

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

SORAYA BARRETO DE ANDRADE

**ELABORAÇÃO DE PAINÉIS ACÚSTICOS COM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS  
SUSTENTÁVEIS ALTERNATIVOS**

Maceió - Alagoas  
2021

SORAYA BARRETO DE ANDRADE

**ELABORAÇÃO DE PAINÉIS ACÚSTICOS COM A UTILIZAÇÃO DE  
MATERIAIS SUSTENTÁVEIS ALTERNATIVOS**

Relatório final, apresentado à Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Design sob a orientação da Profa. Dra. Maria Lucia Oiticica.

Maceió, 2021

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

Bibliotecário: Jone Sidney A. de Oliveira – CRB-4 – 1485

A553e Andrade, Soraya Barreto de.

Elaboração de painéis acústicos com a utilização de materiais sustentáveis alternativos / Soraya Barreto de Andrade. – 2021.

104 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lucia Oiticica.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Design) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Curso de Design, Maceió, 2021.

Bibliografia: f.: 88-97.

Apêndice: f.: 98-104.

1. Design - Painéis Acústico. 2. Sustentabilidade. 3. Materiais Sustentáveis. 4. Acústica.  
I. Título.

CDU:7.05:534.84

**Folha de aprovação**

**AUTORA: SORAYA BARRETO DE ANDRADE**

**ELABORAÇÃO DE PAINÉIS ACÚSTICOS COM A UTILIZAÇÃO  
DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS ALTERNATIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do curso de Design Bacharelado da Universidade Federal de Alagoas, em 28 de maio de 2021.



---

Prof.ª. Dr.ª. Maria Lucia Gondim Da Rosa Oiticica (UFAL)

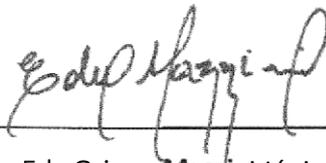
*(Orientadora)*

Banca Examinadora:



---

Prof.ª. Dr.ª. Morgana Maria Pitta Duarte Cavalcante (UFAL)  
*(Examinadora 1)*



---

Prof. Dr. Edu Grieco Mazzini Júnior (UFAL)  
*(Examinador 2)*

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente ao meu Deus, que com Sua infinita sabedoria e amor incondicional, me deu forças e direção para realizar esse projeto; à minha família, que acreditou e torceu para que eu realizasse o meu sonho; à minha igreja que segurou em minhas mãos para eu não desistir; aos meus amigos, chegados, que sempre me apoiaram; aos meus colegas que, direta ou indiretamente, me incentivaram; aos meus professores, sempre atenciosos e interessados no meu crescimento; à minha orientadora, professora Lúcia, que fez o seu melhor para que esse projeto se concretizasse. A todos, minha gratidão e oração!

“Porque d’Ele e por Ele e para Ele são todas as coisas; glória pois a Ele, eternamente. Amém.

Romanos 11.36

## RESUMO

Há uma infinidade de matérias primas na natureza que ainda não tiveram seu potencial totalmente explorado e que podem apresentar soluções para diversas necessidades atuais e tornarem-se muito úteis na elaboração de produtos dos mais variados. Sendo a questão da sustentabilidade uma das grandes demandas da atualidade, é imprescindível desenvolver pesquisas para potencializar essas matérias primas na elaboração de projetos que apresentem este diferencial. O objetivo deste trabalho é elaborar painéis acústicos explorando materiais sustentáveis alternativos, tais como: bucha vegetal, sabugo e palha de milho, com vistas a criação de um produto inovador e sustentável. Para a realização deste projeto foi utilizada uma metodologia exploratória, baseada nos autores Baxter e Bonsiepe, com a aplicação de ferramentas do Design Thinking e ênfase nas áreas de acústica, sustentabilidade e design. Foram feitas pesquisas sobre a possível aplicabilidade da bucha vegetal e do milho como uma alternativa sustentável e econômica no tratamento acústico de ambientes. Para tanto houve uma investigação em design para a identificação do conceito do produto, determinação do público-alvo, seleção dos materiais e geração de alternativas. Para a prototipação foram realizados ensaios com a aplicação de cortes verticais e horizontais nas buchas vegetais e nas espigas e palhas de milho e colagens em estruturas feitas com ripas reutilizadas e aglomerado tipo Eucatex, onde foram testadas espessuras diferenciadas e utilizados painéis com perfurações variadas, tendo como resultado a elaboração de 6 painéis com características de sustentabilidade, que podem ser utilizados no design de ambientes e que possuem possíveis aplicações para a atenuação da reverberação dos espaços onde forem inseridos.

Palavras-chave: Produto. Sustentabilidade. Acústica. Design.

## **ABSTRACT**

There are a multitude of raw materials in nature that have not yet fully exploited their potential and that can present solutions for several current needs and become very useful in the elaboration of products of the most varied. Since the issue of sustainability is one of the great demands of today, it is essential to develop research to enhance these raw materials in the development of projects that present this differential. The objective of this work is to elaborate acoustic panels exploring alternative sustainable materials, such as: vegetable loofah, cob and corn straw, with a view to creating an innovative and sustainable product. To carry out this project, an exploratory methodology was used, based on the authors Baxter and Bonsiepe, with the application of Design Thinking tools and an emphasis on the areas of acoustics, sustainability and design. Research has been done on the possible applicability of vegetable loofah and corn as a sustainable and economical alternative in the acoustic treatment of environments. To this end, there was a design investigation to identify the product concept, determine the target audience, select the materials and generate alternatives. For the prototyping, tests were carried out with the application of vertical and horizontal cuts on the vegetable plugs and on the ears and corn straws and collages on structures made with reused slats and Eucatex agglomerate, where different thicknesses were tested and panels with varied perforations were used, having different perforations. as a result, the elaboration of 6 panels with sustainability characteristics, which can be used in the design of environments and which have possible applications to mitigate the reverberation of the spaces where they are inserted.

Keywords: Product. Sustainability. Acoustics. Design.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Metodologia .....	16
Figura 2- Sustentabilidade é: .....	20
Figura 3- Ciclo de Vida de um Produto.....	22
Figura 4- Soluções Ecodesign .....	25
Figura 5- Diferenças entre Design Formal e Ecodesign.....	26
Figura 6- Limites toleráveis de ruídos .....	30
Figura 7- Medidas para trazer conforto acústico no ambiente de trabalho .....	31
Figura 8- Definições de acústica, som e ruído.....	32
Figura 9- Reflexão do som em um ambiente fechado.....	34
Figura 10- Fórmula de Sabine .....	35
Figura 11- Tipos de materiais (acústica) .....	37
Figura 12- Painéis absorvedores acústicos .....	38
Figura 13- Ressonadores de Helmholtz.....	39
Figura 14- Difusor acústico .....	40
Figura 15- Local sem isolamento acústico .....	41
Figura 16- Local com isolamento acústico.....	42
Figura 17- Painel tipo sanduiche em cortiça e madeira .....	42
Figura 18- Aplicação de lã de rocha .....	44
Figura 19- Materiais alternativos cogitados para os painéis .....	49
Figura 20- Bucha, sabugo e palha de milho .....	50
Figura 21- Bucha vegetal (Luffa cylindrica).....	51
Figura 22- Coeficiente de absorção sonora da bucha vegetal.....	52
Figura 23- Sabugos de milho debulhados .....	53
Figura 24- Painéis para o Questionário ... ..	55
Figura 25- Persona 1 .....	56
Figura 26- Persona 2.....	57
Figura 27- Persona 3 .....	58
Figura 28- Painel do Estilo de Vida.....	59
Figura 29- Painel da Expressão do Produto.....	60
Figura 30- Painel do Tema Visual.....	61
Figura 31- Requisitos do Projeto .....	62

Figura 32- Esboços .....	63
Figura 33- Modelos 1 ao 4.....	65
Figura 34- Modelos 5 e 6 .....	66
Figura 35- Preparação e limpeza das buchas vegetais .....	67
Figura 36- Buchas cortadas no sentido longitudinal e transversal .....	68
Figura 37- Sabugos encontrados com fungos e descartados .....	69
Figura 38- Sabugos cortados em diversos tamanhos.....	70
Figura 39- Preparação dos painéis de madeira .....	71
Figura 40- Painel com buchas vegetais (modelo 1) .....	72
Figura 41- Painel com buchas vegetais (modelo 2).....	73
Figura 42- Painel com sabugo de milho (modelo 3) .....	74
Figura 43- Painel com palha de milho (modelo 4) .....	75
Figura 44- Painel com tiras de palha de milho (modelo 5) .....	76
Figura 45- Painel de tecido (modelo 6) .....	77
Figura 46- Potencial acústico da bucha vegetal (modelo 1).....	81
Figura 47- Modelo 1, entrada e saída do som no painel.....	81
Figura 48- Modelo 2, possibilidade de mais camadas .....	82
Figura 49- Espalhamento sonoro no Modelo 3 .....	82
Figura 50- Utilização das palhas de milho na absorção sonora (Modelos 4 e 5) .....	83
Figura 51- Preenchimento no interior do painel (modelo 6) .....	84

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1- Níveis de Pressão Sonora .....	29
Quadro 2- Tempo ótimo de reverberação.....	36
Quadro 3- Materiais acústicos mais utilizados atualmente .....	45
Quadro 4- Materiais acústicos sustentáveis experimentais .....	46
Quadro 5- Análise de Mercado: Painéis Acústicos .....	47
Quadro 6- Pesquisa de Mercado: Painéis acústicos sustentáveis .....	48
Tabela 1- Matriz de Posicionamento .....	64
Tabela 2- Coeficientes de absorção acústica- madeira.....	78
Tabela 3- Coeficientes de absorção acústica de materiais similares .....	80
Tabela 4- Coeficientes sonoros da fibra de aveia e cana de açúcar e da fibra de coco...80	

## SUMÁRIO

<b>1 PROBLEMATIZAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Introdução .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>15</b>
1.3.1 Objetivo Geral .....	15
1.3.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>1.4 Metodologia.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>17</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Design e Sustentabilidade .....</b>	<b>19</b>
2.1.1 Ciclo de Vida de um Produto .....	21
2.1.2 Ecodesign e Design Sustentável .....	24
<b>2.2 Acústica.....</b>	<b>27</b>
2.2.1 Acústica e ergonomia no trabalho .....	29
2.2.2 Conceitos básicos .....	32
2.2.3 Reverberação .....	34
2.2.4 Comportamento dos materiais acústicos .....	36
2.2.4.1 Materiais refletores .....	37
2.2.4.2 Materiais absorvedores .....	37
2.2.4.3 Materiais difusores .....	39
2.2.4.4 Materiais isolantes .....	40
<b>3 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 Análise de Mercado .....</b>	<b>43</b>
3.1.1 Materiais acústicos mais utilizados atualmente.....	43
3.1.2. Materiais acústicos sustentáveis experimentais.....	45
3.1.3 Painéis acústicos .....	46
<b>3.2 Materiais Sustentáveis Alternativos.....</b>	<b>48</b>
3.2.1 Bucha vegetal .....	50
3.2.2 Milho .....	52

<b>4 DEFINIÇÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1 Identificação do Conceito do Produto</b> .....	<b>53</b>
4.1.1 Questionário.....	53
4.1.2 Personas .....	55
4.1.3 Painéis Semânticos .....	58
4.1.4 Requisitos do Projeto.....	61
<b>5. GERAÇÃO</b> .....	<b>62</b>
<b>5.1. Esboços</b> .....	<b>62</b>
<b>5.2 Matriz de Posicionamento</b> .....	<b>63</b>
<b>5.3 Seleção da Alternativa</b> .....	<b>64</b>
<b>5.4 Detalhamento</b> .....	<b>64</b>
5.4.1. Croquis.....	65
<b>6. PROTOTIPAÇÃO</b> .....	<b>66</b>
<b>6.1 Procedimentos Metodológicos</b> .....	<b>66</b>
6.1.1 Preparação da bucha vegetal.....	67
6.1.2 Preparação do milho .....	68
6.1.2.1 Sabugo de milho .....	69
6.1.2.2 Palha de milho .....	70
6.1.3 Preparação dos painéis.....	71
6.1.3.1 Painéis com bucha vegetal.....	72
6.1.3.2 Pannel com sabugo de milho .....	73
6.1.3.3 Painéis com palha de milho .....	74
6.1.3.4 Pannel com tecido.....	76
<b>6.2 Análise do Potencial Acústico</b> .....	<b>77</b>
6.2.1 Análise dos Protótipos .....	79
<b>6.3 Limitações da Pesquisa</b> .....	<b>84</b>
<b>6.4 Resultados e Discussões</b> .....	<b>85</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>86</b>
<b>FUTUROS TRABALHOS</b> .....	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO</b> .....	<b>98</b>
<b>APÊNDICE B- VISTAS</b> .....	<b>99</b>

# 1 PROBLEMATIZAÇÃO

## 1.1 Introdução

O presente trabalho refere-se ao desenvolvimento de painéis acústicos feitos com a utilização de materiais não convencionais e sustentáveis. Neste documento estão descritas todas as fases que tornaram possível a confecção dos painéis, desde a realização das pesquisas envolvendo acústica e sustentabilidade, bem como questões que dizem respeito ao design de produtos, entre elas, escolha do conceito, forma e determinação do público-alvo, culminando com a elaboração de 6 modelos.

O painel acústico é um produto que pode ser utilizado em paredes, pisos e objetos com a finalidade de minimizar a reflexão das ondas sonoras, produzindo conforto acústico no local. Há uma grande variedade de painéis e revestimentos acústicos atualmente, mas o diferencial deste projeto é a sustentabilidade, partindo da investigação do mercado existente, atentando para a utilização de materiais que causem menor impacto ao meio ambiente. De acordo Manzini (2008, p. 24) um projeto que é direcionado à sustentabilidade é aquele que tem como base a utilização de recursos renováveis, buscando usar o mínimo possível dos materiais que não são renováveis, evitando acumular lixo e resíduos.

Para o desenvolvimento desse trabalho foi utilizada uma metodologia híbrida com as propostas dos autores Baxter (2005) e Bonsiepe (1984), além de ferramentas do Design Thinking, sendo as principais fases: Problematização, Pesquisas, análises de dados levantados, geração, definição do produto e prototipação.

A principal proposta do projeto é elaborar painéis acústicos com a utilização de materiais sustentáveis para o desenvolvimento de produtos que sejam eficazes no tratamento acústico do local onde forem inseridos e que apresentem uma solução inovadora voltada para a área da sustentabilidade.

## 1.2 Justificativa

Diante de tantos problemas socioambientais enfrentados atualmente como a poluição, desmatamento, degradação do solo, pobreza, desigualdade social, entre outros, faz-se necessário buscar alternativas de produtos que apresentem o diferencial da sustentabilidade.

Um produto sustentável traz inúmeros benefícios ao ser humano, já que é elaborado com a intenção de causar o mínimo possível de danos ao planeta e com a preocupação em fornecer uma melhor qualidade de vida para as pessoas nos dias atuais, sem que isso comprometa o futuro delas.

A elaboração de um painel acústico sustentável se justifica não apenas pela tentativa de resolver problemas acústicos, através da criação de painéis que possam ser usados para o controle do ruído em ambientes, mas também pela preocupação em apresentar alternativas sustentáveis, com a utilização de materiais primas de fácil acesso, baixo custo e que ainda não tiveram seu potencial totalmente explorado na produção de produtos.

Por se tratar de painéis acústicos com materiais considerados sustentáveis, não só trará benefícios às pessoas, através do controle acústico, como também para o meio ambiente, sendo confeccionados tendo como base as Normas da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que, segundo Afonso (2016) prevê que, algo pode ser considerado sustentável quando não traz prejuízos ao meio ambiente, utilizando os recursos renováveis com moderação e os não renováveis com ênfase na reciclagem, sem permitir que esses recursos se esgotem antes de que sejam encontrados outros equivalentes.

A questão da sustentabilidade é, portanto, um ponto que não pode ser deixado de lado pelo designer ao projetar algo, para que o produto ao ser criado traga soluções não apenas estéticas, mas com benefícios socioambientais.

Conforme Leal, “design é ecológico por definição: tem raízes na natureza tanto em sua concepção quanto na utilização de materiais e seus resultados contribuem para ajustes entre grupos humanos e seus ambientes” (LEAL, 2002).

Existe uma grande quantidade de painéis que podem ser usados com o intuito de minimizar os danos causados pelos sons altos, mas nem sempre são acessíveis, esteticamente agradáveis ou baseados nos critérios de sustentabilidade.

Diante desse quadro é imprescindível a elaboração de um produto que ofereça um diferencial acústico e sustentável. A construção de painéis com esse perfil mostra-se algo muito vantajoso.

A criação de painéis acústicos com a utilização de materiais alternativos visa apresentar propostas de soluções para essas duas áreas tão necessárias nos dias atuais: sustentabilidade e acústica. Trata-se de um projeto desafiador, pela complexidade dos temas propostos, mas que ao ser concluído promete trazer grandes benefícios para os usuários e para a área do design a que se habilita.

### **1.3 Objetivos**

#### 1.3.1 Objetivo Geral

- Elaborar painéis acústicos com materiais sustentáveis alternativos

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Buscar possíveis materiais sustentáveis para a elaboração de painéis
- Aperfeiçoar conhecimentos para produção de protótipos com finalidade acústica;
- Estudar o potencial acústico dos materiais

### **1.4 Metodologia**

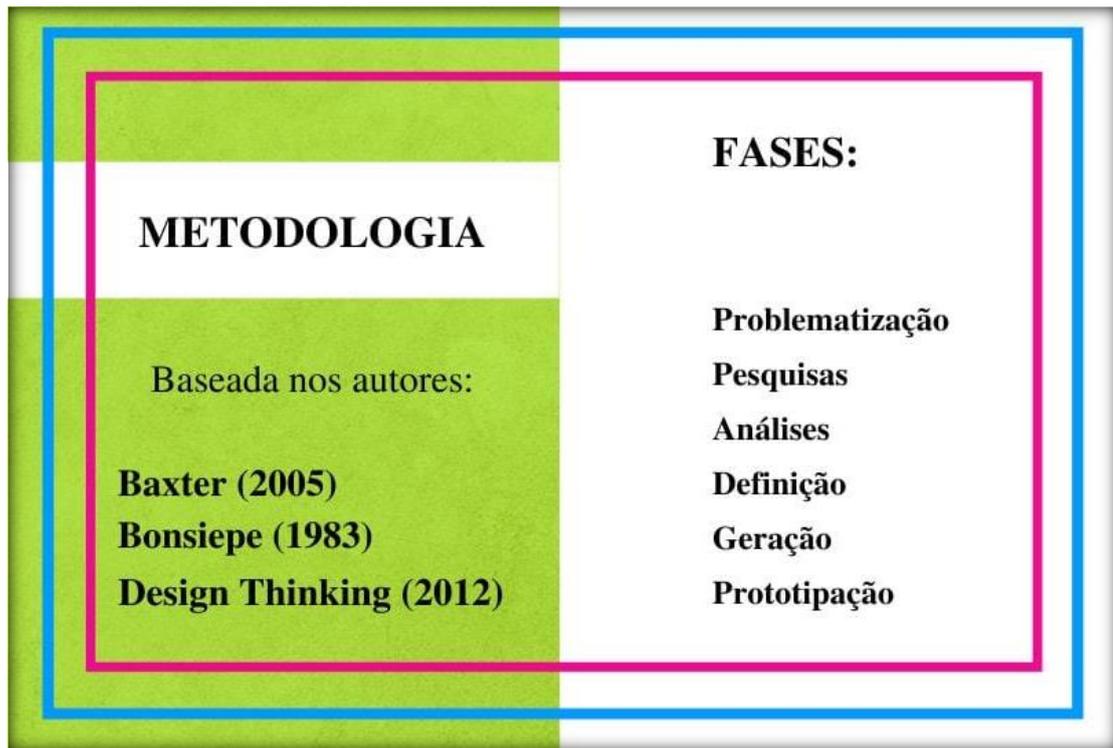
O presente projeto foi realizado a partir de uma metodologia híbrida, tendo como base abordagens dos autores Gui Bonsiepe (1983) e Baxter (2005) e ferramentas do Design Thinking (VIANA, 2012).

O designer Gui Bonsiepe propõe uma metodologia com práticas muito utilizados no ensino do design, apresentando “a estruturação da atividade projetual com três objetivos principais: determinar a sequência das ações (quando operar), determinar o conteúdo das ações (o que operar), e decidir os procedimentos e técnicas específicas (como operar)” (HSUAN-AN, 2018).

Baxter apresenta uma proposta metodológica com 4 fases: identificação das oportunidades, análise de concorrentes e produtos concorrentes, configuração do projeto e especificação do projeto. “No processo de Baxter, o usuário é visto como consumidor, os esforços são direcionados para o desejo e a satisfação dele com o intuito de se obter bons resultados na comercialização do produto” (GOMES, 2018).

Mesclando as metodologias apresentadas por esses autores citados, foram determinadas as seguintes fases: Problematização, Pesquisas, Análises, Definição, Geração e Prototipação (Figura 1).

**Figura 1- Metodologia**



Fonte: a autora, 2018

As duas primeiras fases apresentarão uma pesquisa exploratória e descritiva através de um levantamento bibliográfica e documental para uma maior compreensão dos assuntos a serem abordados durante todo o projeto.

Na fase de análises serão observados todos os dados coletados nas fases anteriores, unindo e interpretando as informações relevantes ao projeto, bem como as pesquisas de mercado.

Durante a fase de definição será feita a síntese do problema, nela as informações obtidas nas etapas anteriores serão estruturadas para a criação de um conceito para o produto.

Após a definição do conceito do produto para a identificação dos requisitos, será realizada a fase de geração, onde serão apontadas as possibilidades para a solução do problema apresentado. Nessa etapa são produzidos os esboços para o projeto, sendo que as ideias apresentadas serão avaliadas e se necessário, refeitas, para a escolha de uma proposta que melhor se encaixe nos requisitos definidos anteriormente. Nessa etapa também serão determinados os materiais a serem utilizados no projeto.

Com a escolha já realizada, será feito o detalhamento do produto com o objetivo de apresentar uma melhor compreensão do produto criado.

Na fase da prototipação serão criados modelos do produto com base nos requisitos do projeto. Logo após encontra-se a conclusão de todo o processo e os futuros trabalhos que deverão advir das pesquisas realizadas.

## **1.5 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho foi dividido em 6 capítulos, sendo o primeiro capítulo a Problematização, onde é apresentado o porquê da escolha do tema e o foco a ser tratado durante o projeto, sendo dividido da seguinte maneira: Introdução, justificativa, objetivos, metodologia e estrutura.

No segundo capítulo encontra-se o referencial teórico, contendo as pesquisas sobre sustentabilidade e acústica, onde são apresentadas as informações de diversos autores sobre design e sustentabilidade, ecodesign, design sustentável e design social, acústica e ergonomia no trabalho, conceitos básicos de acústica e comportamento dos materiais acústicos.

O terceiro capítulo trata do levantamento e análise de dados, onde são apresentadas as análises de mercado sobre materiais acústicos já utilizados atualmente, materiais acústicos experimentais que estão em fase de testes e sobre painéis acústicos prontos para uso que são vendidos nos dias atuais. Nessa etapa são apresentados também os materiais sustentáveis que foram escolhidos para serem analisados e, se aprovados, utilizados no projeto dos painéis acústicos.

O quarto capítulo apresenta a fase da definição. Essa etapa tem como propósito determinar o conceito do produto, tendo como base a identificação do público alvo, revelando suas preferências através de questionário, construção de personas e dos painéis semânticos.

O quinto capítulo traz a fase de geração, onde são apresentadas as ideias de como será o produto, com a elaboração de esboços. Nessa fase também é determinado o design do produto, com o detalhamento do mesmo.

No sexto capítulo há a prototipação. Esta fase trata da elaboração de painéis acústicos em tamanho real, com os materiais sustentáveis analisados anteriormente, bem como a análise do potencial acústico dos materiais utilizados e possíveis mudanças. Nesta etapa são apresentadas os resultados e discussões, conclusões, futuros trabalhos, referências e apêndices.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Na elaboração de um projeto de produtos, há uma infinidade de temas que podem ser desenvolvidos e que apresentam respostas para problemas dos mais variados. Dentre as necessidades atuais, duas áreas precisam ser destacadas como de suma importância: a sustentabilidade e o conforto acústico. Esses assuntos influenciam diretamente a vida das pessoas e a procura por soluções quanto a essas questões é imprescindível para proporcionar uma melhor qualidade de vida ao indivíduo.

Conseguir resultados favoráveis para problemas relacionados a esses quesitos é desafiador. Não se trata apenas de planejar algo que possua características acústicas e de proteção ao meio ambiente, há uma necessidade de se ir mais fundo nessas questões com o objetivo de encontrar respostas inovadoras, concretas e aplicáveis.

Para Manzini (2011), faz parte do código genético do design a preocupação em trazer soluções que possam melhorar a vida das pessoas, afirmando que o papel do design é oferecer respostas novas para problemas antigos ou para os que surgem a cada dia. Seja nas áreas de acústica, sustentabilidade ou quaisquer outras, o design tem a missão de encontrar resultados que possam ser aplicados. Harris afirma que todo o processo de design deve gerar soluções das mais variadas (HARRIS, 2011).

De acordo Abecassis-moedas (2019), “o design é um processo consciente de tomada de decisões através do qual a informação (uma ideia) transforma-se em resultados (produto ou serviço)”. As conclusões obtidas nesse processo, sejam mudanças totais ou aprimoramentos, podem ser decisivas para proporcionar uma melhor qualidade de vida para o usuário.

Segundo o referido autor, o design tem um papel importante no processo de inovação, em vários níveis. É exatamente na procura de soluções que as inovações acontecem. O mundo está em constante mudança e isso faz com que novas necessidades surjam a cada dia. O desafio do design é suprir essas lacunas, encontrando caminhos e elaborando produtos ou serviços que satisfaçam as expectativas que surgem.

Esse pensamento é compartilhado por Best (2012, p. 44) ao afirmar que o designer tem como papel idealizar as melhores formas para se realizar algo, com uma compreensão dos problemas que despontam, sendo capaz de encontrar no processo de design, as melhores soluções possíveis. Não se trata apenas de encontrar caminhos novos para se fazer algo, mas encontrar saídas que sejam eficientes.

Cabe ao designer, como agente de transformação e inovação atentar para as demandas que surgem. Sendo a questão de sustentabilidade foco de preocupação atual, não deve ser menosprezada na elaboração de produtos, mas valorizada e aplicada com o intuito de trazer mudanças necessárias.

