



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
DEPARTAMENTO DE DESIGN E EXPRESSÃO GRÁFICA  
CURSO DE DESIGN DE PRODUTO**

**LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA O ESTÍMULO DA PERCEPÇÃO  
TÁTIL E ENSINO DO SISTEMA BRAILLE A PESSOAS COM CEGUEIRA  
ADQUIRIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Porto Alegre

2023

**Lucas de Oliveira Einsfeld**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA O ESTÍMULO DA PERCEPÇÃO  
TÁTIL E ENSINO DO SISTEMA BRAILLE A PESSOAS COM CEGUEIRA  
ADQUIRIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Design de Produto.

Orientadora: Profa. Dra. Mariana Pohlmann de Oliveira

Porto Alegre

2023

**Lucas de Oliveira Einsfeld**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA O ESTÍMULO DA PERCEPÇÃO  
TÁTIL E ENSINO DO SISTEMA BRAILLE A PESSOAS COM CEGUEIRA  
ADQUIRIDA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do Título de Bacharel em Design de Produto, e aprovado em sua forma final pela comissão de Graduação em Design da UFRGS.

**Porto Alegre, 14 de Setembro de 2023.**

**Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Barros**

Coordenador da Comissão de TCC – Design de Produto Departamento de Design e Expressão Gráfica

**Profa. Dra. Mariana Pohlmann de Oliveira**

Orientadora

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Everton Sidnei Amaral da Silva**

**Profa. Dra. Maria do Carmo Gonçalves Curtis**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, por sempre terem me dado todo o amor, apoio, carinho, compreensão e paciência. Sem vocês não sei se conseguiria chegar até aqui, e se tivesse chegado, tenho a certeza que teria sido um caminho mais difícil. Obrigado por serem esses seres humanos incríveis e que fazem a minha vida melhor. Agradeço também à minha irmã, por todos os conselhos e horas de conversa, e ao meu cunhado, por todo o suporte que recebi durante esse tempo.

Agradeço a cada um dos meus amigos todos os momentos de ajuda e suporte que recebi e continuo recebendo, vocês conseguem me fazer progredir e me dão forças para não desistir. Sou extremamente grato por todas as nossas conversas e risadas, me sinto tão privilegiado de ter vocês por perto. Muito obrigado mesmo.

À prof Mari, essa pessoa incrível que sempre me deu todo o assessoramento e me avisou, lá no começo do projeto, que nós éramos uma equipe, muito obrigado. Tu sempre me fez acreditar no meu potencial e a não desistir, sempre vou ser grato e levar no coração todo o carinho e ensinamentos recebidos por ti. Espero continuar sendo teu orientando daqui para frente.

Muito obrigado à professora Terezinha e à União dos Cegos do Rio Grande do Sul por terem me acolhido, ajudado e tratado com tanto carinho durante essa jornada. Tive a oportunidade e o privilégio de conhecer um pouco do mundo de vocês e me encantar e emocionar a cada detalhe. Obrigado por me fazerem ver as coisas de uma forma diferente e espero ter conseguido ajudar um pouco vocês.

Por fim, a todos que de alguma forma conseguiram me fornecer suporte nesse trajeto, vou ser eternamente grato. Sozinho teria sido muito mais difícil. Desejo poder continuar ajudando aos que necessitam e tentando tornar o mundo um lugar um pouco melhor.

## RESUMO

O Braille é um sistema de escrita e leitura tátil, desenvolvido para pessoas com deficiência visual. Entretanto, quando a aprendizagem deste sistema é realizada na fase adulta, é possível que ocorram dificuldades, devido a baixa percepção tátil na ponta dos dedos. Ademais, doenças como Diabetes Mellitus, podem causar tanto retinopatia diabética, que acarreta cegueira, quanto neuropatia periférica, que ocasiona diminuição da sensibilidade em membros, como mãos e pés. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento, a partir de técnicas de fabricação digital, de um dispositivo de baixo custo, para a facilitação da aprendizagem do sistema Braille, principalmente a pessoas com cegueira adquirida. Para o trabalho, é proposto uma metodologia de projeto, centrada no usuário, dividida em três macro etapas: inspiração, ideação e implementação. Na primeira etapa é realizado o levantamento de dados, por meio de diferentes ferramentas e na etapa de ideação é realizada a análise dos dados, a elaboração de conceito e a geração e seleção de alternativas. Na última etapa, é feita a elaboração de *mockups* para testes junto aos usuários, bem como a modelagem, especificação técnica, documentação e construção de modelo funcional. Para o desenvolvimento das peças, foram utilizadas as técnicas de corte a laser, impressão 3D FFF e eletroerosão a fio. Para a fase anterior à aprendizagem do sistema tátil, onde é necessária a realização do treinamento sensorial, foram projetados sólidos de diferentes geometrias e dimensões e tabuleiros para encaixe de peças texturizadas. Para o ensino do Braille, foram desenvolvidos objetos magnéticos de encaixe, para a formação de palavras e execução de exercícios sobre uma base metálica. Dessa forma, visando à composição de um kit de ensino, os objetos foram reunidos em uma caixa de acondicionamento interativa, por meio de um sistema eletrônico de audiodescrição. A participação dos usuários com cegueira e profissionais da área, durante a elaboração do projeto, amparou o desenvolvimento de um produto que pode facilitar o processo de aprendizagem do Braille às pessoas com cegueira adquirida, demonstrando, através dos testes realizados, o manuseio facilitado. Ademais, a partir do desenvolvimento de produtos para o ensino do Braille, é possível valorizar e disseminar a utilização do sistema de leitura e escrita tátil.

**Palavras-chave:** Braille; Cegueira adquirida; Percepção tátil; Aprendizagem.

## ABSTRACT

Braille is a tactile writing and reading system developed for people with visual impairments. However, when learning this system is carried out in adulthood, difficulties may occur due to poor tactile perception at the fingertips. Furthermore, diseases such as Diabetes Mellitus can cause both diabetic retinopathy, which causes blindness, and peripheral neuropathy, which causes decreased sensitivity in limbs, such as hands and feet. Therefore, the objective of this work is the development, using digital manufacturing techniques, of a low-cost device to facilitate learning the Braille system, especially for people with acquired blindness. For the work, a user-centered project methodology is proposed, divided into three macro stages: inspiration, ideation and implementation. In the first stage, data collection is carried out using different tools and in the ideation stage, data analysis, concept development and generation and selection of alternatives are carried out. In the last stage, mockups are prepared for testing with users, as well as modeling, technical specification, documentation and construction of a functional model. To develop the parts, laser cutting, FFF 3D printing and wire electroerosion techniques were used. For the phase prior to learning the tactile system, where sensory training is necessary, solids with different geometries and dimensions and trays were designed to fit textured pieces. To teach Braille, magnetic snap-on objects were developed to form words and perform exercises on a metal base. Thus, aiming to compose a teaching kit, the objects were gathered in an interactive packaging box, using an electronic audio description system. The participation of users with blindness and professionals in the field, during the preparation of the project, supported the development of a product that can facilitate the process of learning Braille for people with acquired blindness, demonstrating, through the tests carried out, easier handling. Furthermore, through the development of products for teaching Braille, it is possible to enhance and disseminate the use of the tactile reading and writing system.

