais serão necessários em nossa pesquisa, porque estuda as propriedades físicas e químicas dos materiais. Tais conhecimentos nos possibilitam avaliar quais são os melhores materiais, além de quais são os melhores processos para o desenvolvimento de um compósito adequado para aplicação no projeto de produto.

De acordo com a definição de William D. Callister, Jr (2000 p.359), um compósito consiste em um material multifásico, que exiba uma proporção significativa de cada fase de sua composição e suas devidas propriedades, para que dessa forma, seja possível unir as melhores qualidades de cada um deles. Muitos dos compósitos são compostos por apenas duas fases: a primeira, denominada de fase matriz, é contínua e envolve a fase dispersa. Esta, é que define grande parte

das suas propriedades pela forma de suas partículas, ou como pode ser chamada a geometria da fase dispersa. O sucesso de um compósito se dá na boa integração das duas fases. Para obter materiais com propriedades específicas para cada necessidade, é preciso fazer a escolha certa dos componentes do compósito.

Essas adaptações são necessárias para inserção do produto em um ambiente específico, como o marinho. Isso exige a análise das propriedades físicas e químicas dos materiais e a combinação de suas melhores características para responder a exigências do ambiente estudado; a resistência mecânica a tração, flexão, além da absorção de água e não apresentar propriedades tóxicas à composição ambiental local.

Dessa forma, a intenção de assimilar um constructo artificial em algum ambiente natural, exige um caráter investigativo dos conhecimentos no Projeto de Produto. A escolha de um material capaz de resistir ao ambiente é apenas parte da premissa de adaptar um produto ao meio ambiente. Existem ainda outras questões a serem avaliadas, como a forma que será feita a instalação, como os elementos da fauna ou da flora vão reagir ao objeto, ou como ele fará parte da composição visual do local.

Para as etapas de ideação conceitual, visual e funcional de um produto, é possível buscar a inspiração em diversos lugares. A busca por soluções funcionais, estéticas, até estruturais para um produto pode vir da própria natureza. Por meio da observação de processos funcionais que ocorrem na natureza, é possível desenvolver analogias para compreender e aplicar esses princípios nos produtos. As soluções presentes no meio natural são presumivelmente duráveis, adequadas e sustentáveis, segundo a autora Janine Benyus (2002 p. 07). Uma vez que essas, são soluções testadas por centenas de milhões de anos em sistemas naturais, que refinaram suas formas, processos e sistemas. Essas são qualidades observadas e estudadas pela Biomimética, servindo diretamente no processo de concepção de um produto sustentável.

A Biomimética ou Biônica consiste na ciência que analisa sistemas naturais e busca reproduzir seus princípios de solução, estrutura e/ou estética no processo de desenvolvimento do produto. A aplicação dos preceitos encontrados nos elementos da natureza permite a criação de formas análogas, funções análogas, até comportamentos análogos, como afirmam os pesquisadores Detanico, Teixeira e Silva (2010 p. 101). Essas qualidades podem ser desejadas pelo Design no processo de ideação produtos sustentáveis, pela capacidade de adaptação, eficiência, durabilidade, confiabilidade e integração com o ambiente ao redor.

Por fim, a compreensão da classificação, estrutura, propriedades e utilização correta dos materiais é fundamental no Projeto do Produto uma vez que o ambiente marinho exige do material uma série de atributos, como a resistência mecânica e a absorção de água.

Assim é necessária a produção de um material compósito com propriedades que correspondam a essas demandas. O Designer de produto é o viabilizador desta conexão, cuja interação dos conhecimentos dará uma proposta de inovação na estética, na função, na construção e na integração do Filtro Matinho Sustentável.

3. OBJETIVOS:

3.1 GERAL:

- Desenvolver uma proposta de compósito para aplicação em um filtro de resíduos sólidos no ambiente marinho.

3.2. ESPECÍFICOS:

- Promover estudo com fibras orgânicas e inorgânicas para desenvolvimento de um material compósito.
- Avaliar propriedades mecânicas e absorção de água dos materiais compósitos produzidos.
- Realizar estudo e aplicação dos conceitos estéticos e funcionais na biomimética para buscar integração funcional e estética do produto com o ambiente marinho e da praia.
- Aplicar o resultado das análises do contexto do cenário das praias urbanas; ecossistema marinho; biomimética; ecodesign; ciência e técnica dos materiais no projeto do filtro.

4. CRONOGRAMA:

MESES/ETAPAS	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Revisão bibliográfica	X	X	X	X		
Geração e/ou coleta dos dados		X	X	X		

Análise dos dados			X	X	X	
Redação do trabalho		X	X	X	X	X
Revisão e redação final					X	X
Entrega e defesa do TCC					X	X

5. ESTUDO DE MATERIAIS

Para a presente pesquisa foi realizado um estudo para confecção e análise de materiais para fabricação do produto. Portanto o estudo deve definir qual alternativa apresenta propriedades mecânicas, visuais e sustentáveis mais adequadas para aplicação no desenvolvimento do projeto.

Esse processo de seleção de materiais e metodologia de produção tem a intenção de produzir um compósito com boas características mecânicas, além de reduzir a utilização de plástico. As fibras de reforço foram selecionadas pelas suas propriedades mecânicas, ecológicas, práticas e pela sua disponibilidade no mercado local da cidade de João Pessoa-PB.

5.1 MATERIAIS:

- **FIBRAS:**

Fibra de Sisal: Tela de fibra de sisal. Tecido de fibras naturais de sisal trançadas, sem rasar, de forma artesanal. O material apresenta fibras resistentes, torcidas, tramas firmes no sentido perpendicular sobrepostas, com alguns fiapos. Produzido pela Apaeb Sisal, adquirido por recursos próprios, pela empresa Trabuco Máquinas e Ferramentas.

Fibra da Banana: Folha de fibra de banana. Produzida a partir da secagem das fibras da casca da banana e transformação em uma folha. O material possui uma origem artesanal e foi adquirido de forma direta com o produtor, em João Pessoa-PB.

Fibra de Juta: Tela de fibra de juta. Tecido apresenta uma trama aberta de fibra vegetal biodegradável. Os filamentos são finos e flexíveis, tramados de maneira perpendicular sem amarrações. Adquirido por recursos próprios, em João Pessoa-PB.

Fibra de Vidro: Manta de fibra de vidro da marca Carplast. Na ficha técnica do produto é denominado manta de fio picado. A manta exibe pequenos filamentos de vidro picados e orientados de maneira aleatória, juntos formando um tecido consiso. Material adquirido por recursos próprios, na zona comercial de João Pessoa-PB.

- **RESINAS:**

Resina Epóxi: O material utilizado para o teste foi o polímero transparente a base de resina epóxi de alta performance Brasglass, da marca Brasilux Tintas. Código de identificação: KT 87.00.585 –26. Com densidade de 1,100 a 1,1130 g/cm³ a 25° C.

As matrizes poliméricas executam o papel de envolver as fibras, estruturar e distribuir a tensão em todo o sistema, protegendo contra danos de abrasão, fraturas, trincas transversais. Os polímeros termofixos apresentam boas propriedades mecânicas, estabilidade dimensional e é facilmente utilizável.

O catalizador ou endurecedor determina o tipo de ligação química, o número de ligações cruzadas, o calor necessário no estado de gel e processo de vitrificação. A proporção ideal descrita no produto entre resina e catalizador é de 3 para 1. O que corresponde, proporcionalmente à 33 gramas de resina para 16 gramas de endurecedor, aproximadamente. Seguindo essa taxa a polimerização ocorre 30 minutos após catálise em condições de temperatura ambiente.

Resina Poliéster: O material utilizado no teste foi o adesivo para laminação da Carplast, fornecido pela Maxi- Rubber Indústria Química Ltda. Código do produto: MP-018. A resina poliéster (monômero de Estireno) em uma concentração entre 30 – 40%. N° CAS: 100-42-5.

A reação poliéster baseada no ácido insaturado. Geralmente se apresentam como líquidos viscosos, misturáveis com estireno. Esse material aplicado no processo de laminação em alguma fibra apresenta boas propriedades mecânicas e esse resultado depende em parte da quantidade de estireno em sua composição. (Sanchez, Zavaglia e Felisberti, 2000 p. 765)

Na produção dos corpos de prova será utilizada uma proporção de 1% de catalizador para quantidade de resina.

5.2 MÉTODOS:

As fibras são colocadas na estufa 24 horas à 60°C, para retirar toda umidade e facilitar a integração da matriz com a fase dispersa, evitando o acúmulo de bolhas que podem prejudicar as propriedades do material. Após a retirada da estufa as fibras são cortadas. As chapas do molde são cobertas com o desmoldante de silicone spray, para facilitar a remoção das placas após a cura.

Nesse ponto ocorre uma diferenciação na produção dos CP's com matriz poliéster e epóxi. Para produção das placas com matriz epóxi, são pesadas 33 gramas de resina e 16 gramas de endurecedor. As duas substâncias são misturadas para o início do processo de gelificação e consequente cura.

Já a resina poliéster é preparada como recomenda o fabricante, em uma proporção de 1% de catalizador para porção de resina. O que representa 35 gotas de catalizador para 100 gramas de resina para resina poliéster. Para o preenchimento de cada molde, foram utilizadas 50 gramas de resina e 17 gotas de catalizador.

Primeiro, o molde é montado, e uma fina camada de resina é despejada na sua superfície, onde é espalhado para que seja igualmente distribuído. Em seguida, a fibra é colocada sobre a resina com cuidado, para garantir que toda fase dispersa seja embebida pela matriz. Por fim, o restante da resina é despejado com cuidado sobre a fibra, enquanto é verificada a existência de alguma bolha de ar presa na resina. O molde é levado à prensa já aquecida à 70°C, onde lá vai repousar por 2 minutos

Uma pressão de 2 toneladas é aplicada, sob a temperatura de 70°C por 15 minutos é o tempo suficiente para que o processo de gelificação e finalmente a cura da resina ocorra. O molde é retirado da prensa, enfim a placa com o compósito finalizado.

As placas são marcadas com as medidas estabelecidas pela ASTM D638 correspondente aos ensaios de tração e flexão de materiais poliméricos. Prontamente são cortadas com o auxílio de uma serra manual para metal e desbastadas com uma lima de ferro para atingir o formato ideal segundo a norma. O acabamento final foi dado com uma lixa d'água eliminando qualquer irregularidade superficial.

Ao fim do processo, foram produzidos 21 corpos de prova, resultados da combinação entre a resina poliéster, em conjunto com as fibras orgânicas e inorgânicas. Dessa forma, foram

necessários 3 corpos de prova de cada material para cada análise estatística, que avaliarão as propriedades mecânicas do material.

5.3 ANÁLISE:

Segundo os autores Cozaciuc, Silva e Togni (2006 p. 02), os ensaios de materiais são testes realizados em condições estritamente controladas. Estes ensaios têm o intuito de avaliar as características e garantir a qualidade do material, além do seu perfeito funcionamento para a função que será empregado.

Os materiais produzidos são submetidos a testes mecânicos, que correspondem as ações de tração e flexão. Essas avaliações tem o intuito de determinar as propriedades mecânicas dos materiais empregados nos experimentos. Dessa forma, será possível determinar o desempenho dos materiais quando submetidos a ação de esforços. O comportamento que será expresso em função de tensões, que representam a resposta interna a ações externas sobre determinado ponto do corpo, e/ou deformações. Tal reação é definida pela estrutura interna do material, ou seja, o tipo de ligação interatômica, a organização, até os componentes que formam a sua molécula. Além disso, o tipo de processo ao qual esse material é submetido durante a sua produção irá determinar as suas propriedades mecânicas (Garcia, Spin e Santos, 2000 p. 2)

Algumas propriedades dos materiais podem ser avaliadas durante a execução dos ensaios: a resistência, que se dá em função da aplicação de uma tensão sobre um corpo, a elasticidade, que representa a capacidade de um material se deformar quando exposto a uma carga e recuperar a sua forma original ao fim dessa aplicação de força. Associada a elasticidade, a resiliência, se refere a quantidade de energia que um material é capaz de armazenar durante o regime elástico. Diferente dela, a plasticidade é a propriedade de um material se deformar, porém de forma permanente sem romper. Todas essas características são avaliadas durante os ensaios mecânicos de tração e flexão.

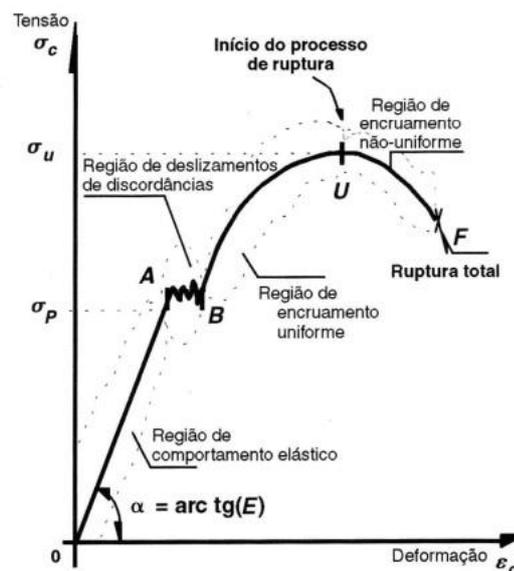
- **Ensaio de Tração:**

O ensaio de tração consiste em prender um corpo de prova pelas extremidades e aplicar uma força que o traciona em um único eixo. Nesse processo será avaliado a mudança

do comprimento em função do aumento da carga aplicada no objeto de teste. A partir das informações registradas durante esse processo é possível calcular a tensão máxima a qual o objeto foi submetido. Além disso, o valor da deformação elástica sofrida pelo material, conseqüentemente o módulo de elasticidade que representa a rigidez do material.

Outro fator que pode ser observado é o escoamento. Processo que corresponde a transição do comportamento elástico para uma deformação permanente. Aqui é onde ocorre os deslizamentos das discordâncias que compõe o material. Onde as moléculas maiores começam a deslizar sobre si, com uma pequena variação da tensão (Garcia, Spin e Santos, 2000 p. 23). Nesse ponto as camadas de resina vão quebrar e as fibras vegetais e sintéticas estarão expostas, sendo o principal fator na distribuição da carga.

Gráfico 1 - Gráfico Tensão x Deformação obtido no ensaio de tração



Autor: Garcia, Spin e Santos, p.08 2000

- **Ensaio de Flexão:**

O ensaio de flexão consiste em apoiar um corpo de prova de formato retangular em dois apoios equidistantes e aplicar sobre ele uma força crescente em determinado ponto da barra, flexionando-o até que seja rompido. Nesse processo é medido o valor da carga aplicada e a deformação conseqüente.

Durante o processo de flexão ocorre uma dinâmica em que as fibras superiores do CP são comprimidas, enquanto na parte inferior são tracionadas. No centro do material se encontra a linha neutra, que não é afetada com a aplicação da carga. É pelo afastamento do ponto inicial da linha neutra que se faz possível determinar o valor da flecha ou deslocamento.

Com o ensaio de flexão é possível obter o valor da tensão necessário para romper o corpo de prova (módulo de ruptura) e o módulo de elasticidade.

6. RESULTADOS:

6.1. CORPOS DE PROVA¹:

Seguindo os procedimentos metodológicos estabelecidos no capítulo anterior foi possível a obtenção do compósito de resina poliéster com as fibras de vidro, juta e sisal. De acordo com cada processo de testagem foram utilizados CP's com formatos distintos, como apresentados nas seguintes imagens:

¹ Os materiais compostos pela fibra da casca de banana tiveram sua produção inviabilizada. A característica compacta da fibra de banana impedia a sua aderência com qualquer resina plástica. Como resultado, as placas desse material apresentavam um aspecto completamente irregular; uma superfície repleta de curvas, áreas onde a matriz não se incorporou a fase dispersa, além de uma grande formação de bolhas de ar, com regiões frágeis e quebradiças.

Além da fibra de banana, os corpos de prova de resina epóxi com as fibras de vidro, juta e sisal apresentaram algumas dificuldades técnicas durante sua produção. Devido algumas características específicas da resina epóxi; como seu tempo de cura, baixa densidade e grande viscosidade. Esses fatores impossibilitaram a produção dos corpos de prova desse material da maneira ideal, segundo a metodologia e as ferramentas disponíveis para sua fabricação. Mesmo com a utilização do desmoldante o material polimérico apresentava grande aderência ao metal impossibilitando a remoção do material sem a sua destruição parcial ou total.