## 2.1 Design e Sustentabilidade

Segundo Marques (2014), “sustentabilidade é o conjunto de práticas adotadas que visam a diminuir os impactos gerados pelas atividades humanas que poderiam prejudicar o meio ambiente”. Na opinião do autor, para que algo seja considerado sustentável, não basta uma simples mudança de hábito, decisões devem ser tomadas em diferentes áreas, sempre convergindo para um ponto necessário, que é a conservação da natureza em prol da preservação das futuras gerações.

Levando em consideração a infinidade de produtos que são elaborados e apresentados ao mercado todos os dias, “um produto é considerado sustentável à medida que a agressão que ele provoca ao meio ambiente é pequena ou em escala menor que outros semelhantes (JR, 2014).

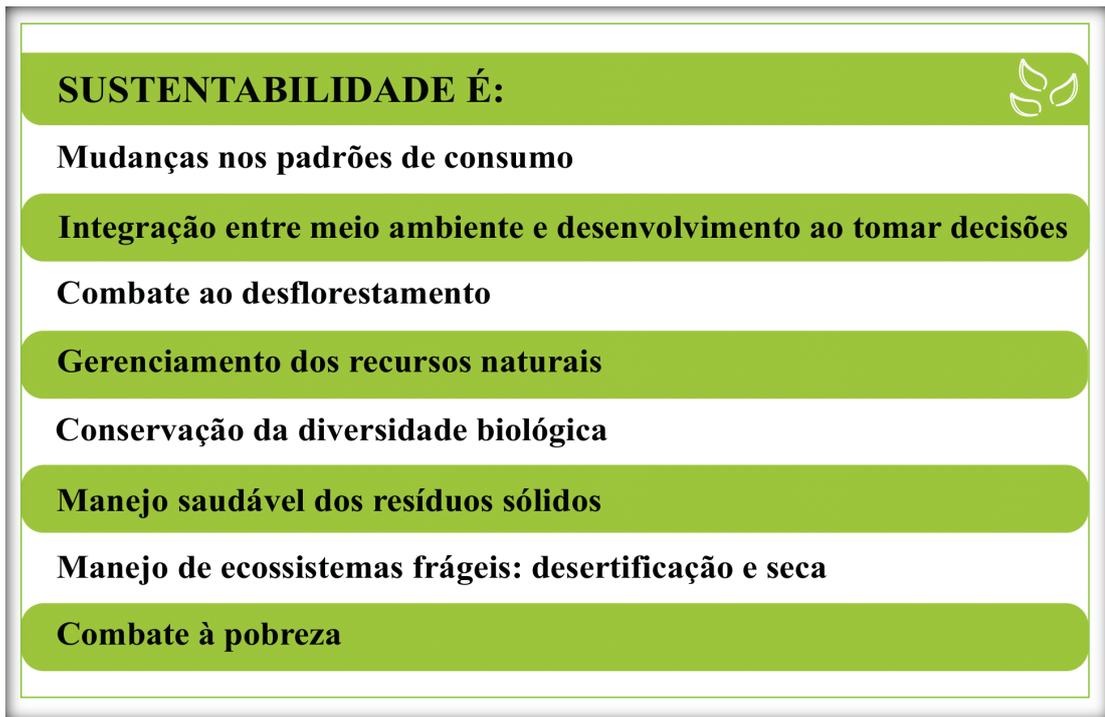
Um projeto com base na sustentabilidade deve partir da premissa de que é possível elaborar algo (produto ou serviço) com a intenção de minimizar os danos causados ao meio ambiente. Para que isso aconteça, o designer deve pensar em maneiras de realizar o projeto buscando economizar água, energia, atentando para que tipos de materiais deve usar, além da preocupação com todo o processo de produção, desde o nascimento do produto até o descarte, inclusive reciclagem e reuso.

Segundo Jr (2014), um produto sustentável reduz significativamente o impacto ambiental e aumenta a eficiência em todos os estágios do ciclo de vida do produto. Na busca de sustentabilidade é necessário reduzir ao máximo o impacto ambiental, com menos matéria prima e energia, o que faz com que haja menos lixo e menos poluição.

A elaboração de um produto que vise a sustentabilidade não é algo simples de se realizar, pois demanda uma compreensão de temas e conceitos inerentes ao assunto que devem ser observados durante todo o processo.

O termo sustentabilidade, na visão de Marques (2014) é abrangente, carecendo de um melhor entendimento para que realmente seja aplicado nos dias atuais. Com base nesse fato, o autor elenca vários pontos que trazem um melhor entendimento do que é sustentabilidade (Figura 2).

Figura 2- Sustentabilidade é:



Fonte: MARQUES (2014)

Para o referido autor, a questão da sustentabilidade é mais ampla do que muitos imaginam, pois para que seja aplicada requer mudanças de paradigmas, de atitudes e todo um processo de reeducação. Um projeto sustentável é aquele que muda os padrões de consumo, atenta para as necessidades de conservação e proteção do meio ambiente e se importa com as futuras gerações ao tentar minimizar os danos causados pela degradação da natureza.

Afonso (2016) afirma que é importante que, no processo do design, seja observado o tema da sustentabilidade, com a utilização dos recursos renováveis dentro dos limites que não impeçam sua regeneração natural e os não renováveis com consciência preocupando-se com reciclagem e uso eficiente para que não se esgotem antes que se encontrem substitutos que sejam adequados.

Idealizar um produto que seja sustentável vai além da tentativa de incluir um objeto em um nicho de mercado promissor, mas diz respeito a uma tomada de decisão com vistas ao futuro. Segundo Johnson (2011) é muito mais que tentar ajustar um projeto tentando corrigir problemas ambientais, mas é conseguir um estilo de vida que atenda às necessidades de hoje, sem prejudicar as próximas gerações. Essa mesma ideia é compartilhada por Gomes (2012) ao afirmar que para que algo seja sustentável deve-se aproveitar os recursos oferecidos pela natureza nos dias atuais, visando conservar a disponibilidade deles no futuro.

Para ambos os autores, a sustentabilidade surge como consequência de uma busca por um mundo melhor. Faz-se, portanto, necessário, na elaboração de um produto, encontrar alternativas que evitem danos futuros à natureza e ao homem, o que implica em procurar formas de fazer algo colocando a questão ambiental como fundamental e não apenas como um detalhe do projeto.

Lipovetsky e Serroy (2014) ressaltam que diante das preocupações ambientais, do design sustentável e do biodesign, não se deve projetar algo apenas visando a estética ou a funcionalidade, mas ter uma percepção das necessidades atuais e buscar soluções mais sustentáveis.

Sem dúvidas, a estética e a funcionalidade são questões bem familiares na elaboração de um produto e por muitas vezes, não há como se elaborar algum produto sem que ambas estejam presentes. Porém, diante dos inúmeros problemas ambientais da atualidade, como degradação do meio ambiente pelo homem, diminuição dos recursos naturais, problemas de descarte, entre outros, é inadmissível projetar algo deixando de lado a questão da sustentabilidade.

Essa visão é compartilhada por Manzini ao afirmar que “já não é mais possível conceber qualquer atividade de design sem confrontá-la com o conjunto das relações que, durante o seu ciclo de vida, o produto vai ter no meio ambiente” (MANZINI, 2008).

Pensar em todo o processo para a produção de um produto é atentar para áreas que são relevantes (questões ambientais) e não apenas para as que são necessárias (forma e função).

### 2.1.1 Ciclo de Vida de um Produto

Muitas vezes para se produzir algo é quase que inevitável prejudicar o meio ambiente, pois desde a escolha do material até o descarte há um grande caminho a ser percorrido. O ciclo de vida de um produto compreende desde a fase que a matéria prima é retirada da natureza até o destino final do mesmo em forma de resíduo, sendo que engloba todo o processo de produção, distribuição, embalagem, uso e descarte. Cabe ao designer encontrar soluções que minimizem os efeitos causados à natureza ou às futuras gerações durante esse percurso.

A figura a seguir mostra o ciclo de vida de um produto, segundo Manzini (2008) e refere-se à história do produto, desde o seu nascimento, com a extração dos recursos necessários para sua fabricação, passando por todas as fases até o descarte (Figura 3).

**Figura 3- Ciclo de Vida de um Produto**



Fonte: A autora, adaptado de Manzini e Vezzoli (2008)

Nota-se que há um caminho longo desde a extração da matéria prima até o descarte do produto e, dependendo das escolhas feitas durante esse processo, um objeto pode ser considerado sustentável ou não. Qualquer produto pode ser fabricado simplesmente pensando no seu funcionamento ou estética, sem nenhuma preocupação ambiental, mas a partir do momento que há intenção de que o mesmo seja sustentável, decisões devem ser tomadas no sentido de minimizar os efeitos nocivos causados ao meio ambiente e isso diz respeito a escolher materiais e processos de produção menos poluentes, que gastem menos recursos, evitando desperdício de matéria prima e energia, que sejam mais duráveis, etc.

Para elaborar algo com critérios de sustentabilidade faz-se necessário buscar alternativas, o que implica, muitas vezes, na utilização de novos processos de produção e materiais que não são convencionais. Essa tomada de decisões é o que proporciona inovação e colabora para o consumo consciente.

A inovação em um projeto de produtos deve visar uma melhoria de vida das pessoas e para que isso ocorra, o papel do designer é fundamental. “O designer deve, em especial, mover seu centro de atenção do objeto para os resultados e imaginar soluções baseadas em formas alternativas de alcançar esses resultados” (TORRES, 2020).

Esta ideia é fortalecida por Krucken (2009), ao afirmar que, em busca de soluções sustentáveis, o design surge como um facilitador ou agente ativador de inovações, tendo como responsabilidade criar critérios de bem-estar baseados na qualidade e não apenas na quantidade, tendo como meta incorporar qualidade e conteúdo sócio ambiental a produtos e serviços em busca de soluções que sejam sustentáveis.

Segundo Bolf (2017) hoje em dia o tema de sustentabilidade tem chamado a atenção do mercado criando às vezes uma ideia falsa de ecologia, onde produtos são vendidos como sustentáveis quando na realidade não o são. O autor refere-se ao fato de que muitos tem usado o tema sustentabilidade com o propósito de adquirir vantagens econômicas, sem entender o real motivo do mesmo, que deveria ser a preocupação com soluções reais para os problemas ecológicos que afetam a humanidade.

Para Moreira (2015) “o termo sustentabilidade tem sido nos últimos tempos tão usado e discutido, e com frequência, tão mal definido e entendido que acaba sendo injusto com a sua real e intensa importância”. Ambos os autores concordam que é necessário um conhecimento do assunto e um interesse verdadeiro nas questões ambientais para que produtos realmente sustentáveis sejam colocados no mercado.

O que se percebe atualmente é que o tema sustentabilidade tem sido cada vez mais abordado no projeto de produtos, seja porque muitos têm se dado conta de que nem todos os recursos ambientais são perenes e há uma preocupação com o uso de materiais que não prejudiquem o meio ambiente ou pelo fato de que o mercado tem valorizado esses tipos de produtos pelos lucros que advém deles.

De acordo a Pesquisa - Panorama do Consumo Consciente no Brasil: Desafios, barreiras e motivações (AKATU, 2018), três pontos são fundamentais para que o consumidor brasileiro encontre dificuldades para adotar práticas sustentáveis: o alto preço dos produtos, falta de informação e indisponibilidade dos produtos, sendo que a percepção de preço alto foi apresentada como a maior barreira.

Segundo a referida pesquisa, os preços dos materiais dito sustentáveis são altos, o que cria duas vertentes: por um lado a dificuldade do acesso a esses produtos pelas classes mais baixas da população e por outro, a valorização dos mesmos pelo mercado, já que produtos considerados sustentáveis são mais lucrativos.

Ambos concordam que muitos têm se aproveitado da tendência atual de sustentabilidade, sem realmente entender os seus propósitos. Elaborar algo sustentável é investir em pesquisas que apontem processos e materiais que realmente consigam minimizar os problemas ambientais da atualidade. Não se pode apenas maquiar a situação criando uma suposta sustentabilidade, quando na realidade a preocupação com o problema, por parte de muitos, é inexistente.

### 2.1.2 Ecodesign e Design Sustentável

O ecodesign se baseia “na filosofia de que ‘prevenir é melhor que remediar’. Assim sendo o grande desafio do ecodesign é fazer valer a funcionalidade do produto enquanto simultaneamente minimiza os impactos ambientais do ciclo de vida do produto” (FILHO, 2011)

O ecodesign consiste no projeto feito para o meio ambiente, onde é considerado não apenas custos e receitas, mas a preocupação com os impactos ambientais que podem ser causados na elaboração do mesmo. “Pelo ecodesign, ao projetar um produto, deve ser levado em conta: as matérias-primas utilizadas, os danos ambientais causados pelo seu uso e o modo como esse produto será descartado” (MARIANO, 2019).

O ecodesign não significa artesanato ou produtos feitos a partir de sucata, mas trata-se de uma concepção de design que leva em consideração não apenas aspectos como estética, ergonomia e de segurança, mas “principalmente o fator ambiental ao longo do ciclo de vida do produto, de forma a reduzir o impacto ao meio ambiente” (PAZMINO, 2007).

Segundo a referida autora, os termos “*Ecodesign, Design for Environment, Green Design ou Ecological Design*” surgiram do encontro entre o projetar e a preocupação com o meio ambiente e dizem respeito a um modelo de design que é orientado a partir de questões de ecologia.

Segundo dados do Ministério do Meio ambiente (2019), algumas atitudes devem ser tomadas ao projetar algo com vistas a sustentabilidade. O Ecodesign apresenta essas soluções (Figura 4).

Figura 4- Soluções Ecodesign



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2019)

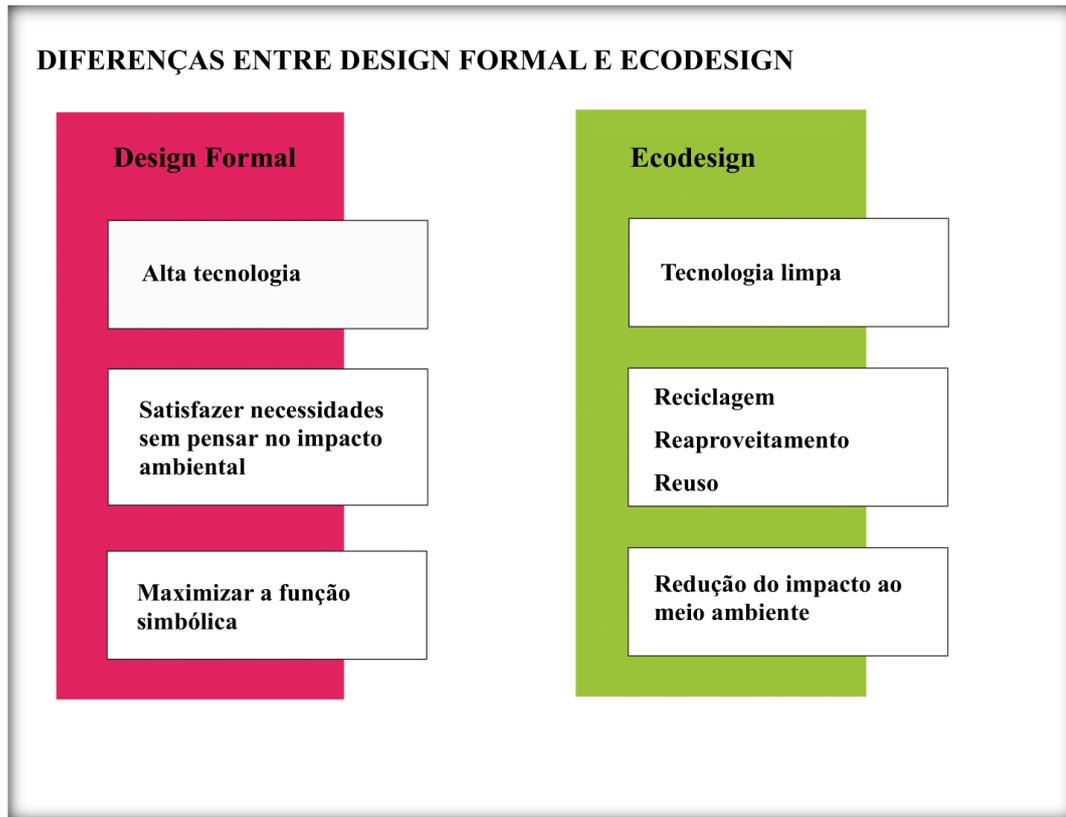
Um produto para fazer parte desse nicho deve ser ecologicamente correto, ou seja, ser capaz de minimizar o impacto causado ao meio ambiente, ser competitivo no mercado e ter uma qualidade ambiental mensurável (PAZMINO, 2007).

De acordo Pazmino (2007) existem algumas diferenças significativas entre o design convencional e o Ecodesign, entre elas a tecnologia limpa que diz respeito a obtenção de novas formas de produzir algo tendo em vista a redução do impacto ambiental, seja no uso das matérias-primas, consumo de energia, etc.

Outro ponto apresentado diz respeito a reciclagem, reaproveitamento e reuso. De acordo Naveiro (2005) “o projeto orientado para a reciclagem (*Design for Recycling* - DFR) significa pensar desde a concepção inicial como o produto será reciclado ao fim de sua vida”. Isso implica no uso de materiais e processos de produção que possibilitem desmontar o produto com a possibilidade de recuperar materiais e energia nele contidos, ou seja, projetar tendo como base os princípios básicos da ecoeficiência.

Para uma melhor compreensão do que significa design formal (design convencional) e ecodesign, o referido autor elenca várias diferenças entre ambos (Figura 5).

**Figura 5- Diferenças entre Design Formal e Ecodesign**



Fonte: A autora adaptado de Pazmino, 2007.

Para Arrivabene (2009), o design sustentável (*Design for Sustainability -Dfs*) é mais abrangente, pois vai além de se utilizar material reciclado ou fazer algo que possa ser reaproveitado, mas “criar toda uma cultura de preservação da natureza”. O design sustentável diz respeito não apenas a preocupação com um produto, mas a elaboração de todo um cenário que leve as pessoas a uma consciência ecológica.

Segundo Walker (2013), essencialmente, o termo design para a sustentabilidade é insuficiente diante de uma variedade de preocupações, abordagens, conceitos e discussões que surgiram na segunda metade do século XX a respeito do assunto, e que avançam atualmente, afirmando que, com o tempo, o termo tem se tornado mais robusto filosoficamente, tornando-se uma área significativa de debate juntamente com uma variedade de tópicos associados, como design verde, eco tecnologia, design ecológico, eco inovação, design de ciclo de vida, design para vida, entre outros.

O design sustentável traz uma mudança de paradigma, onde as soluções surgem com a utilização de recursos naturais. “O design sustentável melhora a qualidade de vida e elimina a necessidade de energia não renovável” (WILLIAMS, 2007).

### 2.1.3 Sustentabilidade Social

Segundo Costa (2018), a sustentabilidade social busca remover as principais fontes de desigualdade social, prima pela igualdade de acesso a bens e serviços de qualidade, bem como busca oferecer uma melhor qualidade de vida e acessibilidade física e cultural, sendo que nas organizações procura valorizar o indivíduo, com melhores condições de trabalho e distribuição de renda justa. Para a autora “nos últimos anos, a sustentabilidade social ganhou reconhecimento crescente como componente fundamental do desenvolvimento sustentável”.

Para Jorge (2015) a sustentabilidade social relaciona-se a um conjunto de ações que tem como objetivo melhorar a qualidade de vida da população, através da diminuição das desigualdades sociais, garantia a serviços e acesso pleno à cidadania.

Essa visão é compartilhada por Yamamoto, Messina e Xavier (2018) ao afirmarem que a Sustentabilidade Social “descreve o conjunto de medidas estabelecidas para promover o equilíbrio e o bem-estar da sociedade, através de várias iniciativas que têm como objetivo ajudar membros da sociedade que enfrentam condições desfavoráveis”. Para os autores a Sustentabilidade social envolve todo um processo de mudanças que visem trazer igualdade e boas condições de vida para as pessoas.

A utilização da sustentabilidade social na elaboração de um produto acontece a partir do momento em que são pensadas formas de favorecer a população através do objeto criado, seja ao incluir comunidades carentes nas fases de fabricação, distribuição e descarte do mesmo, possibilitando a geração de renda para essas comunidades, seja com a utilização de materiais e métodos que tornem o produto economicamente mais acessível a todos.

Independente de qual for a área que se pretende atender, ambiental, social ou quaisquer outras, a questão da sustentabilidade tem se potencializado, tornando-se um ponto forte na elaboração de produtos. Um objeto sustentável visa trazer soluções para o meio ambiente e para as pessoas, buscando atender às necessidades de hoje, sem comprometer o amanhã.

## 2.2 Acústica

Assim como os desequilíbrios ambientais interferem na qualidade de vida das pessoas, os problemas acústicos também trazem prejuízos para o ser humano. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o ruído é tido como um problema de saúde pública, sendo uma das causas de poluição que mais afeta o planeta, perdendo apenas para a poluição do ar (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

Por conta do excesso de ruído, um grande número de pessoas tem apresentado perdas auditivas, irritabilidade, agressividade, insônia, pressão alta, problemas cardiovasculares e stress. Estudo feito em 2019 em conjunto pelo Instituto Locomotiva e a Semana da Acessibilidade Surda identificou 10,7 milhões de pessoas com deficiência auditiva no Brasil, com predominância para pessoas com idade superior a 60 anos (57%). Conforme esses dados, apenas 9% nasceram com essa condição e 91% a adquiriram ao longo da vida (BRASIL, 2021)

Um ambiente ruidoso pode prejudicar a atenção, criar distrações ou até mesmo afetar a saúde daqueles que estiverem inseridos ou próximos a ele.

De acordo com o jornal do Senado (Westin, 2018) os efeitos nocivos do ruído variam de indivíduo para indivíduo, podendo ser sentidos momentaneamente, provocando dor de cabeça ou causar prejuízos maiores, como perda da audição. Alguns transtornos podem ser observados diante do ruído: stress, distúrbios do sono, irritabilidade, alteração do humor, pressão alta, fadiga, alergia, aumento da pressão arterial, etc.

Quando uma pessoa é exposta a níveis elevados de pressão sonora, mais de 90 dB, fica suscetível a sofrer vários efeitos negativos que podem ser fisiológicos, como o aumento da pressão arterial e a perda da audição (sendo esse tipo de deficiência auditiva identificado como PAIR, Perda da Audição Induzida por Ruído); psicológicos, como o stress, queda do desempenho, perturbação do sono, interferência na comunicação, dificuldade de concentração e efeito mecânico, causando danos e falhas estruturais (BISTAFA, 2011).

Andrade (1998) reforça as informações apresentadas afirmando que o ruído em níveis altos pode causar manifestações neuro psíquicas como ansiedade, inquietude, desconfiança, insegurança, agitação, irritabilidade, depressão, bem como alterações do ritmo sono-vigília.

O quadro a seguir mostra os níveis de pressão sonora referentes a sons do cotidiano e correspondentes sensações subjetivas de intensidade associadas, ou seja, as sensações que a pessoa experimenta em determinadas experiências sonoras (Quadro 1).

**Quadro 1- Níveis de pressão sonora**

NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA PARA SONS DO COTIDIANO E CORRESPONDENTES SENSações SUBJETIVAS DE INTENSIDADE ASSOCIADAS			
Sensação subjetiva de intensidade	Descrição		Nível de pressão sonora (dB)
Estrondoso		Perigo de ruptura do tímpano Ex. Avião a jato a 1 m	140
		Limiar da dor Avião a jato a 5 m Tambor de graves a 1 m	130
Muito barulhento		Limiar do desconforto auditivo Metrô	110
		Indústria barulhenta	100
Barulhento		Banda ou orquestra sinfônica Rua barulhenta Ambientes com níveis de pressão sonora superiores a 85 dB são considerados insalubres	90
		Escritório barulhento Aspirador de pó	80
Moderado		Rua de barulho médio Pessoa falando a 1 m	70
		Escritório de barulho médio	60
Silencioso		Teatro vazio Quarto de dormir	30
		Movimento de folhagem Estúdio de rádio e tv	20

Fonte: Bistafa (2011), imagens: Freepik

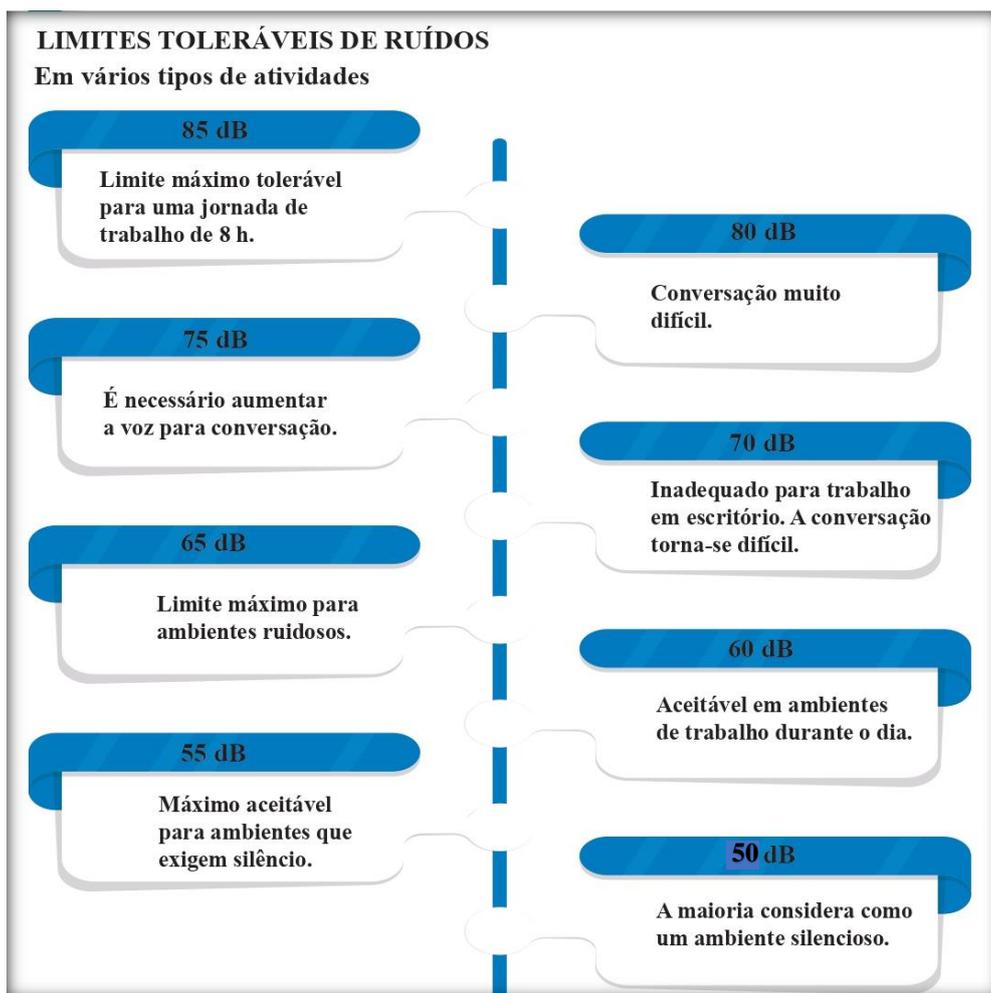
Realizar um projeto acústico é atentar para essas questões no sentido de buscar soluções que minimizem o barulho e as reflexões sonoras em um local, tornando-o mais confortável e menos prejudicial à saúde.