**Keywords:** Braille; Acquired blindness; Tactile perception; Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cella Braille.....	16
Figura 2 – Metodologia do GODP.....	19
Figura 3 – Metodologia HCD.....	21
Figura 4 – Esquema da metodologia aplicada.....	22
Figura 5 – Sistema de leitura.....	28
Figura 6 – Séries do sistema Braille.....	29
Figura 7 – Cella Braille de 8 pontos.....	30
Figura 8 – Exemplos de recursos didáticos.....	31
Figura 9 – Reglete.....	32
Figura 10 – Reglete negativa e positiva.....	33
Figura 11 – Máquina de escrever em Braille.....	33
Figura 12 – LEGO® Braille Bricks.....	34
Figura 13 – Fatiamento de um modelo para impressão 3D.....	36
Figura 14 – Nuvem de pontos resultante do escaneamento.....	47
Figura 15 – Brinca Braille.....	51
Figura 16 – Lego® Braille Bricks.....	52
Figura 17 – Cella Braille Ampliada.....	53
Figura 18 – Jogo Testando a Sensibilidade.....	53
Figura 19 – Jogo Memória Textura.....	54
Figura 20 – Mapa mental.....	60
Figura 21 – Painel de estilo de vida.....	61
Figura 22 – Painel de expressão do produto.....	62
Figura 23 – Painel do tema visual.....	63
Figura 24 – Imagens das personas.....	64
Figura 25 – Sólidos geométricos.....	66
Figura 26 – Cubos mágicos de texturas.....	66

Figura 27 – Tabuleiro para encaixe de texturas.....	67
Figura 28 – Alternativas eletrônicas para ensino do Braille.....	67
Figura 29 – Alternativa mecânica para ensino do Braille.....	68
Figura 30 – Alternativa 1 de caixa.....	69
Figura 31 – Alternativas de caixa com tampa fixada à base.....	69
Figura 32 – Simulação virtual da caixa fechada.....	70
Figura 33 – Simulação virtual da caixa aberta.....	71
Figura 34 – Manuseio das peças de estímulo sensorial.....	72
Figura 35 – Manuseio das peças de ensino do sistema Braille.....	72
Figura 36 – Sólidos geométricos.....	75
Figura 37 – Perspectiva explodida dos tabuleiros.....	76
Figura 38 – Peças com aplicação dos materiais.....	76
Figura 39 – Peças texturizadas para encaixe.....	77
Figura 40 – Tabuleiros para encaixe de texturas.....	77
Figura 41 – Tabuleiro para utilização das peças.....	78
Figura 42 – Peças para ensino do Braille.....	79
Figura 43 – Tabuleiro com as peças.....	79
Figura 44 – Caixa interativa.....	80
Figura 45 – Perspectiva inferior da caixa interativa.....	81
Figura 46 – Perspectiva explodida da caixa interativa.....	81
Figura 47 – Indicação dos espaços de abertura e inscrições em Braille.....	82
Figura 48 – Perspectiva da caixa interativa.....	83
Figura 49 – Circuito montado para o sistema.....	83
Figura 50 – Circuito interno da caixa.....	85
Figura 51 – Compartimento da bateria.....	85
Figura 52 – Conexão do cabo e exploração das laterais.....	86
Figura 53 – Contato com o primeiro compartimento e suas peças.....	87



Figura 54 – Contato com o segundo e terceiro compartimentos.....	87
Figura 55 – Retratos em perspectiva do Kit de Ensino.....	88
Figura 56 – Retrato do Kit de Ensino aberto.....	88
Figura 57 – Retrato da utilização dos tabuleiros para encaixe de texturas.....	89
Figura 58 – Retrato da utilização dos tabuleiros para ensino do Braille.....	89

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Síntese das entrevistas com as professoras.....	41
Quadro 2 – Síntese das entrevistas com os alunos.....	45
Quadro 3 – Necessidades e requisitos dos usuários.....	50
Quadro 4 – Análise de similares.....	55
Quadro 5 – Requisitos de usuários e projeto.....	58
Quadro 6 – Parâmetros de impressão.....	74
Quadro 7 – Componentes eletrônicos empregados.....	84
Tabela 1 – Dados obtidos com as digitalizações 3D.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ACERGS</b>	Associação dos Cegos do Rio Grande do Sul
<b>CAD</b>	Projeto Auxiliado por Computador (do inglês, <i>Computer-Aided Design</i> )
<b>CAT</b>	Comitê de Ajudas Técnicas
<b>CID</b>	Classificação Internacional de Doenças
<b>DM</b>	Diabetes Mellitus
<b>FFF</b>	Fabricação por Filamento Fundido
<b>GODP</b>	Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projeto
<b>HCD</b>	Design Centrado no Ser Humano (do inglês, <i>Human-Centered Design</i> )
<b>IBC</b>	Instituto Benjamin Constant
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>INEP</b>	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
<b>IPEA</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<b>LDSM</b>	Laboratório de Design e Seleção de Materiais
<b>MDF</b>	Fibras de Média Densidade (do inglês, <i>Medium Density Fiberboard</i> )
<b>ODS</b>	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PNS</b>	Pesquisa Nacional de Saúde
<b>PVA</b>	Poliacetato de Vinila (do inglês, <i>Polyvinyl Acetate</i> )
<b>QFD</b>	Desdobramento da Função Qualidade (do inglês, <i>Quality Function Deployment</i> )
<b>TA</b>	Tecnologia Assistiva
<b>UCERGS</b>	União dos Cegos do Rio Grande do Sul
<b>UNICEF</b>	Fundo das Nações Unidas para a Infância (do inglês, <i>United Nations Children's Fund</i> )
<b>WHO</b>	Organização Mundial de Saúde (do inglês, <i>World Health Organization</i> )
<b>ABS</b>	Acrilonitrila Butadieno Estireno (do inglês, <i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> )
<b>HIPS</b>	Poliestireno de Alto Impacto (do inglês, <i>High Impact Polystyrene</i> )