Os moldes abertos, feitos de alumínio poderiam ser danificados de forma irreversível pelo material. Além do vazamento da matriz de epóxi pelas frestas do molde. Dessa forma, apesar do seu potencial de aplicabilidade e propriedades, os compósitos com matriz de resina epóxi foram dispensados.

Figura 1 – Compósito de resina poliéster e fibra de vidro



Fonte: Autor 2024

Os corpos de prova acima são compostos pela resina poliéster com reforço de fibra de vidro. Na imagem estão dispostos na ordem: uma placa completa do compósito, assim como é retirada do molde; os corpos de prova cortados para o teste de tração; por fim, os CP's utilizados no ensaio mecânico de flexão.

Figura 2 – Compósito de resina poliéster e fibra de juta



Fonte: Autor 2024

Assim como o material composto por fibra de vidro, o compósito de juta apresenta placas leves. É notável o aspecto aberto, com filamentos finos e alinhados do reforço de juta.

Figura 3 – Compósito de resina poliéster e fibra de sisal



Fonte: Autor 2024

O compósito de sisal apresenta o peso mais elevado em relação aos outros dois materiais, apesar das dimensões serem as mesmas. As tramas apresentam poucos vazios entre as fibras grossas do material vegetal. Essa compactação justifica a maior densidade entre os compósitos produzidos.

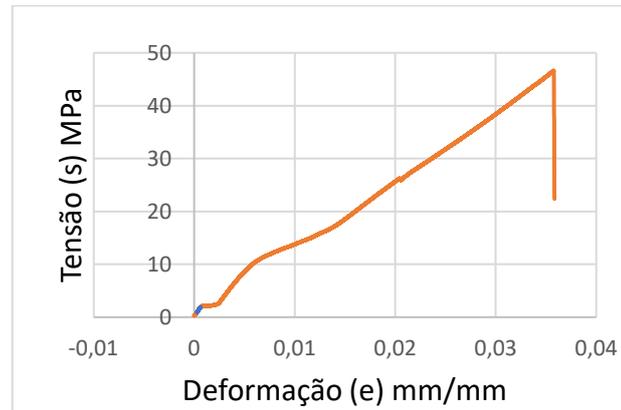
Por consequência de falhas no processo de produção dos corpos de prova algumas peças fabricadas apresentavam defeitos; irregularidade na superfície, acúmulo de bolhas e má incorporação da matriz com a fase dispersa são um dos fatores. Tais defeitos refletiram em acúmulo de tensões. Por esses motivos, foi necessário o descarte de alguns CP's e a seleção daqueles que não apresentaram nenhuma anormalidade durante os ensaios.

6.2. ENSAIOS MECÂNICOS:

6.2.1. Tração:

Resina Poliéster e Fibra de Vidro: O gráfico a seguir representa os valores de tensão (eixo y) versus deformação (eixo x) durante o ensaio de tração. O compósito apresenta uma composição de resina poliéster e uma camada de fibra de vidro.

Gráfico 2 - Tensão x Deformação do compósito de fibra de vidro e resina poliéster



Fonte: Autor 2024

Uma tabela com os valores trabalhados foi produzida. Dessa forma, as performances durante o ensaio dos CP's foram avaliadas individualmente e uma média entre os dois compósitos foi produzida.

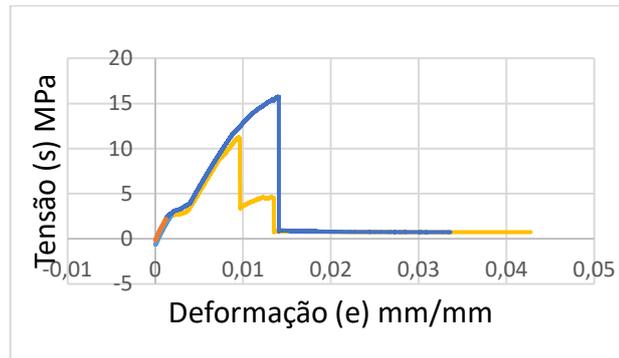
Tabela 1 – Resultado do ensaio de tração: Resina poliéster e fibra de vidro

Material - Fibra de Vidro e Resina Poliéster					
	Tensão Máxima ($\sigma_{\text{máx}}$)	Deformação Máxima (ϵ)	Tensão de Escoamento (σ_e)	Deformação de Escoamento	Módulo de Elasticidade (E)
	Mpa	mm/mm	Mpa	mm/mm	Gpa
CP 01	46,661	0,036	2,101	0,001	2,723
CP 02	40,758	0,034	3,539	0,002	2,429
Média	43,710	0,035	2,820	0,001	2,576

Fonte: Autor 2024

Resina Poliéster e Fibra de Juta: O gráfico a seguir representa os valores de tensão (eixo y) versus deformação (eixo x) durante o ensaio de tração. O material em questão possui uma fase dispersa composta por um tecido de juta aberto feito de filamentos entrelaçados num ângulo de 90°, tramado, mas não são amarrados ou presos de alguma forma.

Gráfico 3 - Tensão x Deformação do compósito de fibra de juta e resina poliéster



Fonte: Autor 2024

Os valores foram registrados e interpretados como desempenho durante o ensaio dos CPs. As peças do compósito de juta foram avaliadas individualmente e uma média entre os dois compósitos foi produzida.

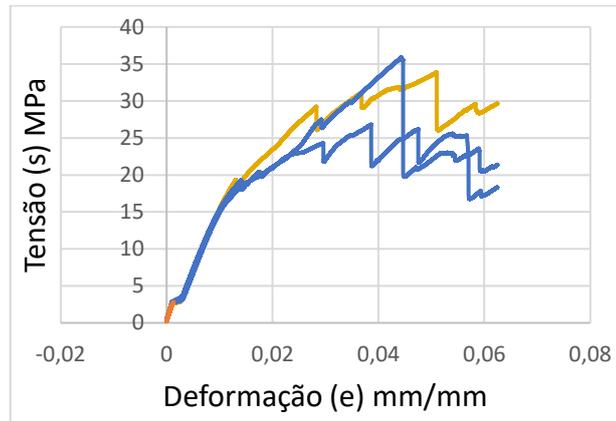
Tabela 2 – Resultado do ensaio de tração: Resina poliéster e fibra de Juta

Material - Fibra de Juta e Resina Poliéster					
	Tensão Máxima ($\sigma_{\text{máx}}$)	Deformação Máxima (ϵ)	Tensão de Escoamento (σ_e)	Deformação de Escoamento	Módulo de Elasticidade (E)
	Mpa	mm/mm	Mpa	mm/mm	Gpa
CP 02	15,74932381	0,013939	1,766644	0,000979375	1,9242
CP 03	11,26319524	0,00953125	2,104971	0,00148125	1,8466
Média	13,50625953	0,011735313	1,93580750000	0,001230313	1,885

Fonte: Autor 2024

Resina Poliéster e Fibra de Sisal: O gráfico a seguir representa os valores de tensão (eixo y) versus deformação (eixo x) durante o ensaio de tração. As fibras de sisal apresentam um aspecto firme, devido ao fato de seus filamentos serem torcidos juntos e tramados de maneira perpendicular. Não são presos ou amarrados assim como a fibra de juta, mas devida sua grande espessura, a sua trama é firme e com poucos espaços vazios.

Gráfico 4 - Tensão x Deformação do compósito de fibra de sisal e resina poliéster



Fonte: Autor 2024

De acordo com o que foi produzido anteriormente, os dados dos testes com o compósito de fibra de sisal foram avaliados individualmente e uma média entre os três compósitos foi produzida.

Tabela 3 – Resultado do ensaio de tração: Resina poliéster e fibra de sisal

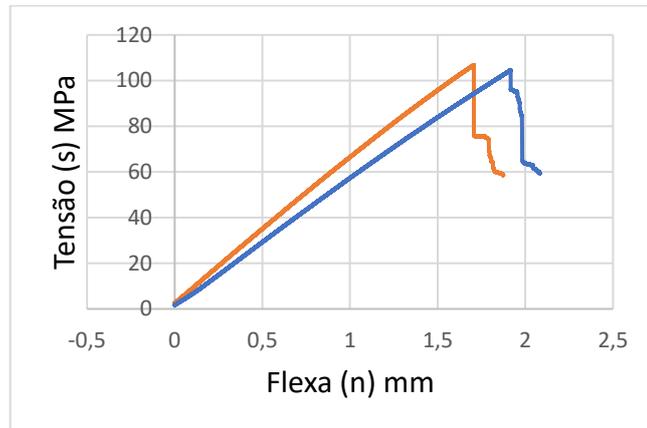
Material - Fibra de Sisal e Resina Poliéster					
	Tensão Máxima (σ_{\max})	Deformação Máxima (Tensão de Escoamento (σ_e)	Deformação de Escoamento	Módulo de Elasticidade (E)
	Mpa	mm/mm	Mpa	mm/mm	Gpa
CP 01	33,85611905	0,051005	2,67763	0,001560625	2,0942
CP 02	26,80975238	0,0386275	2,918092	0,00135	2,4953
CP 03	35,90258095	0,04433125	2,805846	0,001489375	2,046
Média	32,189484127	0,044654583	2,80052266667	0,001466667	2,21183

Fonte: Autor 2024

6.2.2. Flexão:

Resina Poliéster e Fibra de Vidro: O gráfico que é apresentado é composto pelos valores de Tensão (eixo y) e Deslocamento ou Flecha (eixo x). Ambas as placas desse material apresentaram desempenhos muito semelhantes até o ponto de ruptura.

Gráfico 5 - Tensão x Flecha do compósito de fibra de vidro e resina poliéster



Fonte: Autor 2024

Os dados dos testes foram registrados e comparados. Assim, foi produzida uma média para interpretar o desempenho do material durante os ensaios.

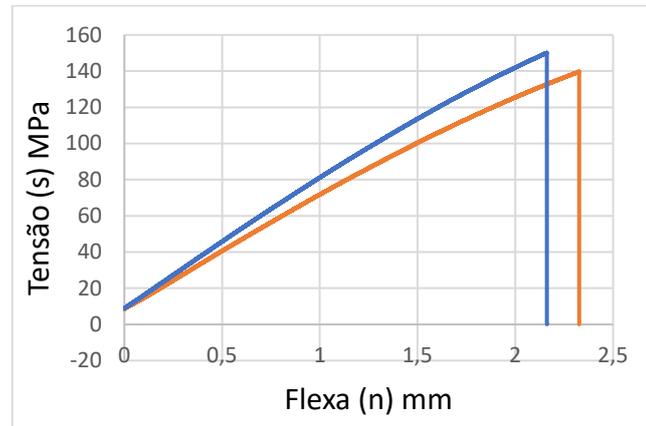
Tabela 4 - Resultado do ensaio de flexão: Resina poliéster e fibra de vidro

Material - Fibra de Vidro e Resina Poliéster				
	Carga Máxima (P)	Flecha Máxima (v)	Módulo de Ruptura (σ_{fu})	Módulo de Elasticidade (E)
	N	mm	Mpa	Gpa
CP 02	153,8324	1,7059	106,8280556	8,69759654
CP 03	150,6472	1,916425	104,6161111	7,581833587
Média	152,2398	1,8111625	105,7220834	8,139715064

Fonte: Autor 2024

Resina Poliéster e Fibra de Juta: O gráfico tensão x flecha derivado do ensaio de flexão nas placas de juta apresentam um aspecto de arco durante o aumento da carga, e sequente deformação da peça. Apresentam uma resistência a tensão de flexão superior a fibra de vidro.

Gráfico 6 - Tensão x Flecha do compósito de fibra de juta e resina poliéster



Fonte: Autor 2024

Assim como reflete o gráfico, o desempenho das duas peças de juta obteve valores bastante próximos em suas propriedades.

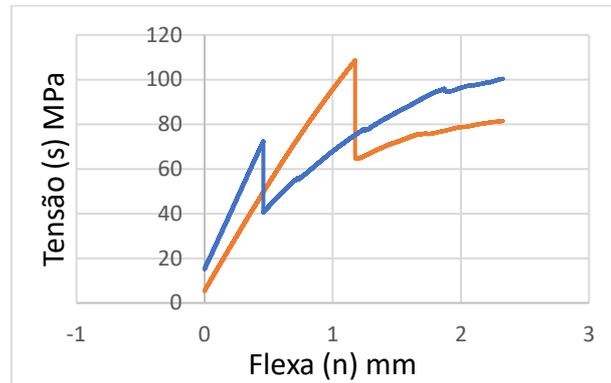
Tabela 5 - Resultado do ensaio de flexão: Resina poliéster e fibra de juta

Material - Fibra de Juta e Resina Poliéster				
	Carga Máxima (P)	Flecha Máxima (v)	Módulo de Ruptura (σ_f)	Módulo de Elasticidade (E)
	N	mm	Mpa	Gpa
CP 01	201,1347	2,326075	139,676875	8,340043194
CP 02	216,1789	2,161	150,1242361	9,648583225
Média	208,65680	2,243538	144,900556	8,99431320950

Fonte: Autor 2024

Resina Poliéster e Fibra de Sisal: Entre as três alternativas o compósito com fibra de sisal apresentou uma menor resistência a deformação. O valor da tensão escala com curta elevação da flecha, seguida da breve ruptura do CP.

Gráfico 7 - Tensão x Flecha do compósito de fibra de sisal e resina poliéster



Fonte: Autor 2024

As tabelas com as propriedades mecânicas do compósito de fibra de sisal revelam os detalhes do ocorrido durante os ensaios de flexão.

Tabela 6 - Resultado do ensaio de flexão: Resina poliéster e fibra de sisal

Material - Fibra de Sisal e Resina Poliéster				
	Carga Máxima (P)	Flecha Máxima (v)	Módulo de Ruptura (σ_{fu})	Módulo de Elasticidade (E)
	N	mm	Mpa	Gpa
CP 01	156,1975	1,1745	108,4704861	12,82702877
CP 03	104,2112	0,458175	72,36888889	21,93754475
Média	130,20435	0,8163375	90,4196875	17,38228676

Fonte: Autor 2024

6.3. DISCUSSÃO:

O capítulo a seguir tem o objetivo de realizar a comparação dos compósitos desenvolvidos com outros trabalhos utilizando os mesmos materiais. Esse levantamento será responsável por avaliar a metodologia, as diferenças nos resultados e quais as vantagens encontradas em seus compósitos pelos outros autores. Ao fim da avaliação o material será selecionado para aplicação no projeto.

É necessária a compreensão de que os materiais e os métodos apresentados nos trabalhos comparados possuem particularidades que os diferenciam dos desenvolvidos e apresentados no presente documento. Os aspectos avaliados serão apresentados de acordo com as informações disponibilizadas pelos autores que produziram e testaram os seus respectivos materiais

6.3.1. Resina Poliéster e Fibra de Vidro:

Para realizar uma análise mais aprofundada será feito um comparativo com o compósito de resina poliéster reforçado com manta de fibra de vidro. Esse material foi desenvolvido pelo autor Luiz Guilherme Muniz de Teixeira, no curso de Engenharia Naval do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina. O título do trabalho é Caracterização das Propriedades Mecânicas de um Compósito Fabricado com Resina Poliéster e Fibra de Vidro.

Na produção do compósito foi utilizada a metodologia *hand lay up*, um processo de laminação manual. O compósito utilizado para comparação é a Variação 6. Produzido sem a utilização de tecido de fibra de vidro, apenas com mantas, assim como as placas produzidas no presente trabalho. Foi selecionada a alternativa que mais se aproximasse das características físicas de ambos os trabalhos.

É importante a consideração que as placas desse material possuem 3 camadas; uma de manta de 300 g/m² e duas camadas de manta de 450 g/m². As áreas da sessão transversal das 5 amostras desse material apresentaram uma variação entre 31,68 mm² e 29,78 mm². Os corpos de prova confeccionados nesse trabalho apresentam uma única camada de laminado. Possuindo em média uma sessão de área transversal de 21 mm². Esse valor é essencial para o cálculo das tensões no ensaio de tração.