Um local com um bom tratamento acústico é aquele que permite boas condições de audibilidade, o que pode ser alcançado através dos revestimentos que são acrescentados no ambiente (piso, teto, parede, móveis). A depender dos materiais usados, é possível atenuar ou bloquear os ruídos externos que são prejudiciais à comunicação no local e/ou tratar os internos para que haja um conforto acústico no recinto.

### 2.2.1 Acústica e Ergonomia no trabalho

Para Buarque (2016), em um ambiente de trabalho o ideal é conservar o nível de ruído ambiental abaixo de 70 dB, sendo o ruído contínuo de 85 dB considerado o máximo para uma exposição de 8h durante uma jornada de trabalho, conforme a norma brasileira NR-15 (BRASIL, 2017). Estes valores não retratam a qualidade acústica em um recinto, pois tais cálculos são feitos controlando o tempo de reverberação ideal para cada ambiente, mas apresentam os valores indicados pelas normas trabalhistas para que o trabalhador não tenha perdas auditivas por conta do ruído no local de trabalho (Figura 6).

**Figura 6- Limites toleráveis de ruídos**



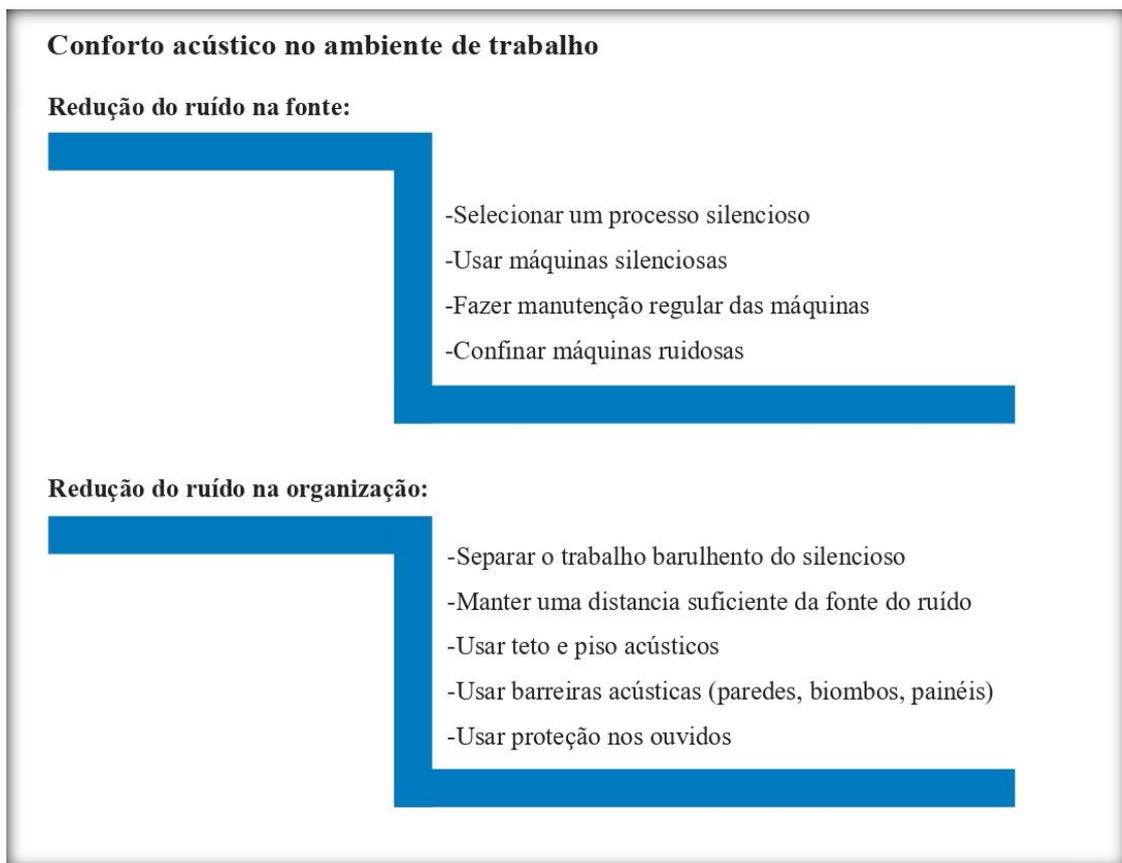
Fonte: Buarque (2016).

Com relação à ergonomia, Correa (2015), elenca uma série de atitudes que podem ser tomadas com o objetivo de minimizar o problema do ruído em um ambiente, entre elas: fazer um planejamento prévio, evitando usar máquinas e equipamentos que causem ruídos exagerados; diminuir o ruído na fonte, eliminando os sons que não são necessários no ambiente; interferir na propagação do som, através de um tratamento acústico no local, seja no período de

construção do ambiente, atentando para os materiais que são utilizados, seja no tratamento posterior com uso de isolantes acústicos e utilização de proteção individual nos ouvidos, em casos de pessoas que precisam conviver diariamente com o ruído, como trabalhadores de fábricas, etc.

Conforme Weerdmeester (2012), os ruídos no ambiente de trabalho “geralmente são provocados por outras pessoas, máquinas ou equipamentos.” Esses sons indesejáveis tendem a prejudicar o rendimento no trabalho ou mesmo a saúde do trabalhador. Várias medidas podem ser tomadas para tornar o local de trabalho acusticamente confortável (Figura 7).

**Figura 7- Medidas para trazer conforto acústico no ambiente de trabalho**



Fonte: Weerdmeester (2012)

O ruído pode ser identificado como contínuo, intermitente ou de impacto. Essa classificação ajuda a avaliar a exposição do trabalhador no seu ambiente de trabalho. “Ruído de impacto é aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo” (EDITORA SARAIVA LTDA, 2018).

Ruído contínuo é aquele que “teoricamente existe constância na sua intensidade (ruído de um motor, por exemplo)” (Moraes, 2011). Ruído intermitente é aquele que apresenta variações de intensidade acima de 3 dBA. Seja qual for o tipo do ruído, pode trazer incômodos e prejudicar o desempenho do trabalhador, principalmente se o trabalho exigir algum nível de concentração ou necessitar de uma comunicação clara entre os trabalhadores.

### 2.2.2 Conceitos básicos

Alguns conceitos devem ser entendidos para a realização de um projeto acústico satisfatório (Figura 8).

**Figura 8- Definições de acústica, som e ruído**

	DEFINIÇÕES	Autores
<b>ACÚSTICA</b>	“É a disciplina que estuda a origem, propagação, propriedades e aplicações do som”.	Lacoba (2014)
	“A acústica, como parte da física, pode ser definida como o estudo das vibrações e ondas mecânicas nos meios naturais”.	Nepomuceno (1922)
<b>SOM</b>	“É qualquer vibração do ar (variação de pressão) que possa ser detectada pelo ouvido humano”.	Murgel (2007)
	“É o resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações se verificam em determinados limites de frequência”.	Costa (2003)
<b>RUÍDO</b>	“É um som indesejável, em geral, uma conotação negativa, podendo proporcionar mal-estar, perda de audição, stress...entre outros incômodos”.	Bistafa (2011)
	“É tido como um som indesejável, porém esse conceito depende da percepção de cada pessoa...”	Lida (2005)

Fonte: Lacoba (2014), Nepomuceno (1922), Murgel (2007), Costa (2003), Bistafa (2011) e Lida (2005)

De acordo Souza (2012) “a acústica só se torna um dado de projeto a partir do momento que se entende o que é o fenômeno chamado som e como ele se propaga, pois este é um conhecimento elementar para promover a qualidade acústica do ambiente”. Com a compreensão desses assuntos, é possível identificar quais as medidas que devem ser tomadas para tornar o local mais agradável acusticamente.

O entendimento do que é acústica, som e ruído é extremamente necessário para a realização de qualquer projeto visando tratar um ambiente dos incômodos causados pelos sons indesejáveis, mas esses são apenas alguns conceitos básicos que devem ser estudados, sendo necessário um estudo mais amplo, englobando questões como geração do som, transmissão sonora, a influência dos materiais e móveis, entre outros.

O som é uma onda do tipo mecânica, já que necessita de um meio para que ocorra sua propagação, sendo produzido por meio da vibração de corpos materiais, não havendo onda sonora no vácuo. Segundo Jaramillo (2000), o som consiste em uma pequena alteração da pressão atmosférica produzida por partículas, através das quais se transmite longitudinalmente a onda sonora, sendo que esse fenômeno pode produzir uma sensação auditiva. “Qualquer fenômeno capaz de causar ondas de pressão no ar é considerado uma fonte sonora” (FERNANDES, 2002).

A onda se desloca conforme as características do meio: pressão, umidade e temperatura. Conforme Perez (2016) uma onda sonora possui 4 características físicas: altura, timbre, duração e intensidade. A altura está relacionada com a frequência, que permite distinguir os sons agudos (alta frequência) dos sons graves (baixa frequência); o timbre refere-se a qualidade que permite a distinção entre sons da mesma frequência produzidos por diferentes fontes sonoras; a duração, conforme (Santos, 2019) é “o tempo pelo qual o som continua a gerar perturbações no meio, geralmente ar, e pode assim ser ouvido” e a intensidade diz respeito a energia sonora, que é medida em decibéis (SIQUEIRA, 2008).

De acordo Rodrigues e Gonçalves (2016), ondas sonoras com frequência inferior a 20 hertz ou superior a 20.000 hertz “ao atingirem o ouvido de uma pessoa, não provocam nenhuma sensação auditiva”, sendo que esses limites variam de pessoa para pessoa. O som pode ser compreendido como “uma onda longitudinal que se propaga em um meio material (sólido, líquido ou gasoso), cuja frequência está compreendida, aproximadamente, entre 20 hertz e 20.000 hertz” (RODRIGUES E GONÇALVES, 2016).

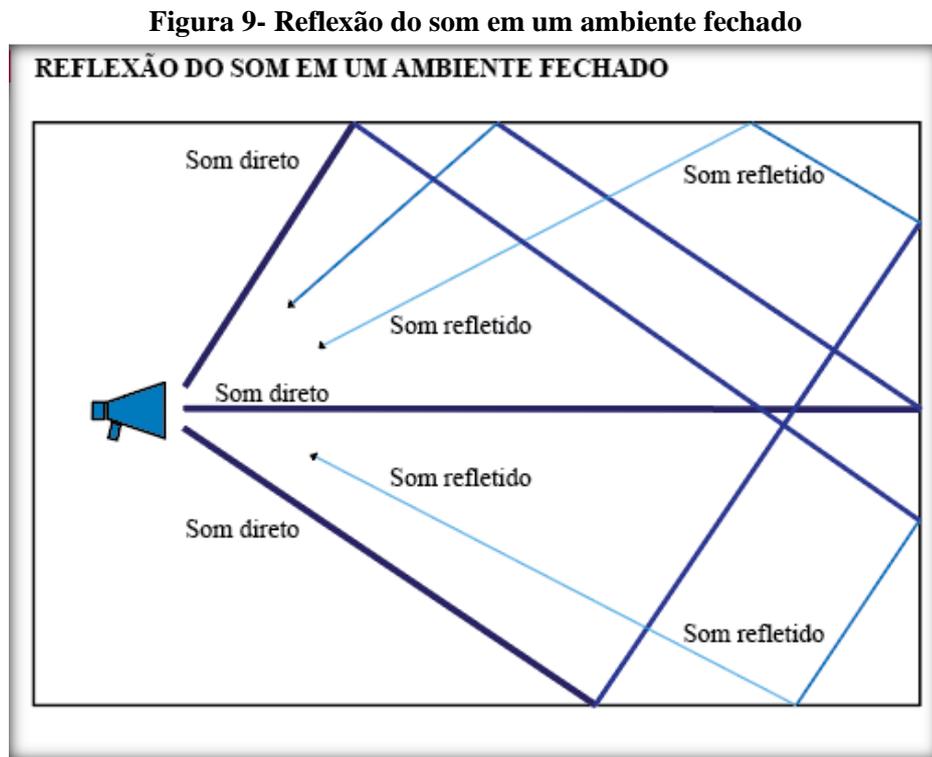
A transmissão sonora ocorre quando o movimento forçado das partículas forma ondas, fazendo com que o som seja deslocado através do ar. Esse “movimento de onda permite que o ruído seja difratado, se propague e se curve como qualquer outro movimento ondulatório” (BUXTON, 2017).

De acordo Braga (2014) a velocidade do som varia com relação ao meio por onde se propaga. No ar a velocidade é de 340 metros por segundo, na água cerca de 1200 metros por segundo e num sólido em média 5000 metros por segundo, podendo variar com relação a temperatura e a pressão.

### 2.2.3 Reverberação

Conforme Bistafa (2011) “em um campo livre, como o próprio nome indica, a propagação da onda se dá de forma livre, sem interferência de outras ondas,” mas este comportamento do som é modificado em ambientes fechados, pois o som proveniente de uma fonte, seja interna ou externa, ao se propagar em um ambiente fechado, reflete nas superfícies do mesmo (parede, teto e piso) de uma forma desordenada, sofrendo interferência, o que pode provocar uma sensação de desconforto acústico.

Segundo Nottoli (2007), o som emitido no interior de um ambiente tende a se propagar em todas as direções, fazendo com que sofra múltiplas e sucessivas reflexões ao se deparar com as superfícies limitantes (Figura 9).



Fonte: A autora, adaptado de Nottoli (2007)

Os ruídos causados pelas múltiplas reflexões reverberam no recinto, ou seja, são espelhados retornando com menos intensidade. A reverberação em um ambiente é calculada em função do tempo que o som leva para diminuir 60 decibéis nele, sendo que o som “bate nas paredes e volta, mas nesse processo perde intensidade” (DREHMER, 2012).

Uma das fórmulas utilizadas para determinar esse tempo é conhecida como fórmula de Sabine (Figura 10).

Figura 10- Fórmula de Sabine

**Fórmula de Sabine**

$$TR = \frac{0.16 \times V}{S \times \alpha}$$

**TR-** Tempo de Reverberação  
**V-** Volume do ambiente em m<sup>3</sup>  
**S-** Área da superfície (m<sup>2</sup>)  
**α-** Coeficiente de absorção dos materiais

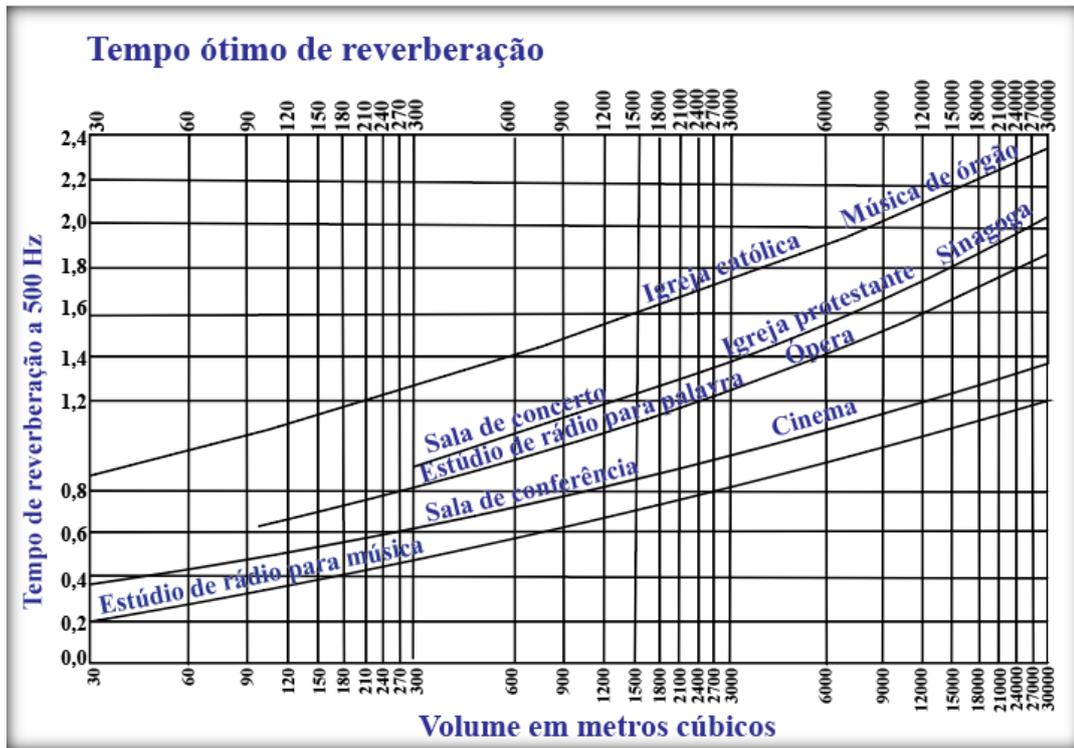
Fonte: Repositório UFBP (2007)

De acordo a figura acima, T refere-se ao tempo de reverberação, V refere-se ao volume da sala e  $\alpha$  é o coeficiente de absorção das suas respectivas áreas (somatório das áreas e os seus coeficientes de absorção).

Os cálculos são utilizados para detectar qual o nível de reverberação em um ambiente, o que possibilita a identificação dos problemas acústicos e abre caminho para a busca de soluções no sentido de tornar o local acusticamente agradável, ou seja, dentro dos padrões de inteligibilidade da fala. Para cada ambiente existe um TR (Tempo de Reverberação) ótimo, cujo valor “depende da atividade realizada em um determinado recinto e do volume do mesmo” (COELHO, 2014).

O quadro a seguir mostra o TR que deve ser atingido a 500 Hz para recintos destinados a diversos usos, segundo a norma NBR 12179 de 1992 para que haja um tratamento acústico adequado do ambiente (ABNT, 1992) (Quadro 2).

Quadro 2- Tempo ótimo de reverberação



Fonte: NBR 12179 de 1992

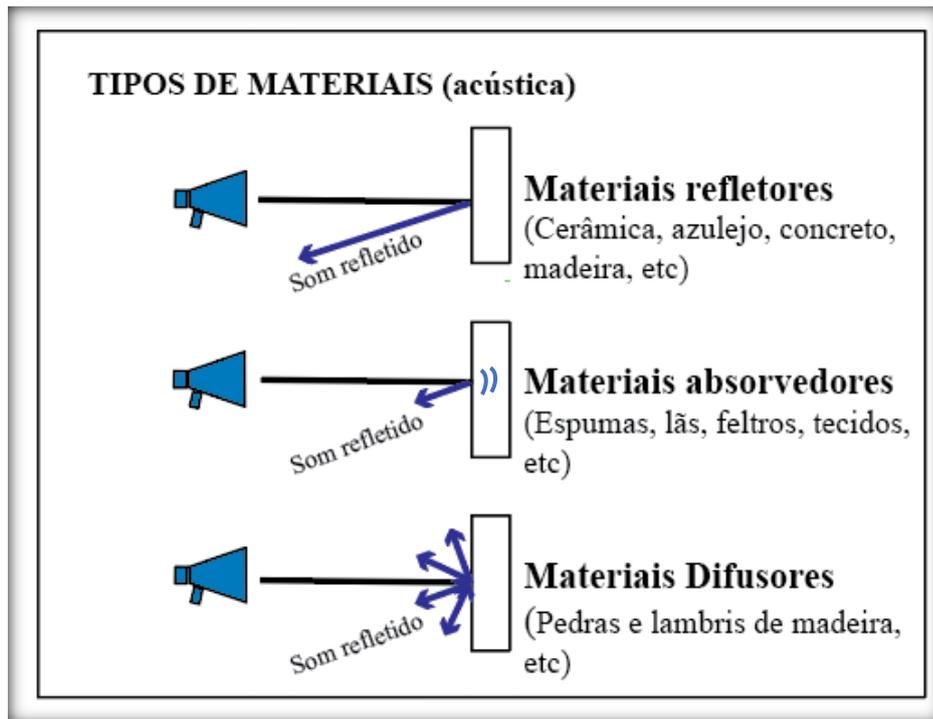
Os tempos de reverberação são dados em função do volume do recinto para a frequência de 500 Hz (Bistafa, 2018).

#### 2.2.4 Comportamento dos materiais acústicos

Segundo Karlen (2010) na elaboração de um projeto acústico é preciso identificar as necessidades acústicas do ambiente, podendo ser para fins de privacidade, isolamento e/ou absorção de ruídos. Para cada um dos motivos citados, mudam-se os processos e o uso de materiais.

Quando uma onda sonora se propaga, ela pode colidir com alguma superfície, sendo que nesse momento a sua energia pode ser refletida, dissipada ou transmitida para outro meio. Essa distribuição de energia relaciona-se com os tipos de material da superfície que podem ser difusores, refletores, isolantes e de absorção. A função do painel acústico relaciona-se com o material com o qual é fabricado (MANFRINI, 2018) (Figura 11).

**Figura 11: Tipos de materiais (acústica)**



Fonte: A autora, adaptado de Manfrini (2018)

#### 2.2.4.1 Materiais refletores

São materiais que possuem superfícies lisas e rígidas que refletem grande parte da energia incidente, causando o aumento da reverberação interna do ambiente, tornando o ambiente mais vivo, ou seja, com o som ampliado. Esses materiais podem ser isolantes. São exemplos de materiais refletores as cerâmicas, concreto, massa corrida, azulejos, pedra lisa e madeira (LAMOUNIER, 2008).

#### 2.2.4.2 Materiais absorvedores

Os materiais absorvedores são aqueles utilizados para minimizar a reflexão sonora dentro de um ambiente. Eles têm a capacidade de diminuir o nível de reverberação, possibilitando uma melhor inteligibilidade dentro do local onde são colocados. Para que esse propósito seja satisfatório, há a utilização de fibras ou espumas de poros abertos.

De acordo Fazio (2018), absorvedores são materiais que, ao ser utilizados em um recinto, têm a capacidade de “transformar a energia acústica em uma outra forma de energia, geralmente calor” e de tornar o ambiente menos reverberante. Os absorvedores diminuem a parcela refletida, causando redução de ruídos no espaço e controlando os ecos. Essa absorção

geralmente é realizada com materiais que possuem estrutura fibrosa ou porosa, nos quais o som perde energia por atrito batendo nos espaços vazios do material (LOPES, 2010).

Há três tipos de absorvedores: porosos, diafragmáticos ou de membrana e os de volume ou ressonadores. Os porosos são aqueles compostos de fibras vegetais e minerais, tecidos, espumas, carpetes, etc.; os de membrana são aqueles cujo “mecanismo de absorção envolve uma massa vibrando sobre uma mola e amortecedor equivalentes” (BRANDÃO, 2016).

Os absorvedores de membrana são painéis “flexíveis não perfurados de madeira ou de fibras de madeira prensada, plástico ou compensado” (FAZZIO, 2018) (Figura 12).

**Figura 12: Painéis absorvedores acústicos**

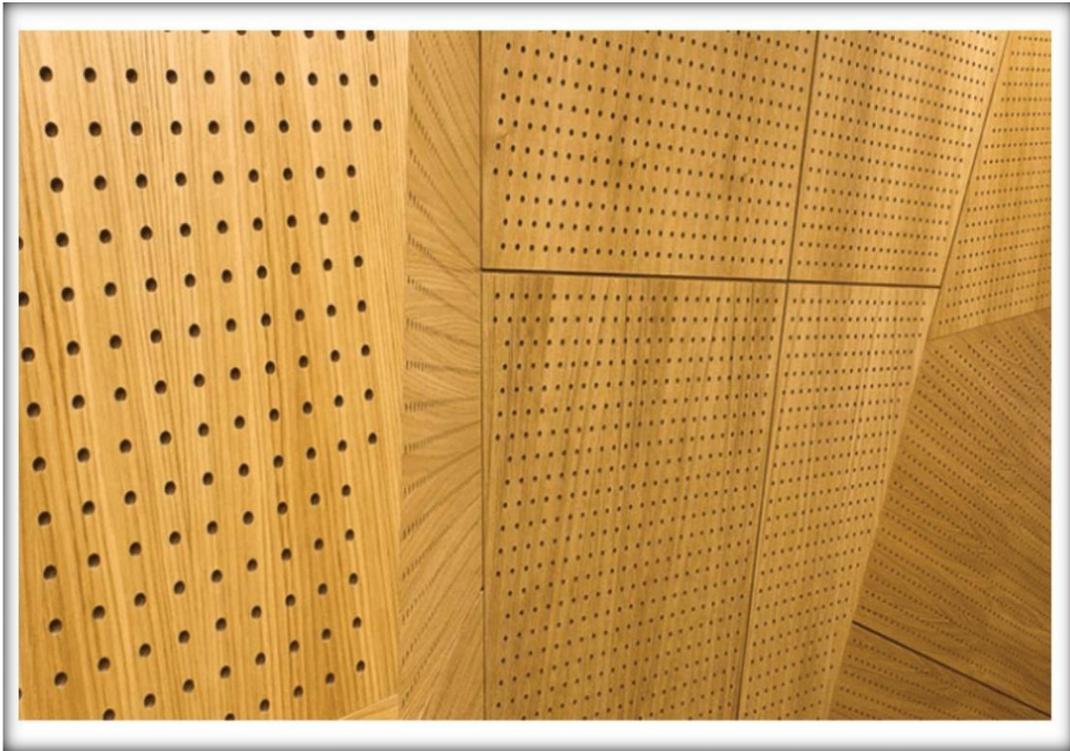


Fonte: Soluções Industriais, 2020

Os ressonadores de Helmholtz vem do nome de um dispositivo criado na década de 1850, por Hermann Von Helmholtz e “são largamente utilizados para a absorção sonora de baixas frequências” (LOPES, 2010).

O ressonador de Helmholtz em geral “é constituído de uma cavidade, ou volume de ar, conectado a um sistema acústico o qual se deseja a absorção de determinada faixa estreita de frequências” (SERRANO, 2018). O ressonador é um sistema de controle de ruído utilizado em dutos, sistemas de ventilação, mufflers, aeronaves, escritórios e auditórios (Figura 13).