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1. PROBLEMATIZAÇÃO.....	15
1.2. JUSTIFICATIVA.....	17
1.3. PROBLEMA DE PROJETO.....	18
1.4. OBJETIVOS.....	18
1.4.1. OBJETIVO GERAL.....	18
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
<b>2. METODOLOGIA DE PROJETO.....</b>	<b>19</b>
2.1. GUIA DE ORIENTAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS.....	19
2.2. MÉTODO HUMAN-CENTERED DESIGN.....	20
2.3. METODOLOGIA APLICADA.....	21
<b>3. INSPIRAÇÃO.....</b>	<b>23</b>
3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
3.1.1. DEFICIÊNCIA VISUAL.....	23
3.1.1.1. Baixa visão.....	24
3.1.1.2. Cegueira.....	25
3.1.2. PERCEPÇÃO TÁTIL.....	26
3.1.3. FERRAMENTAS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA.....	27
3.1.4. SISTEMA BRAILLE.....	28
3.1.4.1. Recursos educacionais.....	31
3.1.4.2. Normas técnicas de aplicação do sistema Braille.....	35
3.1.5. MANUFATURA ADITIVA.....	36
3.2. PESQUISA EXPLORATÓRIA.....	37
3.2.1. ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS.....	37
3.2.1.1. Entrevistas com especialistas: Professoras(es).....	38
3.2.1.2. Entrevistas com especialistas: Psicólogas.....	42
3.2.1.3. Entrevistas com especialistas: Assistente Social.....	43
3.2.1.4. Entrevistas com alunos.....	44
3.2.2. DIGITALIZAÇÕES 3D.....	47
<b>4. IDEIAÇÃO.....</b>	<b>49</b>
4.1. PÚBLICO-ALVO.....	49
4.1.1. NECESSIDADES DOS USUÁRIOS.....	49
4.1.2. REQUISITOS DOS USUÁRIOS.....	50
4.2. LEVANTAMENTO DE SIMILARES DE PRODUTO.....	51
4.2.1. BRINCA BRAILLE.....	51
4.2.2. LEGO® BRAILLE BRICKS.....	52
4.2.3. CELA AMPLIADA.....	52
4.2.4. TESTANDO A SENSIBILIDADE.....	53
4.2.5. MEMÓRIA TEXTURA.....	54
4.3. ANÁLISE DE SIMILARES DE PRODUTO.....	54

4.4. REQUISITOS DE PROJETO.....	58
4.5. CONCEITO DE PROJETO.....	59
4.5.1. MAPA MENTAL.....	60
4.5.2. PAINÉIS VISUAIS.....	61
4.5.3. PERSONAS.....	63
4.6. GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	65
4.6.1. PRÉ-BRAILLE E ESTÍMULO SENSORIAL.....	66
4.6.2. ENSINO DO SISTEMA BRAILLE.....	67
4.6.3. ACONDICIONAMENTO DAS PEÇAS.....	68
4.7. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	70
4.8. REFINAMENTO DA ALTERNATIVA ESCOLHIDA.....	71
<b>5. IMPLEMENTAÇÃO.....</b>	<b>74</b>
5.1. SÓLIDOS GEOMÉTRICOS.....	74
5.2. TABULEIROS PARA ENCAIXE DE TEXTURAS.....	75
5.3. TABULEIRO PARA PARA ENSINO DO BRAILLE.....	78
5.4. CAIXA INTERATIVA.....	80
5.4.1. SISTEMA ELETRÔNICO.....	83
5.5. APRESENTAÇÃO DOS MODELOS.....	86
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE G.....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE H.....</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE J.....</b>	<b>123</b>
<b>APÊNDICE K.....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE L.....</b>	<b>133</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), realizada em 2019 no Brasil, há 17,2 milhões de pessoas com deficiência de 2 anos de idade ou mais, e cerca de 7 milhões apresentam deficiência visual, o que corresponde a aproximadamente 3,4% da população. A faixa etária que concentra a maior parte das pessoas com deficiência é constituída entre aquelas com 60 anos ou mais de idade, cerca de 24,8% (IBGE, 2022a). Além disso, dados trazidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam uma tendência de crescimento da população idosa no país, havendo um aumento de 39,8% em relação aos números absolutos no período de 2012 a 2021 (IBGE, 2022b).

O Relatório Mundial sobre a Visão, divulgado pela *World Health Organization* (WHO), apresenta que, globalmente, há cerca de 2,2 bilhões de pessoas com deficiência visual, e estima-se que 11,9 milhões de indivíduos possuem algum nível de deficiência visual devido a doenças como glaucoma, retinopatia diabética e tracoma (WHO, 2019). A perda total da visão pode ser classificada em cegueira congênita ou adquirida. No primeiro caso a pessoa nasce com essa condição e portanto não possui memórias visuais, entretanto, no segundo, o indivíduo perde esse sentido durante a vida e por isso acaba adquirindo memórias visuais que podem afetar sua reabilitação (Gil, 2000).

Dentre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030, é possível elencar 2 ODS que se relacionam diretamente aos direitos das pessoas com deficiência: educação de qualidade e redução das desigualdades. Esses ODS, no Brasil, possuem indicadores desenvolvidos para a sua avaliação, além do país ser um dos poucos a dispor de um documento com as metas da ONU adaptadas à realidade Nacional (IPEA, 2018).

A educação de qualidade e as oportunidades de aprendizagem devem ser garantidas não apenas para crianças e jovens, mas sim ao longo da vida de todas as pessoas. Dessa forma, a proposta de adequação no Brasil à meta 4.5 da ONU<sup>1</sup>, visa à eliminação das desigualdades de gênero e raça na educação, bem como à

---

<sup>1</sup> Até 2030, eliminar as disparidades de gênero na educação e garantir a igualdade de acesso a todos os níveis de educação e formação profissional para os mais vulneráveis, incluindo as pessoas com deficiência, os povos indígenas e as crianças em situação de vulnerabilidade (IPEA, 2018).

equidade de acesso ao ensino a grupos em situação de vulnerabilidade, dentre eles às pessoas com deficiência (IPEA, 2018).

A proposta de adequação no Brasil à meta 10.2 da ONU<sup>2</sup>, visa ao empoderamento e à promoção da inclusão social, econômica e política de todos. Dessa forma, objetiva-se a redução das desigualdades, independentemente das características sociodemográficas e das condições dos indivíduos, o que inclui as deficiências (IPEA, 2018).