Tabela 7 – Compósito de Resina Poliéster e mantas de Vidro

Variações	Amostras	Força Máxima (N)	Deformação Máxima (mm/mm)	Área Transversal (mm ²)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
6	CP1-6	3970	7,83	31,68	125,32	20,93
	CP2-6	3740	6,81	30,04	124,50	24,35
	CP3-6	3650	7,07	30,42	119,98	23,19
	CP4-6	3110	6,39	31,10	100,00	21,12
	CP5-6	4940	8,51	29,78	165,90	23,35

Autor: Teixeira, p.52 2021

As propriedades mecânicas apresentadas se referem aos corpos de prova da Variação 6 durante os ensaios de tração; o valor médio de carga máxima aplicada nos CP's é de 3882 Newtons; a média da resistência a tensão do material desenvolvido foi de 127,14 MPa; pôr fim a média do módulo de elasticidade apresentado nesse compósito de três camadas de manta é de 22,588 MPa, fazendo a conversão para GPa o valor corresponde a 0,02258.

Os valores apresentados por esses modelos demonstram propriedades mecânicas superiores às confeccionadas no atual trabalho. Isso é dado pelas múltiplas camadas de manta formam a estrutura, e em consequência na área da sessão transversal da Variação 6. Alternativa que se mostra muito mais eficiente que a elaborada com uma única camada de reforço. Já que esse aspecto influi diretamente na resistência a tração e módulo de elasticidade do material.

Em comparação, a única propriedade mecânica do material desenvolvido para essa pesquisa que supere o modelo de comparação é no módulo de elasticidade. A média do MOE dos corpos de prova confeccionados corresponde a 2,57 GPa. Apesar de representar uma das variações mais frágeis pelo autor, os CPs da Variação 6 possuem boas propriedades mecânicas, que demonstram o ótimo potencial da combinação da resina poliéster com laminado de fibra de vidro.

6.3.2. Resina Poliéster e Fibra de Juta:

Uma vantagem presente na fibra de juta se encontra no aspecto de organização da sua trama. As fibras tramadas de forma linear e perpendicular umas às outras apresentam uma resistência distribuída de maneira axial (Callister, 2000 p. 364). Esse atributo é vantajoso, pois é na fase dispersa que ocorre grande parte da distribuição das tensões dos materiais compósitos.

O atributo de molhabilidade e integração com a resina poliéster aparenta ser mais eficaz que a fibra de sisal. Isso se deve a alguns fatores: o seu menor diâmetro, quantidade e nível de torção das fibras menor que as linhas de sisal. Isso permite a infiltração da resina no interior da trama. A leveza dessa fibra é uma característica que se sobressai perante as outras duas utilizadas para essa pesquisa. O compósito de fibra de juta com resina poliéster apresenta a menor densidade entre os três materiais produzidos. Esse fator pode beneficiar em alguns aspectos como o manejo, distribuição e fluabilidade do produto acabado.

O material utilizado na comparação dos compósitos com matriz poliéster e reforço de fibra de juta foi produzido por Raul Freire de Moraes Diniz e Joselito M. F. Cavalcante. O artigo foi produzido pela Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA e é intitulado: Comparação Entre os Processos, *Vacuum Forming* e *Hand Lay Up*, Para a Produção de Compósitos Poliéster/ Tecido Tramado de Juta.

O trabalho que será utilizado para comparação apresenta duas metodologias diferentes na produção do compósito de fibra de juta. O primeiro é o *hand lay up*, com a utilização de um molde aberto de madeira, vidro temperado e cura em temperatura ambiente. O outro processo é o de infusão a vácuo, onde é utilizada uma máquina de moldagem a vácuo durante o processo de cura do material. Ambos os resultados dos ensaios de tração foram considerados para comparação das propriedades mecânicas do compósito.

Tabela 8 – Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Juta, método *Hand Lay Up*:

Material	Resistência Tração (MPa)	Tração de Ruptura (MPa)	Alongamento (mm)	Massa final da placa(g)	Fibra no Compósito
Compósito 1f	13,05 ± 4,09	6,98 ± 4,79	2,35 ± 0,31	157	6,35%

Autor: Diniz & Cavalcante, p.07 2018

O compósito com apenas uma camada de reforço, produzido no método *hand lay up* apresenta em média um aumento de 3 MPa na resistência a tração em relação ao material sem reforço, também produzido pelos autores. As placas sem reforço mostraram maior fragilidade durante os ensaios mecânicos. O que aponta uma certa melhoria nas propriedades do material polimérico.

Em comparação com a performance nos ensaios de tração do material produzido no atual trabalho, os resultados foram bem semelhantes. O principal fator de compatibilidade é a resistência a tração, onde a média dos ensaios apresentaram uma diferença de apenas 0,45 MPa. O material produzido aqui, possui uma média de resistência de 13,5 MPa e o dos autores é de 13,05 MPa.

Um fator que diferencia é o deslocamento apresentado pelo corpo de prova durante o ensaio; o máximo deslocamento apresentado pelo material desenvolvido por essa pesquisa foi de 0,5 mm, enquanto o objeto de comparação apresentou um alongamento médio de 2,35 mm.

Tabela 9 – Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Juta, método *Vacuum Forming*:

Material	Resistência Tração (MPa)	Tração de Ruptura (MPa)	Alongamento (mm)	Massa final da placa(g)	Fibra no Compósito
Compósito 1f	15,58 ± 2	8,95 ± 1,84	1,94 ± 0,33	86,1	11,81%

Autor: Diniz & Cavalcante, p.08 2018

Observando o método de infusão a vácuo, é possível afirmar que se mostrou mais eficiente. Com uma menor massa final, menor utilização de matriz em relação ao reforço e maior resistência a tração. Porém, um ponto a se observar é o valor do ponto de ruptura que nos dois casos se mostrou inferior ao do material produzido no presente trabalho. Esses valores circulam aproximadamente entre 11 e 15 MPa. Um aspecto positivo, mas quando observado ao lado dos compósitos de fibra de vidro e sisal desenvolvidos aqui, ele ainda se mostra o mais frágil entre eles.

6.3.3. Resina Poliéster e Fibra de Sisal:

O material que será utilizado para realizar a comparação das propriedades mecânicas foi produzido por Jorge Rubem Cerchiaro, pela Universidade Federal da Bahia – UFBA, Escola Politécnica Mestrado Engenharia Ambiental Urbana. O trabalho é intitulado Comportamento Mecânico de Compósitos com Poliéster e Tecido de Sisal por Moldagem Manual, no ano de 2010.

Um aspecto ressaltado por (Cerchiaro, p. 47 2010) é que as fibras de sisal composta por fios torcidos dificulta a molhabilidade do reforço, impedido que seja completamente envolvida pelo polímero, inclusive no interior das fibras. Por esse motivo, o autor opta por produzir o tecido sem os fios torcidos, beneficiados quimicamente por óleos ou qualquer outro produto. A manta de fibra de sisal possui um urdume de algodão que apesar de menos resistente possibilita um maior comprimento no tecido desenvolvido. Para produção do laminado o autor utiliza o método *hand lay up* e cura em temperatura ambiente de 24 horas.

No trabalho de (Cerchiaro, 2010) foi produzido um compósito de duas camadas de tecido de sisal tramado no tear de pente liso. As fibras que compõe a fase de reforço não são torcidas

ou possuem qualquer tipo de beneficiamento químico. As peças utilizadas na comparação apresentam o sentido da trama alinhadas ao carregamento axial do ensaio ou [0,0] como descrito pelo autor. Essa alternativa foi selecionada pois melhor desempenho durante o ensaio de tração.

Tabela 10 – Ensaio de Tração do Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Sisal:

N = 7	Força máxima [N]	Resistência à tração [MPa]	Deformação específica na ruptura [%]	Módulo de elasticidade [GPa]
Média	2469,10	25,05	1,51	2,71
Desvio Padrão	±62,2	±7,22	±0,19	±0,54
Coefficiente de variação	2,52%	28,8%	12,58%	19,9%

Autor: Cerchiaro, p.63 2010

Traçando um paralelo com as propriedades mecânicas apresentadas pelo material confeccionado nesse trabalho, durante os ensaios de tração, é possível considerar sua performance superior. Se tratando da resistência a tração, o valor médio dos ensaios é de 32,18 MPa; a média deformação máxima atingida é de aproximadamente 4,4%; e o módulo de elasticidade apresenta um valor próximo, porém inferior, com média de 2,2 GPa.

Nos ensaios de flexão realizados pelo autor o material que apresentou o melhor resultado foi o composto pelo reforço [0,90]. Esse tipo de organização é a que mais se assemelha ao sisal utilizado de reforço nesse trabalho. Isso se dá pelo sentido em duas direções distintas.

Tabela 11 – Ensaio de Flexão do Compósito de Resina Poliéster e Fibra de Sisal:

N=6	Carga máxima de ruptura [N]	MOR [MPa]	MOE [GPa]
Média	45,67	39,76	1,13
Desvio Padrão	±12,66	±12,66	±8,95
Coefficiente de variação	37,49	32,64	1,06

Autor: Cerchiaro, p.76 2010

Assim como no ensaio de tração, o material produzido nessa pesquisa possui valores superiores ao objeto de comparação. Uma carga máxima de ruptura média de 130 Newtons; módulo de resistência a flexão de 90,41 MPa; e por fim, um módulo de elasticidade por flexão com média de 17,38 GPa.

Esses valores apresentados durante os ensaios mecânicos indicam que a utilização de um tecido fabricado pela indústria, como sugerido por Ricardo Fernandes Carvalho (2005 p. 110), seja uma melhor alternativa para o reforço em compósitos de matriz de resina poliéster. A integração entre a matriz poliéster e o reforço de manta de sisal produzido no tear apresentaram bons resultados. Entretanto, é possível afirmar que os tecidos de fios torcidos conferem uma maior rigidez e resistência ao compósito.

6.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Uma das características que mais se destacam na fibra de vidro é a sua grande resistência química, baixo custo de produção e ótimas propriedades mecânicas. Fatores responsáveis pela sua ampla utilização nos polímeros reforçados e sua vasta difusão na indústria náutica (Greene, 1999 p. 63). Em paralelo com as fibras orgânicas, a fibra de vidro desponta quando considerada a sua eficiência no ambiente aquático, devida sua estabilidade química.

Algumas características da fibra de vidro se mostram negativas, quando comparado a outras fibras sintéticas como o carbono, ou o kevlar; um fator é a sua baixa adesão a resinas, principalmente quando expostas a umidade. Seu módulo de elasticidade, também se mostram inferiores perante as outras fibras sintéticas (Agarwal, Broutman e Chandrashekhara, 2006 p. 16).

Apesar de ser um reforço de baixo custo, a fibra de vidro fica atrás das fibras orgânicas. Como apresenta (Cerchiaro, 2010 p.08) o mesmo volume de um compósito com reforço de sisal chega ser 55% mais barato que o compósito de fibra de vidro. O que torna a fibra orgânica uma ótima opção quando se pensa no custo de produção de um produto.

Outro fator que coloca a fibra de vidro atrás das demais fibras avaliadas é o seu ciclo de vida. Isso se dá pelo fato que ambas fibras orgânicas apresentam um saldo muito positivo quanto a emissão de gás carbônico para sua produção. Já que, por serem derivadas de matéria prima vegetal, elas processam o CO₂ na maior parte do seu ciclo de vida (Marinelli, Monteiro e Ambrósio, 2008 p.96) Enquanto isso ocorre uma grande taxa de emissão durante a produção da

fibra de vidro. Com isso a média de emissão para produção das fibras orgânicas é muito menor que para produção da manta de fibra de vidro.

Os autores Marinelli, Monteiro e Ambrósio (2008 p.96) listam algumas vantagens na utilização das fibras orgânicas. Entre elas está o fato de que as fibras naturais são materiais renováveis e sua disponibilidade pode ser ilimitada; são materiais biodegradáveis; possuem baixa densidade e alta deformabilidade quando comparado a outros materiais empregados; além do seu baixo custo, as fibras naturais apresentam uma fonte de renda para população rural.

Optar por um material de origem renovável e biodegradável, como é o sisal, é uma ótima alternativa quando o foco é a sustentabilidade. Por mais que sua performance mecânica seja inferior ao reforço de vidro. O custo do sisal, sua facilidade de produção e manejo justificam a aplicação de uma matéria prima vegetal e que possui origem em território brasileiro.

7. MUDANÇA DE DIRECIONAMENTO

O desenvolvimento da pesquisa e do projeto em si teve como exigência um processo de estudo aplicado aos materiais que seriam utilizados. Além disso, as etapas de pré-produção dos experimentos, e a própria produção em si dos compósitos, necessitaram de uma consulta minuciosa na literatura especializada no estudo dos materiais, sua estrutura molecular e suas propriedades mecânicas de Callister (2000) e Garcia, Alvares Spim e Santos (2000). Os trabalhos destes autores foram os norteadores da pesquisa. Assim como os experimentos com materiais compósitos, com reforço de fibra vegetal e sintética como os autores citados no capítulo 6; Teixeira (2021), Diniz e Cavalcante (2018) e Cerchiaro (2010) complementaram com suas pesquisas as investigações.

Dessa forma foi possível realizar a compra dos materiais usados na criação dos compósitos de forma adequada. Tal processo demandou certo tempo para ser concluído. Uma vez que a etapa na obtenção dos matérias, dependiam de fatores externos, a saber, compras online e por meio de buscas nos comércios locais tanto de Rio Tinto-PB, quanto de João Pessoa-PB. Todos os materiais foram adquiridos com recursos próprios. Tendo em vista que o processo de desenvolvimento desta pesquisa demandaria tempo, ela foi iniciada no semestre letivo de 2023.1. Ou seja, na tentativa de prever um eventual atraso, os materiais foram adquiridos por completo ao final do semestre letivo de 2023.1.

No mês de dezembro do ano de 2023 teve início o período letivo 2023.2, no qual foi iniciada a realização do trabalho de conclusão de curso. As investigações foram realizadas nos ambientes do Laboratório de Purificação e Apersão de Minerais Argilosos LAPAMA e no Laboratório de Polímeros LAPOL no Campus I da UFPB. As análises tiveram início com a execução dos procedimentos metodológicos na preparação dos materiais e consequente produção dos corpos de prova como foi detalhado no capítulo 5.

Porém com a paralisação decorrente das férias de final de ano fiscal de 2023 no início do dia 26 de dezembro e retorno somente no dia 26 do mês de janeiro de 2024 os laboratórios foram fechados até o retorno dos técnicos responsáveis por cada laboratório. Assim o processo de criação dos materiais e execução dos testes e análise de dados foi atrasada, impactando na realização dos ensaios de absorção de água. Infelizmente não houve tempo necessário para realizar este teste. Nesse momento o processo de criação do produto voltando para o projeto de um filtro marinho desenvolvido na disciplina de PAD, no curso de Design no Campus IV unidade Rio Tinto dependia diretamente dos resultados destes testes. A capacidade de resistência do material produzido ao ambiente aquático foi uma resposta que ficou em aberto nesse levantamento de dados, devido curto espaço de tempo de realização do ensaio por conta do calendário acadêmico.

No entanto, para não desperdiçar todas as análises e pesquisas já realizadas, os ensaios de tração e flexão foram executados com sucesso com os compósitos desenvolvidos. A partir disso surgiu a necessidade para uma mudança de direcionamento, já que a performance dos materiais na água era uma incógnita no trabalho. Visto que o objetivo inicial era desenvolver um produto em forma de recipiente, cujo objetivo fosse a captação por meio de uma sustentação mecânica de tração e flexão, capaz de reduzir o acúmulo de resíduos em águas superficiais no ambiente marinho, todo o levantamento de dados e avaliação do problema ecológico foi direcionado para a produção de um outro produto. A proposta foi alterada para o desenvolvimento de um produto que auxilie na redução dos resíduos poluentes no ambiente terrestre das praias urbanas. Com isso, foi mantido a pesquisa e o desenvolvimento total de todos os corpos de prova. Além disso, uma vez que para a coleta dos resíduos adquiridos no ambiente marinho na proposta anterior necessita também de uma boa performance mecânica em solo, a mudança para uma lixeira com material sustentável foi executada.

A contextualização e análise do problema neste ponto da nossa pesquisa, será direcionada para soluções do acúmulo de resíduos no ambiente terrestre, com foco em praias do Nordeste do Brasil.

Assim como a metodologia projetual apresentada a seguir servirá para a criação de um novo produto com a mesma proposta de redução de impactos ambientais na produção e reprodução. E que ajude a reduzir o acúmulo de lixo encontrado nas praias.