**Figura 13- Ressonadores de Helmholtz**



Fonte: BBVA Auditorium – Woodfit Acoustic (2016)

#### 2.2.4.3 Materiais difusores

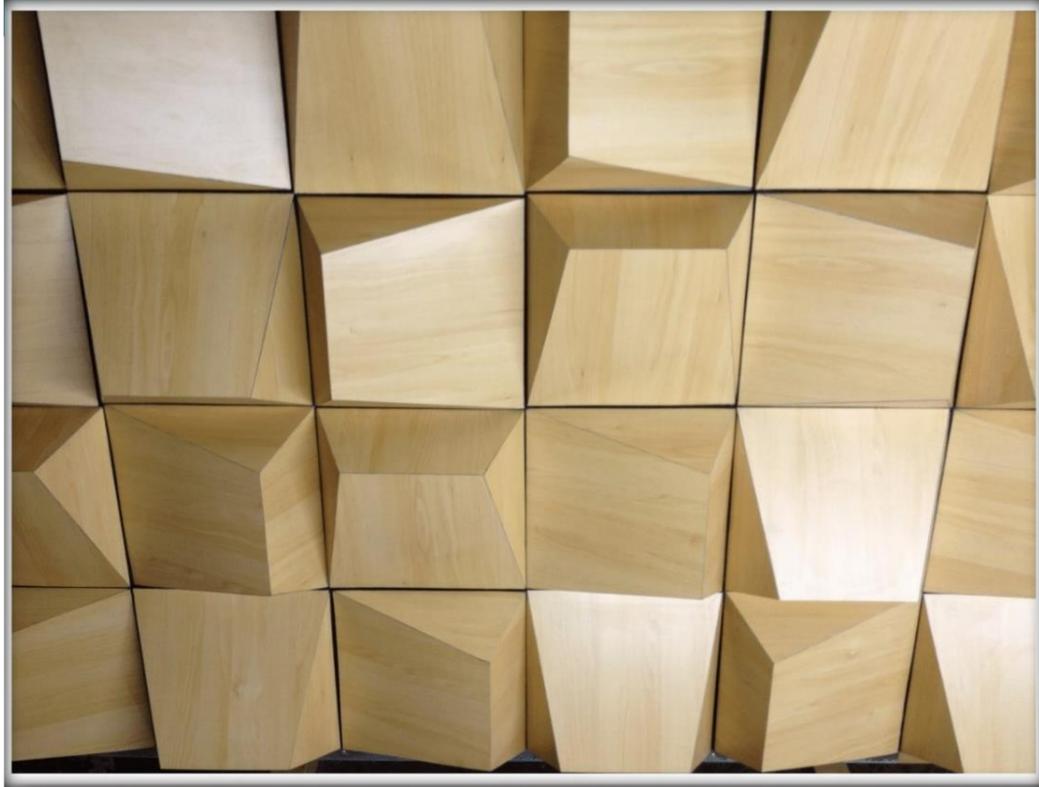
A difusão acontece quando o som encontra uma superfície e é redirecionado causando um melhor espalhamento sonoro no ambiente. Quando as ondas sonoras incidem sobre um material refletor rugoso e são refletidas em várias direções, isto causa uma distribuição melhor do som, o que implica em uma melhor qualidade e uniformidade sonora, evitando o eco. Este fenômeno não altera o tempo de reverberação do ambiente, mas tem função fundamental na qualidade sonora. O fenômeno contribui para distribuir o som igualmente no espaço, equilibrando e tornando homogêneo o campo sonoro. A difusão diminui problemas de posicionamento e interferência de ondas, contribuindo para melhor qualidade sonora no ambiente.

Os difusores são muito usados em locais onde se faz necessário uma distribuição uniforme do som, como cinemas, igrejas, teatros, casas de show, estúdios de gravação, etc.

Segundo Fazzio (2018) “para se identificar um material com propriedades difusoras é necessário que esse objeto forneça não apenas uma reflexão das ondas sonoras, mas sim uma

reflexão difusa, de forma a fazer uma dispersão da onda sonora incidente”. São exemplos de difusores, pedras e lambris de madeira (Figura 14).

**Figura 14- Difusor acústico**



Fonte: Site Vibrasom, Tecnologia Acústica, 2020

O material escolhido para o tratamento acústico do ambiente depende da intenção do projeto, se isolar ou tratar a reflexão do som no local. Para que haja um bom condicionamento acústico deve ser feita uma análise correta da situação para que sejam utilizados os materiais apropriados.

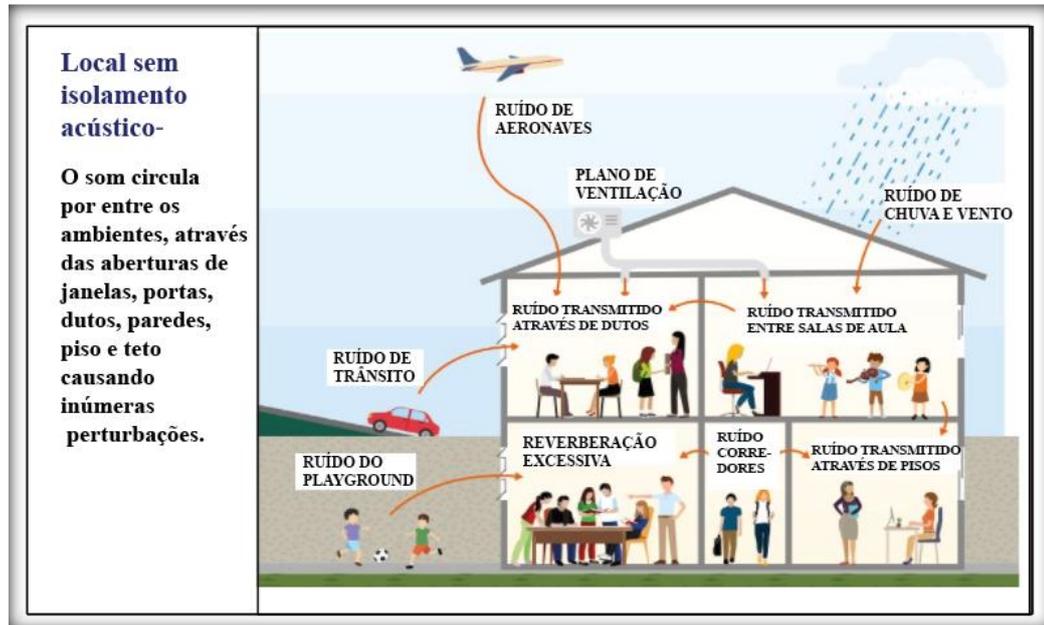
#### 2.2.4.4 Materiais isolantes

Um material considerado isolante é aquele que tem a capacidade de formar uma barreira, impedindo que o som passe de um recinto para outro. Para que haja um bom isolamento, esses materiais devem ser rígidos e com alta densidade, como concreto, aço, madeira, vidro, etc.

Conforme (Baud, 2002) “o isolamento acústico deve fornecer o conforto necessário dos locais e principalmente deve protegê-los contra ruídos aéreos”. Esse isolamento é obtido em

parte através de materiais pesados que tragam uma forte inércia com relação às vibrações sonoras (Figura 15).

**Figura 15- Local sem isolamento acústico**



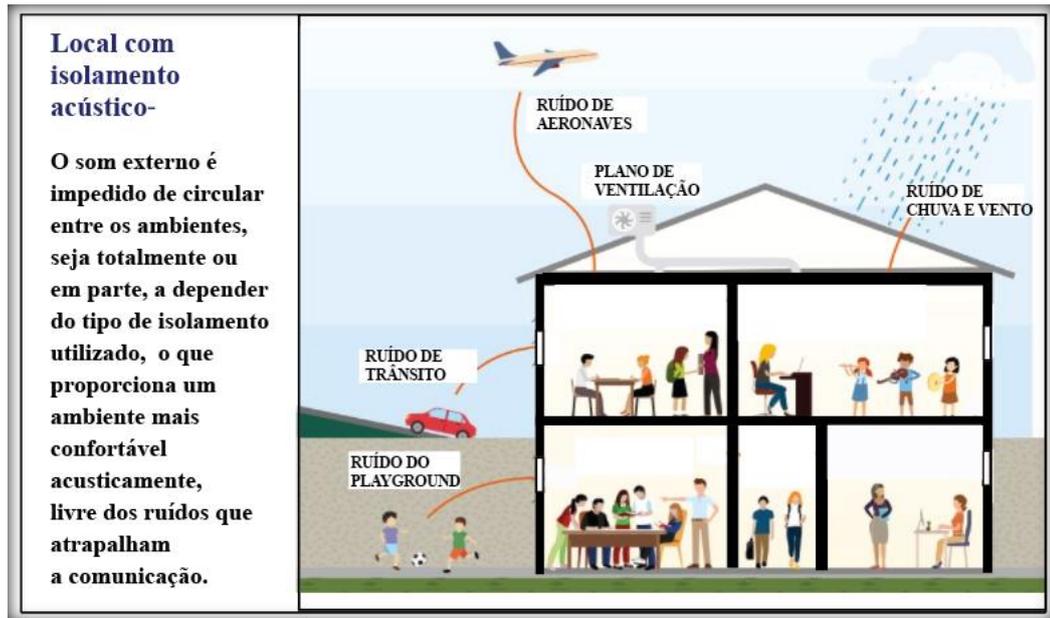
Fonte: Portal Acústica (2021)

Para um isolamento mais eficiente pode-se “colocar uma placa vibratória vedada de encontro a superfície das paredes de modo a formar um colchão de ar. Esse colchão de ar poderá conter uma substância porosa absorvente” BAUD (2002).

Essa placa serve para absorver os sons de alta frequência e o material poroso, os sons de baixa frequência. O compensado é um dos elementos mais utilizados em painéis vibratórios e para os materiais porosos é frequente o uso de lã de rocha, lã de vidro, etc.

O isolamento acústico é feito no recinto com o objetivo de bloquear os ruídos desnecessários vindos do exterior do ambiente (através de dutos, paredes, janelas, piso, etc ) ou mesmo para impedir que atividades realizadas no interior do local sejam ouvidas no exterior do mesmo (Figura 16).

**Figura 16- Local com isolamento acústico**



Fonte: Portal Acústica (2021)

Os painéis tipo sanduiche também são utilizados para isolar o som. “Esses materiais são compostos por uma mistura entre um material leve e outro rígido e ainda de um material poroso e resiliente”. (Lamounier, 2008). Este tipo de painel atenua o nível de ruído por conta dos poros que há no interior dos materiais, e através do amortecimento, dissipa a energia antes que se reflita (Figura 17).

**Figura 17- Painel sanduiche em cortiça e madeira**



Fonte: Site Nautic Expo (2020)

### **3. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS**

Na fase de levantamento e análise de dados foram investigados painéis acústicos no mercado, materiais mais utilizados na elaboração de painéis, além de matérias primas experimentais e alternativas com o objetivo de coletar informações necessárias para que o produto satisfaça as necessidades do público-alvo.

#### **3.1. Análise de Mercado**

Para um melhor entendimento sobre o mercado atual de painéis acústicos, foi realizada uma pesquisa, onde foram observados dados como: disponibilidade, preços e tipos de painéis. Estes dados possibilitaram compreender a demanda atual do produto e limitações do mercado com o objetivo de criar um objeto que satisfaça os anseios dos possíveis consumidores de painéis acústicos.

##### **3.1.1 Materiais Acústicos mais utilizados atualmente**

Quando o assunto é isolar o ambiente dos ruídos incômodos, vários materiais podem ser utilizados, tanto no piso, parede ou teto. Os materiais convencionais de vedação são “aqueles de uso comum na construção civil” como “blocos cerâmicos, blocos de concreto/concreto celular, bloco de sílico, calcário, madeira, vidro, etc.” (CATAI, 2006).

No mercado existe um grande número de painéis que podem ser utilizados com o intuito de trazer conforto acústico ao local, seja para tratar ou isolar o ambiente, podendo ser confeccionados com a utilização de materiais convencionais ou não. As matérias primas convencionais, utilizadas em painéis, são geralmente as espumas, em conjunto com madeira, tecidos, entre outros.

Para uma boa absorção acústica é necessária a utilização de materiais porosos nos painéis, sendo que “quanto mais denso o material, mais eficiente será (e também maior será sua zona de atuação em diferentes frequências)” (Mazzeu, 2018).

A lã de vidro e lã de rocha, bem como as espumas acústicas são muito utilizadas em painéis por suas características absorvedoras, apresentando um bom desempenho na absorção sonora e, portanto, uma grande vantagem no tratamento acústico de ambientes.

Algumas desvantagens de materiais, como lã de vidro e lã de rocha é que precisam ser manuseados com o uso de roupas de proteção, máscaras e luvas, pois podem causar problemas

respiratórios e alergias, não podendo ser utilizadas em contato com o ambiente interno (SERRANO, 2020) (Figura 18).

**Figura 18: Aplicação de lã de rocha**



Fonte: Portal Acústica (2020)

Para a aplicação da lã de rocha, por exemplo, o fabricante aconselha que haja proteção nos olhos (com o uso de máscaras), proteção na pele (uso de luvas impermeáveis, camisa de manga longa, roupa solta e capacete), proteção ocular (uso de óculos de segurança) e proteção do local (com o uso de ventilação natural e quando não for possível, ventilação artificial). Todos esses cuidados demonstram os perigos ao manusear o material, sendo necessário um técnico responsável por esse trabalho (LA ROCHA, s.d.).

Por conta dessas dificuldades apresentadas, há uma procura, cada vez mais crescente, por materiais que sejam mais seguros, de fácil instalação e que não apresentem riscos à saúde.

Foram pesquisados os seguintes sites na internet, especializados em painéis acústicos: VibraShop, Portal da Acústica, Isoltop, Isover, Hertz Painéis Acústicos e Vibrasom e foi constatado que, em todos eles, os 4 principais materiais acústicos vendidos são: lã de vidro, lã de rocha, espuma acústica e lã de pet. O quadro abaixo apresenta esses materiais, detalhando as características, vantagens e desvantagens de cada um deles (Quadro 3).

**Quadro 3: Materiais acústicos mais utilizados atualmente**

<b>MATERIAIS ACÚSTICOS MAIS UTILIZADOS ATUALMENTE</b>			
<b>Material</b>	<b>Características</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>LÃ DE VIDRO</b> 	Componente formado a partir de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas em alto forno.	-Não propaga chamas. -Leve e de fácil manipulação. -Ótima absorção sonora. -Não deteriora.	Fabricado a partir de recurso não renovável. -O manuseio do produto pode trazer problemas à saúde.
<b>LÃ DE ROCHA</b> 	Fabricado a partir de rocha basáltica e outros materiais.	-Absorção acústica para médias e altas frequências. -Resistência térmica.	Fabricado a partir de recurso não renovável. -O manuseio do produto pode trazer problemas à saúde.
<b>ESPUMA ACÚSTICA</b> 	Produzido à base de espumas flexíveis de poliuretano.	-Bom isolante acústico.	-Poluente. -Alergênica. -Retém umidade, favorecendo fungos. -Inflamável.
<b>LÃ DE PET</b> 	Derivada da reciclagem de garrafas PET.	-Tida como uma solução verde, sendo reciclado e reciclável. -Atóxico -Antialérgico -Grande absorção acústica e térmica.	Muito sensível ao calor.

Fonte: VibraShop, Portal da Acústica, Isoltop, Hertz Painéis Acústicos, Isover, Vibrasom e (Faria, 2013)

Além desses materiais elencados acima há muitos outros que são utilizados para o tratamento acústico, como o isopor (EPS), madeira mineralizada, entre outros.

### 3.1.2 Materiais Acústicos Sustentáveis experimentais

Os materiais considerados não convencionais são aqueles que são acrescidos de algum tipo de inovação tecnológica, sustentabilidade, etc., sendo que, muitos desses materiais são utilizados para a confecção de produtos considerados ecológicos, atendendo normas que buscam a preservação do meio ambiente.

Muitas pesquisas têm sido feitas por diversos seguimentos na tentativa de ampliar a oferta de materiais acústicos que possuam um diferencial de sustentabilidade. O quadro a seguir

mostra alguns materiais cujas pesquisas já foram finalizadas e aprovadas e, que já estão sendo utilizados no mercado e também materiais experimentais, que estão sendo analisados (Quadro 4).

**Quadro 4- Materiais acústicos sustentáveis experimentais**

<b>MATERIAIS ACÚSTICOS SUSTENTÁVEIS</b>		
<b>Material</b>	<b>Características</b>	<b>Vantagens</b>
<p><b>FIBRA DE BANANEIRA</b></p> 	Pseudo caule da bananeira	-Desempenho acústico superior à lã de vidro, no intervalo de 250 a 1000 Hertz e ligeiramente superior à lã de rocha, entre 500 e 1400 Hertz
<p><b>FIBRA DE COCO E CORTIÇA</b></p> 	Placas feitas a partir da fibra de coco e cortiça.	-Alta absorção acústica e térmica. -Baixo custo de produção.
<p><b>BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR</b></p> 	Compósito de resíduo de cana de açúcar e de cascas de bambu	-Baixo custo de produção. -Ótimo desempenho térmico e acústico.

Fonte: Faria (2013); Demarchi (2010); Souza (2015); Vieira(2008)

Segundo Serrano (2020), “os arquitetos e profissionais da construção mais conscientes já sabem que a qualidade técnica do produto (conforto sonoro) precisa ser acompanhada de qualidade estética (conforto visual), segurança e sustentabilidade”. Por isso há uma tendência no mercado de que sejam encontrados materiais que agridam menos o ambiente.

### 3.1.3 Painéis acústicos

A pesquisa de mercado foi realizada através da internet, utilizando informações de sites de compra online, sendo os principais pesquisados: Mercado Livre, Tagg Case & Ferragens e

Vibrashop. Vale salientar que outros sites e painéis acústicos foram consultados, mas apenas 3 tipos foram escolhidos para a presente análise. O quadro abaixo traz uma amostra de alguns produtos já à venda no mercado, com o objetivo de apresentar modelos e valores (Quadro 5).

**Quadro 5- Análise de Mercado: Painéis Acústicos**

**Pesquisa de Mercado- Painéis Acústicos**

**Painel De Tratamento Acústico Lã De Rocha 124x64x5cm**  
 Painel de tratamento acústico - Lã de rocha - 124x64cm - Acabamento em tecido 100% poliéster ou juta tratada - escolha a cor e faça seu pedido! - Fixados como quadros - através ...  
 Ver detalhes do produto  
**R\$ 140,00**  
 Mercado Livre

**Painel Acústico Quadrado Estúdio Audio Profissional 60x60cm**  
 Novo  
**R\$ 134<sup>72</sup>**  
 em 12x R\$ 11<sup>91</sup> sem Juros  
 Ver os meios de pagamento  
 Frete grátis  
 Saiba os prazos de entrega e as formas de envio.  
 Calcular o prazo de entrega  
 Cor: Bege

**Painel Acústico Lã Rocha 120x60x05 32 Kg Compre 3 Leve 4**  
 Painel acústico de lã de rocha. 125.99 e referente a um painel. Oferta imperdível na compra de 3 painéis leve 4, não perca tempo e adquira já seu kit. Obs: 1 kit por frete ...  
 Ver detalhes do produto  
**R\$ 125,99**  
 Mercado Livre

Fonte: A autora, através de pesquisas feitas em sites de compra em 04 de junho de 2021

Atualmente, há no mercado, uma infinidade de painéis acústicos, de vários modelos, cores e composições, sendo que os preços variam de acordo os materiais utilizados nos mesmos e a depender do fabricante. Em geral os painéis acústicos convencionais são encontrados facilmente, principalmente em lojas online.

Os painéis acústicos sustentáveis, no entanto, se apresentaram mais caros que os convencionais e com menor opção de compra, já que há um número menor de empresas que trabalham com materiais deste tipo (Quadro 6).

**Quadro 6- Pesquisa de Mercado - Painéis acústicos sustentáveis**

## Pesquisa de Mercado- Painéis Sustentáveis



**Painel acústico Walleasear Tagg CK1000MP3**

Seja o primeiro a avaliar este produto

**R\$734,99**

EM ESTOQUE  
SKU#: CK1000MP3

- Base material: Lã acústica em fibra verde / Pano acústico composto de linho de dupla densidade.
- Quadro / Armação: Malha de estrutura suave.
- Estrutura acústica: Uma estrutura hermética envolvida em torno do material base em diferentes densidades.
- Ecológico: Emissão zero de formaldeído; Padrão E0



**Revestimento Acustico Lã de Pet Clean 20c - Kit**

A finalidade desse material é tratar da qualidade sonora do ambiente onde ele será instalado. Revestindo o teto ou as paredes com espumas acústicas, terá uma redução ou ...

[Ver detalhes do produto](#)

**R\$ 588,00**

[Vibrashop](#)



**PAINEL ACUSTICO COM TECIDO - DECOR ECOLINE**

DESTAQUE

Modelo: Decor Ecoline 20c  
Disponibilidade: Disponível em 7 dias úteis

Por:

**R\$ 165,00**

/ cada  
R\$ 161,70 à vista com desconto Depósito Bancário

CORES DISPONIVEIS



Fonte: A autora, através de pesquisas feitas em sites de compra em 04 de junho de 2021

Vale salientar que também não foram encontrados painéis acústicos prontos nas lojas físicas de Maceió-Alagoas (local onde estão sendo feitas as pesquisas), apenas materiais acústicos para a confecção dos painéis, como lã de rocha e lã de vidro.

### 3.2 Materiais Sustentáveis Alternativos

Para a escolha dos materiais alternativos, o ponto crucial foi a questão da sustentabilidade, já que este é o diferencial que se pretende trazer para o produto. Foram pesquisados, portanto, algumas matérias primas que atendessem a esse propósito, sendo provenientes de fontes renováveis, de fácil cultivo e de manejo simples. Outro critério adotado foi com relação a acústica, já que os materiais escolhidos deveriam apresentar possibilidades de ser utilizados como absorvedores ou difusores acústicos.

Foram cogitadas as seguintes matérias primas para a elaboração dos painéis: coco verde, palha de coco, bagaço de cana de açúcar, palha e sabugo de milho e bucha vegetal. Após pesquisas sobre esses materiais, percebeu-se que alguns deles já estão sendo utilizados em projetos de acústica, como o coco verde, a bananeira, o bagaço da cana de açúcar e a bucha vegetal (em forma de compósitos) (DEBATIN, 2018), (SOUZA, 2015) (Figura 19).

**Figura 19: Materiais alternativos cogitados para os painéis**

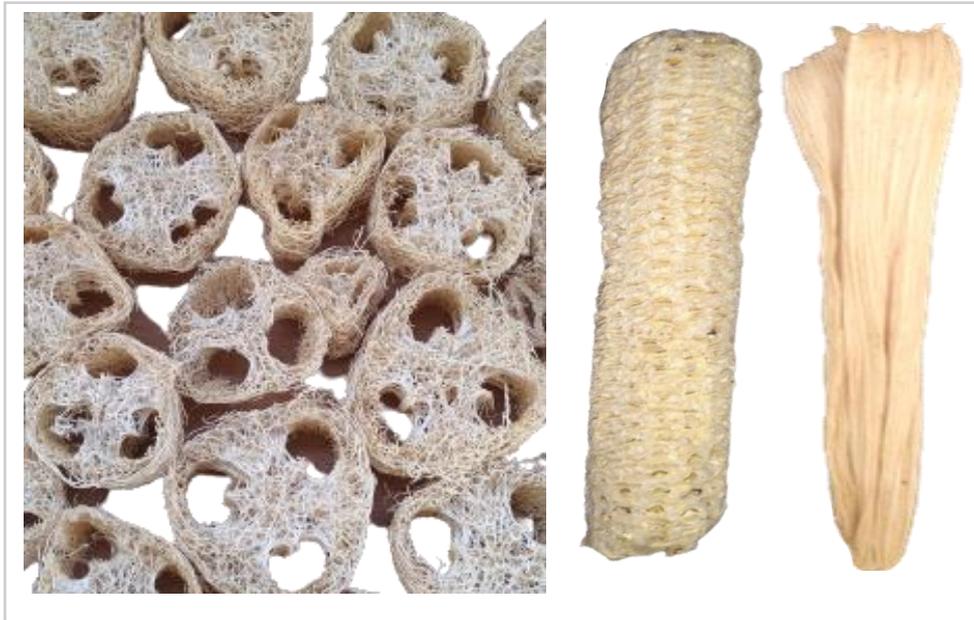


Fonte: Ciclo Vivo, Gremne, Tecknoflex Agro, Gazeta Regional, Agro20, Respostas Sebrae (2021)

Com base nesses estudos e nas necessidades do projeto, foram escolhidos como materiais alternativos a bucha vegetal, a palha e o sabugo de milho. Essa seleção se deu por conta de que, além de possuírem características de sustentabilidade, como os demais materiais apresentados, pois são biodegradáveis, não agredem a natureza, não são poluentes ou tóxicos, são de fácil cultivo e de baixo custo de produção, se destacaram por não precisarem do

acrécimo de nenhum produto para a conservação dos mesmos e ao serem cortados apresentarem um design interessante para o produto (Figura 20).

**Figura 20: Bucha, sabugo e palha de milho**



Fonte: a autora, 2021

### 3.2.1 Bucha vegetal

A bucha vegetal “é uma trepadeira de regime anual e perene, rastejantes ou escandentes, que pode chegar até 5 metros”, cujo fruto tem um formato cilíndrico e que pode ser utilizado para diversas finalidades, como limpeza geral, higiene pessoal, artesanato, filtros para piscina, navios, locomotivas e em fábricas com equipamentos a vapor (MOTA, 2016).

“Trata-se de um produto ecologicamente correto, pois tem origem vegetal de fonte renovável, é cultivada de forma simples, sem agredir o meio ambiente, e decompõe-se organicamente, ou seja, é biodegradável” (SANTOS, 2005).

Também conhecida como bucha de metro, “apresentando frutos esponjosos, fibrosos alongados, cujo tamanho varia de 40 cm a 1,60 metros de comprimento (CARVALHO, 2007).

A bucha vegetal pertence à família botânica das Cucurbitaceae, gênero luffa. A essa mesma família também pertencem o melão, a melancia, o chuchu, o pepino e as abóboras. A espécie mais conhecida no Brasil é a luffa cylindrica” (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2013) (Figura 21).