### 1.1. PROBLEMATIZAÇÃO

No Brasil, a Política Nacional de Leitura Escrita reconhece a leitura e a escrita como “um direito, a fim de possibilitar a todos, inclusive por meio de políticas de estímulo à leitura, as condições para exercer plenamente a cidadania, para viver uma vida digna e para contribuir com a construção de uma sociedade mais justa” (Brasil, 2018. Art. 2. § 2). Dessa forma, todos os indivíduos devem ter acesso igualitário a materiais e recursos que garantem essas condições e possibilitem uma vida digna e autônoma. Entretanto, para muitas pessoas com deficiência visual, essa não é uma realidade.

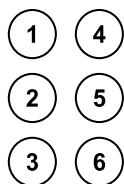
O Censo Escolar de 2019, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), indicou que 55% das escolas brasileiras dos anos iniciais, ou seja, pouco mais da metade, possuem algum tipo de infra estrutura adaptada<sup>3</sup> para pessoas com deficiência. Dados coletados pela PNS em 2019 referente a taxa de conclusão do ensino médio das pessoas entre 20 a 22 anos de idade, um dos indicadores presentes nos ODS, mostrou que ela foi menor para as pessoas com deficiência (IBGE, 2022).

A leitura e a escrita para as pessoas cegas ocorre por meio do uso do sistema Braille. Esse sistema é chamado de cela, a qual é composta por 64 sinais resultantes da combinação de um conjunto matricial formado por 6 pontos dispostos em 2 colunas e 3 linhas (Figura 1).

---

<sup>2</sup> Até 2030, empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente da idade, sexo, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra (IPEA, 2018).

<sup>3</sup> Considerou-se nesta pesquisa como tendo infraestrutura adaptada a instituição que declarou possuir algum dos recursos de acessibilidade nas vias de circulação internas: corrimão, elevador, pisos táteis, vão livre, rampas, salas acessíveis, sinalização sonora, tátil ou visual (IBGE, 2022).

**Figura 1 – Cella Braille.**

Fonte: Autor.

Diversos estudos destacam a importância desse sistema para a inserção e independência da pessoa com deficiência visual na sociedade. Barbosa, Silva e Souza (2019) afirmam que o Braille auxilia na formação do pensamento abstrato, amplia o repertório conceitual e torna o indivíduo cego mais autônomo.

Entretanto, com o desenvolvimento de novas tecnologias, como as relacionadas à audiodescrição, é notável um movimento de “desbrailização”. Dias e Vieira (2017) reiteram a importância das novas tecnologias para acesso ao conhecimento das pessoas com deficiência visual, contudo, enfatizam que o uso do sistema Braille não deve ser substituído, e sim, os novos métodos precisam ser somados a ele a fim de proporcionar inclusão social e educacional.

Bersch (2017) afirma que a Tecnologia Assistiva (TA) no campo educacional possui determinados objetivos, dentre eles romper barreiras sensoriais, motoras ou cognitivas que limitam o acesso das pessoas com deficiência à informação e na participação ativa do aluno no desafio da aprendizagem. O Comitê de ajudas técnicas (CAT) definiu o conceito brasileiro de TA como:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Brasil - SDHPR. – Comitê de Ajudas Técnicas – ATA VI).

Dessa forma, há diversos produtos que desempenham o papel de TA para as pessoas com deficiência visual. Segundo o relatório mundial sobre tecnologias



assistivas publicado pela *United Nations Children's Fund* (UNICEF) e pela WHO em 2022, há diversas barreiras que impedem o acesso das pessoas com deficiências a TA e dentre elas é possível citar o alto custo associado aos produtos, bem como aos serviços de entrega, uma vez que, dependendo da localidade, esses equipamentos são importados (WHO; UNICEF, 2022).

No que tange ao desenvolvimento de produtos didáticos-pedagógicos, Gonçalves, Mourão e Engler (2016) destacam o papel do designer nesse processo de desenvolvimento de recursos para o ensino do Braille e a relevância da participação do usuário (o cego) no projeto. A importância desse sistema para os deficientes visuais também é mencionada pelos autores, uma vez que é o seu meio de acesso ao conhecimento.

Além disso, pessoas que perdem a capacidade de enxergar em decorrência da Diabetes Mellitus também podem desenvolver neuropatia periférica. Essa condição pode diminuir a percepção tátil e tornar, conseqüentemente, o aprendizado do Braille ainda mais difícil.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Alvaristo e colaboradores (2021) ressaltam a importância da alfabetização, por meio do código Braille a adultos cegos, uma vez que este sistema possibilita às pessoas com deficiência terem acesso às experiências do mundo, bem como de construir uma identidade e compreenderem seu contexto social. Entretanto, para o processo de ensino do Braille para adultos com cegueira adquirida, ou seja, às pessoas que não nascem cegas mas que adquirem essa condição ao longo da vida, são necessárias ferramentas e técnicas específicas a fim do estímulo da percepção tátil e da apropriação do sistema em si (Mendes; Monteiro, 2016).

Para o desenvolvimento de recursos didáticos para pessoas cegas é necessário, segundo Vita (2012), metodologias de design centrado no usuário, uma vez que a partir delas, através de experimentações e obtenção de informações, é possível construir um objeto que atende às suas necessidades de aprendizagem. Silva, Ulbricht e Padovani (2015) reiteram em seu estudo a importância do design para uma adequada seleção de variáveis gráficas a fim de permitir uma melhor exploração tátil a cegos congênitos, facilitando assim uma melhor leitura de objetos tridimensionais.

Dessa forma, o design, aliado a técnicas de fabricação digital, podem viabilizar a construção de produtos mais viáveis e econômicos e com melhor usabilidade. Uma das técnicas mais utilizadas é a impressão 3D, em que objetos tridimensionais físicos são construídos a partir de modelos digitais desenhados em *softwares* específicos.

### 1.3. PROBLEMA DE PROJETO

Diante do supracitado, o presente trabalho pretende responder à seguinte questão: como o design e as técnicas de fabricação digital podem facilitar o processo de aprendizagem do sistema Braille a pessoas com cegueira adquirida?

### 1.4. OBJETIVOS

São apresentados abaixo, a fim da delimitação do escopo de projeto, os objetivos gerais e específicos norteadores do trabalho.

#### 1.4.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo para a facilitação da aprendizagem do sistema Braille, por meio do estímulo da percepção tátil, principalmente a pessoas com cegueira adquirida.

#### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, são listados os seguintes objetivos específicos:

- a) Compreender o processo de ensino e aprendizagem de Braille a pessoas com deficiência visual congênita e adquirida;
- b) Avaliar os recursos didáticos-pedagógicos disponíveis para a educação e ensino de Braille a pessoas com deficiência visual;
- c) Desenvolver um dispositivo para o ensino de Braille, a partir das necessidades dos usuários, utilizando materiais e técnicas de baixo custo;
- d) Promover a difusão do sistema Braille, a fim de valorizar a sua utilização e buscar formas de evitar o processo de desbrailização.

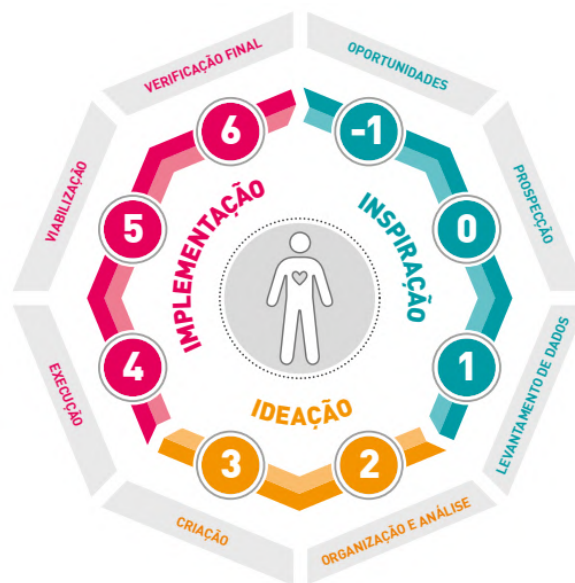
## 2. METODOLOGIA DE PROJETO

Neste capítulo são apresentadas as metodologias e ferramentas que, utilizadas em conjunto, serão empregadas para o desenvolvimento do presente estudo.

### 2.1. GUIA DE ORIENTAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

O Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos (GODP), proposto por Merino (2016), consiste numa metodologia de design centrado no usuário a qual sistematiza uma sequência de ações, com o maior número de aspectos possíveis, a fim de alcançar os objetivos propostos para o projeto. Para tanto, o método cíclico inicia na etapa “-1” e segue até a “6”, totalizando 8 etapas (Figura 2). Brown (2008) sugere uma metodologia de design centrada no usuário dividida em três etapas: inspiração, ideação e implementação. Sustentado nesta proposta, o GODP apresenta três momentos no processo de desenvolvimento de projeto: **inspiração**, composto pelas etapas de (-1) oportunidades, (0) prospecção e (1) levantamento de dados; **ideação**, composto pelas etapas de (2) organização e análise e (3) criação; e **implementação**, composto pelas etapas de (4) execução, (5) viabilização e (6) verificação final (Merino, 2016).

**Figura 2** – Metodologia do GODP.



Fonte: Merino (2016).

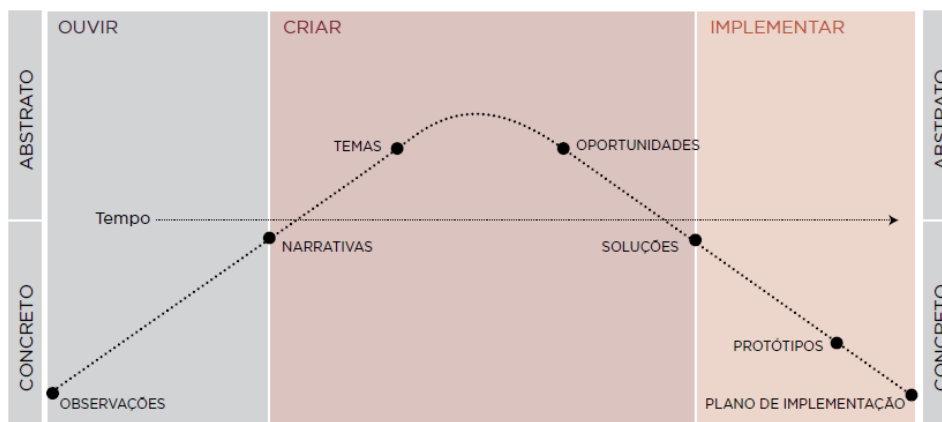
No primeiro momento (inspiração), são verificadas as oportunidades de mercado e evidenciadas as necessidades de crescimento do setor. Após é definida a problemática central que norteará o projeto e é realizado o levantamento de dados conforme as necessidades dos usuários. No segundo momento (ideação), é realizada a organização e análise dos dados obtidos anteriormente, podendo ser usadas técnicas analíticas. Posteriormente é definido o conceito do projeto e é dado início à geração e seleção de alternativas. No terceiro momento (implementação), considera-se o ciclo de vida do produto e são elaborados protótipos funcionais para testes de usabilidade. Após a definição da proposta, são realizados testes em situações reais com usuários e por fim aspectos relacionados à sustentabilidade devem ser considerados com o objetivo da geração de oportunidade de melhorias, retroalimentando o percurso do design (Merino, 2016).

## 2.2. MÉTODO *HUMAN-CENTERED DESIGN*

Assim como o GODP, que utiliza os conceitos do design centrado no usuário, o Human-Centered Design (HCD), ou Design Centrado no Ser Humano, também é uma metodologia de projeto, bem como um “kit de ferramentas”, desenvolvida para a criação de soluções com foco nas pessoas. É um processo baseado em três pilares, as chamadas lentes na metodologia: desejo dos usuários, praticabilidade e viabilidade. A intersecção destas três lentes originam as soluções do HCD.

O método possui três etapas: ouvir, criar e implementar (Figura 3). No processo proposto, os projetistas alternam o pensamento entre concreto e abstrato, permitindo assim a geração de ideias e posteriores testes e prototipação. Durante a fase ouvir, o foco são as pessoas e a coleta de dados e histórias a fim de proporcionar inspiração. Na etapa de criar, há a alternância de pensamento abstrato ao concreto, para a implementação de soluções a partir dos dados coletados na etapa anterior. A fase de implementar se caracteriza pelo desenvolvimento de soluções de modelagem de custos e receita e de planejamento referente a implementação (IDEO, 2015).

**Figura 3 – Metodologia HCD.**



Fonte: IDEO (2015).