8. METODOLOGIA PROJETUAL

A metodologia projetual empregada para desenvolvimento do presente Projeto de Produto se baseia nos conceitos e ferramentas presentes no método produzido por Baxter (2000). Já que nele são associados conhecimentos de diversas áreas, como marketing, desenho industrial e engenharia para construção de um projeto bem-sucedido. De acordo com o autor, é preciso avaliar a viabilidade do produto por meio de metas claras e estabelecer condições realistas em cada etapa do trabalho. Entretanto é preciso buscar a inovação no desenvolvimento das alternativas e na busca por soluções (Baxter, 2000 p.04). Esse cuidado garante o melhor embasamento técnico para tomada de decisões ao longo de cada etapa.

Na primeira fase foi realizada uma abordagem sistemática do problema. A partir do levantamento de informações referentes as praias urbanas, quem são os frequentadores e qual a sua visão, tal qual a avaliação das implicações da utilização desse local. Porém, o foco maior está sobre os resíduos sólidos descartados no ambiente das praias e o problema do seu manejo e descarte.

Um panorama histórico foi elaborado, apresentando como a questão da limpeza urbana, saúde pública, coleta e encaminhamento dos resíduos sólidos era realizado, desde a Idade Média até a Modernidade. E dessa forma, analisar quais processos, ferramentas e soluções eram empregadas para coleta dos materiais descartados e sua destinação.

Em seguida foi realizada uma análise sincrônica de produtos voltados para o descarte de resíduos sólidos. Assim, foram avaliados características estruturais, estéticas, funcionais, materiais e acabamento das lixeiras de diversas marcas e modelos no mercado. Essas informações foram organizadas, na busca de soluções funcionais para um novo produto. Após o levantamento de dados sobre os exemplares de recipientes, foram estabelecidos os requisitos e parâmetros para o desenvolvimento de uma lixeira de coleta seletiva voltada ao ambiente das praias urbanas.

Estabelecidos os critérios básicos para o início do projeto conceitual, foram desenvolvidas inúmeras alternativas de lixeiras que levassem em consideração aquilo que foi

levantado nas fases anteriores. Foi selecionado o modelo que mais se destacou nos aspectos estéticos, estruturais e funcionais.

Na próxima fase do trabalho foi realizada a análise morfológica, que segundo Baxter (2000, p.78) é o exame sistemático das diversas possibilidades de combinações para o produto. Nessa etapa de análise da forma devem ser considerados fatores como os materiais disponíveis, acabamento, durabilidade, resistência, até o processo de fabricação. Com isso, o processo de composição do produto é realizado.

Avançando pelo processo de projeto conceitual, a análise da função do produto é feita. Ela consiste na listagem de todas as funções do produto, a partir daí será realizada uma análise para estabelecer qual a função principal do produto e quais as funções acessórias, que facilitam a sua utilização (Baxter, 2000 p.201)

A análise estética foi realizada levando em conta conceitos de biomimética na elaboração do estilo do produto. Por meio de analogias visuais estabelecer conceitos de estilo que comunicassem a identidade do produto, buscando a harmonia visual e paisagística com o ambiente que seria inserido. Esse processo leva em conta todas avaliações feitas nas análises morfológicas, funcionais, acabamento e seleção de materiais.

Ao final das análises a alternativa escolhida passa pelo processo de detalhamento. Nessa etapa de finalização cada aspecto do produto é determinado, como dimensões, materiais e processos, levando a representação por modelagem digital. Dessa maneira é dada a finalização do Projeto de Produto da lixeira para coleta seletiva.

9. CONTEXTO E USUÁRIO

As praias são um importante espaço de lazer, comércio e turismo para moradores locais e visitantes. Práticas que são fundamentais para o bem estar da população, além de um ponto crucial para o desenvolvimento econômico das cidades litorâneas. Porém, como apresentam as autoras Costa e Araújo (2016, p.52) as belezas naturais são consequência direta da preservação natural. Diante disso tem ocorrido um interesse do setor público e privado crescente pelo manejo e preservação dessas áreas, que após anos de exploração, vem sofrendo com a perda da biodiversidade e a degradação ambiental. E os principais fatores são os altos níveis de poluição e transformação ambiental.

As praias urbanas apresentam alguns problemas recorrentes, no que tange as questões de preservação ambiental e saúde pública. A presença de resíduos sólidos na areia e na água, podem atrair vetores de doenças, proliferação de microrganismos e patógenos, assim como a presença de animais que contaminam o local e podem causar diversos transtornos, afetando diretamente os usuários do local. Esses elementos podem ser identificados pela falta de infraestrutura, e ineficiência das medidas sanitárias. O que gera uma queda no comércio e turismo local, aumento da poluição, consequentes danos ecológicos e perda na biodiversidade (Araújo & Costa, p.53 2016)

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT por meio da NBR 10004 (2004, p.01), classifica:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Segundo Mata (2022, p.17) o lixo das praias são todos os dejetos depositados na costa praial por banhistas, comerciantes, turistas e outros, configurando uma ação direta ou indireta do ser humano. Os resíduos sólidos são impactantes de inúmeras formas, já que quando despejados no meio ambiente, esses produtos e substâncias permanecem por muito tempo. O que ocasiona o elevado volume de lixo nas praias e no mar.

Como aponta o pesquisador Mata (2022, p.25) realizou outro levantamento e classificação de resíduos depositados na praia de Cabo Branco, em João Pessoa. Em uma área de 100 metros de largura, distribuídos em uma faixa de 2 quilômetros, no período de janeiro e fevereiro de 2022. O que resultou na coleta de 5.363 itens, como plástico (24,16%), lixo orgânico (19,91%), papel (14%), vidro (8%) foram os itens em maior abundância.

É perceptível pelo tipo de resíduo coletado nesses dois levantamentos a predominância de materiais utilizados pelos usuários da praia. Em pesquisa realizada por Dias Filho, Silva, Araújo e Silva (2010, p.52) avalia o perfil do frequentador de praias do nordeste brasileiro. E revela qual a percepção do usuário acerca do problema do lixo nesse ambiente de lazer e comércio. Conforme apresentado no trabalho de pesquisa, entre os banhistas ocorre uma

predominância de 51,5% do público feminino. Enquanto os comerciantes são representados por 81% de homens. Em ambos os grupos a faixa etária predominante está entre os 18 e 30 anos de idade.

Quanto ao nível de escolaridade e renda mensal, a maioria dos visitantes apresentam o ensino médio completo e uma renda mensal de 1 a 4 salários. Já para maior parte dos profissionais locais possuem o ensino médio incompleto e média salarial de mais de um salário por mês.

As principais preocupações relacionadas ao lixo acumulado nas praias, segundo os banhistas são respectivamente: a contaminação da areia e transmissão de doenças, animais vetores de doenças, risco aos animais marinhos, gastos públicos com limpeza e perda de potencial estético e turístico. Para os comerciantes a perda de potencial estético e turístico é a principal preocupação, já que seu sustento econômico diário depende da visitação desses locais.

Quando perguntado aos entrevistados sobre quem deve ser responsabilizado pela manutenção das praias urbanas, foi respondido: para os banhistas, os responsáveis devem ser todos os usuários da área, com a colaboração dos órgãos públicos. A maior parte dos comerciantes vão de acordo com essa visão, de uma divisão coletiva e ativa entre usuários da área, seguidos pelos órgãos públicos como mais respondidos.

Ao fim do levantamento é possível considerar que o melhor caminho para redução no problema do lixo presente nas praias urbanas, com um alto nível de visitação, é a colaboração entre os usuários. Porém a atuação do poder público na melhoria da infraestrutura e preservação local é imprescindível. Dessa forma, a criação de mais locais para coleta dos resíduos descartados é um bom caminho para a limpeza no ambiente praias, assim como a saúde pública, desenvolvimento econômico e turístico, e preservação do meio ambiente.

10. BRIEFING

Desenvolver um conjunto de lixeiras de praia para coleta seletiva, com utilização de um material sustentável, e princípios de biomimética e engenharia de materiais.

11. ANÁLISE SINCRÔNICA E DIACRÔNICA

Esse segmento do trabalho foi responsável por analisar o processo de limpeza urbana, saúde pública e saneamento ao longo da história. Tal como avaliar o processo de coleta dos resíduos sólidos e os primeiros recipientes específicos para o armazenamento desses materiais. Após o panorama histórico foi feito um levantamento e análise de diversas lixeiras projetadas para o ambiente externo. Para com isso observar sua capacidade de armazenamento, durabilidade, materiais, estética e quaisquer outras características que podem ser agregadas no projeto de produto.

11.1. ANÁLISE DIACRÔNICA

Todas as atividades humanas são responsáveis de alguma forma pela geração de resíduos. Desde a nossa atividade industrial, produção e preparação de alimentos, até a nossa atividade metabólica. Em boa parte da nossa história não havia distinção entre os tipos de resíduos sólidos que nós descartávamos e nossos dejetos, sendo todos tratados pelos mesmos termos, até meados do século XIX quando surgem empresas de serviços voltadas para lixo e esgoto (Eigenheer, 2009 p.15)

Boa parte do levantamento de informações dessa sessão foi retirado do livro “Lixo A Limpeza Urbana ao Longo dos Séculos” de Eigenheer (2009), cujo objetivo é observar como era dado o processo de limpeza urbana e acompanhar o surgimento dos vasilhames específicos para o recolhimento do lixo. Os primeiros avanços significativos tiveram início já no século XIV, com o foco na saúde pública, por meio de saneamento básico e limpeza das ruas. E as cidades de Constança na Alemanha, em 1312, e Veneza na Itália, em 1485, foram modelos para tais avanços (Eigenheer, 2009, p.63)

Entretanto, foi na segunda metade do século XIX, durante a Revolução industrial que ocorre uma aceleração no crescimento urbano, o que ocasiona diversas questões sanitárias e habitacionais. Tais mudanças demandaram progressos técnicos na área de limpeza urbana e na saúde pública em geral. Um fator decisivo foi a teoria microbiana de doenças, responsável pela mudança na separação dos nossos dejetos dos resíduos sólidos e cuidados com a qualidade da água (Eigenheer, 2009 p.70) Outro fator importante para melhoria técnica no trato com os

resíduos sólidos foi a coleta seletiva. Prática que surgiu nos Estados Unidos e foi trazido para Europa naquele mesmo período.

Outro recorte crucial para a evolução das práticas para a limpeza urbana, destacado pelo autor Eigenheer (2009, p.75), se dá na Alemanha a partir do século XX. O país adere a prática da taxa municipal para coleta de lixo, tal qual já ocorria com o saneamento básico, e o emprego de vasilhames padronizados para coleta dos resíduos. Alguns modelos de lixeiras já apresentavam funções e finalidades reproduzidas até os dias de hoje, como mecanismos para evitar a poeira e lixeiras destinadas para cada categoria de material.

Figura 4 - Mecanismo para transferência do lixo evitando poeira



Fonte: Eigenheer, p. 80 2009

Figura 5 - Vasilhames para coleta seletiva



Fonte: Eigenheer, p. 83 2009

Apenas no ano de 1972 que foi desenvolvida a Lei de Tratamento de Resíduos na Alemanha, que trouxe os aterros sanitários para destinação dos resíduos sólidos. E no ano de 1993 foram categorizados os resíduos e dado a sua destinação de maneira adequada. A matéria orgânica, fora destinada para compostagem, reciclagem de embalagens, incineração de materiais perigosos e apenas os materiais inertes seriam destinados aos aterros sanitários (Eigenheer,2009 p.79) Um modelo que é referência até os dias atuais de gestão de resíduos, limpeza urbana e saúde pública.

11.2. ANÁLISE SINCRÔNICA

O presente levantamento de dados busca analisar as características de diversos exemplares de lixeiras públicas, confeccionadas para ambientes abertos. Aqui serão classificadas diversas características desses produtos. Como sua capacidade de armazenamento, resistência, seleção dos materiais, estrutura, apelo estético, possíveis inovações técnicas e diferenciais. Dessa forma, um panorama poderá ser traçado com as principais qualidades, além dos possíveis defeitos que deverão ser contornados no presente projeto de produto.

- **Ecopex**

A Ecopex é uma empresa do ramo da construção civil e decoração com o foco no desenvolvimento de produtos sustentáveis, com baixo custo de manutenção e boa durabilidade. Eles dispõem de uma linha de lixeiras ecológicas, voltadas para ambientes externos, compostas

por madeira plástica na sua construção. Esse material fornece boa resistência às intemperes e não necessita de manutenção periódica como a madeira comum (Ecopex 2024)

Figura 6 - Lixeira Ibirra



Fonte: Ecopex 2024

Informações do produto:

- Acabamento corpo (material): Madeira Plástica
- Material Tampa e Fundo: Plástico injetado
- Material da base: Plástico reciclado
- Diâmetro: 50cm
- Altura: 86cm
- Capacidade: 94 litros
- Peso: 18kg

A lixeira Ibirra possui 50 centímetros de diâmetro e 86 centímetros de altura, contando com a tampa, o que fornece uma capacidade de 94 litros. Sua forma cilíndrica fornece espaço interno e distribuição de carga. Porém, a sua base separada do corpo pode ser um ponto de fragilidade no sistema, pela distribuição seccionada em cada encaixe das ripas. Isso faz com que a tensão não seja distribuída igualmente por toda superfície interna do produto.

As lixeiras dessa linha são compostas por ripas de madeira plásticas, juntas em um suporte de plástico injetado, mesmo material que compõe a sua tampa. O material presente na tampa e no fundo podem não apresentar a mesma resistência que o corpo do produto, podendo haver a necessidade de substituição desses componentes durante o uso. Já que o material polimérico degrada mais rapidamente que a madeira plástica, diante as condições do ambiente externo.

As réguas de madeira plástica, presas em um suporte, são uma opção para facilitar sua logística. Entretanto esse modo de montagem faz com que existam pequenos espaços livres ao longo do corpo da lixeira. Isso gera a necessidade da utilização de sacolas plásticas dentro dos vasilhames para garantir que nenhum resíduo pequeno possa passar entre as frestas e contaminar o ambiente.

A empresa disponibiliza opções de tampas coloridas para coleta seletiva. Tais modelos apresentam a mesma coloração no corpo do produto, deixando explicitada a categoria de resíduo apenas na parte superior do produto.

Figura 7 - Lixeira Steel



Fonte: Ecopex 2024

Informações do produto:

- Acabamento corpo (material): Madeira Plástica maciça
- Material do aro, tampa e base: Aço de carbono
- Medidas externas: 32x32cm
- Altura: 1,00m
- Capacidade: 82 litros
- Peso: 15kg

As lixeiras da linha Steel na Ecopex apresentam uma resistência consideravelmente maior que as exemplares da linha Ibirra. Isso se dá pela sua forma de fabricação e materiais selecionados para o produto. O aro, tampa e base do vasilhame são de aço carbono galvanizado e sua montagem é feita diretamente na fábrica. O que fornece ao produto uma resistência mecânica muito elevada. Da mesma forma, sua durabilidade diante das intemperes do ambiente externo são superiores. Já que diferente do plástico, o metal possui uma resistência muito mais elevada aos raios ultravioletas do Sol.

O formato quadrado do recipiente permite uma compactação das régua de madeira plástica, montadas na fábrica. Essa característica evita que resíduos possam passar por entre as frestas e contaminem o ambiente. Entretanto, esse formato reduz a sua capacidade, quando comparada ao exemplar cilíndrico. Por mais que possua uma altura maior que a lixeira Ibirra, a sua capacidade de armazenamento é inferior. Um aspecto que colabora para diminuição do volume interno é a redução da área externa do seu corpo na sua base.

A Ecopex dispõe de alternativas de lixeiras com tampa móvel. Elas fornecem uma pequena cobertura contra o sol e da chuva. Apesar da sua área de proteção ser pequena, principalmente em situações de chuva com ventania. O que pode permitir a infiltração do recipiente e o contato dos resíduos descartados com a água. E assim como na linha Ibirra, as lixeiras da linha Steel disponibilizam a opção de tampas e aros coloridos para coleta seletiva. O processo aplicação de cor é pela pintura eletrostática, que fornece um bom acabamento no material metálico e longevidade.

As lixeiras da Ecopex, de forma geral, apresentam competência quando se pensa na sua utilização em ambientes externos. Isso se dá pela boa escolha de materiais para seus produtos, especialmente na aplicação da madeira plástica. Além de fornecer aos produtos um caráter

sustentável, pelo seu baixo impacto de produção, reciclagem de boa parte da matéria prima que compõem e boa durabilidade.