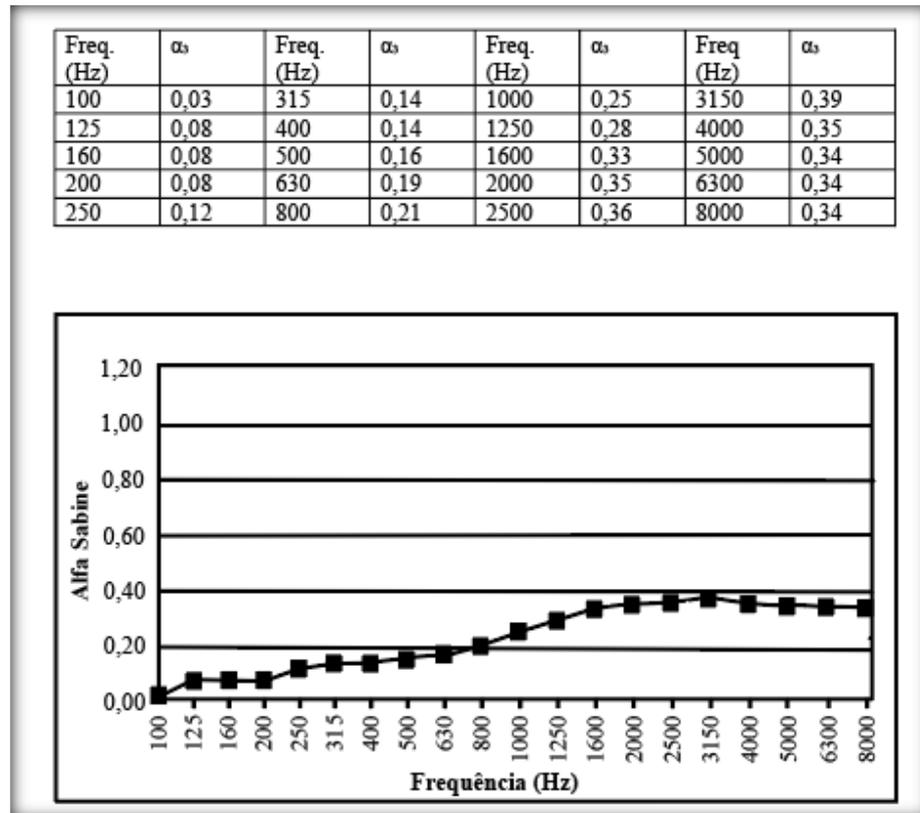
**Figura 21- Bucha vegetal (*Luffa cylindrica*)**



Fonte: SoFlor (2020)

A bucha vegetal se enquadra nos materiais fibrosos, sendo um absorvente sonoro que possui um bom desempenho nas altas frequências. A figura abaixo mostra o estudo realizado sobre este material acústico alternativo (Figura 22).

**Figura 22- Coeficiente de absorção sonora da bucha vegetal**



Fonte: Santos (2005)

### 3.2.2 Milho

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Gramineae, é um cereal cultivado em todo o mundo, sendo utilizado principalmente para a alimentação humana e de animais. Ele serve de matéria-prima para diversos produtos industrializados, porém nem todo o produto é utilizado, já que o sabugo de milho e a palha, na maioria das vezes são descartados.

Segundo informações do Portão Embrapa (AMERICHI, MARCONCINI, TEIXEIRA, & PAES, 2010), o milho é o terceiro grão mais consumido no mundo, abaixo apenas do arroz e do trigo, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial ficando atrás dos EUA e China.

O milho, após a colheita, apresenta uma grande quantidade de resíduos, como a palha, o caule, a casca e o sabugo, os quais na maioria das vezes são queimados, descartados ou utilizados para cobertura do solo.

De acordo (Oliveira, 2015) “o sabugo de milho entra na categoria de resíduos da agricultura que ainda não tiveram o seu potencial totalmente explorado”. A figura abaixo mostra sabugos de milho, após serem debulhados (Figura 23).

**Figura 23- Sabugos de milho debulhados**



Fonte: a autora, 2020

Em sua dissertação de mestrado, Oliveira (2015) desenvolveu um compósito feito com a utilização do sabugo de milho, mostrando a eficácia do produto na indústria moveleira e automobilística, bem como na fabricação de peças para artesanato. O sabugo de milho provou ser um bom condutor térmico, ficando como sugestão da autora, o estudo do comportamento acústico do mesmo.

“A palha de milho é considerada um resíduo agrícola, geralmente incinerado ou utilizado como cama nos criadouros de aves nas propriedades rurais brasileiras, sendo um material abundante, porém pouco aproveitado de forma a gerar renda, exceto quando destinado à produção do artesanato” (TEIXEIRA & AVELLAR, 2008).

## **4 DEFINIÇÃO**

### **4.1 Identificação do Conceito do Produto**

#### **4.1.1 Questionário**

Para a identificação das preferências do consumidor e obtenção dos requisitos para o produto, foi realizado um questionário online através do site Survio.com (ver Apêndice), onde

foram entrevistadas 43 pessoas, que responderam questões sobre acústica, sustentabilidade e design, três pontos fundamentais para a realização do projeto.

A primeira questão foi com relação à idade, sendo que, dos 43 entrevistados 13 pessoas possuem de 31- 40 anos, 11 de 41-50, 8 de 26-30, 6 de 18-25 e 5 acima de 60 anos.

A segunda foi sobre o estado civil, sendo que, dos entrevistados, 31 são casados, 10 solteiros e 2 viúvos.

A terceira pergunta foi de resposta livre sobre a profissão de cada entrevistado, sendo que 9 são professores, 7 são pastores, 3 são pedagogos, 3 autônomos, 2 vendedores, 2 aposentados, 2 cabeleireiros, 2 administradores de empresa, 1 estudante, 1 agente de portaria, 1 assistente social, 1 dona de casa, 1 motorista, 1 telemarketing, 1 recepcionista, 1 técnico de enfermagem, 1 auxiliar de cartório, 1 auxiliar de operação, 1 empresário, 1 costureira, 1 apontador.

O quarto quesito da pesquisa foi para saber se as pessoas costumam frequentar locais barulhentos, sendo que 24 dos entrevistados disseram que às vezes frequentam esses lugares, 13 afirmaram que constantemente vão a locais barulhentos e apenas 5 nunca frequentam locais com esse perfil.

Respondendo à quinta questão, 32 entrevistados afirmaram que não gostam de ambientes ruidosos, 10 se sentem indiferentes e apenas 1 se mostrou favorável.

Na 6ª questão 31 pessoas informaram que nunca utilizaram tratamento acústico, 9 utilizaram e 3 não lembram, sendo que, daqueles que utilizaram o tratamento acústico, conforme a 7ª questão, 18 não encontraram facilmente o produto, 14 não procuraram e apenas 2 conseguiram encontrar com facilidade.

A 8ª questão apontou que dos 16 entrevistados exercem alguma atividade como pastor, 12 como professores, 9 como músicos ou cantores e 9 não exercem nenhuma dessas atividades.

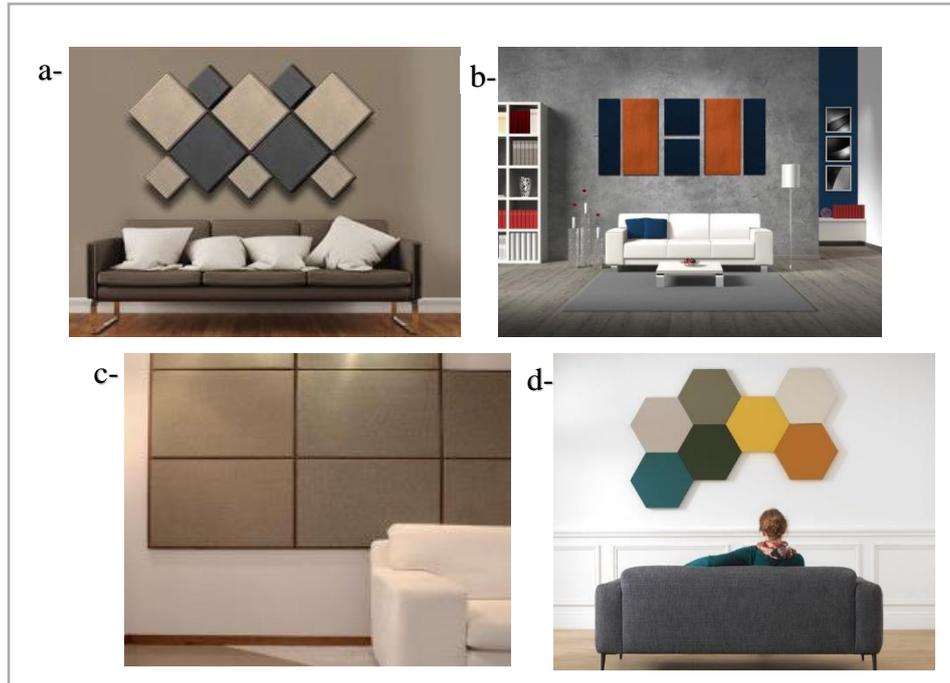
O 9º quesito da entrevista mostrou que as principais características que o usuário espera encontrar em um produto são, em ordem de preferência: facilidade de instalação, eficiência, design, preço acessível, durabilidade e qualidade do material.

Na 10ª pergunta do questionário 40 pessoas afirmaram que consideram importante a questão da sustentabilidade em um produto e 3 se consideram indiferentes.

Na 11ª questão 26 entrevistados afirmaram que os principais problemas de produtos sustentáveis são aos preços altos, 11 apontam a escassez desses produtos no mercado, 4 indicam a baixa qualidade, 2 consideram esses produtos satisfatórios e 3 não se interessam por produtos sustentáveis.

Na 12ª pergunta foram apresentados 4 modelos de painéis acústicos, sendo que 26 pessoas preferiram o número 1, 9 escolheram o número 3, 6 entrevistados optaram pelo número 2 e 3 apontaram o número 4 como o que mais gostaram (Figura 24).

**Figura 24- Painéis para o Questionário**



Fonte: a autora, layout Canva (2020)

Foi constatado, através do questionário, a importância da sustentabilidade no design de produtos, bem como a necessidade de que haja no mercado mais produtos que tragam conforto acústico aos ambientes.

#### 4.1.2 Personas

Foram criadas neste projeto, 3 personas, com o objetivo de uma melhor compreensão das necessidades do futuro consumidor do produto. Elas representam aqueles que usariam os painéis acústicos sustentáveis para a solução de problemas acústicos.

Segundo Pazmino (2015), persona é “uma ferramenta utilizada no design que busca descrever de forma mais eficiente o público-alvo”. São representações hipotéticas daquele que deve ser o cliente ideal. Na elaboração de um projeto podem ser criadas quantas personas forem necessárias para que as aspirações do cliente sejam entendidas e atendidas.

Conforme Abelheira (2015) “Personas é uma ferramenta de empatia, que ajuda a compreender melhor o usuário por meio da criação de seres fictícios.” Segundo o autor o objetivo de criar personas é projetar visando um usuário característico de uma comunidade, grupo ou organização.

“O propósito de trabalhar com personas é ser capaz de criar soluções baseadas nas necessidades do usuário. O método é preparar descrições de personas que tragam compreensão e empatia suficientes para que os leitores entendam os usuários” (NILSEN, 2013)

A inspiração para as personas veio das pessoas que responderam ao questionário online, sendo escolhidos perfis com as 3 ocupações que se destacaram entre os entrevistados, ou seja, dos 43 entrevistados, 16 são pastores, 12 são professores e 9 músicos.

A primeira persona é o Lucas Alves Pimentel, 45 anos, pastor evangélico que enfrenta problemas de reverberação no escritório da igreja que pastoreia e que pretende fazer uma reforma no mesmo com o propósito de fazer do local um ambiente acusticamente agradável. Para alcançar seus objetivos a persona necessita de painéis acústicos.

Por se tratar de alguém que se preocupa com o meio ambiente, Lucas prefere produtos que não agriçam a natureza, por isso painéis acústicos confeccionados com materiais sustentáveis é o que ele precisa para realizar o seu projeto (Figura 25).

**Figura 25- Persona 1**

<p><b>PERSONA 1</b></p> <p><b>Nome:</b> Lucas Alves Pimentel</p> <p><b>Idade:</b> 45 anos</p> <p><b>Cargo/ocupação:</b> Pastor evangélico</p> <p><b>Área de estudo:</b> Teologia</p> <p><b>Sonho:</b> Realizar uma grande reforma no templo</p> <p><b>Onde mora:</b> Em um apartamento com a esposa e a filha</p> <p><b>Desafios da persona:</b> Resolver problemas de reverberação no escritório da igreja e para tanto necessita de painéis acústicos. Prefere Materiais sustentáveis.</p>	
--	---

Fonte: a autora, foto Pixabay (2020)

A utilização de painéis acústicos para o condicionamento acústico em ambientes como escritórios visa evitar ruídos desnecessários que possam prejudicar a inteligibilidade no local.

A segunda persona criada é a Laura Maria Bezerra, 31 anos, professora de curso preparatório. Laura tem como desafio ter um espaço tranquilo onde possa dar as suas aulas e para tanto necessita realizar um projeto de conforto acústico em sua residência. Em ambientes onde são realizadas aulas online, o painel acústico pode ser muito útil para minimizar a reverberação que causa problemas na comunicação. A utilização de painéis acústicos em sua casa, criará um ambiente acusticamente favorável para que as aulas sigam sem prejudicar o entendimento dos alunos (Figura 26).

**Figura 26- Persona 2**

<p><b>PERSONA 2</b></p> <p><b>Nome:</b> Laura Maria Bezerra</p> <p><b>Idade:</b> 31 anos</p> <p><b>Cargo/ocupação:</b> Professora de curso Preparatório</p> <p><b>Área de estudo:</b> Inglês</p> <p><b>Sonho:</b> Ter sua própria escola</p> <p><b>Onde mora:</b> Em sua casa, junto com o esposo e seus dois filhos.</p> <p><b>Desafios da persona:</b> Para que possa dar aulas online ela precisa de um espaço tranquilo, sem interferências na comunicação, o que ela pretende conseguir com o uso de painéis acústicos</p>	
---	--

Fonte: a autora, foto Pixabay (2020).

A terceira persona é o Vitor Borges, 25 anos, estudante e músico. Um dos desafios do Vitor é preparar em sua casa um estúdio onde possa gravar vídeos para o Youtube e ensaiar com sua banda, o que só será possível, com a utilização de painéis acústicos (Figura 27).

**Figura 27- Persona 3**

<p><b>PERSONA 3</b></p>	
<p><b>Nome:</b> Vitor Borges</p>	
<p><b>Idade:</b> 25 anos</p>	
<p><b>Cargo/ocupação:</b> Estudante e músico</p>	
<p><b>Área de estudo:</b> Faz curso de música</p>	
<p><b>Sonho:</b> Tornar-se um youtuber famoso e ter uma banda de sucesso.</p>	
<p><b>Onde mora:</b> Na casa dos pais</p>	
<p><b>Desafios da persona:</b> Organizar na sua casa um estúdio que possibilite gravar os vídeos para o seu canal do Youtube e para tanto precisa de painéis acústicos com baixo custo.</p>	

Fonte: a autora, foto Pixabay (2020)

Sendo os painéis desenvolvidos exatamente para promover um bom condicionamento acústico nos ambientes, o uso dos mesmos em estúdios de gravação possibilita uma melhor qualidade sonora no local, seja através de absorvedores ou difusores acústicos.

Com base nas três personas criadas, nota-se que um o painel acústico sustentável é um produto muito útil a todos que desejam realizar um projeto acústico, tendo como diferencial a questão da sustentabilidade, que agrega valor ao mesmo.

#### 4.1.3 Painéis Semânticos

A elaboração de painéis semânticos “é uma ferramenta que por meio de imagens permite traçar um perfil do estilo de vida do grupo de usuários do produto” (PAZMINO, 2018).

Foram criados 3 painéis semânticos: o Painel do Estilo de Vida, Painel da Expressão do Produto e Painel do Tema Visual. Esses painéis foram elaborados com o objetivo de demonstrar as aspirações, preferências e intenções do usuário e a partir dessa compreensão, fornecer dados

importantes para a idealização do produto, como estilo, formas, emoções que o produto possa transmitir, etc.

O primeiro painel foi elaborado com base no questionário realizado e nas personas, bem como nas pesquisas realizadas e demonstra as seguintes características do usuário do produto: Interesse em tecnologia e inovação; gosto pela música, busca por uma vida saudável e interesse na preservação da natureza (Figura 28).

**Figura 28- Painel do Estilo de Vida**



Fonte: A autora, fotos Pixabay, 2020.

O segundo painel é o da Expressão do Produto, que “representa a expressão que o produto transmite ao primeiro olhar”, Baxter (2005, p. 190). O painel acústico busca revelar ideias como equilíbrio, força, naturalidade, leveza, conforto, aconchego e proteção (Figura 29).

**Figura 29- Painel da Expressão do Produto**

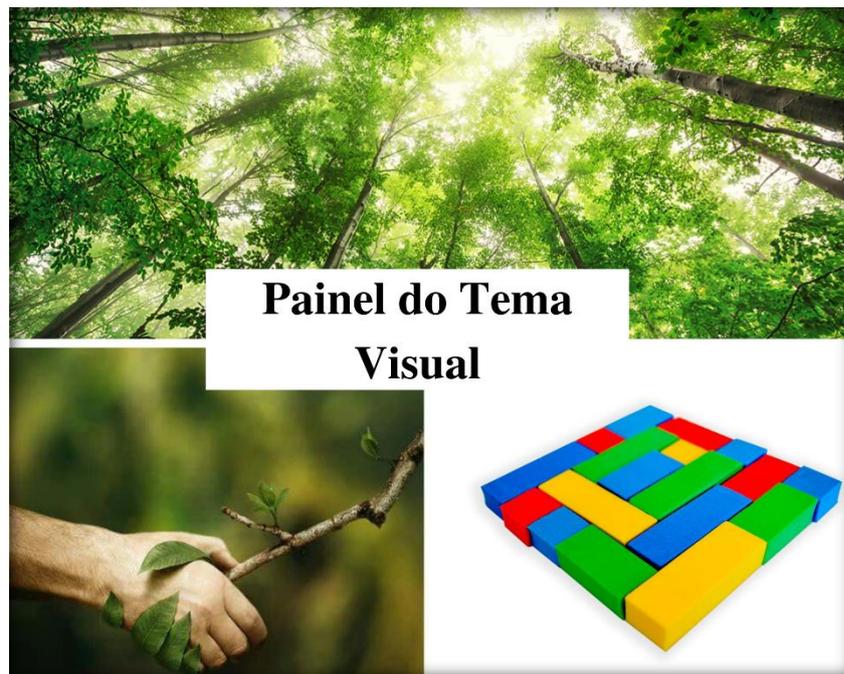


Fonte: A autora, layout Canva, fotos Pixabay (2020)

As ideias elencadas no Painel da Expressão do Produto surgiram principalmente das noções de sustentabilidade adquiridas através das pesquisas, que demonstram que um produto sustentável deve ser natural, buscar um equilíbrio entre o homem e o meio ambiente onde vive, precisa ser forte para ter um ciclo de vida mais longo e assim gerar menos lixo, deve buscar proteger a natureza, além de ser eficiente, trazendo o conforto necessário.

O terceiro painel é o do Tema Visual e traz o espírito pretendido para o produto. Este painel também foi baseado nas pesquisas realizadas e apresenta várias características para um produto com vistas à sustentabilidade, como modularidade, uso de materiais naturais e preservação da natureza (Figura 30).

**Figura 30- Painel do Tema Visual**



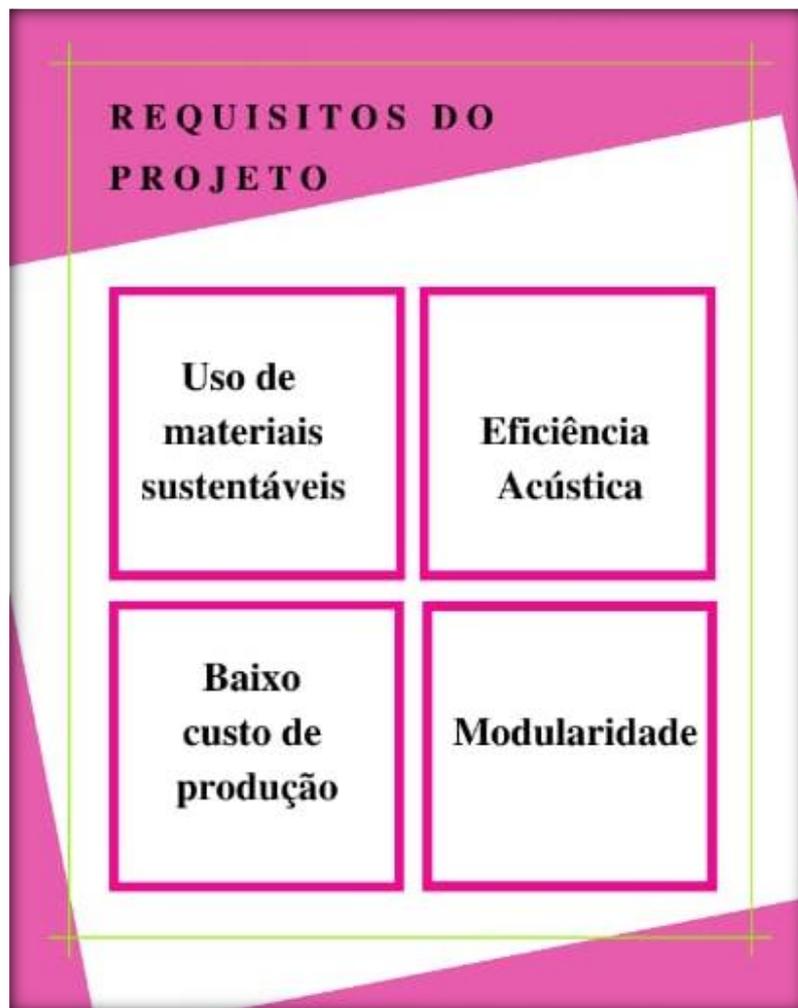
Fonte: A autora, layout Canva, fotos Pixabay (2021)

“O Painel do Tema Visual permite que a equipe do projeto explore os estilos de produto que foram bem sucedidos no passado. Esses estilos representam uma rica fonte de formas visuais de inspiração para o novo produto (BAXTER, 2005).

Após a elaboração desses três painéis semânticos, há uma concentração no estilo que terá o novo produto. “Nesse processo, o foco de atenção vai se estreitando, a partir das imagens dos usuários até o estilo de produtos que seriam valorizados pelos mesmos. Agora pode-se começar a gerar conceitos de estilos para o novo produto” (BAXTER, 2005).

#### 4.1.4 Requisitos do Projeto

Com base nas pesquisas feitas, no questionário realizado, nas personas apresentadas e nos painéis semânticos foi possível traçar os requisitos para a elaboração do produto acústico, a saber: uso de materiais sustentáveis, eficiência acústica, baixo custo de produção (para que o produto tenha um preço acessível) e modularidade (Figura 31).

**Figura 31- Requisitos do Projeto**

Fonte: a autora (2021)

Ao priorizar esses requisitos no projeto, torna-se possível a elaboração de um produto que melhor atenda às aspirações do público alvo. Um produto que tem como objetivo satisfazer as exigências do consumidor tende a ter muito mais sucesso que aquele que é elaborado apenas visando funcionalidade, lucro ou estética.

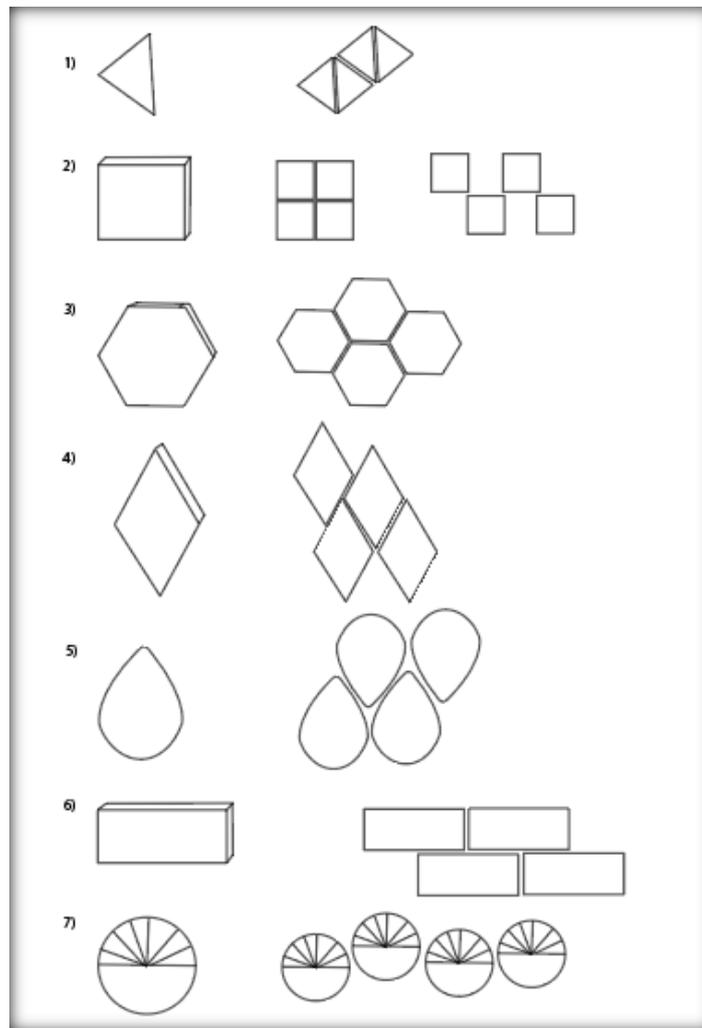
## **5 GERAÇÃO**

Segundo Ferreira (2011) “um dos pontos cruciais para um projeto de produtos é a geração de alternativas. Ou seja, a geração de novas ideias para o produto”. Essa é a fase onde são elaborados os esboços para que seja escolhido o que melhor atenda aos requisitos exigidos para o mesmo.

## 5.1 Esboços

Os esboços abaixo referem-se a forma que o produto terá e não ao design final do mesmo e foram elaborados tendo como base os seguintes requisitos do projeto: uso de materiais sustentáveis, eficiência acústica, baixo custo de produção e modularidade (Figura 32).

**Figura 32- Esboços**



Fonte: a autora (2021)

## 5.2 Matriz de Posicionamento

Segundo Vianna, a Matriz de Posicionamento é “uma ferramenta de análise estratégica das ideias geradas, utilizada na validação destas em relação aos critérios norteadores, bem como as necessidades das Personas criadas no projeto” (2012) . O objetivo da utilização desta ferramenta é escolher a alternativa que traga mais benefícios para o usuário (Tabela 1).