### 2.3. METODOLOGIA APLICADA

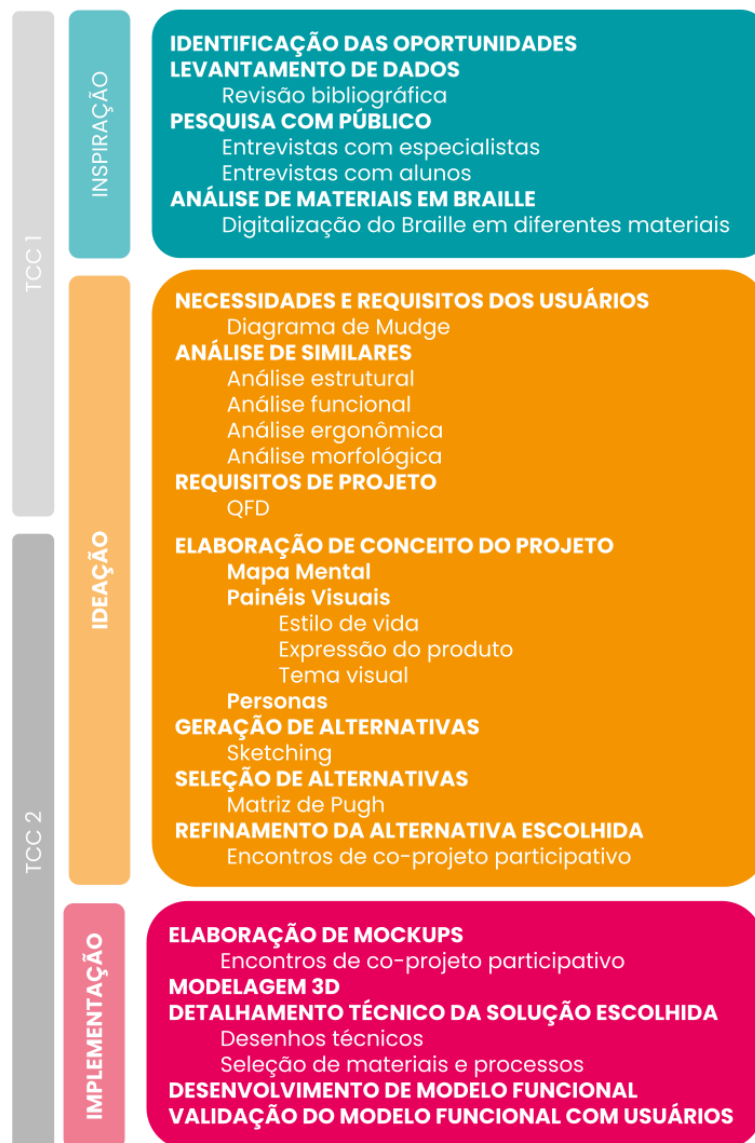
A flexibilidade das metodologias mencionadas no trabalho, permitiu a elaboração do modelo proposto para a execução do presente projeto (Figura 4). As ferramentas e etapas propostas, dessa forma, preconizam a participação dos usuários e especialistas em diversas fases, a fim da produção de um dispositivo que atenda às reais necessidades.

Na etapa de **inspiração**, portanto, é feita a identificação das oportunidades, o levantamento de dados por meio da revisão bibliográfica, são realizadas as entrevistas com especialistas da área e com os alunos e efetuada a análise de materiais em Braille, por meio de digitalização 3D. Na etapa de **ideação**, são analisadas as entrevistas e obtidas as necessidades dos usuários e é desenvolvida uma análise de similares, conforme Platcheck (2012) propõe. Posteriormente, é aplicada a etapa de transformação de necessidades dos usuários em requisitos dos usuários e em seguida em requisitos de projeto, descrita por Back et al. (2008). Para a hierarquização dos requisitos de usuário e requisitos de projeto, são utilizados respectivamente o Diagrama de Mudge e o QFD (*Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade*). Na elaboração do conceito, é empregada a ferramenta dos painéis de imagens visuais, descrita por Baxter (2011), e de personas e mapa mental. Na geração de alternativas, são empregadas as ferramentas de sketching e, ao final da ideação, são desenvolvidas Matrizes de seleção de Pugh, ferramenta de projeto descrita por Back et al. (2008), e executado

o refinamento da alternativa escolhida, em conjunto com os usuários, a fim de possibilitar melhorias.

Na etapa de **implementação**, são gerados mockups para serem testados junto aos usuários e especialistas e, após a validação, é gerada a modelagem 3D em software paramétrico, bem como toda a especificação técnica, que engloba desenho técnico e a seleção adequada de materiais e processos. Por fim, um modelo funcional é gerado para possibilitar testes de usabilidade junto aos usuários, visando possíveis melhorias no produto.

**Figura 4** – Esquema da metodologia aplicada.



Fonte: Autor.

### 3. INSPIRAÇÃO

Na etapa de inspiração, é feito o levantamento de dados, por meio de diferentes ferramentas, para dar suporte à elaboração do projeto. Esse levantamento inicia-se com a revisão bibliográfica seguida pelas entrevistas semiestruturadas, pelas digitalizações 3D, que resultam em dados quantitativos que podem auxiliar na confecção dos dispositivos, e pelo levantamento e análise de recursos similares.

#### 3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste item, são apresentados os dados teóricos que dão base ao presente trabalho. São abordados tópicos referentes às definições de deficiência visual, às ferramentas de ensino e tecnologia assistiva a pessoas com deficiência visual e aos dados e informações relacionadas ao sistema Braille e seu ensino.

##### 3.1.1. DEFICIÊNCIA VISUAL

A deficiência visual pode ser definida pela perda total ou parcial da capacidade visual de um olho (monocular) ou de ambos os olhos (binocular), tratando-se, portanto, de uma condição que não pode ser corrigida por meio de lentes e tratamentos clínicos ou cirúrgicos (Lourenço et al., 2020). As pesquisas populacionais referente à deficiência visual usualmente utilizam como métrica, exclusivamente, a acuidade visual<sup>4</sup>. Entretanto, clinicamente, outras funções visuais podem ser avaliadas, como o campo de visão, a sensibilidade ao contraste e a visão de cores (WHO, 2019).

A Classificação Internacional de Doenças (CID-11), define parâmetros para a acuidade visual à distância. Dessa forma, é feita a seguinte classificação para deficiência visual: (1) deficiência visual leve; (2) deficiência visual moderada; (3) deficiência visual grave; (4, 5 e 6) cegueira; (9) deficiência visual indeterminada (WHO, 2018).

---

<sup>4</sup> A acuidade visual é uma forma quantitativa de avaliar a capacidade visual de uma pessoa. A acuidade visual ao longe é geralmente avaliada usando uma tabela, como a de Snellen, a uma distância fixa (geralmente 6 metros) e é representada por uma fração, em que o numerador se refere à distância em que a tabela está posicionada e o denominador é a distância em que um olho "saudável" é capaz de ler essa linha da tabela. Por exemplo, uma acuidade visual de 6/18 significa que, a 6 metros da tabela, uma pessoa pode ler uma letra que alguém com visão normal seria capaz de ver a 18 metros (WHO, 2019).