- **Cleanlurb**

A Cleanlurb é uma empresa brasileira que comercializa e distribui produtos e equipamentos voltados para coleta, manuseio e logística de resíduos sólidos, seletivos e hospitalares. Seu foco está direcionado para aplicação em ambientes coletivos, públicos (Cleanlurb 2023)

A empresa dispõe de alguns modelos de produtos para coleta de lixo com diferentes aplicações e materiais que serão avaliados a seguir.

Figura 8 - Lixeira com Tampa de Aço Inox



Fonte: Cleanurb 2023

Informações do produto:

- Acabamento (material): Aço Inox
- Diâmetro: 30cm
- Altura: 70cm
- Capacidade: 50 litros (cada recipiente)
- Peso: 6kg

A Lixeira Urbana com Tampa possui um acabamento em aço inox 430 ou 304, o que a torna resistente a condições climáticas como o Sol e a chuva. Essa característica permite a sua ampla utilização e durabilidade, tanto em ambientes externos quanto fechados. A sua estrutura tubular de inox possui uma base adaptada para fixação no solo de concreto, asfalto e até grama. Sua leveza permite o fácil manuseio, mas coloca em questão a sua resistência mecânica, sobretudo quanto a choques mecânicos e carga excessiva.

O formato cilíndrico fornece uma boa capacidade de armazenamento, apesar do seu tamanho. Sua estrutura que permite o encaixe de outro recipiente fornece ainda mais espaço para depósito de resíduos. A tampa, também de inox, separa o material coletado do ambiente externo e necessita da utilização das duas mãos para sua utilização. Um fator que deve ser considerado quando pensamos em praticidade e acessibilidade.

Seu acabamento polido traz um aspecto de limpeza e minimalismo que se adapta a diversos ambientes, em especial à locais fechados, como lojas, escritórios e mercados. Embora funcione para locais abertos como parques, ruas e condomínios.

Figura 9 - Lixeira de Rua Iron



Fonte: Cleanurb 2023

Informações do produto:

- Acabamento (material): Aço Galvanizado
- Diâmetro: 37,2cm
- Altura: 51cm
- Capacidade: 50 litros
- Peso: 5,3kg

A Lixeira Iron possui uma proposta mais robusta que a alternativa anterior. O acabamento em aço galvanizado fornece resistência a corrosão, mesmo exposto a condições climáticas adversas. Seu design, com vincos e encaixes dobrados oferece boa resistência mecânica e capacidade de carga. Esses fatores permite uma longevidade elevada, tornando uma opção adequada para ambientes externos.

A tampa da lixeira promove uma pequena proteção do material depositado, porém deixa grande parte do seu conteúdo exposto, sobretudo por não possuir nenhuma cobertura extra em sua estrutura. O mecanismo da tampa é de fácil movimentação, delimitando o volume de lixo no seu interior, além de permitir a utilização de sacolas plásticas que facilitam a coleta do material. E as sacolas são ainda mais indicadas pelos furos no seu corpo, que podem ocasionar no vazamento dos resíduos de menor dimensão.

Em uma visão geral os recipientes fornecidos pela Cleanurb apresentam um design compacto e boa capacidade de armazenamento. Podendo ser utilizados tanto em áreas internas, contudo sua aplicação em áreas externas com grande movimentação de público seja indicada.

- **Nola**

A Nola é uma empresa sueca de design, arquitetura e urbanismo fundada em 1980. O seu foco é desenvolver produtos para ambientes públicos e áreas externas. Produz trabalhos com envolvimento comunitário para desenvolvimento de espaços urbano, com apelo em sustentável, seguro e acessível (Nola 2022)

Além dos projetos arquitetônicos e de urbanismo, a empresa possui diversos produtos voltados para ambientes como parques e jardins. Nessa linha a Nola possui alguns exemplares de lixeiras, uma delas será analisada a seguir.

Figura 10 - Lixeira Repeat



Fonte: Nola 2022

Informações do produto:

- Acabamento (material): Aço Galvanizado
- Comprimento: 56cm
- Altura: 113cm
- Profundidade: 59cm
- Capacidade: 90 litros

A Lixeira Repeat é composta por aço galvanizado, que consiste no tratamento elétrico com íons de zinco no metal, que apresenta uma grande resistência a corrosão. Sua estrutura completamente metálica e compacta fornece a lixeira uma grande resistência mecânica e a torna adequada aos ambientes externos.

A Repeat é bastante espaçosa com uma capacidade interna elevada de 90 litros. Na parte frontal do corpo da lixeira há um espaço para o depósito dos resíduos, que quando colocados caem no recipiente de armazenamento. O espaço de depósito é reduzido, isolando o lixo do ambiente, o que evita contaminação, odores e o contato de animais com o material descartado. Contudo esse fator pode dificultar o descarte de resíduos maiores. Sua lateral possui um painel

monocromático, que serve como compartimento com trava, inibindo sua abertura. Nele o vasilhame de armazenamento acoplado, facilitando o processo de coleta.

O projeto foi feito direcionado para coleta seletiva, dessa forma, seu design foi pensado para que se utilizassem duas Lixeiras Repeat juntas. Seu formato permite o encaixe de outro modelo, funcionando individualmente ou sozinha. Outro fator importante presente no seu visual é o teto inclinado, que harmoniza visualmente quando colocadas diversas lixeiras em série. E isso ainda forma uma cobertura para que a água escorra em caso de chuva e não se acumule ou caia para dentro do vasilhame.

A lixeira é projetada para ser colocada diretamente no chão de concreto, asfalto, ou outra superfície plana não sedimentar. Sendo necessário a instalação em um local adequado para uma ou mais lixeiras, assim evitando o desnível, queda ou qualquer irregularidade no uso. Isso se dá pois sua estrutura e material tornam esse produto relativamente pesado, dificultando o processo de manejo e movimentação.

12. REQUISITOS E PARÂMETROS

Após todas as considerações feitas ao fim da contextualização, panorama histórico do problema e avaliação de produtos semelhantes, é possível definir os requisitos e parâmetros do projeto. Eles irão determinar quais características são desejáveis ou obrigatórias ao produto da lixeira de praia para coleta seletiva.

Tabela 12 - Requisitos e parâmetros para desenvolvimento do produto

REQUISITOS	PARÂMETROS
Funcional	
Facilitar o depósito do material	Aro com face interna no formato concavo e tampa basculante. Formato simétrico para acesso bilateral à lixeira.
Ampla capacidade	Espaço interno amplo para depósito de grandes quantidades de material.
Encaixe de outras lixeiras	Formato externo que permita o encaixe de outras lixeiras para coleta seletiva.

Divisão para coleta seletiva	Identificação cromática para coleta seletiva de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA N° 275, de 25 de abril de 2001. Que estabelece o código de identificação para cada material para coleta seletiva.
Distribuição de carga	Definir uma ordem para que os vasilhames com materiais mais pesados fiquem nas extremidades da estrutura.
Proteger recipientes e resíduos da chuva	Cobertura superior e lateral para proteção dos recipientes; Aro com face externa no formato convexo para escorrimento de gotas e respingos de água.
Ergonômico	
Depósito acessível	Altura acessível para maior quantidade de pessoas possível alcance a boca da lixeira. Tampa com mecanismo para depósito com apenas um movimento.
Coleta facilitada	Encaixe simples e flexível para fácil remoção da tampa. Espaço suficiente entre a cobertura e o recipiente para coleta do material.
Manuseio simples e intuitivo	Base reta para fornecer apoio no manuseio do vasilhame.
Montagem fácil e firme	Encaixes simples para conexão manual entre uma lixeira e outra. Recipiente parafusado na base para firmeza e segurança.
Segurança	
Isolar material descartados do ambiente	Recipiente completamente fechado e com tampa para evitar a contaminação do ambiente.
Afastar animais dos resíduos descartados	Estrutura elevada do solo e tampa para evitar o contato com cachorros, gatos, moscas, etc.
Segurança ao toque	O sistema não deve apresentar nenhuma superfície cortante ou perfurante exposta que possa machucar o usuário.

Fixação na areia	Apoios na base da estrutura para fornecer estabilidade e firmeza do sistema.
------------------	--

Fonte: autor 2024

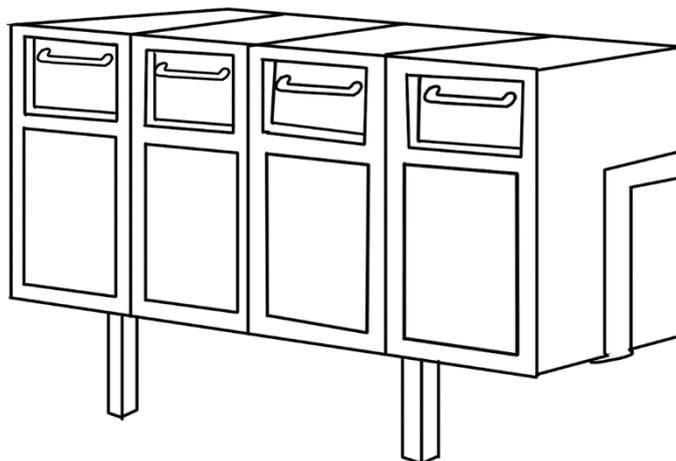
13. Alternativas Criadas

Após estabelecer os requisitos e parâmetros para o projeto foi iniciado o desenvolvimento de diversas alternativas de lixeiras. Nesse processo de *brainstorming* foram criadas diversas versões e conceitos para o produto. Desse modo foram considerados formatos, funções e modo de utilização, ocupação de espaço, capacidade, estabilidade, durabilidade, entre outros aspectos.

- **Alternativa 1**

A primeira alternativa possui inspiração nas lixeiras presentes em *shoppings*, com uma abertura prática. Basta empurrar a parte inferior da tampa, ou puxar a alça para abrir o compartimento. O vasilhame dispõe de amplo volume interno e uma abertura embaixo para recolhimento do material. Sua base apoia a parte inferior e traseira dos recipientes, promovendo estabilidade ao sistema. O foco desse modelo é a praticidade no depósito e coleta do material.

Figura 11 - Lixeira quadrada

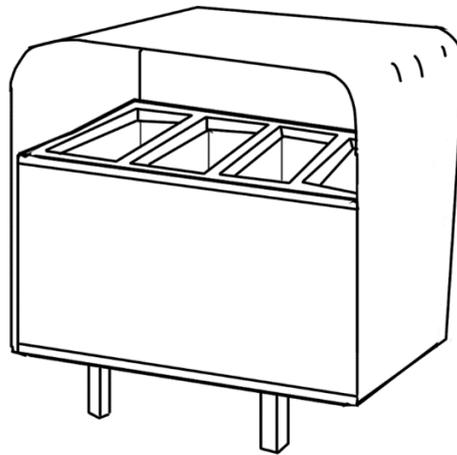


Fonte: Autor 2024

- **Alternativa 2**

A alternativa 2 foi desenvolvida pensando na preservação e durabilidade do material e na proteção dos resíduos descartados. Sua cobertura fornece uma barreira contra os fatores ambientais como sol e chuva. Seu formato retangular reflete um sistema compacto do vasilhame compartimentalizado e fixo em uma base que encaixa as lixeiras. Sua tampa tem a função de manter os recipientes unidos em uma só peça.

Figura 12 - Lixeira coberta compartimentalizada

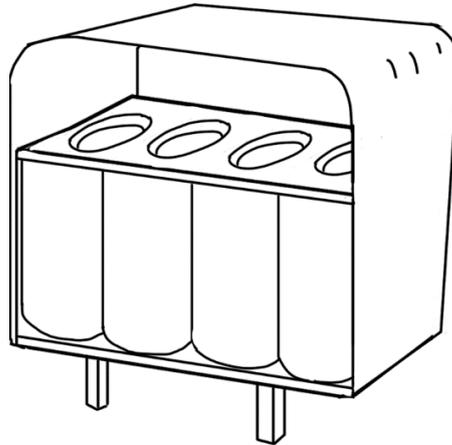


Fonte: Autor 2024

- **Alternativa 3**

A terceira alternativa segue a mesma proposta da segunda, com a tampa constituída por uma peça única, base inferior que prende os vasilhames e cobertura. Porém o sistema de vasilhames é individual para cada material. O acesso para coleta se dá retirando a tampa e manipulando cada recipiente de forma independente. Isso deve colaborar na redução do esforço para realizar a coleta e instalação do produto.

Figura 13 - Lixeiras cobertas, recipientes cilíndricos

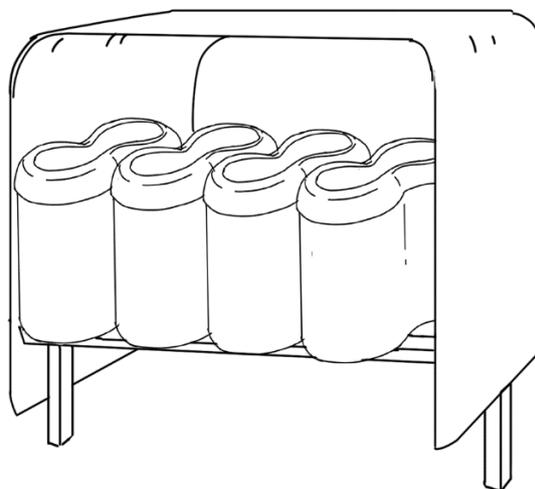


Fonte: Autor 2024

- **Alternativa 4**

A alternativa 4 apresenta um padrão orgânico no formato dos vasilhames. Essa forma simétrica permite o melhor aproveitamento dos espaços e o acesso bilateral da lixeira. Sua cobertura, assim como nas alternativas 2 e 3, oferece uma ampla proteção ao material que compõe o produto assim como o material de descarte. Sua tampa basculante permite o fácil depósito do conteúdo. E a coleta é feita a partir da retirada da sua tampa removível de cada lixeira individualmente.

Figura 14 - Lixeira encaixável

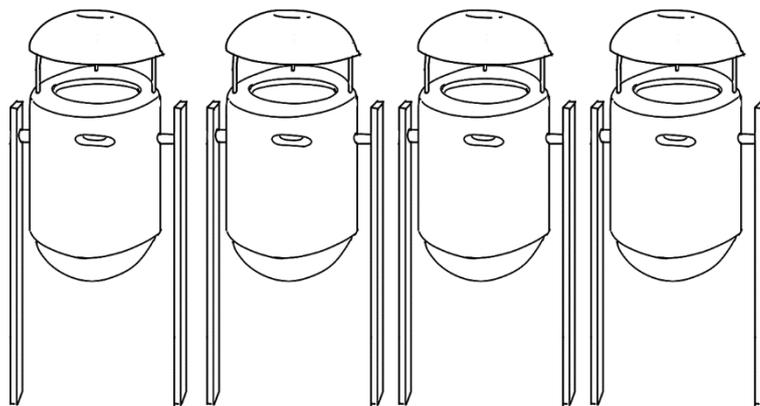


Fonte: Autor 2024

- **Alternativa 5**

A alternativa 5 é composta pela base dupla, presa no vasilhame que permite sua movimentação e inclinação sobre o eixo de apoio. Com uma tampa elevada que serve de cobertura para o conteúdo da lixeira. Esse modelo de lixeira não é preso ao conjunto, o que permite sua utilização individual ou como um conjunto. A alternativa 5 aposta na praticidade e na economia de espaço e material.

Figura 15 - Lixeiras individuais

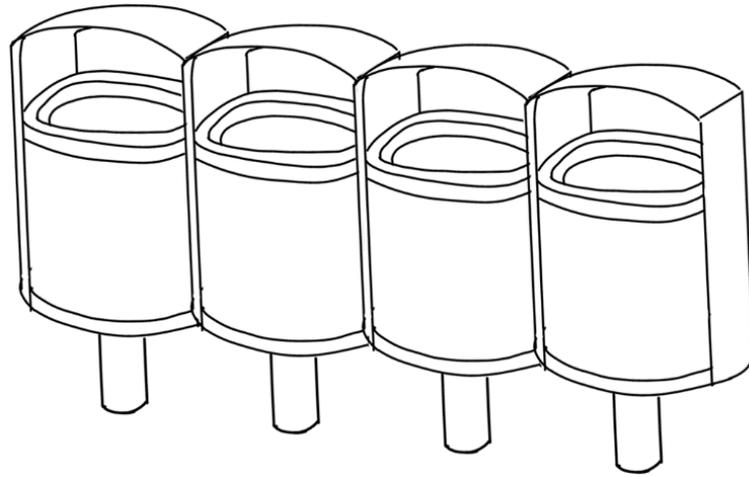


Fonte: Autor 2024

- **Alternativa 6**

A alternativa 6 segue a mesma linha da anterior, com estrutura para um único vasilhame. Dessa vez, a cobertura possui uma área de proteção maior para a abertura da lixeira, ajudando a escorrer a água da chuva e aparar os raios do Sol. Sua base apoia integralmente o fundo da lixeira e todo o sistema é suspenso sobre um apoio único que é enterrado na areia. Quando instaladas lateralmente, em conjunto, os telhados se encaixam por causa das paredes laterais retas. Assim elas formam uma unidade visual e estrutural.