**Tabela 1-Matriz de Posicionamento**

CRITÉRIOS NORTEADORES	IDEIA 1 	IDEIA 2 	IDEIA 3 	IDEIA 4 	IDEIA 5 	IDEIA 6 	IDEIA 7 
Eficiência acústica	x	x	x	x	x	x	x
Modularidade	x	x	x	x	x	x	x
Uso de materiais sustentáveis	x	x	x	x	x	x	x
Baixo custo de produção		x					
<b>TOTAL</b>	3	4	3	3	3	3	3

Fonte: a autora (2021)

### 5.3 Seleção da Alternativa

Levando-se em conta os requisitos do projeto, todas as formas colocadas na Matriz de Posicionamento têm condições de apresentar uma boa eficiência acústica, a depender dos materiais acústicos utilizados na fabricação dos mesmos. Com relação à modularidade, todos os modelos podem ser elaborados partindo deste princípio, bem como todos podem ser confeccionados com materiais sustentáveis. O ponto que fez a diferença entre as demais foi a questão do baixo custo quando a ideia 2 é comparada com as demais, pois possibilita menos cortes, cortes retos, garantindo assim o gasto de menos material e facilidade de fabricação. Quando estudadas isoladamente todas as ideias têm capacidade de serem elaboradas com baixo custo a depender do material utilizado.

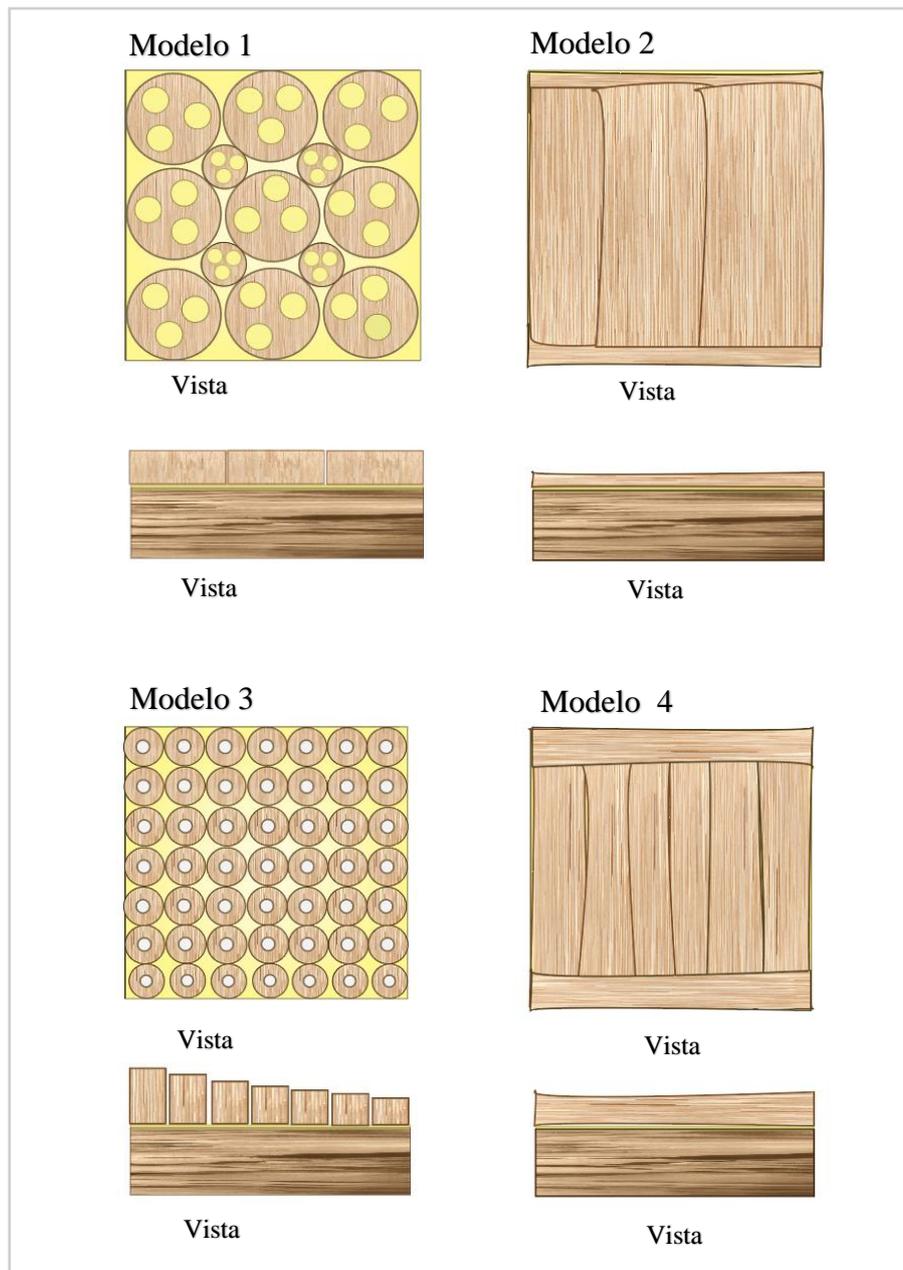
Com base na priorização dos requisitos do produto foi escolhida a ideia 2 por se tratar de uma forma simples, quadrada, já que a mesma atingiu nota 4, preenchendo todas as especificações necessárias para a elaboração da estrutura dos painéis, possibilitando uma maior economia na fabricação, com menos cortes que as demais e ideal para a modularidade. A partir da escolha, foi possível acrescentar os materiais acústicos sustentáveis pesquisados e criar 6 modelos de painéis.

### 5.4 Detalhamento

### 5.4.1 Croquis

O objetivo dos croquis é apresentar as vistas dos produtos para um melhor entendimento do design dos mesmos. A figura abaixo mostra 4 modelos de painéis que foram elaborados com a bucha vegetal, sabugo, palha de milho (Figura 33).

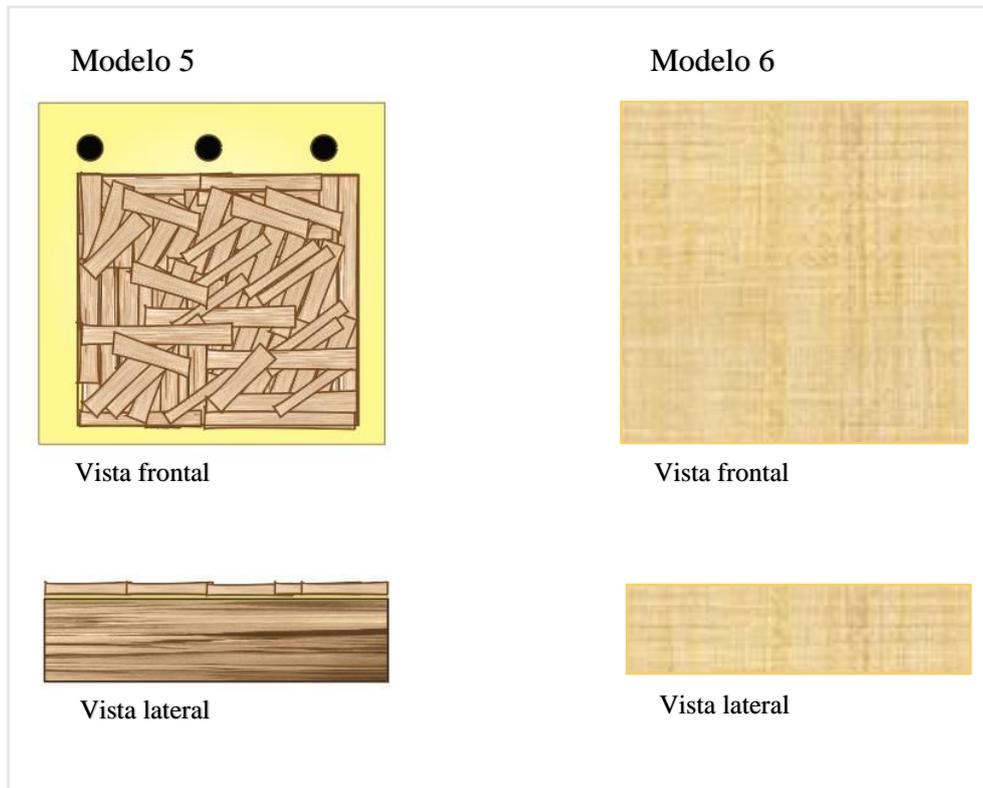
**Figura 33- Modelos 1 ao 4**



Fonte: a autora (2021)

Os croquis seguintes apresentam os modelos 5 e 6, elaborados com palhas de milho e tecido Oxford (Figura 34).

**Figura 34- Modelos 5 e 6**



Fonte: a autora (2021)

## 6. PROTOTIPAÇÃO

### 6.1 Procedimentos Metodológicos

Conforme Barrela (2019) “prototipar refere-se à escolha de uma ou de algumas (poucas) ideias e criar protótipos”. Por se tratar de produtos de baixo custo, deu-se preferência a fazer os protótipos de 200 mm em material real e não simulado.

A escolha do tamanho dos painéis visou diminuir os custos do produto com o uso de menos material na confecção da estrutura e menor quantidade de material acústico, ao mesmo tempo que favorece criar um produto que pode ser usado em ambientes onde não há muito espaço, podendo ser utilizados vários painéis caso a necessidade seja envolver uma área maior.

Para a confecção dos protótipos, alguns procedimentos metodológicos foram necessários, a saber: preparação da bucha vegetal e do milho; confecção da estrutura dos painéis e elaboração dos painéis utilizando os materiais sustentáveis alternativos.

### 6.1.1 Preparação da bucha vegetal

Para que as buchas vegetais fossem utilizadas como material acústico foi necessário que as mesmas passassem por todo um processo de preparação, iniciado a partir da colheita das mesmas e limpeza. As buchas, após colhidas, foram deixadas ao sol para secagem e, quando secas, foram retiradas das cascas, limpas das sementes e colocadas em um recipiente com água e sabão para que fosse feita a correta assepsia, já que apresentam geralmente, uma cor escura. Quando estavam limpas e já secas, foram abertas e os miolos foram retirados, passando por um processo de secagem natural por vários dias, para que fossem moldadas de acordo o uso nos diversos painéis (Figura 35).

**Figura 35- Preparação e limpeza das buchas vegetais**



Fonte: a autora (2021)

Para a confecção das amostras foi tirado primeiro o miolo e após as buchas foram cortadas de várias formas, tanto no sentido longitudinal, formando folhas, quanto no sentido transversal, como rodela.

As diferentes maneiras como as buchas foram cortadas possibilitou utilizá-las no painel como absorvedores e/ou difusores acústicos e trouxeram um design diferenciado ao produto.

As buchas após a secagem e assepsia, apresentaram uma cor mais clara e uma textura agradável, sendo de fácil manuseio, favorecendo sua utilização no projeto ( Figura 36).

**Figura 36- Buchas cortadas no sentido longitudinal e transversal**



Fonte: a autora (2021)

Todas as buchas foram utilizadas no produto in natura, sem acréscimo de qualquer tipo de tinta ou outro material que modifique o produto, com o propósito de apresentar o protótipo o mais natural possível. Porém notou-se que as mesmas podem ser pintadas de várias cores ou mesmo, cortadas de outros ângulos, devido a versatilidade do material.

### 6.1.2 Preparação do milho

### 6.1.2.1 Sabugo de milho

Para que o material acústico fosse preparado, o milho foi debulhado, lavado em água e colocado para secar naturalmente. Após a secagem que durou uma semana, algumas espigas apresentaram um aspecto de mofo e outras começaram a germinar, sendo que essas foram descartadas e usadas apenas as que secaram completamente (Figura 37).

**Figura 37- Sabugos encontrados com fungos e descartados**



Fonte: a autora (2021)

As espigas de milho secas foram lixadas e os sabugos reservados para serem utilizados como parte dos painéis acústicos. Notou-se que após serem lixadas, as espigas já secas não apresentavam mais sinais de mofo, mesmo depois de ter passado várias semanas secando naturalmente, o que tornou possível a utilização das mesmas no projeto.

Os sabugos foram cortados com uma faca média e serra pequena, sem a utilização de nenhum maquinário.

As espigas foram cortadas em tamanhos diferentes, no sentido transversal, já que em outros sentidos elas quebravam facilmente, devido ao miolo frágil. O objetivo de cortar em

vários tamanhos não foi apenas estético, apesar de apresentar uma aparência agradável, mas trazer um melhor desempenho acústico para a peça, já que a mesma será utilizada como difusor acústico (Figura 38).

**Figura 38- Sabugos cortados em diversos tamanhos**



Fonte: a autora (2021)

#### 6.1.2.2 Palha de milho

A palha de milho foi outro material utilizado para a elaboração dos painéis acústicos. Assim como os sabugos de milho, as palhas foram preparadas através da limpeza e secagem natural. Quando secas, as mesmas apresentaram uma coloração amarronzada e um aspecto ressecado, o que fez com que elas se tornassem menos resistentes, mas ainda úteis para o projeto.

O objetivo primário trata-se de usar o material in natura nos painéis, como absorvedores acústicos, já que este material já foi alvo de várias pesquisas acústicas, misturado a outros materiais, como por exemplo, na elaboração de uma manta termoacústica à base de fibra da

palha de milho e resina epóxi, tendo como conclusão que “o processo de produção dos compósitos reforçados com fibras de palha de milho se mostrou eficiente” (Brilhante, 2020).

### 6.1.3 Preparação dos painéis

Para a confecção da estrutura dos painéis foram usadas ripas de 50 mm e aglomerados lisos e perfurados de 3 mm, que foram lixados e pintados, com o objetivo de serem revestidos com os materiais sustentáveis (Figura 39).

**Figura 39- Preparação dos painéis de madeira**



Fonte: a autora (2021)

Os painéis foram unidos com cola de madeira e parafusos formando uma caixa que serve de base para colocar os materiais acústicos sustentáveis. A estrutura de todos os painéis foi elaborada com a utilização de madeira reaproveitada. As ripas utilizadas são de madeira mista e o aglomerado (Eucatex) trata-se de uma chapa dura de fibras de eucalipto muito usada na fabricação de móveis.

Foram cogitados outros tipos de materiais, como MDF de 15mm, tábua de madeira de 10mm, tecidos, papelão, bem como foram feitos outros tipos de perfurações no aglomerado, mas a escolha do material se deu por conta das características de sustentabilidade (o material usado é reaproveitado), peso (para que possa ter uma boa fixação na parede) e absorção acústica (no caso das perfurações no Eucatex).

#### 6.1.3.1 Painéis com bucha vegetal

Com a bucha vegetal foram confeccionados dois painéis. No modelo 1, as buchas foram cortadas transversalmente e coladas na parte frontal da estrutura de madeira, formando um design rústico e diferenciado. Esse modelo, por conta do material acústico utilizado, tende a ser um bom absorvedor acústico (Figura 40).

**Figura 40- Painel com buchas vegetais (modelo 1)**



Fonte: a autora (2021)

No modelo 2, as buchas foram cortadas no sentido transversal, formando folhas que foram colocadas umas sobre as outras, com o intuito de cobrir a parte frontal do aglomerado. Este modelo tem como base um material perfurado, sendo que sua absorção pode ser maior ou menor a depender da quantidade de buchas que forem sobrepostas no painel (Figura 41).

**Figura 41- Painel com buchas vegetais (modelo 2)**



Fonte: a autora (2021)

#### 6.1.3.2 Painel com sabugo de milho

O painel feito com sabugos de milho tem como objetivo funcionar como difusor acústico e por esse motivo os sabugos foram cortados transversalmente e de vários tamanhos para que o som, ao espelhar no painel, possa convergir para diversas direções, o que tende a criar um ambiente acusticamente agradável.

Os sabugos foram colados in natura no aglomerado com adesivo PVA, o qual se mostrou bem eficiente, sustentando todas as peças (Figura 42).

**Figura 42- Painel com sabugo de milho (modelo 3)**



Fonte: a autora (2021)

Este painel também pode ser pintado de várias cores, dependendo do projeto no qual será inserido, podendo ser utilizados pigmentos naturais ou mesmo tinta à base de água.

#### 6.1.3.3 Painéis com palha de milho

Assim como os sabugos, as palhas foram coladas na madeira in natura, sem nenhuma pintura ou processo químico. As palhas apresentaram também uma boa aderência com o adesivo PVA.

A disposição das palhas na madeira foi feita de forma a apresentar uma boa estética ao produto, possibilitando um design único a cada peça, já que seu desenho depende das características, formas e tamanho de cada palha utilizada (Figura 43).

**Figura 43- Painel com palha de milho (modelo 4)**



Fonte: a autora (2021)

Já para a confecção do Painel acústico modelo 5, as palhas foram cortadas em tiras de vários tamanhos e coladas umas sobre as outras, de maneira aleatória. O objetivo desse processo, além de estético, também é fornecer um diferencial acústico em relação ao modelo anterior, com uma possível utilização como absorvedor acústico.

Assim como os outros painéis, foi utilizado o adesivo PVA para a fixação das palhas, tanto para uni-las umas às outras, como para uni-las à madeira, o qual apresentou um bom desempenho, fixando todas as partes (Figura 44).

**Figura 44- Painel com tiras de palha de milho (modelo 5)**



Fonte: a autora (2021)

#### 6.1.3.4 Painel com tecido

O painel Modelo 6 foi elaborado com a utilização de tecido Oxford e possibilita a utilização do material acústico no seu interior, no presente caso, a bucha vegetal, palha ou sabugo de milho, ou mesmo a união de dois ou mais materiais triturados e colados com o adesivo PVA, formando um material acústico.

O referido painel, diferente dos demais, foi fixado com cola quente, já que o adesivo PVA, além de manchar o tecido, não foi eficiente para prender o tecido à madeira. Outra alternativa seria grampear o tecido com um grampeador apropriado para madeira.

Este tipo de painel, feito de forma artesanal ou industrializado, já é utilizado atualmente para o controle acústico em ambientes, sendo que geralmente é acrescido de lã de rocha ou lã de vidro e não de materiais acústicos sustentáveis, como é o pretendido neste projeto.

O protótipo deste painel foi elaborado com 200 mm em cada lado, pois este tamanho facilitou e tornou mais econômico a confecção do material, mas os painéis podem ser confeccionados de vários tamanhos, a depender da necessidade (Figura 45).

**Figura 45- Painel de tecido (modelo 6)**



Fonte: a autora (2021)

## **6.2 Análise do Potencial Acústico**

O potencial acústico dos painéis é condicionado aos materiais usados no mesmo, sendo que, a depender da densidade, espessura, perfuração e distancia da parede, os mesmos adquirem características de isolamento ou absorção acústica.

As vantagens acústicas podem ser otimizadas na estrutura dos painéis de diversas formas:

-Para que o material possua uma melhor absorção acústica, além do uso da madeira, pode-se utilizar outros materiais absorvedores, o que pode ser potencializado a depender do

espaço vazio entre o painel e a parede onde o mesmo será colocado. A tabela abaixo exemplifica essa mudança de coeficiente acústico a depender da espessura da madeira utilizada no projeto, do espaçamento que há entre o painel e a parede e da adição de material acústico na caixa de ar (Tabela 2).

**Tabela 2- Coeficientes de absorção acústica -madeira**

Materiais	Frequência Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Chapa leve de lã de madeira, de 25 mm em parede rígida	0,04	0,13	0,52	0,75	0,61	0,72
Chapa leve de lã de madeira de 25 mm com espaço vazio de 2,4 cm.	0,06	0,20	0,66	0,49	0,72	0,76
Chapa leve de lã de madeira de 25 mm em parede rígida com espaçamento de 5 cm, preenchido	0,25	0,33	0,80	0,90	0,80	0,83

Fonte: NBR 121791 (1992)

Conforme esta tabela acima fica nítida a diferença no coeficiente de absorção acústica quando um determinado painel é colocado diretamente na parede, quando há espaço vazio e se o mesmo é acrescido de material absorvedor. Nota-se que quando é colocado diretamente na parede rígida, o painel de 25mm absorve melhor nas frequências de 1000 e 4000 Hz, apresentando um coeficiente no valor de 0,75 e 0,72 sucessivamente, mas esta absorção é potencializada quando se acrescenta espaço vazio, sendo que nas baixas frequências sobe de 0,04 para 0,06 e de 0,13 para 0,20; nas médias frequências apresenta uma variação de 0,66 em 500 Hz e uma baixa em 1000 Hz, indo para 0,49 e nas altas frequência volta a subir com 0,72 e 0,73. Quando esse espaço vazio é preenchido com algum material absorvedor nota-se um ganho em todas as frequências, com melhor absorção em 1000 Hz.

-Utilização da própria bucha vegetal também no interior da estrutura, que a depender da quantidade empregada, traria ao painel a possibilidade de apresentar características mais absorvedoras. A bucha vegetal nesse caso, é uma alternativa para substituir os absorvedores acústicos que geralmente são utilizados nesses tipos de painéis. Tendo um NRC no valor de 0,61 a bucha vegetal tende a apresentar uma boa absorção acústica, o que pode ser melhorado com a sobreposição de várias camadas do material dentro do painel.

-Aplicação de mais perfurações nos painéis, o que tornaria possível aumentar a absorção acústica, pois quando as ondas sonoras entram em contato com os furos do material, é gerada uma fricção entre o ar e a superfície perfurada, sendo que segundo o Site Inovação Tecnológica “é essa perda de energia que resulta em um aumento na absorção do som” (2013).

- Emprego de caixas de ar com uma maior área para possibilitar um maior desempenho acústico. “Painéis com maior percentagem de área aberta tem melhor desempenho nas médias e altas-frequências” e as caixas de ar com uma maior dimensão apresentam um melhor desempenho nas baixas frequências (PATRAKIM, 2008). A caixa de ar dos painéis utilizados neste projeto é de 50 mm, o que implica na possibilidade de uma boa absorção acústica.

-Construção de painéis com uma maior área (os protótipos possuem uma área de 200 mm x 200 mm), que favoreceria a utilização de maior quantidade de materiais absorvedores e consequentemente aumentaria a absorção acústica dos painéis.

#### 6.2.1 Análise dos Protótipos

Os seis modelos elaborados neste trabalho possuem características diferenciadas por conta da estrutura e design de cada um deles, o que confere aos mesmos várias possibilidades de utilização para o tratamento acústico do ambiente.

Para um melhor entendimento do potencial acústico dos protótipos foram utilizados como referência os coeficientes sonoros de materiais similares como a fibra de coco, palha da bananeira, fibra de cana de açúcar e fibra de coco.

Para apresentar os coeficientes desses materiais sustentáveis foram incluídos neste trabalho dados de um estudo realizado em uma câmara reverberante com volume de 71,80 m<sup>3</sup> e uma temperatura de 25°C, umidade de 68% e Pressão de 92,7 KPa na FEC/UNICAMP-SP em conjunto com o Laboratório de Conforto Ambiental e os valores apresentados abaixo representam os coeficientes sonoros obtidos com “painéis feitos com fibra do pseudocaule da bananeira colada em fibra de coco natural prensada com 5 cm” (OITICICA & BERTOLI, 2015) (Tabela 3).

**Tabela 3- Coeficientes de absorção acústica de materiais similares**

Hz	 Palha de bananeira (PB)	 Palha bananeira montada em caibros (plenum 25mm) (PBP)	 Palha bananeira invertida (PBI)	 Palha bananeira invertida montada em caibros (plenum 25mm) (PBIP)
125	0,12	0,14	0,11	0,15
250	0,29	0,37	0,21	0,27
500	0,93	0,88	0,44	0,60
1000	0,52	0,42	0,88	0,95
2000	0,18	0,19	0,93	0,91
4000	0,12	0,18	0,73	0,72

Fonte: Oiticica & Bertoli (2015)

Outros valores que serviram de referência apresentam os coeficientes sonoros da fibra de aveia e cana de açúcar mostrando que os materiais sustentáveis podem apresentar um bom coeficiente sonoro sendo úteis para a fabricação de painéis acústicos (Tabela 4).

**Tabela 4- Coeficientes sonoros da fibra de aveia e cana de açúcar e da fibra de coco**

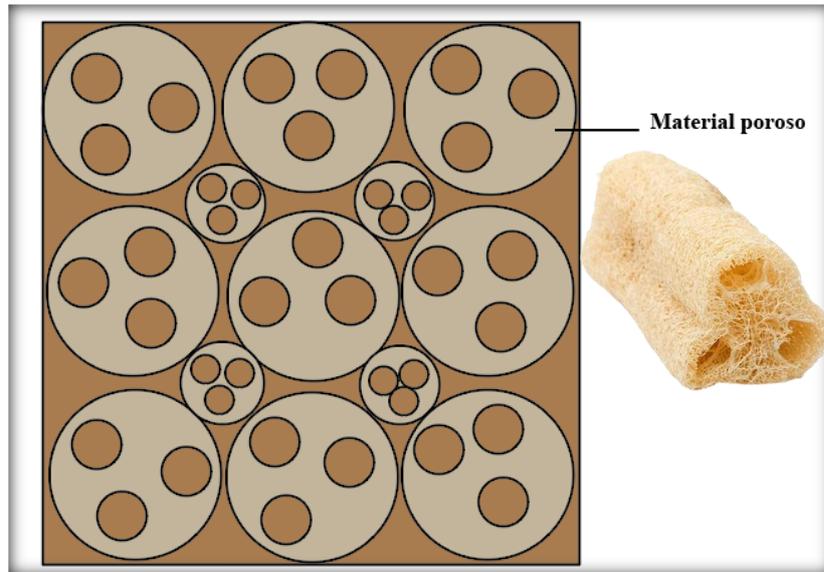
Materiais	Frequência Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Fibra de aveia e cana de açúcar	0,02	0,08	0,21	0,56	0,69	0,62
Fibra de Coco 20 mm	0,10	0,20	0,29	0,48	0,64	0,64
Fibra de coco 40 mm	0,19	0,29	0,45	0,70	0,80	0,76

Fonte: Coco verde reciclado; (SILVA, DEMARCHI, & MORALES, 2016); (CAMPOS, 2012)

Levando em consideração esses valores, o modelo 1 tende a funcionar como um absorvedor acústico devido a bucha vegetal colada no Eucatex (perfurado ou não), que além de ser um material absorvedor, possui poros abertos, que podem contribuir para uma boa absorção, o que pode ser potencializado com a aplicação da bucha vegetal também na caixa de ar existente

no interior do painel ou com o afastamento da parede, dependendo da frequência que iria necessitar a absorção mais direcionada (Figura 46).