Do ponto de vista legislativo brasileiro, há diversas leis e outros instrumentos que asseguram os direitos das pessoas com deficiência. O Estatuto da Pessoa com Deficiência, lei nº 13146/2015, traz orientações acerca da promoção dos direitos das pessoas com deficiência, buscando garantir inclusão social e cidadania, garantindo a esse público os processos de habilitação e reabilitação (Brasil, 2015). A portaria nº 3.128/2008, do Ministério da Saúde brasileiro, considera pessoa com deficiência visual aquela que apresenta baixa visão ou cegueira e apresenta as seguintes definições para diferenciação entre essas duas condições:

Considera-se baixa visão ou visão subnormal, quando o valor da acuidade visual corrigida no melhor olho é menor do que 0,3 e maior ou igual a 0,05 ou seu campo visual é menor do que 20° no melhor olho com a melhor correção óptica – categorias 1 e 2 de graus de comprometimento visual do CID-10 – e considera-se cegueira quando esses valores encontram-se abaixo de 0,05 ou o campo visual menor do que 10° – categorias 3, 4 e 5 do CID-10 (Brasil, 2008).

#### 3.1.1.1. Baixa visão

A baixa visão, também denominada visão subnormal, caracteriza-se pela perda severa de visão que não pode ser corrigida por tratamentos clínicos ou com uso de lentes. As oscilações das condições ambientais e visuais frequentemente afetam a capacidade de percepção sensorial dos indivíduos com baixa visão. É possível elencar fatores como estado emocional, circunstâncias diárias, condições de iluminação, dentre outros. Assim, as medidas de quantificação da capacidade visual se tornam complexas e acabam sendo insuficientes (Brasil, 2007).

Entretanto, nestes indivíduos há uma visão residual, que aliada a recursos de Tecnologia Assistiva, podem auxiliar no desenvolvimento de tarefas rotineiras e no processo educacional (Amiralian, 2004). Como exemplo de tais equipamentos, é possível destacar os auxílios ópticos, como as lupas manuais e eletrônicas, que permitem o aumento das imagens.



### 3.1.1.2. Cegueira

A cegueira é uma condição que afeta a capacidade da percepção visual de cor, tamanho, distância, forma, posição ou movimento, podendo ser classificada como congênita ou adquirida e, em certos casos, associada a outras deficiências (Brasil, 2007). Do ponto de vista educacional, Amiralian (1997) considera dois grupos diferentes de cegos e que, portanto, possuem necessidades distintas: os cegos congênitos, ou seja, aqueles que nasceram com cegueira ou a adquiriram até os 5 anos de idade; e as pessoas com cegueira adquirida, aquelas que passam a ter essa condição após os 5 anos de idade. Esta conceituação foi realizada considerando a fase de desenvolvimento pré-operacional da infância e a insuficiência da formação de imagens estáticas a fim da antecipação e representação de processos desconhecidos (Swallow, 1976, apud, Amiralian, 1997; Hall, 1981, apud, Amiralian, 1997). Nesse contexto, Gil (2000) destaca o impacto que a deficiência visual adquirida traz, pois além da perda da visão, há prejuízos no ponto de vista emocional, na execução das habilidades básicas e profissionais, na comunicação e na personalidade como um todo.

Dentre as diversas causas que podem acarretar em cegueira após os 5 anos de idade, destaca-se a Diabetes Mellitus (DM) tipo 1 e 2. Estima-se que mundialmente cerca de 145 milhões de pessoas desenvolvem, devido à DM, retinopatia diabética, doença ocular comum, que acomete complicações microvasculares, e pode causar deficiência visual (WHO, 2019).

Além da cegueira, a DM pode ocasionar neuropatia periférica, um conjunto de síndromes clínicas que podem afetar o sistema nervoso e acometer as extremidades do corpo, como mãos e pés. Os portadores dessa síndrome, geralmente, apresentam sintomas como atrofia muscular, dor e perda de sensibilidade nas mãos, braços, pernas e pés (Murussi, 2008, apud, Bertoni; Dias, 2018). Portanto, o ensino de Braille às pessoas que perderam as capacidades visuais por conta da DM pode ser mais difícil e, conseqüentemente, apresente desafios específicos decorrente da diminuição da percepção tátil.

Nesse âmbito, os processos de habilitação e reabilitação devem ser preconizados a fim de proporcionar autonomia e participação social às pessoas com deficiência. A habilitação ocorre quando o indivíduo não desenvolveu nenhuma forma de realizar determinada tarefa anteriormente e, portanto, adquire uma nova

habilidade. Já a reabilitação se refere ao processo de reaprender a desempenhar atividades específicas por conta de alguma limitação adquirida (Retina Brasil, 2020). É possível perceber que o processo de habilitação se relaciona mais às pessoas com deficiência visual congênita e o de reabilitação às pessoas com deficiência visual adquirida.

### 3.1.2. PERCEPÇÃO TÁTIL

A pele é o maior órgão do corpo humano e é a partir dela que é possível receber informações acerca da natureza da superfície dos objetos, bem como as sensações de frio, calor, dentre outras. A maior parte da sensibilidade tátil é localizada nas porções do corpo atribuídas à exploração, como nas mãos, nos dedos, em partes da boca e na ponta da língua. Dessa forma, os estímulos táteis capazes de produzir perturbações mecânicas sobre a pele, são identificados por receptores especializados denominados mecanorreceptores, que por sua vez, transmitem os impulsos neurais para o cérebro por meio de fibras nervosas (Schiffman, 2005).

Os diferentes receptores existentes na pele, desempenham funções distintas, e dentre eles, é possível destacar os corpúsculos de Meissner e Merkel. O primeiro, refere-se principalmente à percepção de diferenciações e está relacionado à leitura do Braille, localizando-se na porção superficial da pele, possui adaptação rápida e apresenta alta sensibilidade para discriminação das superfícies. Já o segundo, refere-se principalmente a detecção de formas e rugosidades pequenas, entretanto apresenta velocidade de adaptação mais lenta (Schmidt, 1981).