Figura 16 - Lixeiras laterais



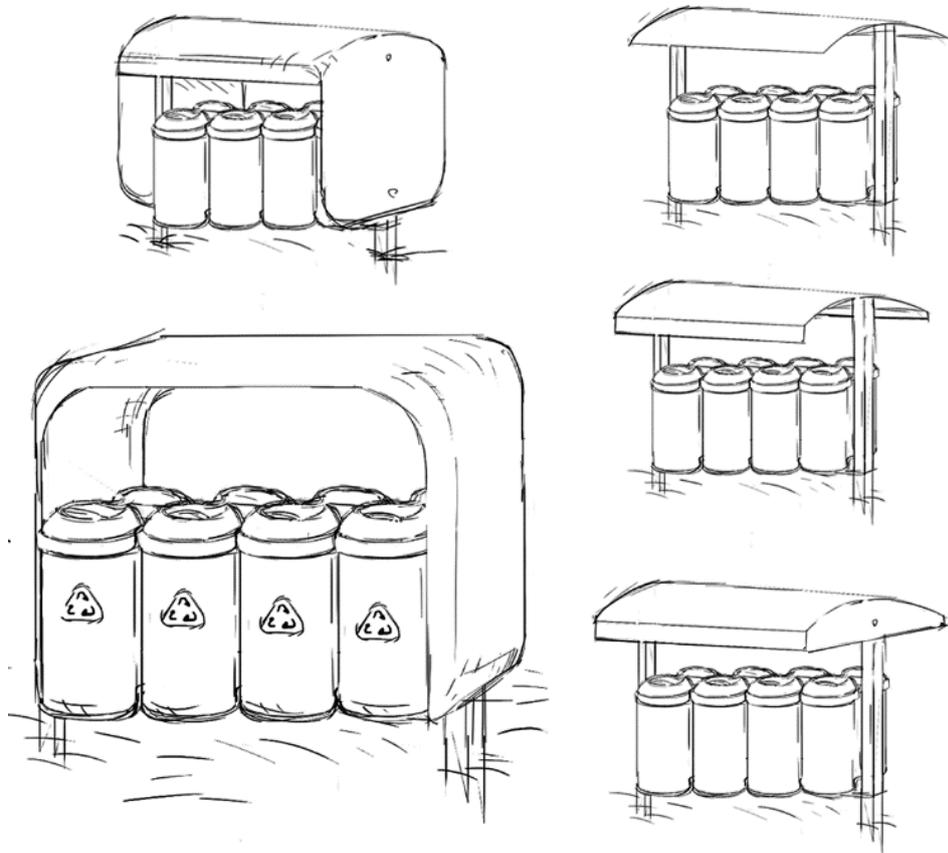
Fonte: Autor 2024

13.1. ALTERNATIVA SELECIONADA

O modelo que apresentou maior potencial para desenvolvimento foi a alternativa 4. Isso se dá tanto pelo seu apelo estético quanto funcional. Esse modelo apresenta as melhores características das opções elaboradas. Seu formato oferece boa amplitude interna, ainda sendo compacta.

Os principais aspectos levados em conta para esse desenvolvimento foi a área de cobertura, visibilidade e acesso ao recipiente. Sua utilização não pode ser prejudicada pela falta de espaço entre a tampa e o teto, pois esse fator pode ser prejudicial tanto ao descarte quanto para coleta. No processo de criação foram trabalhadas novas alternativas de coberturas para essa lixeira.

Figura 17 - Alternativas de coberta



Fonte: Autor 2024

14. ANÁLISE MORFOLÓGICA

Ao analisar alguns exemplares de recipientes e lixeiras é possível observar a preferência por formas arredondadas. Essa opção dos projetistas se dá por alguns fatores: a distribuição de tensão sobre a superfície de um reservatório depende de sua forma e das forças aplicadas sobre ele. Em um exemplar cilíndrico, a tensão é distribuída de maneira mais uniforme ao longo da superfície, enquanto em um recipiente retangular, as tensões são geralmente concentradas nos cantos. Em um recipiente arredondado, não há cantos ou bordas afiadas onde as tensões podem se acumular. Por outro lado, em um recipiente retangular, os vértices e arestas são pontos de tensão onde as forças aplicadas tendem a se concentrar, o que pode aumentar o risco de deformação ou ruptura.

Dependendo dos materiais e do design específico, um recipiente com formas arredondadas pode ser estruturalmente mais resistente do que um recipiente com cantos.

Leggerini (2007, p. 54) determina que em peças cilíndricas como tubulações, com paredes finas considera-se a distribuição uniforme das tensões ao longo da espessura do corpo. Isso ocorre porque a distribuição da pressão interna se dá pelo raio interno médio do corpo e pela espessura de suas paredes. Se o recipiente estiver sujeito a cargas laterais, a forma redonda pode ser mais resistente, pois distribui melhor essas cargas ao longo de sua superfície.

Além da resistência física, a forma do recipiente também pode afetar sua estética e funcionalidade. Uma lixeira com uma forma mais atraente pode incentivar mais pessoas a usá-la corretamente e a manter a praia limpa.

Dependendo da configuração da lixeira, pode ser mais fácil ou mais difícil para os usuários depositarem os resíduos. Elementos que possam restringir a visão, o depósito, ou o alcance dos recipientes são pontos de preocupação no momento de projetar cada componente. Dessa maneira a estrutura ou a cobertura da lixeira não pode dificultar o depósito do material descartado.

Portanto, ao projetar lixeiras de praia para separação de resíduos, é importante considerar não apenas os materiais de construção, mas também a forma do recipiente e estrutura para garantir sua resistência, funcionalidade e apelo estético.

15. ANÁLISE ESTÉTICA

A análise estética se encaixa na etapa de projeto conceitual como a fase que busca soluções visuais e de estilo para agregar valor ao produto e torna-lo atraente ao usuário. Já que de forma primordial, é pela percepção visual que é definido se um produto é atraente ao usuário. (Baxter 2000)

Embora a percepção visual de um produto de forma isolada seja um fator muito importante, é preciso elaborar uma identidade visual que converse com o local que onde o produto será inserido. Principalmente quando levamos em consideração o ambiente das praias, onde o aspecto cênico é fator determinante para percepção do público e sua visitação. (Dias Filho, 2011 p.50) Por isso é necessário desenvolver um estilo que se integre de maneira efetiva ao local onde o produto será instalado.

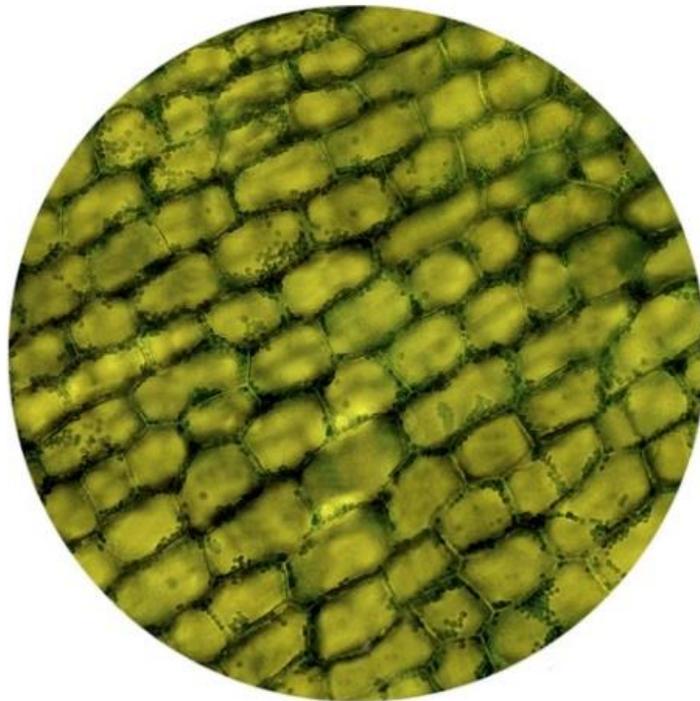
De acordo com Baxter (2000, p.49) existem propriedades no nosso sistema visual que determina o que é visto como qualidades atrativas em um produto. Como o autor cita, as regras

da *Gestalt* indicam que produtos simétricos, com formas geométricas simples transmitem harmonia e equilíbrio visual. Porém para capturar o interesse do usuário é necessário certo grau de complexidade estético. Já que possuímos uma sensibilidade visual especial com elementos familiares como a forma do rosto humano e as formas orgânicas naturais.

Portanto um dos caminhos para alcançar o sucesso no desenvolvimento de um estilo atrativo pode vir por meio da inspiração das formas e padrões presentes na natureza. Esse processo de inspiração é estudado pela Biomimética, busca por meio de analogias soluções estruturais, funcionais e estéticas presentes na natureza (Detanico, Teixeira e Silva, 2010 p.101)

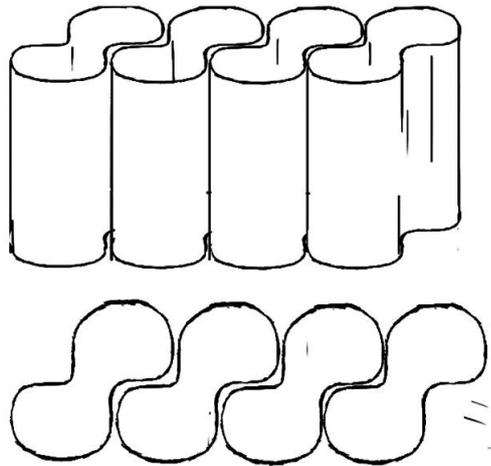
Dessa maneira, foi buscada inspiração nas formas presentes nas paredes das células vegetais. Seu formato orgânico dispõe de certo apelo estético pela simplicidade e organização na formação dos tecidos celulares. Esse paralelo reflete na maneira de como os recipientes se encaixam uns nos outros formando um padrão por meio da repetição. O que resulta em um visual diferenciado e uma ótima alternativa para melhor ocupação de espaços e capacidade interna.

Figura 18 - Organização dos tecidos celulares vegetais



Fonte: Com Ciência na Escola – LBC/IOC/Fiocruz, p.13 2001

Figura 19 - Padrão de organização e recipientes



Fonte: Autor 2024

O restante do produto deve apresentar um formato arredondado, remetendo a formas mais orgânicas. A intenção é dar um aspecto amigável e seguro para cada componente do sistema. Evitando formas ou padrões que possam destoar de maneira excessiva com os elementos presentes na faixa de areia das praias.

Além do formato, as cores presentes no produto devem seguir um padrão que siga uma linha próxima às encontradas no litoral. Os recipientes devem seguir o código cromático para cada lixeira para coleta seletiva. Já os outros componentes do sistema devem apresentar coloração que se integre bem aos elementos presentes no ambiente.

16. ANÁLISE FUNCIONAL

Como recomenda Baxter (2000, p.201), a análise funcional se inicia com um processo de *brainstorming*. Todas as funções do produto são listadas a partir da descrição de simples, utilizando duas ou três palavras, combinando verbo com substantivo. Assim é possível determinar do ponto de vista do consumidor tudo que o produto pode fazer.

Em seguida é necessário estabelecer uma ordem hierárquica para as funções do produto. Primeiro se determina qual a função principal, que é a razão para existência do produto. Feito isso serão definidas as funções básicas, que se relacionam diretamente com a função principal. Sendo essenciais para realização da função primária e consequência direta da mesma. Por fim

são estabelecidas as funções secundárias a partir do questionamento de como tais funções são realizadas (Baxter, p.202 2000)

A função principal de uma lixeira para coleta seletiva é separar os resíduos sólidos. As funções básicas atribuídas ao produto são; armazenar o material descartado, isolar o conteúdo do ambiente e dos animais, manter os resíduos secos e protegidos até a coleta e manter os vasilhames unidos em um único sistema. Cada função básica é consequência direta das funções secundárias associadas a elas.

O material é armazenado pelo corpo do recipiente, que apoia as sacolas plásticas por meio da aba no seu topo. Por sua vez, as sacolas plásticas são encaixadas na tampa da lixeira, que possuem a função de isolar o material do ambiente. A tampa ainda possui as funções de abrir e fechar, permitindo o depósito do lixo; inibindo a propagação de odores, que podem atrair animais como moscas e insetos, além de afetar as pessoas próximas aos vasilhames; ainda as tampas são a primeira proteção do material contra os fatores ambientais como chuva e sol.

O corpo do recipiente desempenha papéis fundamentais para o desempenho do produto. Já que elas têm a função de conter o lixo no seu interior. Porém a função estrutural também passa diretamente por ela, uma vez que nelas contém o suporte para encaixe de outras lixeiras, das tampas e para a base do sistema. E é no corpo do produto que contém as informações sobre a categoria do material que deve ser depositado, por meio do código cromático e elementos visuais.

A estrutura do produto desempenha diversas funções que garantem a segurança e funcionamento do produto de maneira geral. Primeiro ela será a base para todos os vasilhames e cuidará para garantir a sua firmeza.

A cobertura, responsável por ser a barreira primária contra os fatores externos como a chuva, o sol e ventos, será presa na estrutura. Por fim a armação ainda está incumbida de manter o sistema afastado do chão, longe da areia e de animais, tal como firmar todo o sistema ao solo por meio de apoios.

Em suma todas funções realizadas pelo produto foram descritas. Dessa forma como são realizadas e quais fatores caracterizam essas ações, por meio de seus componentes.

17. DESENHO TÉCNICO

Para a elaboração dos desenhos técnicos foram seguidas as normas da ABNT referentes ao desenho técnico e tudo que envolve o tema. Assim as NBR 8196 para emprego de escalas, NBR 8403 sobre aplicação correta das linhas em desenho, NBR 10067 sobre os princípios gerais de representação em desenho técnico e a NBR 10126 acerca da cotação de desenho técnico foram consultadas. E todas as pranchas técnicas estão disponíveis no apêndice desse documento.

18. ESCOLHA DOS MATERIAIS

No processo de detalhamento foram definidos quais materiais vão compor cada componente do produto. Tais materiais foram escolhidos a partir dos seus aspectos físicos, propriedades mecânicas, durabilidade, processo de fabricação e custo. Ainda assim, existem outros fatores que devem ser considerados. A interação do material com o ambiente é um fator determinante para sua seleção. Por isso materiais que podem agredir o ambiente de alguma forma foram descartados. Por fim, como será a interação entre o usuário e o produto passa diretamente pela escolha correta de materiais. Isto posto, o processo de manejo e utilização foi fator determinante para a escolha de cada material nesse projeto.

- **Recipiente:**

Poliéster e fibra de sisal: Como explicado anteriormente, o compósito de poliéster com fibra de sisal é uma ótima alternativa. A utilização de um reforço natural reduz a utilização do plástico e ainda promove uma melhoria significativa nas propriedades mecânicas da resina poliéster pura.

Além disso, o sisal é um material biodegradável que vai se decompor de forma natural sem maiores complicações. E em todo o ciclo de vida do sisal ocorre em média uma baixa emissão de CO₂. Isso se dá pois o sisal processa o gás carbônico em grande parte do seu processo de criação, na forma vegetal.

- **Tampa:**

Polietileno de Alta Densidade (PEAD): A principal vantagem na utilização do PEAD injetado é a sua alta resistência física e química. Já que o polietileno apresenta ótimas propriedades mecânicas e de durabilidade. Essas características são em decorrência da sua fabricação, no processo de injeção em alta densidade. Isso promove a sua leveza e alta resistência a impactos.

Figura 20 - Reutilização de arestas



Fonte: Aparasmacedo.com (2024)

Outro fator determinante para essa escolha de material é o fator de reaproveitamento. Isso se dá pois tudo que é resultado da fabricação desse plástico pode ser reutilizado. Existem diversas empresas que compram as aparas do material e as reaproveitam para fabricação de novos produtos.