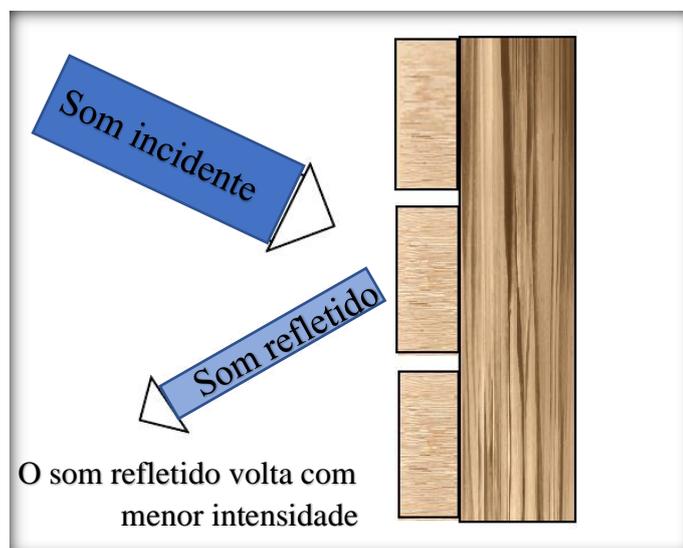
**Figura 46- Potencial acústico da bucha vegetal (modelo 1)**



Fonte: A autora (2021)

A bucha vegetal por ser um material poroso não reflete de imediato o som no ambiente, mas possibilita a entrada do mesmo pelos poros, depois na caixa de ar e absorve o som que tende a voltar com uma menor intensidade (Figura 47).

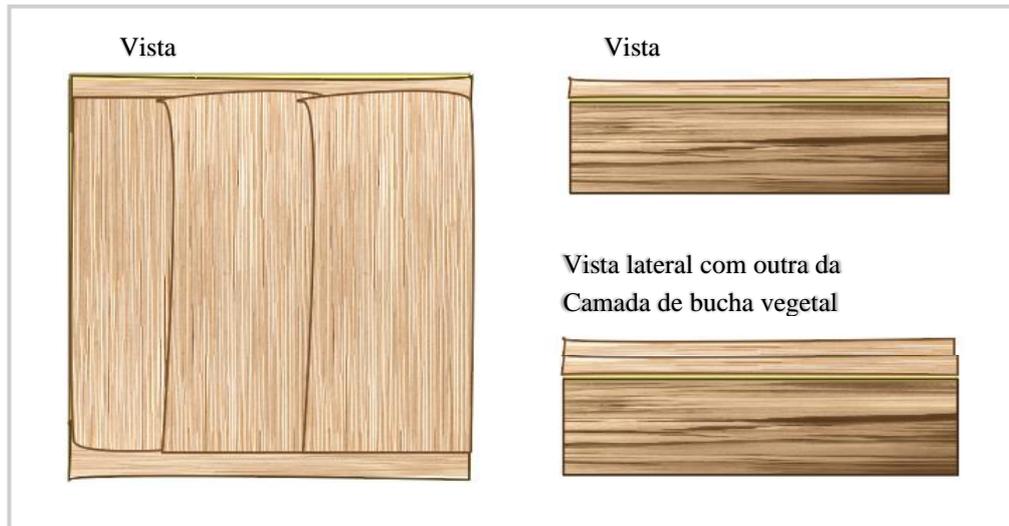
**Figura 47- Modelo 1, entrada e saída do som no painel**



Fonte: a autora (2021)

O modelo 2 utiliza também a bucha vegetal com cortes transversais em camadas, favorecendo uma boa absorção acústica, o que também pode ser potencializado com a utilização de mais camadas sobrepostas na parte frontal ou utilização das buchas também na estrutura interna (Figura 48).

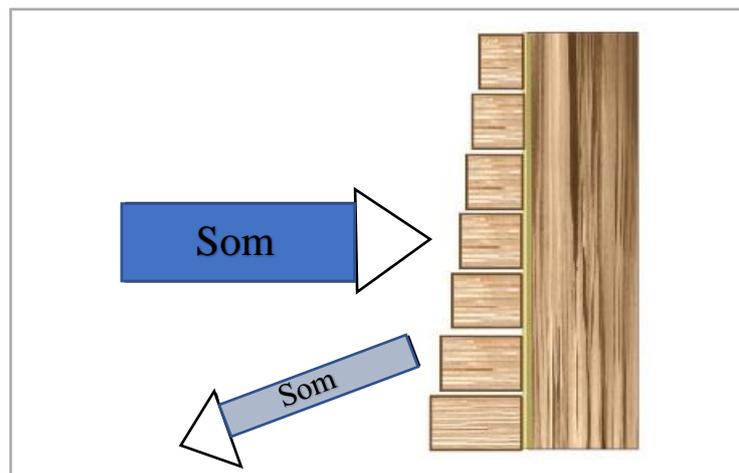
**Figura 48- Modelo 2, possibilidade de mais camadas**



Fonte: a autora (2021)

O Modelo 3 foi elaborado com o intuito de servir como difusor acústico, sendo que seu design (com os sabugos de milho cortados de diversos tamanhos e fixados no Eucatex) tende a fornecer um maior espalhamento sonoro no ambiente, o que possibilita uma melhor uniformidade e qualidade sonora (MANFRINI, 2018) (Figura 49).

**Figura 49- Espalhamento sonoro no Modelo 3**



Fonte: a autora (2021)

O modelo 4 é revestido de palhas de milho distribuídas aleatoriamente sobre o Eucatex com medidas e alturas diferentes, o que permite que o painel tenha características também de difusor acústico, com probabilidade de ser utilizado no tratamento acústico de ambientes.

O modelo 5 utiliza a palha de milho cortada em pedaços menores e coladas umas sobre as outras e tem como diferencial a utilização de furos no Eucatex o que confere ao painel a possibilidade de ser um bom absorvedor acústico, contribuindo para minimizar a reverberação no local onde for inserido (Figura 50).

**Figura 50- Utilização das palhas de milho na absorção sonora (Modelos 4 e 5)**



Fonte: a autora (2021)

O modelo 6 apresenta propriedades de um bom absorvedor acústico com a probabilidade de reduzir o som reverberante por conta do enquadramento em madeira revestido de tecido Oxford, com caixa de ar e da possibilidade de uso da bucha vegetal no interior do mesmo, o que, a depender da quantidade colocada, pode tornar o painel mais ou menos absorvedor (Figura 51).

**Figura 51- Preenchimento no interior do painel (modelo 6)**



Fonte: a autora (2021)

A colocação da bucha vegetal no interior dos painéis, não apenas no modelo 6, como nos demais modelos, tende a potencializar as características acústicas dos mesmos, já que a absorção acústica de um material se multiplica quando é preenchido o espaço vazio com outros materiais absorvedores.

Todos os 6 painéis têm características de sustentabilidade e possuem potencial acústico por conta dos materiais e processos utilizados na fabricação, sendo úteis para projetos de interiores que visem atingir esses fins.

### **6.3 Limitações da Pesquisa**

Para que fossem comprovadas as propriedades acústicas reais dos painéis, seriam necessários testes com um tubo de impedância ou com uma câmara reverberante, o que traria um melhor entendimento do potencial acústico dos modelos apresentados, bem como identificaria os coeficientes de absorção sonora de cada material (bucha vegetal, sabugo de milho e palha de milho) em cada situação apresentada, porém estes testes não foram possíveis devido às medidas de isolamento social instaladas pelo governo estadual por conta da pandemia de covid-19, dando margem para que este estudo seja realizado nos futuros trabalhos.

## 6.4 Resultados e Discussões

Através das pesquisas realizadas ficou constatada a importância da elaboração de produtos com vistas à sustentabilidade. Foi observado que o desenvolvimento de objetos sustentáveis traz inúmeras vantagens, tanto para o meio ambiente como para o ser humano, possibilitando minimizar problemas socioambientais.

Os 6 painéis acústicos elaborados neste trabalho se mostraram satisfatórios no sentido de que contemplaram essa questão da sustentabilidade com a utilização de materiais reaproveitados, baixo custo de produção, economia de água e energia na fabricação, bem como com a escolha de materiais sustentáveis alternativos.

No sentido da acústica, os painéis apresentaram potencial de serem utilizados como absorvedores e difusores sonoros, à medida que, na composição dos mesmos, foram usados materiais com características para esses fins, apesar de que o coeficiente de absorção sonora dos mesmos não pode ser comprovado pela impossibilidade de serem feitos testes com equipamentos próprios.

Na questão do design, os produtos se mostraram adequados, mas necessitam de que sejam feitas melhorias para uma apresentação mais satisfatória dos mesmos, já que os protótipos foram confeccionados de forma caseira, sem acabamento. Essas mudanças trarão mais beleza aos painéis, possibilitando seu uso em design de interiores.

## CONCLUSÃO

Atualmente muito tem se falado em sustentabilidade e cresce a demanda por produtos que não prejudiquem o meio ambiente e forneçam soluções mais limpas e econômicas para o mercado. Diante desse quadro há uma infinidade de pesquisas que podem ser realizadas, dentre elas, investigações sobre a utilização de matérias primas que são descartadas constantemente sem que todo o seu potencial seja utilizado.

Foi com este foco que este trabalho foi realizado, utilizando a bucha vegetal e o milho, produtos que são facilmente encontrados na natureza, mas que ainda não foram esgotadas suas possibilidades de uso, possibilitando a elaboração de painéis acústicos com características sustentáveis.

Para tanto foi realizada uma pesquisa exploratória, voltada para as áreas de sustentabilidade, acústica e design o que foi fundamental para que os produtos elaborados cumprissem os requisitos desejados.

Com as pesquisas sobre sustentabilidade foi possível alcançar um melhor entendimento sobre o assunto e sua importância nos dias atuais e com isso buscar soluções para que os produtos elaborados atendessem os critérios de sustentabilidade desde as primeiras fases do ciclo de vida, com a escolha de materiais reutilizados, pouco gasto de água e energia e um design que torna o produto mais econômico com a possibilidade de ser reciclado.

O estudo sobre acústica trouxe uma melhor compreensão sobre a relevância do tema e a necessidade da elaboração de produtos que atendam esse nicho. As pesquisas sobre painéis acústicos já vendidos atualmente revelou uma grande demanda que precisa ser atendida, já que a grande maioria desses objetos nem sempre são acessíveis, baratos ou sustentáveis, o que motivou a elaboração de painéis com materiais que podem ser facilmente encontrados, com um custo baixo e que possuem características de sustentabilidade.

Com a aplicação da metodologia de Design foi possível elaborar a conceito do produto, sendo que a realização de questionário, a criação de personas, os painéis semânticos e a matriz de posicionamento, foram de suma importância para a elaboração dos requisitos do projeto, o que culminou na criação de produtos com um design inovador, que atenderam às especificações apresentadas.

## FUTUROS TRABALHOS

Após a conclusão deste trabalho foi observado que nem todas as possibilidades foram esgotadas referentes ao uso dos materiais utilizados na confecção dos painéis e diante das muitas oportunidades que surgiram no desenrolar das pesquisas, estão elencados a seguir os futuros trabalhos que poderão ser realizados:

- Investigar o coeficiente de absorção sonora dos painéis com a utilização de equipamentos próprios, em câmara reverberante ou tubo de impedância;
- Incluir os painéis sustentáveis em projetos de interiores;
- Analisar o desempenho da bucha vegetal e do milho no design de produtos com funções acústica, como atenuadores de ruídos;
- Pesquisar a utilização dos materiais sustentáveis para a confecção de novos produtos com outros propósitos;
- Estudar outras matérias primas sustentáveis com o objetivo de descobrir novos usos para materiais que geralmente são descartados, palha de cana de açúcar, palha de coqueiro, entre outras possibilidades;
- Pesquisar materiais sustentáveis com o intuito de gerar renda para pessoas carentes.

## REFERÊNCIAS

ABECASSIS-MOEDAS, Céline. **O papel do design na inovação**. Porto: Universidade Católica Editora. 2019

ABELHEIRA, Ricardo; MELO, Adriana. **Design Thinking e Thinking Design - Metodologia, ferramentas e reflexões sobre o tema**. São Paulo: Novatec Editora Ltda. 2015

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tratamento acústico em recintos fechados**. Rio de Janeiro. 1992

AFONSO, Cintia Maria. **Sustentabilidade: Caminho ou Utopia?** São Paulo: Annablume. 2016

AKATU. **Akatu- Por um consumo consciente**. (25 de julho de 2018). Acesso em 20 de dezembro de 2019, disponível em Akatu.org.br: <https://www.akatu.org.br/noticia/pesquisa-akatu-2018-preco-e-percebido-como-forte-barreira-na-adocao-de-praticas-sustentaveis/>.

AMERICHI, A. C., MARCONCINI, J. M., TEIXEIRA, F. F., & PAES, M. C. (2010). *Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - EMBRAPA-Milho e Sorgo*. Acesso em 2021 de Abril de 2021, disponível em Portal EMBRAPA: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47371/1/Avaliacao-propriedades.pdf>

ANDRADE, Deise Ramos de et al; **Efeitos do Ruído Industrial no Organismo**. Pró-fono: revista de atualização científica, 10, pp. 17-20. 1998. Acesso em 12 de fevereiro de 2020, disponível em <http://hdl.handle.net/10183/119240>

ARRIVABENE, Rafael. **Design: Projeto Mutante**. São Paulo: 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 12179**. Rio de Janeiro.1992

BARRELLA, Fabíola A. **Gestão e Desenvolvimento de Produtos e Serviços**. São Paulo: Senac. 2019

BAUD, Gerard. **Manual de Pequenas Construções: Alvenaria e Concreto Armado.** Curitiba: Hemus. 2002

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**-Guia prático para o design de novos produtos (2ª ed.). São Paulo: Blucher. 2005

BEST, Kathryn. **Fundamentos de Gestão do Design.** Porto Alegre: Bookman. 2012

BISTAFA, Sylvio. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído.** São Paulo: Blucher. 2011

BISTAFA, Sylvio. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído** (3ª ed.). São Paulo: Blucher. 2018

BOLF, Leonardo. (2017). **Sustentabilidade: O que é- O que não é.** Petrópoles: Vozes. 2017

BONSIEPE, Gui. **Metodologia Experimental: desenho industrial.** Brasília: CNPq. 1984

BRAGA, Newton C. **Curso de Eletrônica - Fundamentos de Som e Acústica** (1ª ed.). São Paulo: Institute NCB. 2014

BRANDÃO, E. **Acústica de salas: Projeto e modelagem.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 2016

BRASIL. **NR 15- Norma Regulamentadora 15** - Atividades e Operações Insalubres. 20 de outubro de 2017. Acesso em 2020, disponível em Secretaria de Trabalho - Ministério da Economia: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>

BRASIL, Alana Gandra- Agência. **OMS estima 25 bilhões de pessoas com problemas auditivos em 2050.** Rio de Janeiro.02 de março de 2021. Acesso em 12 de maio de 2021, disponível em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-03/oms-estima-25-bilhoes-de-pessoas-com-problemas-auditivos-em-2050>

BRILHANTE, Felipe de Freitas. **Desenvolvimento de Manta Termoacústica à Base de Fibra da Palha de Milho e Resina Epóxi**. Trabalho de Conclusão de Curso, 57. Fortaleza. 2020

BUARQUE, Lia; LIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. (3ª ed.). São Paulo: Edgar Blucher. 2016

BUXTON, Pamela. (2017). **Manual do Arquiteto - Planejamento, Dimensionamento e Projeto** (5ª ed.). Porto Alegre: Bookman. 2017

CAMPOS, Rubya Vieira de Melo. **Painéis Para Tratamento Acústico Utilizando Fibras Naturais**. Pós- graduação em Engenharia Urbana – *PEU* . Maringá. 2012

CARVALHO, Joana D'arc Vieira. **Dossiê Técnico-Cultivo de Bucha Vegetal**. 2007. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB . Acesso em março de 2020, disponível em <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjI5>

CATAI, Rodrigo Eduardo; PENTEADO, André Padilha; DALBELLO, Paula Ferraretto. **Materiais, Técnicas e Processos Para Isolamento Acústico**. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Departamento Acadêmico. 2006

COELHO, João Marques. **Efeitos do Ruído no Ambiente Escolar e Suas Implicações no Processo**- Um Estudo Ambiental Contextualizado. Várzea Grande: Edição do Autor. 2014

CORRÊA, Vanderlei Moraes; BOLETTI, Rosane Rosner. **Ergonomia: Fundamentos e Aplicações**. Porto Alegre: Bookman. 2015

COSTA, Luana Folchini da. **Sustentabilidade Social como Resultado da Inovação Social**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade de Caxias do Sul, CAXIAS DO SUL. 2018

DEBATIN, Martin Cristian Beuter et al. **Estudo da Utilização de Materiais Alternativos como Painéis de Isolamento Acústico**. XXVI Seminário de Iniciação Científica. 2018

DEMARCHI, Carlos Alberto. **Aplicabilidade de Placas de Bananeira: Produção, Caracterização e Absorção Sonora**. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento, da Universidade Estadual de Londrina - UEL . Londrina. 2010

DREHMER, Júlio. **Teoria Musical Avançada** (1ª ed.). Curitiba: Clube de Editores.2012

EDITORA SARAIVA LTDA. **Segurança e Medicina no Trabalho** (21ª ed.). São Paulo: Saraiva. 2018. Acesso em 2020

FARIA, Paulo Henrique de. **Tratamento Acústico na Construção Civil**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, 24-26. Belo Horizonte. 2013

FAZZIO, Daniel Mancini. **Comportamento Acústico de Objetos do Cotidiano e Seu Uso Prático: Projeto e Aplicação de Acústica**. Porto Alegre: Revolução e-Books- Simplissimo. 2018

FERNANDES, João Cândido. **Acústica e Ruídos**. Apostila desenvolvida para as disciplinas: Acústica e Ruídos (Graduação em Eng. Mec);,Ruídos (Especializ. Engenharia Segurança do Trabalho);Acústica e Ruídos (Curso de Aperfeiçoamento);Ruídos Urbanos (Curso de Extensão). Bauru: Depto de Engenharia Mecânica. 2002

FERREIRA, Cristiano Vasconcelos, et al. **Projeto de Produto**. São Paulo: Elsevier Editora Ltda. 2011

FILHO, Eduardo Romero. **Projeto de Produto**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda. 2011

GOMES, Danila; QUARESMA Manuel. **Introdução ao design inclusivo** (1ª ed.). Curitiba: Appris Ltda. 2018

GOMES, T. V. (11 de março de 2012). **Você sabe o que é ser sustentável?** 2012. Fonte: Estadão- Portal do estado de São Paulo: <https://sustentabilidade.estadao.com.br/blogs/seja-sustentavel/voce-sabe-o-que-e-ser-sustentavel-2/>

HSUAN-AN, Taí. **Design, conceitos e métodos** (1ª ed.). São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 2018

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Isolamento acústico fica mais eficiente quando é perfurado.** (18 de janeiro de 2013). Acesso em 27 de Março de 2021, disponível em Site Inovação Tecnológica:  
<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=isolamento-acustico-perfurado&id=010170130118#.YF--qa9KjIU>

JARAMILLO, Ana Maria. **ACÚSTICA: la ciencia del sonido** (1ª ed.). Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano. 2000

JONHSON, Kara; ASHBY, Michael. **Materiais e Design -Arte e ciência da seleção de materiais no Design de Produtos.** São Paulo: Elsevier. 2011

JORGE, Miriam José Fernandes. **A cultura da Sustentabilidade Social.** Dissertação apresentada no âmbito do Mestrado em Ciências Jurídico-Forenses Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. Coimbra. 2015

JR, Widomar P. Carpes. **Introdução ao Projeto de Produtos.** Porto Alegre: Bookman. 2014

KARLEN, Mark. **Planejamento de Espaços Internos.** Porto Alegre: Bookman. 2010

KRUCKEN, Lia. **Design e Território: Valorização de Identidades e Produtos Locais.** São Paulo: Studio Nobel. 2009

LACOBBA, Rocío Navarro, **Guía Definitiva de Física,** Espanha. 2014

LA ROCHA- Indústria e Comércio de Fibras Minerais. (s.d.). **Dados de Segurança.** Acesso em 12 de maio de 2021, disponível em La Rocha- Indústria e Comércio de Fibras Minerais: <http://www.larocha.com/?larocha=msds>. 2021

LAMOUNIER, Mônica Mesquita. **Critérios para a seleção de materiais acústicos utilizados em recintos fechados para diferentes tipologias.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Materiais na Universidade Federal de Ouro Preto, 22. Ouro Preto. 2008

LEAL, Joice Jopert. **Um Olhar sobre o Design Brasileiro**. São Paulo: Imprensa Oficial. 2002

LIDA, Tiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2ª edição. São Paulo: Blucher. 2005

LIPOVETSKY, Gilles; SERROY, Jean. (2014). **O Capitalismo Estético na Era da Globalização**. Lisboa: Edições 70. 2014

LOPES, Renata Kintschner. **Relações e Influências da Aplicação da Acústica no Processo de Projeto de Arquitetura Contemporânea**. Dissertação de Mestrado. Campinas. 2010

MANFRINI, Luiza. **Saiba quais são os materiais mais utilizados em acústica**. 2018. Acesso em 30 de Março de 2021, disponível em AEROJR: <https://aerojr.com/blog/materiais-mais-utilizados-em-acustica-e-suas-classificacoes/>

MANZINI, Ezzio, VEZZOLI, Carlos. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis- Os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Edusp. 2008.

MANZINI, Ezzio. **Design Para Inovação Social e Sustentabilidade/ Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: e-Paper. 2008

MANZINI, Ezzio. (2011). **Design para a Inovação Social e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman. 2011

MARIANO, Enzo Barbério. **Progresso e Desenvolvimento Humano: Teorias e indicadores de riqueza, qualidade de vida, felicidade e desigualdade**. Rio de Janeiro: Alta Books. 2019. Acesso em 10 de agosto de 2020, disponível em <https://books.google.com.br/books?id=tXfRDwAAQBAJ&pg=PT60&dq=o+que+%C3%A9+ecodesign&hl=pt->

MARQUES, Wagner Luiz. **Sustentabilidade Não Tem Cara, Mas Tem Vida**. Curitiba: Cianorte-Paraná. 2014

MAZZEU, Fabio. **Isolamento acústico: o que é, como fazer e quais os principais materiais.** 2018 Acesso em 12 de maio de 2021, disponível em Fábio Mazzeu - Áudio Blog: <https://fabiomazzeu.com/o-que-e-isolamento-acustico/>

MAZZEU, Fabio. **O que é painel acústico, para que serve e como usar.** 2018. Acesso em 15 de dezembro de 2019, disponível em Fabio Mazzeu - Audio Blog: <http://fabiomazzeu.com/o-que-e-painel-acustico-para-que-serve-e-como-usar/>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Circular Técnica.** Irrigação na cultura da bucha vegetal . Brasília: Embrapa. 2013

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ecodesign.** 2019. Fonte: [mma.gov.br](http://mma.gov.br): <https://www.mma.gov.br/informma/item/7654-ecodesign.html>

MORAES, Giovanni. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas- Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho** (1ª ed.). Rio de Janeiro: Verde Editora. 2011

MOREIRA, Luiz Alberto Silva. **Sustentabilidade Ambiental- Avanço ou retrocesso para o desenvolvimento?** Joinville/ Santa Catarina: Clube de Autores. 2015

MOTA, Maria Kalionara de Freitas. **Obtenção e Caracterização de um Compósito de Matriz Polimérica com Carga de Bucha Vegetal (Luffa Cylindrica).** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 34, 35. Natal. 2016

MURGEL, Eduardo. **Fundamentos da Acústica Ambiental.** São Paulo: Senac. 2007

NAVEIRO, R. M; E. P. **Ecodesign: O desenvolvimento de projeto de produto orientado para reciclagem.** V Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto . Belo Horizonte. 2005. Acesso em 2020, disponível em <https://cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC00050006.pdf>

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Acústica Técnica.** São Paulo: Técnico Gráfica Industrial. 1922

NILSEN, Lene. **Personas - User Focused Design.** Copenhagem: Springer. 2013

NOTTOLI, Hernan Santiago. **Física Aplicada a La Arquitectura**. Buenos Aires: Nobuko. 2007

OITICICA, Maria Lúcia; BERTOLI, Stellamaris Rolla. **Características Absorvedoras de um Protótipo Sustentável Fabricado em Fibra de Coco e Revestido em Palha de Bananeira**. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. São Paulo. 2015

OLIVEIRA, Mariana Lima de. **Obtenção e Caracterização de um Compósito de Matriz Polimérica com Carga de Resíduos Vegetal Proveniente do Sabugo de Milho**. Dissertação Mestrado em Engenharia de Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2015

PATRAKIM, Ricardo; PATRÍCIO, Jorge. **Painéis Acústicos de Design Inovador**. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra. 2008

PAZMINO, A. V. **Uma Reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável**. Artigo publicado no I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Joinville, Santa Catarina, Brasil. 2007

PAZMINO, Ana Verônica. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável**. I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Curitiba. 2007

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

PEREZ, Maria Lúcia Grilo; ROBERTO Luiz. **Física e Música** (1ª ed.). São Paulo: Livraria da Física. 2016

RODRIGUES, Antonio Newton Borges; GONÇALVES, Clóves. **Introdução à Física Acústica** (1ª ed.). São Paulo: Livraria da Física. 2016

SANTOS, Jorge Luiz Pizzuti dos. **Estudo do Potencial Tecnológico de Materiais Alternativos em Absorção Sonora**. Santa Maria: Editora ufsm. 2005

SANTOS, Wanderson Bruno Souza dos. **Análise do Conforto Acústico da Sala F2- setor IV da Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN**. Artigo científico- Trabalho de Conclusão de Curso. Rio Grande do Norte. 2019. Acesso em 01 de 2020 de agosto, disponível em [https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/9856/1/Analisedoconforto\\_Santos\\_2019.pdf](https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/9856/1/Analisedoconforto_Santos_2019.pdf)

SERRANO, Pablo. **Material acústico projetável - Ressonador de Helmholtz** - Portal Acústica. 2018. Fonte: Portal Acústica: <http://portalacustica.info/material-acustico-projetavel/>

SERRANO, Pablo.. **Portalacustica.info/sustentabilidade-acustica-e-design/**. 2020. Acesso em 14 de agosto de 2020, disponível em Portal Acústica: <https://portalacustica.info/sustentabilidade-acustica-e-design/>