Por fim a sua versatilidade na conformação e flexibilidade superior ao compósito de sisal e poliéster auxilia no processo de uso. Já que para a coleta do lixo é necessária a retirada da tampa. Dessa forma, se faz necessário um material que resista ao estresse da deformação plástica.

- **Estrutura e cobertura:**

Aço galvanizado: O aço galvanizado é um material amplamente utilizado em diversos setores e apresenta um ótimo custo benefício e uma infinidade de aplicações. Muito utilizado na indústria na produção de tubos peças e chapas.

Figura 21 - Chapas de aço galvanizado



Fonte: Tubosabc.com 2024

Seu diferencial se apresenta na sua alta resistência a corrosão, durabilidade e rigidez. Fatores que são explicados pelo processo de tratamento que esse material é submetido. O aço é revestido por uma camada de zinco que fornece uma barreira isolante e anticorrosiva, impedindo o surgimento de ferrugem.

O processo de pigmentação do material será dado pelo processo eletroestático a pó, assim como apresentado pelos produtos semelhantes analisados. Essa técnica de pintura é ideal para aplicação nesse material, fornecendo um acabamento e durabilidade diferenciada.

19. DETALHAMENTO DO PRODUTO

O vasilhame apresenta um aspecto curvilíneo e arredondado. Suas formas foram inspiradas na aparência da parede celular de células vegetais, que se encaixam formando um tecido celular. Esse padrão na forma fornecem um bom aproveitamento dos espaços, além de um caráter harmonioso com o ambiente praias e referenciam a intersecção do sintético com o

orgânico; paralelo presente tanto no material composto por uma resina sintética e reforçado por uma fibra orgânica.

Sua tampa é caracterizada pelo seu formato convexo na face externa para evitar que respingos de água escorram para dentro da lixeira. Sua tampa basculante permite o depósito do material com o uso de apenas um movimento, com apenas uma das mãos.

Figura 22 - Corpo dos vasilhames



Fonte: Autor 2024

O formato arredondado das lixeiras permite uma boa distribuição de tensão por todo corpo do vasilhame de forma semelhante. O usuário é capaz de depositar o resíduo independente do lado da lixeira, já que o recipiente é simétrico. No corpo do vasilhame contém encaixes para que ocorra a conexão entre uma lixeira e outra, assim como sua fixação na estrutura. E no fundo do recipiente ele é parafusado no suporte metálico.

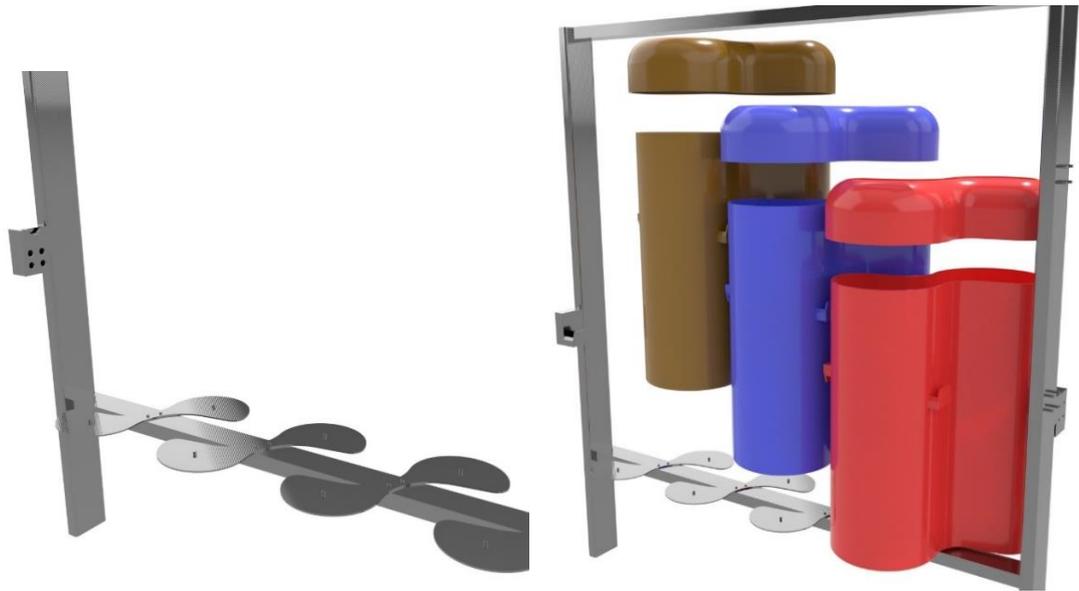
Figura 23 - Detalhe do encaixe dos recipientes



Fonte: Autor 2024

A estrutura metálica da lixeira vai se adequar ao formato orgânico. As colunas de sustentação não serão alinhadas, com uma ficando um pouco mais para frente e a outra para trás, sem que comprometa o equilíbrio do sistema. Elas serão equipadas de encaixes específicos para acoplar os vasilhames de polímero e ainda servirão como as pernas desse corpo, mantendo a lixeira afastada do chão. As bases, que serão enterradas na areia, apresentam pesos que vão garantir o equilíbrio e estabilidade para a estrutura metálica, os vasilhames e a cobertura.

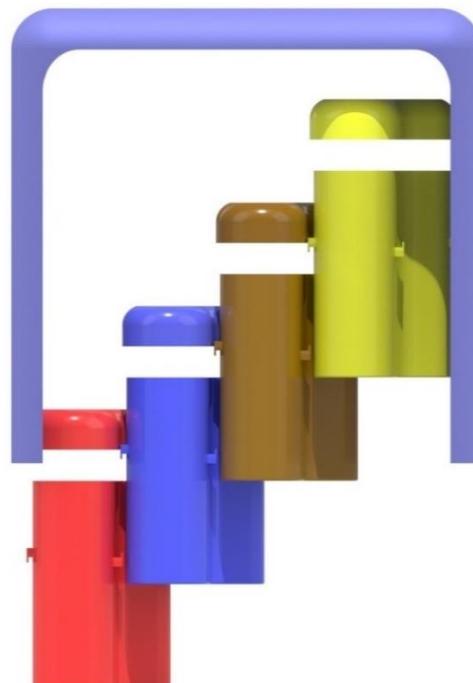
Figura 24 - Estrutura de aço galvanizado



Fonte: Autor 2024

A cobertura possui a função de proteger a lixeira das condições climáticas, principalmente do sol e da chuva. Uma chapa curvada suavemente no ponto mais alto, presa nas duas colunas de sustentação principais vai ser o teto protetor para todo o corpo.

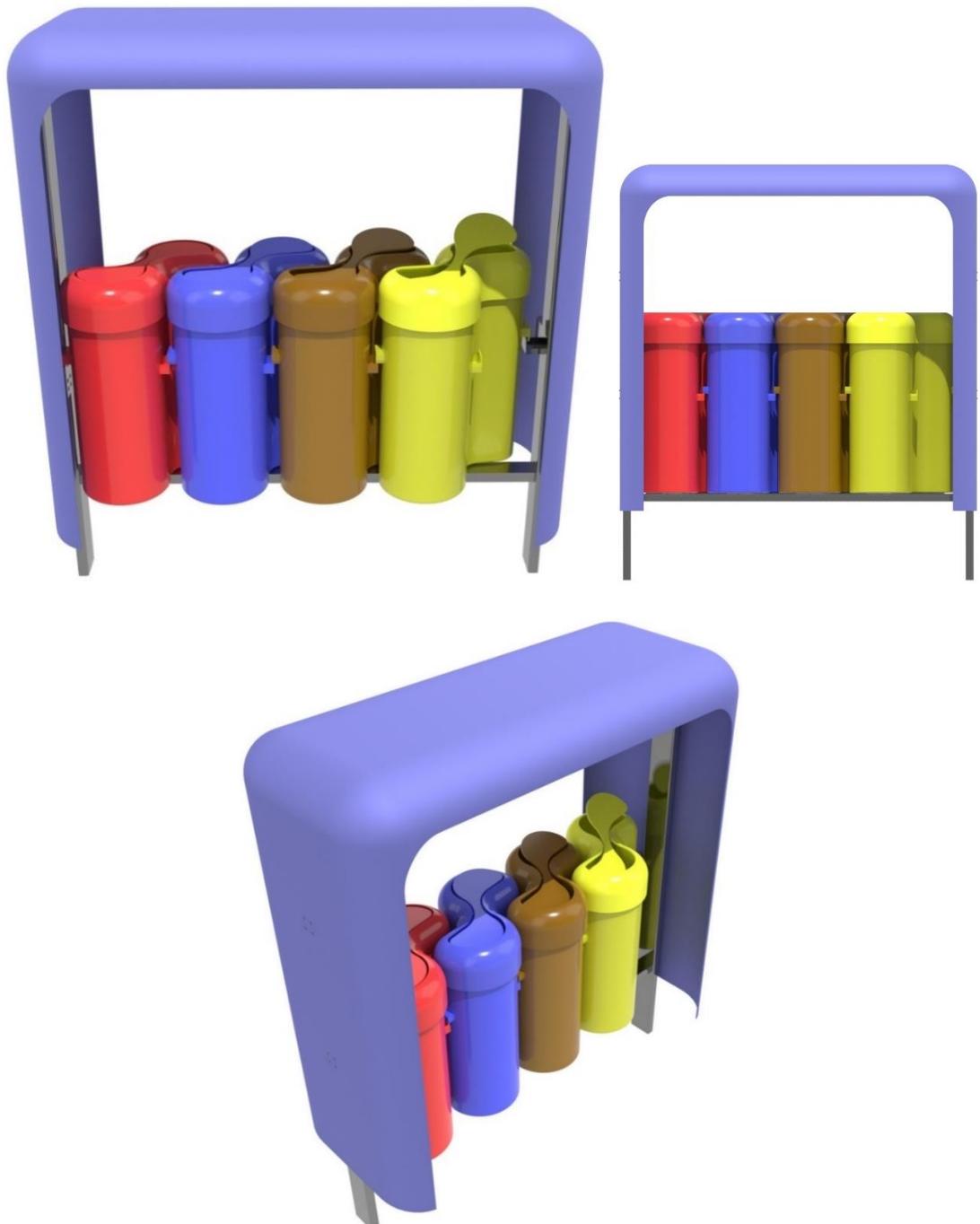
Figura 25 - Cobertura de chapa de aço



Fonte: Autor 2024

Por fim, o produto apresenta um aspecto diferenciado das alternativas disponíveis no mercado. Seu formato arredondado e amigável fornece equilíbrio, espaço e intuitividade no uso. Uma estrutura que promove resistência, firmeza e estabilidade. E sua cobertura protege todo o sistema para garantir sua durabilidade e a preservação dos resíduos descartados.

Figura 26 - Lixeira de praia



20. CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento de um produto com foco em sustentabilidade o objetivo é desenvolver soluções para alcançar a menor geração de impactos possível. Com isso são investigadas a origem dos materiais, seu processamento, o final da sua vida útil e possível reutilização. Na presente pesquisa foram avaliadas diversas alternativas fibras vegetais; a fibra da casca da banana, os tecidos de fibra tramada de juta e fibra de sisal. Assim como o reforço de manta de fibra de vidro para o desenvolvimento de um material compósito.

As fibras orgânicas e sintéticas foram avaliadas em combinação com a resina poliéster e epóxi em um processo de compressão manual. O processo de produção do material apresentava um caráter exploratório, que com base na literatura específica da área do estudo de materiais, foram realizados diversos testes para que fosse possível produzir um material de boa qualidade. Em primeiro momento buscava-se um compósito resistente mecanicamente, mas que também apresentasse boa resistência química e a absorção de água. O intuito era com esse material desenvolver um filtro que fosse capaz de captar os resíduos flutuantes no mar.

Entretanto, alguns problemas foram determinantes para a realização de todos os objetivos dessa pesquisa. Devido ao curto prazo para desenvolvimento, dificuldades na implementação da metodologia e conseqüente produção de certas combinações de materiais, não se foi possível avaliar de forma correta todas as propriedades dos materiais elaborados. Dessa maneira foi possível por meio do método de compressão manual, a produção dos compósitos de matriz de resina poliéster em combinação com as fibras de juta, sisal e vidro.

Os compósitos desenvolvidos foram submetidos aos testes de tração e flexão e suas propriedades mecânicas analisadas nesse processo. Porém o objetivo inicial era observar a resposta desses materiais quando submetidos ao ambiente aquático. E devido o prazo apertado não foi possível levantar os dados referentes a essas propriedades. Com isso o objetivo inicial de produzir um material sustentável e adequado para um produto que pudesse resistir a água foi inviabilizado para a presente pesquisa.

Com as propriedades mecânicas dos compósitos de fibra de juta, sisal e vidro em mão surgiu a oportunidade de manter a proposta de um produto com foco sustentável. Já que o reforço de sisal apresentou ótimas propriedades mecânicas durante os ensaios. Uma fibra natural, biodegradável e que apresenta baixa emissão de CO₂ para sua fabricação. Dessa maneira foi dado início ao processo de criação de uma lixeira que auxiliasse na redução dos resíduos no ambiente seco.

Ao final do processo foi possível elaborar um produto que solucionasse a questão do acúmulo de lixo nas praias por meio da coleta seletiva. Além disso, foi possível desenvolver um material que reduzisse a utilização de plástico, com um reforço seguro, resistente e biodegradável nas condições ambientes. E fica como sugestão para trabalhos posteriores um estudo mais aprofundado para a viabilização de um material sustentável, que possa resistir a diversas condições físicas e químicas. Um fator fundamental para a aplicação no ambiente marinho.

Em conclusão é notável por meio de todos os processos realizados nas etapas desse trabalho a capacidade e necessidade do Design de integração com outras áreas do conhecimento. Nesse caso, com a ecologia, urbanismo e a engenharia de materiais. Provando que um design bem sucedido deve ser produzido sob um contexto para atender uma necessidade real.

21. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials. ASTM D638 - 10. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. West Conshohocken, p. 16. 20 de maio de 2014.
- Araújo, M.C.B.; Costa, M. F. Praias urbanas: o que há de errado com elas? Revista do Meio Ambiente e Sustentabilidade. v. 11, n. 5, p. 52 – 56, jun/dez, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, p. 71. 2004.
- Agarwal, B. D.; Broutman, L. J.; Chandrashekhara, K. Analysis and performance of fiber composites. 3º Edição. New York. Wiley India. 2006.
- Baxter, M. Projeto de Produto: Guia prático para o *design* de novos produtos. Editora Blucher, 2º Edição. São Paulo. p. 272, 2000.
- Benyus, Janine M. Biomimicry Inovation Inspired by Nature. Harper Perennial. 17 de setembro de 2002;
- Callister Jr. W. D. Ciência e Engenharia de Materiais. 5º Edição. Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2000.
- Carvalho, R.F. Compósitos de fibras de sisal para uso em reforço de estruturas de madeira. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, p. 119. 2005.
- Castro, Alessandro. Resina poliéster: caracterização e estudo das condições de cura e propriedades mecânicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Grupo de Estudo em Materiais Poliméricos, Florianópolis SC. Julho de 2003;
- Castro, Alexandre; Francisquetti, Edson; Gasparin, Alexandre. Influência da temperatura e tempo de cura na transição vítrea da resina epóxi. SCIENTIA CUM INDUSTRIA, V. 7, N. 3, PP. 15 — 23, Caxias do Sul. 2019;
- Cerchiaro, J. R. Comportamento Mecânico de Compósitos com Poliéster e Tecidos de Sisal por Moldagem Manual. Universidade Federal da Bahia - UFBA Escola Politécnica Mestrado Engenharia Ambiental Urbana. Salvador, p. 87. 2010.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resíduos e Tratamento de Resíduos. Resolução CONAMA N° 275, de 25 de Abril de 2001
- Costa, M.F.; Araújo, M.C.B. Lixo no Ambiente Marinho. Ciência Hoje, v. 32, n. 191, p. 64 – 69, Rio de Janeiro, março de 2003.
- Costa, M.F.; Araújo, M.C.B. Praias urbanas: o que há de errado com elas? Revista do Meio Ambiente e Sustentabilidade. Curitiba, Paraná. v. 11, n. 5, p. 52 – 56, jun/dez, 2016.
- Cozaciuc, I.; Silva, L. R.; Togni, M. A. Ensaio dos Materiais: Módulo Essenciais da Mecânica. SENAI. Departamento Regional de São Paulo. São Paulo. 20 de setembro de 2006.
- Detanico, F.B; Teixeira, F. G.; Silva, T. K. A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto. Design & Tecnologia. UFRGS, Rio Grande do Sul. Fevereiro de 2010
- Dias Filho, M.; Cavalcanti, J. S.; Araujo, M. C. B., Silva, A. C. M. Avaliação da Percepção Pública na Contaminação por Lixo Marinho de acordo com o Perfil do Usuário: Estudo de Caso

em uma Praia Urbana no Nordeste do Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management*. Lisboa, Portugal. v. 11, n1, p. 49-55, 2011.

Diniz, R. F. M.; Cavalcante, J. M. F. Comparação Entre os Processos, Vacuum Forming e Hand Ly Up, para Produção de Compósitos Poliéster/Tecido Tramada de Juta. Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA. Mossoró, p. 9. 2018.

Eigenheer, E. Lixo: A Limpeza Urbana Através dos Tempos. Gráfica Pallotti. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. p. 144. 2009

Garcia, A.; Santos, C. A.; Spin, J. A. Ensaio dos Materiais. 1º Edição. Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2000.

Greene, E. Marine composites. 2º Edição. Annapolis: Eric Greene Associates, Inc. 1999.

Holanda, Elisângela Bezerra. Morfologia e propriedades mecânicas da fibra de sisal unidirecional e em sobreposição de compósito com resina epóxi. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal RN. 14 de janeiro de 2013;

Leggerini, M. Mecânica dos Sólidos EQ. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS. Faculdade de Engenharia. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. p. 62. 2007

Marineli, A. L. Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais, UFSCar. São Carlos, São Paulo. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 18, nº 2, p. 92-99, 2008

MATA, D. Análise quantitativa dos resíduos sólidos encontrados na faixa de areia na praia de Cabo Branco – JP/PB. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Cuité, Paraíba. p. 39. 2022.

Pazmino, Ana Verónica. Uma Reflexão sobre Design social, Eco Design, Design Sustentável. Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Curitiba. 4-6 de setembro de 2007.

Presidência da República, Casa Civil (1988) - Lei nº. 7.661/88. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Publicada no Diário Oficial da União de 18 de maio de 1998, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7661.htm. >. Acesso em 20 de setembro de 2023.

Rodrigues, Jean da Silva. Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria madeireira. Universidade Federal do Pará, Instituto de tecnologia. Belém, 2008.

Sanchez, E.M.S.; Zavaglia, C.^aC.; Felisberti, M.I.; Unsaturated polyester resins: Influence of the styrene concentration on the miscibility and mechanical properties; *Polymer* 41, 765-769, 2000.

Soares, M. A. R. Desenvolvimento de uma ferramenta criativa de apoio ao design de produtos sustentáveis. Tese de Mestrado - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Faculdade de Ciência e Tecnologia. 2008.

Teixeira, L. G. M. Caracterização das Propriedades Mecânicas de um Compósito Fabricado com Resina Poliéster e Fibra de Vidro. Curso de Graduação em Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville. Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, p. 58. 2021.

Referências de sites

Aparas Macedo. PEAD de injeção: um material resistente para a indústria. 2023. Disponível em: <<https://aparasmacedo.com.br/pead-de-injecao-um-material-resistente-para-a-industria/>>. Acesso em: 16 de abril de 2024

Cleanurb – Produtos e Serviços. Lixeira de Rua Iron. 2023. Disponível em: <<https://cleanurb.com.br/produto/lixeira-de-rua-iron-europa/>>. Acesso em: 16 de abril de 2024.

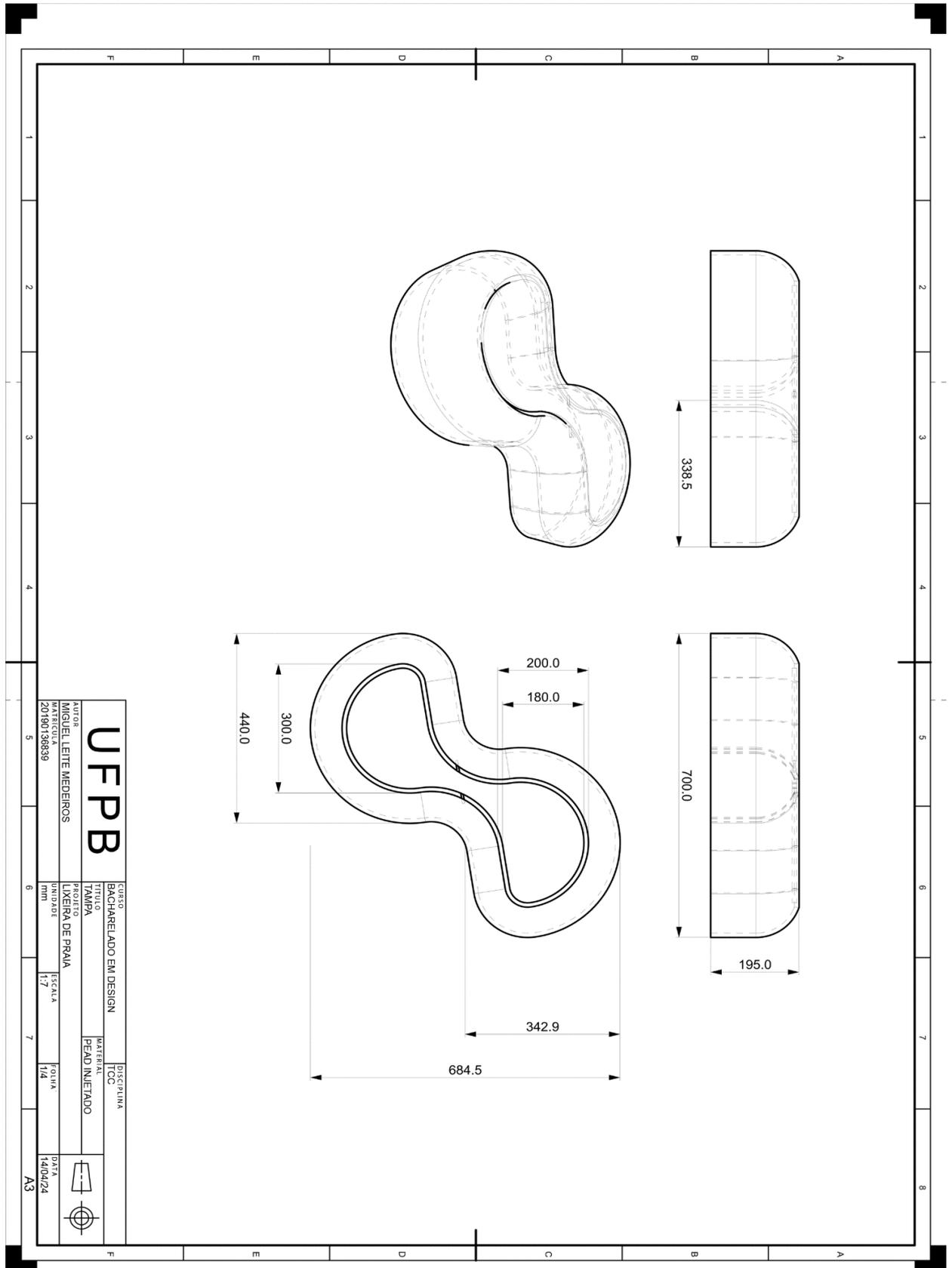
Cleanurb – Produtos e Serviços. Lixeira Urbana com Tampa de Aço Inox. 2023. Disponível em: <<https://cleanurb.com.br/produto/lixeira-urbana-com-tampa-de-aco-inox/>>. Acesso em: 16 de abril de 2024.

Dahlström, B. Repeat Litterbin. Nola Industrier AB. 2022. Disponível em: <<https://nola.se/en/products/repeat-litterbin/>>. Acesso em: 16 de abril de 2024.

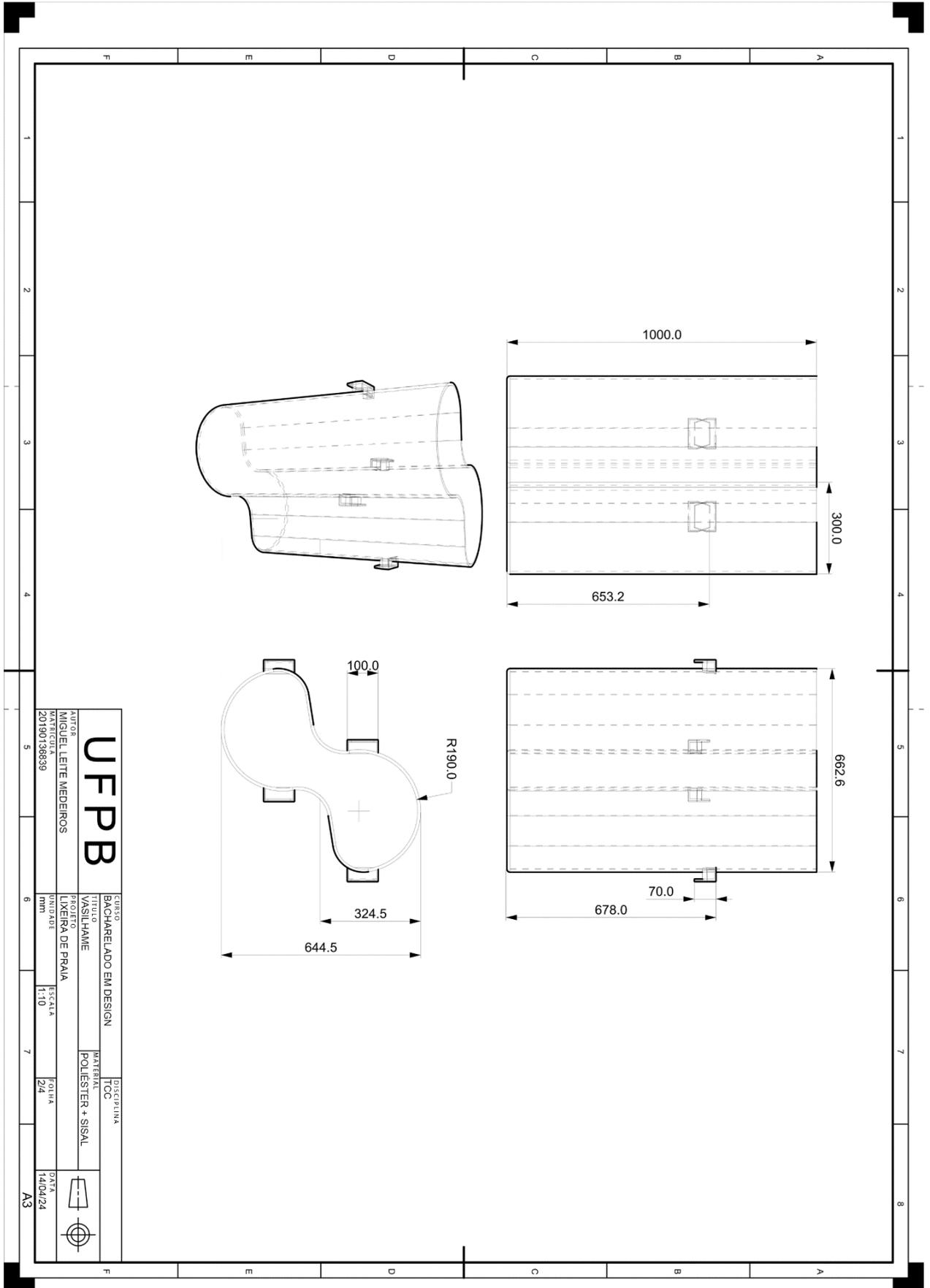
Tubos ABC. O que é aço galvanizado e qual sua origem? 2024. Disponível em: <https://www.tubosabc.com.br/tubos/o-que-e-aco-galvanizado/?doing_wp_cron=1713141870.3888731002807617187500>. Acesso em: 16 de abril de 2024.

22. APÊNDICE

APÊNDICE A – DESENHO TÉCNICO DA TAMPA



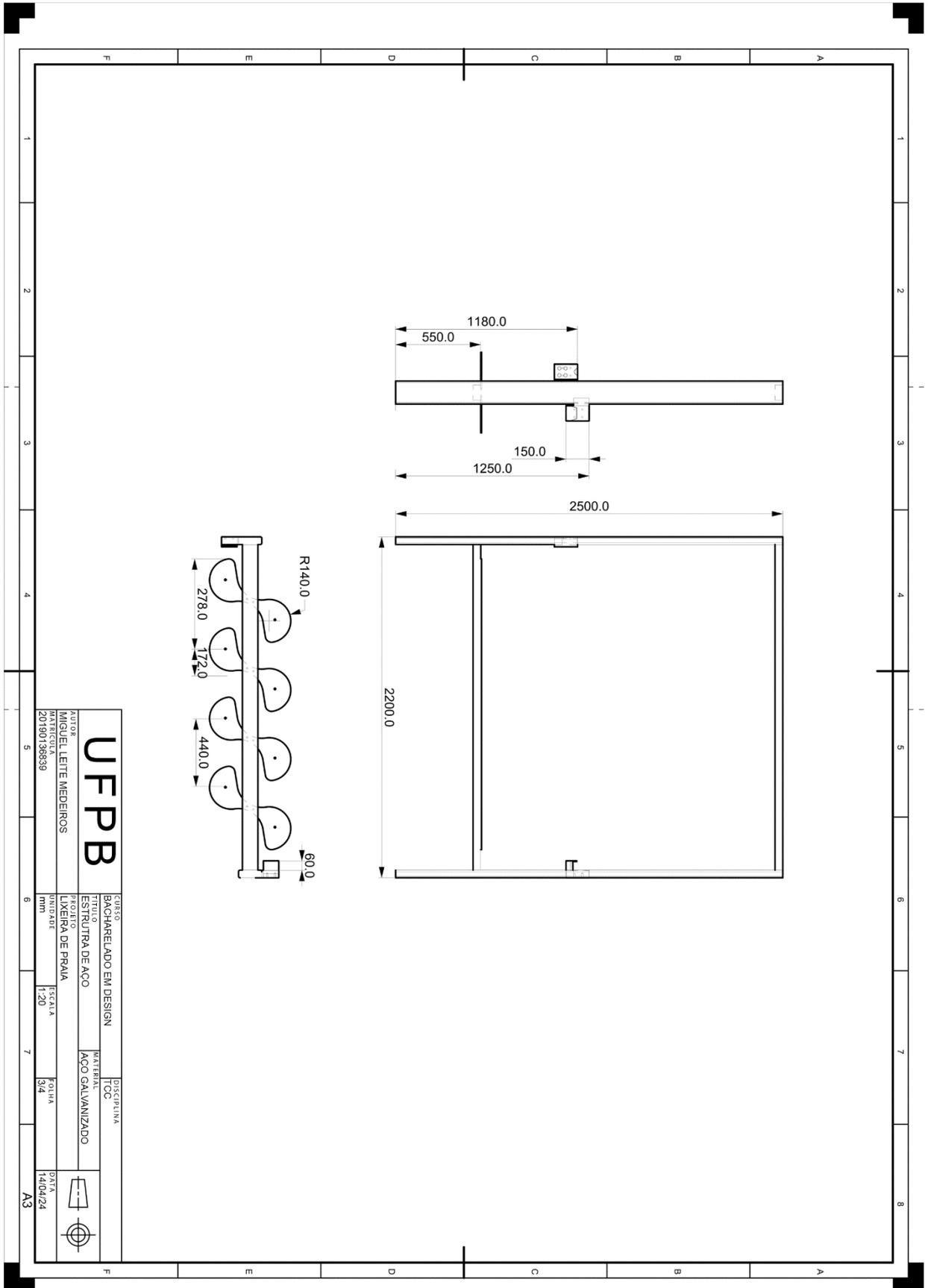
APÊNDICE B – DESENHO TÉCNICO DO RECIPIENTE



UFPPB		CURSO	BACHARELADO EM DESIGN	DISCIPLINA	
AUTOR	MIGUEL LEITE MEDEIROS	TÍTULO	VASILHAME	MATERIAL	TCO
MATRICULA	20190138839	PROJETO	LIXEIRA DE PRAIA	MATERIAL	POLESTER + SISAL
		UNIDADE	1-10	FOLHA	2/4
		ESCALA	1:10	DATA	14/04/24

A3

APÊNDICE C – DESENHO TÉCNICO DA ESTRUTURA



APÊNDICE D – DESENHO TÉCNICO DA COBERTURA