SILVA, Diógenes M., DEMARCHI, Carlos A. MORALES, Gilson . **Aplicabilidade de Placas de Fibra de Bananeira na Absorção Sonora e Isolamento Acústico**. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo. 21, 22 e 23 de setembro de 2016. Acesso em 13 de abril de 2021, disponível em <http://docplayer.com.br/30158302-Aplicabilidade-de-placas-de-fibra-de-bananeira-na-absorcao-sonora-e-isolamento-acustico-1.html>

SIQUEIRA, Ethevaldo. **Para Compreender o Mundo Digital**. São Paulo: Globo S. A. 2008

SOUZA, Emilye Sthefane de et al. **Aplicação da fibra de coco no processo de isolamento termo acústico**. Revista gestão e sustentabilidade ambiental. 2015

SOUZA, Fernando Pimentel. **A Poluição Sonora Ataca Traiçoeiramente o Corpo**. Belo Horizonte: Meio Ambiente em Diversos Enfoques -Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 1992

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luis. **Be-a-Bá da Acústica Arquitetônica**. São Carlos: Edufscar. 2012

TEIXEIRA, Flávia França; AVELLAR, Gisela de. (2008). **Considerações sobre a manutenção de germoplasma de milho no Brasil. (Embrapa)**. 2008. Acesso em 7 de Abril de 2021, disponível em Embrapa Milho e Sorgo: [http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2009-09/21392/1/Doc\\_70.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2009-09/21392/1/Doc_70.pdf)

TORRES, Pablo Marcel de Arruda. **Inovação & Design: perspectivas projetuais para o mundo contemporâneo** . Curitiba: Appris Ltda. 2020

VIANA, Maurício et al. **Design Thinking: Inovação em Negócios**. Rio de Janeiro: MJV Press. 2012

VIEIRA, Rodrigo José de Andrade. **Placas de Fibra de Coco para Isolamento Térmico e Acústico**. Tese de Mestrado Universidade Federal do Pará . Belém. 2008

WALKER, Stuart. **The Handbook of Design for Sustainability**. New York: Bloomsbury Academic. 2013

WEERDMEESTER, Bernard; DUL, Jan. **Ergonomia Prática** (3ª ed.). São Paulo: Edgar Blücher. 2012

WESTIN, Ricardo. **Silêncio!** 2018. Acesso em 2019, disponível em Jornal do Senado: <https://www12.senado.leg.br/jornal/edicoes/2018/05/29/jornal.pdf#page=7>

WILLIAMS, Daniel E. **Sustainable design: ecology, architecture and planning**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2007. Acesso em 16 de 06 de 2020, disponível em <https://books.google.com.br/>

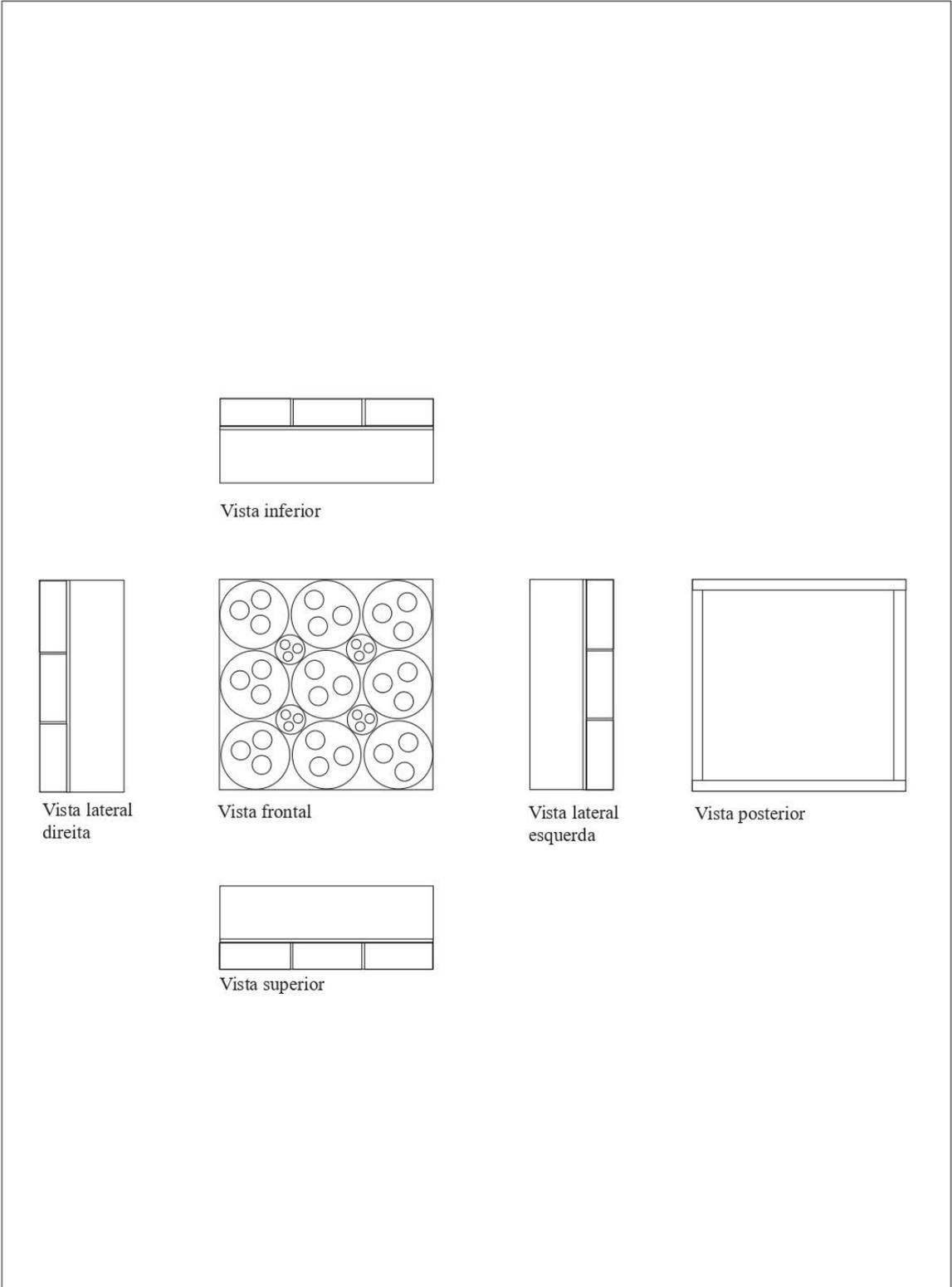
WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2019

YAMAMOTO, Danielle Fujiwara; MESSINA, Douglas Estevam; XAVIER, Gabriela Cardoso. **Sustentabilidade- Qualidade de Vida e Sustentabilidade nas Organizações**. 2018. Boletim de Inovação e Sustentabilidade-Programa de Pós-Graduação em Administração e Programa de Pós-Graduação em Economia FEA/PUC-SP. São Paulo .

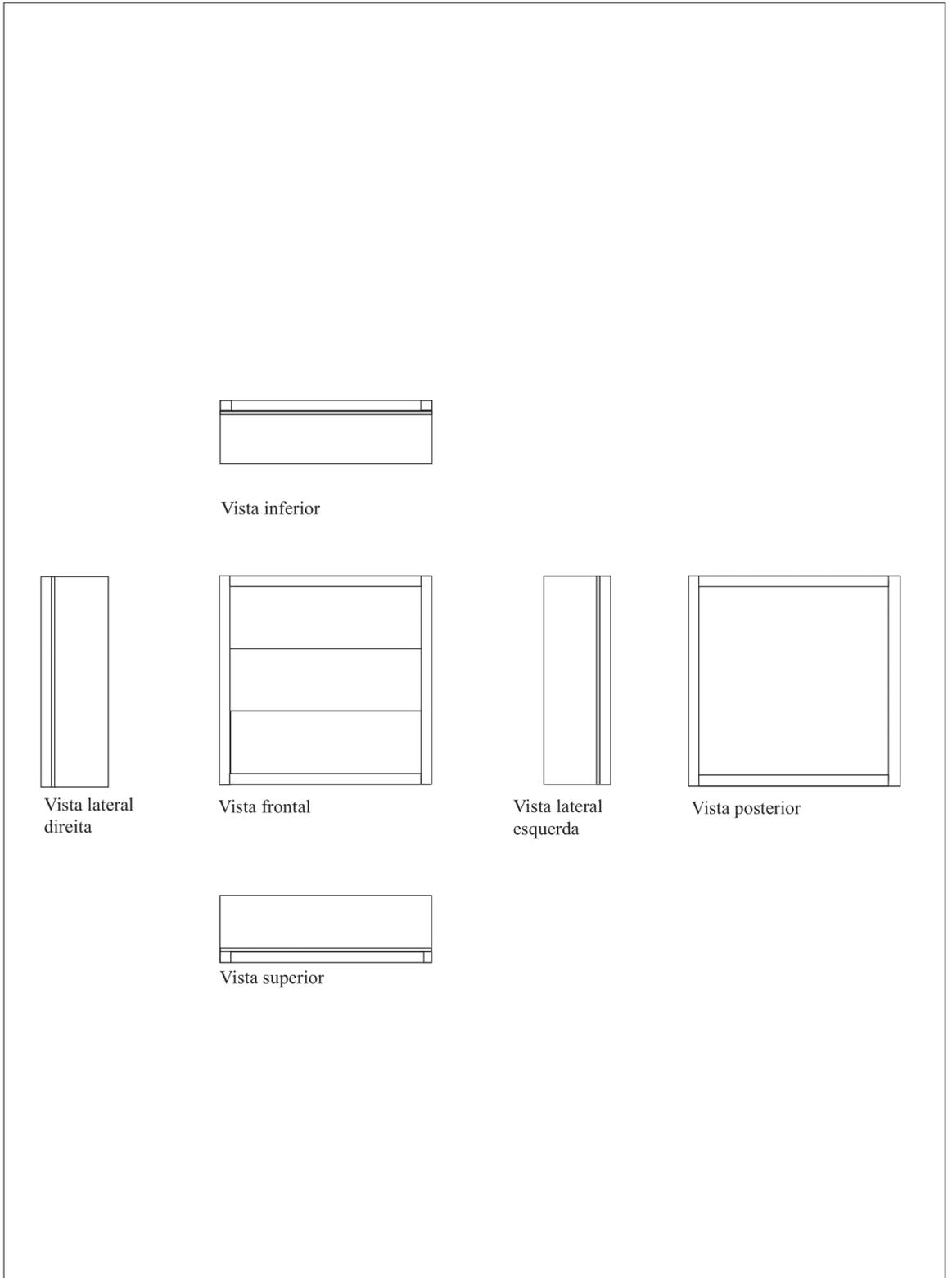
## APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO

PERGUNTAS UTILIZADAS NO QUESTIONÁRIO	
<b>1-Idade</b>	a. 18-25 anos    b. 26-30 anos    c. 31-40 anos    d. 41-50 anos    e. Acima de 50 anos
<b>2-Estado civil</b>	a. Solteiro(a)    b. Casado(a)    c. Viúvo(a)    d. Divorciado(a)    e. Outro
<b>3-Qual a sua profissão?</b>	
<b>4-Você costuma frequentar locais barulhentos?</b>	a. Constantemente    b. Às vezes    c. Nunca
<b>5-Como você se sente quando está em um ambiente ruidoso?</b>	a. Não gosto    b. Indiferente    c. Gosto
<b>6- Já precisou realizar tratamento acústico em algum recinto?</b>	a. Sim    b. Não    c. Não lembro
<b>7- Se precisou, você conseguiu encontrar facilmente painéis acústicos no mercado?</b>	a. Sim    b. Não    c. Não procurei    d. Não senti necessidade de um painel acústico
<b>8-Assinale se você exerce alguma atividade como:</b>	a. Cantor(a) e/ou músico    b. Pastor    c. Padre    d. Coaching    e. Youtuber    f. Professor
<b>9-Quais as principais características que você espera achar em um produto?</b>	a. Qualidade do material    b. Durabilidade    c. Preço acessível    d. Design    e. Eficiência f. Facilidade de instalação
<b>10-Você considera importante a questão da sustentabilidade em um produto?</b>	a. Sim    b. Não    c. Sou indiferente à questão de sustentabilidade
<b>11- Quais os principais problemas de produtos considerados sustentáveis?</b>	a. Escassez no mercado    b. Preços altos    c. Pouca qualidade    d. Considero satisfatórios e. Não me interessa por produtos sustentáveis
<b>12- Quais desses painéis acústicos lhe agrada mais?</b>	<p>a. </p> <p>b. </p> <p>c. </p> <p>d. </p>

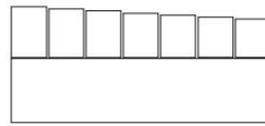
**APÊNDICE B- VISTAS**



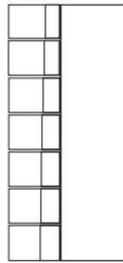
Trabalho de Conclusão de Curso			
Soraya Barreto de Andrade	DETALHAMENTO TÉCNICO		Folha:
Universidade Federal de Alagoas Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Curso de Design	VISTAS MODELO 1	Unidade: mm	1/6
		Escala: 1:5	



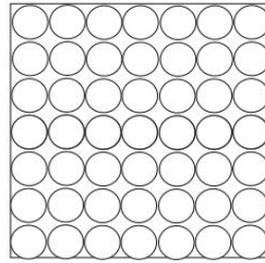
Trabalho de Conclusão de Curso			
Soraya Barreto de Andrade	DETALHAMENTO TÉCNICO		Folha:
Universidade Federal de Alagoas Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Curso de Design	VISTAS MODELO 2	Unidade: mm	2/6
		Escala: 1:5	



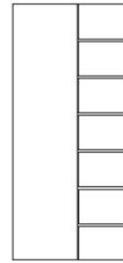
Vista inferior



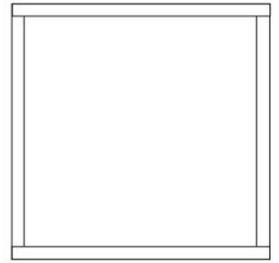
Vista lateral direita



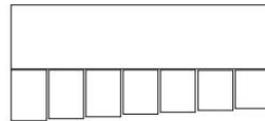
Vista frontal



Vista lateral esquerda



Vista posterior



Vista superior

Trabalho de Conclusão de Curso

Soraya Barreto de Andrade

DETALHAMENTO TÉCNICO

Folha:

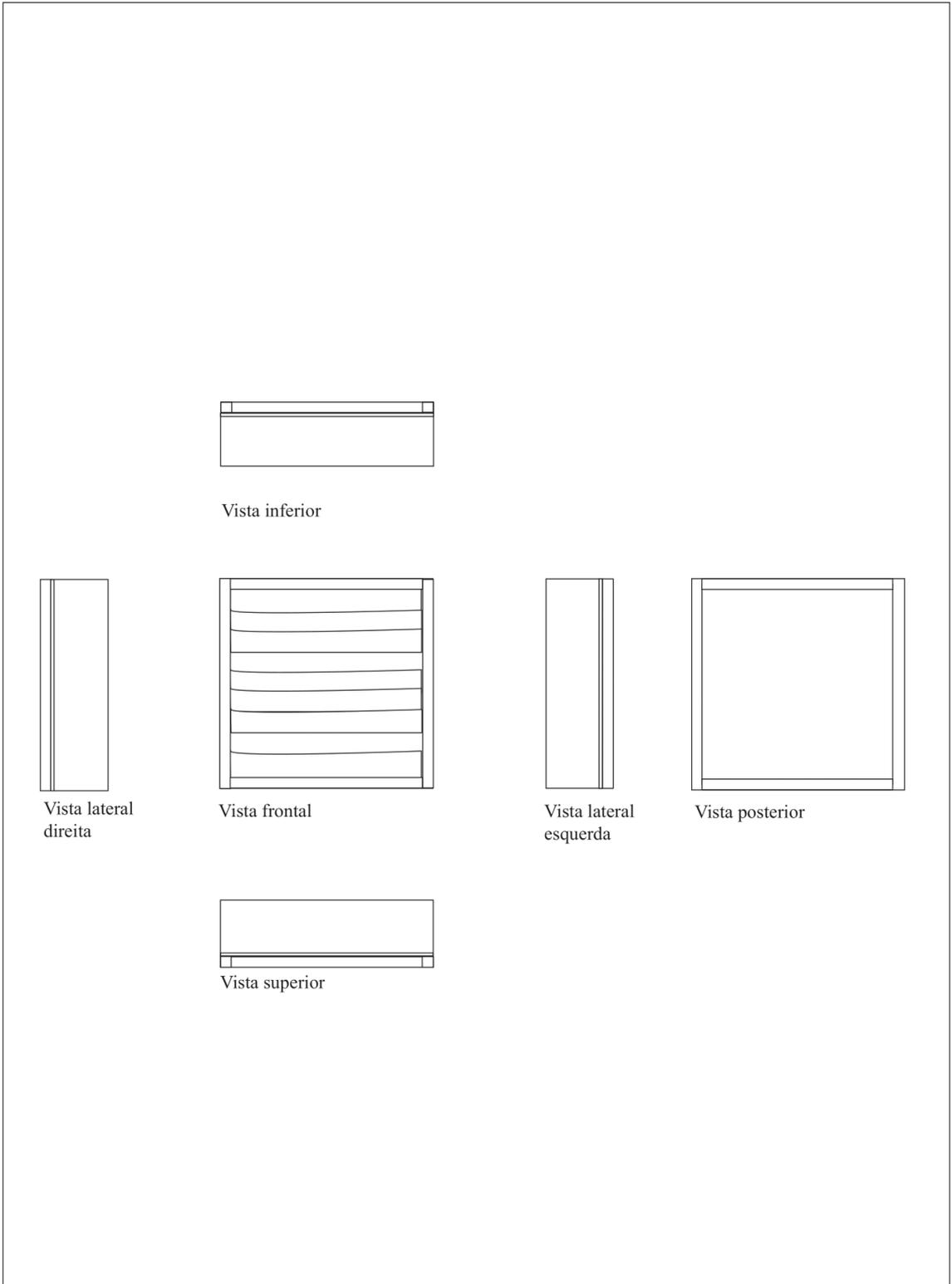
Universidade Federal de Alagoas  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Curso de Design

VISTAS  
MODELO 3

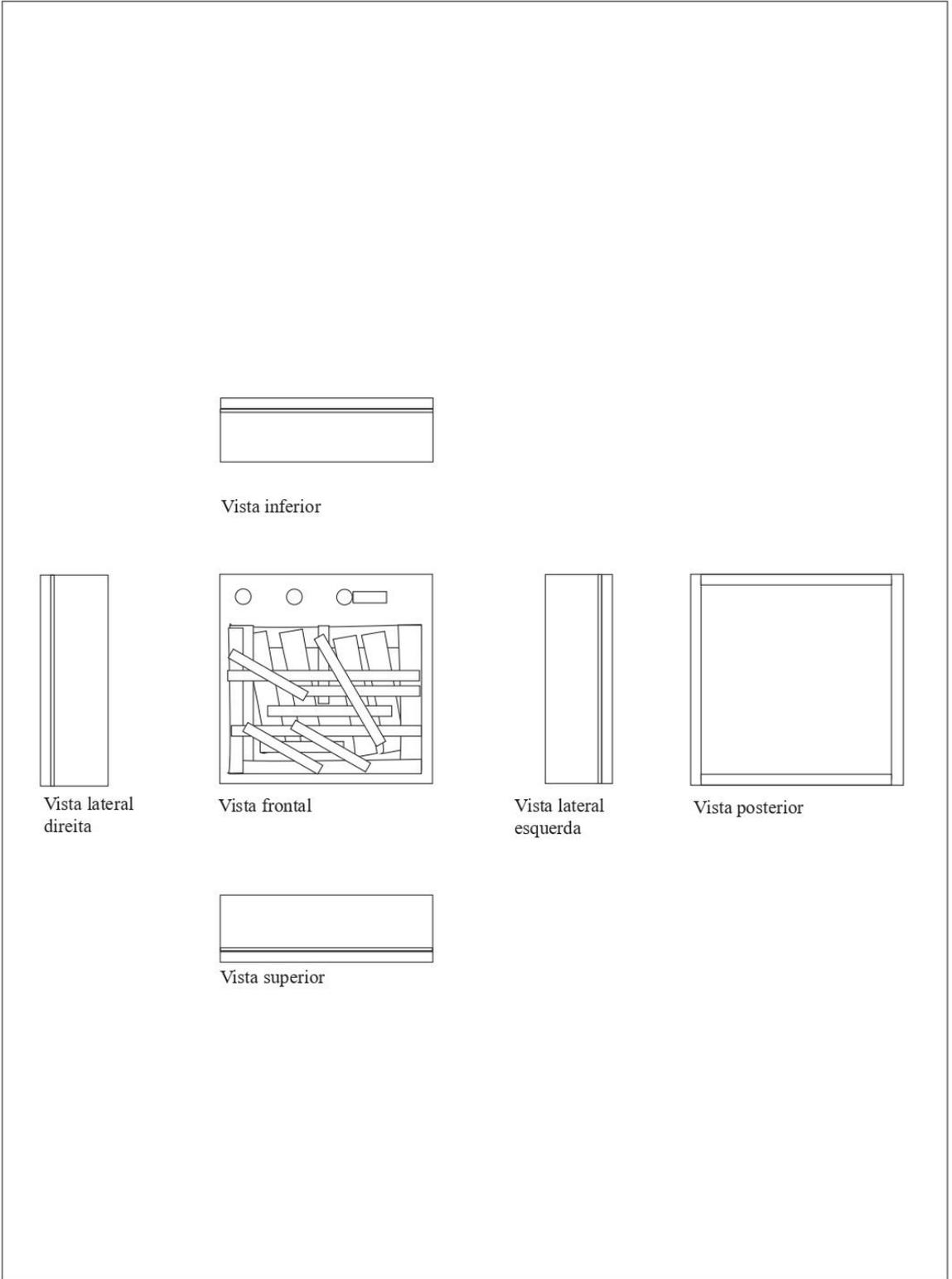
Unidade: mm

3/6

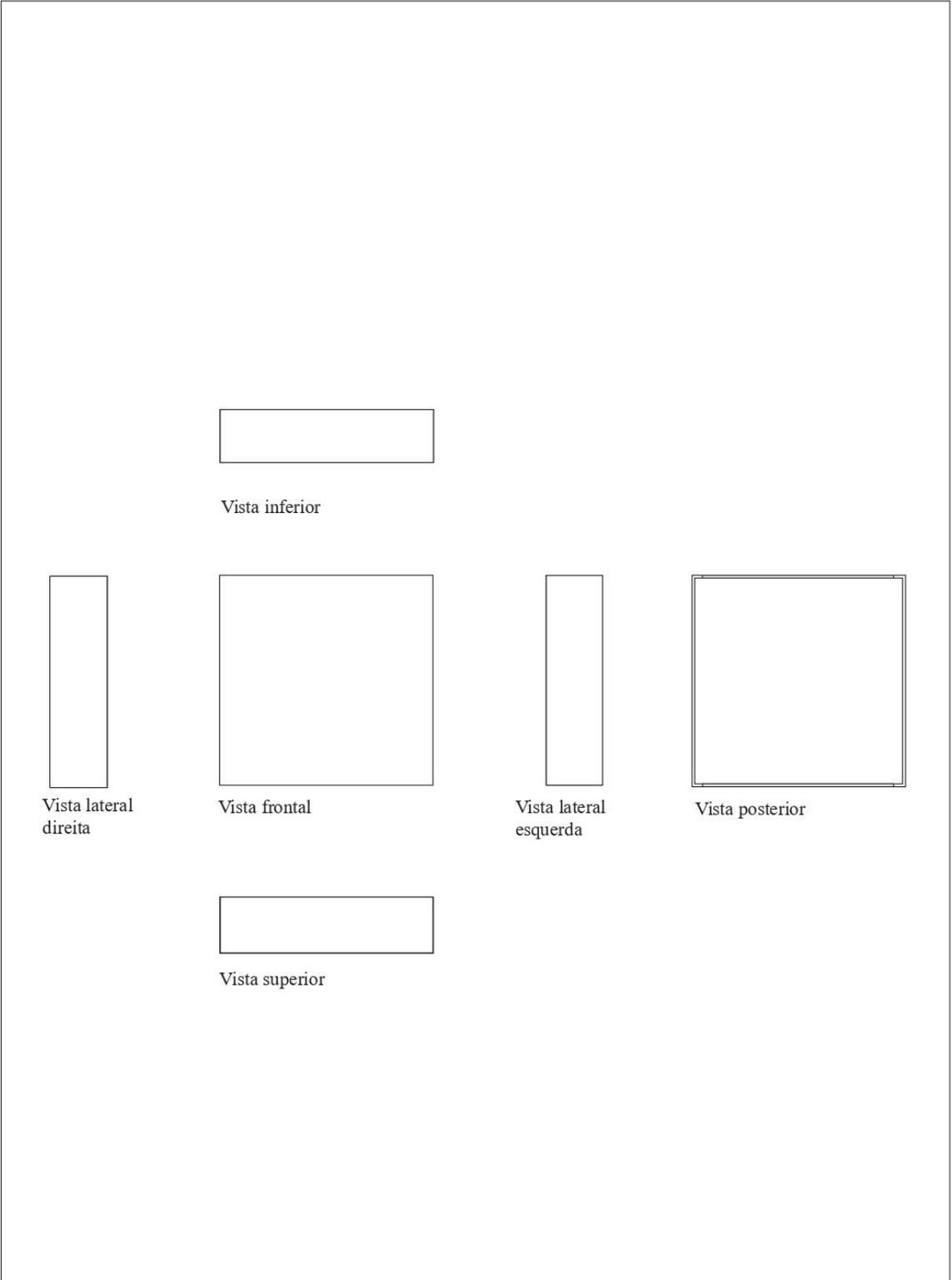
Escala: 1:5



Trabalho de Conclusão de Curso		
Soraya Barreto de Andrade	DETALHAMENTO TÉCNICO	
Universidade Federal de Alagoas Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Curso de Design	VISTAS MODELO 4	Unidade: mm
		Escala: 1:5
		Folha: 4/6



Trabalho de Conclusão de Curso			
Soraya Barreto de Andrade	DETALHAMENTO TÉCNICO		Folha:
Universidade Federal de Alagoas Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Curso de Design	VISTAS MODELO 5	Unidade: mm	5/6
		Escala: 1:5	



Trabalho de Conclusão de Curso			
Soraya Barreto de Andrade	DETALHAMENTO TÉCNICO		Folha:
Universidade Federal de Alagoas Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Curso de Design	VISTAS MODELO 6	Unidade: mm	6/6
		Escala: 1:5	