A percepção dos objetos e superfícies, portanto, pode ser realizada a partir da exploração tátil através das mãos. Nesse aspecto, é possível mencionar os processos de toque tangencial e ortogonal. O primeiro, visa a uma interação dinâmica e longitudinal nas superfícies, sendo mais relacionado à percepção e diferenciação de texturas e rugosidades. Já o segundo é mais empregado para a distinção de propriedades mecânicas dos artefatos, como os aspectos de “mole ou duro” (Katz, 1989; apud Silva, 2016). A leitura do Braille, assim, ocorre por meio do toque tangencial, usualmente dos dedos indicativos, pois o intuito é a execução de um reconhecimento dinâmico e longitudinal dos pontos em relevo.

### 3.1.3. FERRAMENTAS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA

O conceito de Tecnologia Assistiva (TA) surgiu nos Estados Unidos em 1988 num elemento jurídico da legislação norte-americana denominado *Public Law 100-407*, sendo disseminado posteriormente a outras partes do mundo. Os recursos de TA correspondem aos artefatos ou sistemas produzidos em série, ou sob medida, para atender às necessidades das pessoas com deficiência. Já os serviços de TA são prestados usualmente por equipes transdisciplinares de profissionais responsáveis por selecionar, comprar ou usar os recursos (Sartoretto, 2023).

Bersch (2017) organiza didaticamente os recursos de TA em doze categorias: (1) auxílios para a vida diária e vida prática; (2) caa - comunicação aumentativa e alternativa; (3) recursos de acessibilidade ao computador; (4) sistemas de controle de ambiente; (5) projetos arquitetônicos para acessibilidade; (6) órteses e próteses; (7) adequação postural; (8) auxílios de mobilidade; (9) auxílios para ampliação da função visual e recursos que traduzem conteúdos visuais em áudio ou informação tátil; (10) auxílios para melhorar a função auditiva e recursos utilizados para traduzir os conteúdos de áudio em imagens, texto e língua de sinais; (11) mobilidade em veículos e (12) esporte e lazer.

Dentre as categorias citadas, duas delas podem ser utilizadas por pessoas com deficiência e são congruentes com a proposta deste trabalho. A primeira são os recursos de acessibilidade ao computador, os quais englobam hardwares e softwares, de entrada e saída, que tornam o computador mais acessível às pessoas com deficiência. Como exemplo de dispositivos de entrada é possível citar os teclados e mouses modificados, os teclados virtuais com varredura, softwares de reconhecimento de voz, dentre outros. Como exemplos de dispositivos de saída há os softwares leitores de tela, softwares para ajustes de cores e tamanho das informações (lupa), os softwares leitores de texto impresso (*Optical Character Recognition* - OCR), impressoras e displays Braille, dentre outros (Bersch, 2017).

Também podem ser citados os recursos para tradução de conteúdos visuais em áudio ou informação tátil. Esses abrangem tanto dispositivos ópticos desenvolvidos para pessoas com baixa visão, como lentes, lupas manuais, lupas eletrônicas e softwares ampliadores de tela, quanto dispositivos e materiais de acessibilidade que atendem pessoas com baixa visão e cegos, como objetos

gráficos com texturas e relevos, mapas e gráficos táteis, software OCR em celulares para identificação de texto informativo, dentre outros (Bersch, 2017).

#### 3.1.4. SISTEMA BRAILLE

O primeiro instituto de ensino para cegos no mundo, o Instituto para Jovens Cegos, foi fundado em Paris no ano de 1784 por Valentin Haüy (1745 - 1822). O instituto foi transformado em 1791, através de uma Assembleia Constituinte, em uma escola pública voltada para ensino acadêmico, musical e profissional. Haüy, durante sua trajetória, desenvolveu um sistema de leitura por pontos para cegos (Figura 5) em que as letras da escrita linear eram costuradas em papel a fim da formação de um relevo pontilhado, em um tamanho superior do que os empregados usualmente nas tipografias da época (Cerqueira, 2017).

**Figura 5** – Sistema de leitura.



Fonte: Cerqueira (2017).

Foi no Instituto dos Jovens Cegos que Louis Braille (1809 - 1852), um jovem parisiense que perdeu a visão aos 3 anos de idade, iniciou seus estudos em 1819. Louis Braille teve acesso em 1821 a um sistema de escrita por pontos apresentado pelo oficial do exército francês Charles Barbier de La Serre durante uma visita à instituição. Este sistema, denominado sonografia, foi desenvolvido na época para a escrita e comunicação noturna entre soldados em campos de batalha e era composto por duas colunas e seis pontos de altura, totalizando assim uma matriz retangular com doze pontos (Cerqueira, 2017).

A partir do sistema criado por Barbier, Louis Braille elaborou o seu sistema de leitura e escrita para pessoas cegas. O sistema Braille, como ficou conhecido a partir de 1829 com a primeira publicação do método, é composto por 64 caracteres representados por uma matriz que possui duas colunas e três linhas, totalizando 6 pontos. A inserção do Braille no Brasil ocorreu em 1854 no Instituto Imperial dos Meninos Cegos (atual Instituto Benjamin Constant - IBC) devido aos esforços de

José Alvares de Azevedo, um jovem brasileiro cego que aprendeu o sistema na França (Lemos; Cerqueira, 2014)

Para facilitar a identificação e estabelecer posições relativas entre si, os pontos do sistema são numerados de cima para baixo e da esquerda para a direita. O Braille possui 7 séries (Figura 6), a primeira representa as letras de “a” a “j” e os números de 1 a 9 e 0, a segunda série representa as letras de “k” a “t” e a terceira série representa as cinco últimas letras, a exceção do “w” que pertence à quarta série. Nas demais séries são representados outros sinais, pontuações e acessórios linguísticos (Brasil, 2018).

**Figura 6 – Séries do sistema Braille.**

**1ª série**

A1	B2	C3	D4	E5	F6	G7	H8	I9	J0
⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩

**2ª série**

K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩

**3ª série**

U	V	X	Y	Z
⠠	⠡	⠢	⠣	⠤

**4ª série**

									W
⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩

**5ª série**

⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**6ª série**

			#		
⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥

Posições  
relativas  
da cela

**7ª série**

⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

①	④
②	⑤
③	⑥

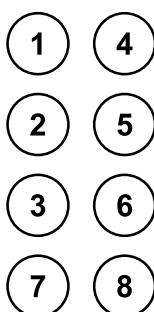
Fonte: Autor.

Nas primeiras dez letras do sistema Braille são usados os pontos das duas linhas de cima (1, 2, 4, 5) e os números de 1 a 9 e 0, respectivamente, são

representados por esses mesmos dez sinais, precedidos pelo sinal que indica número, a cerquilha (3, 4, 5, 6). As dez letras seguintes acrescentam o ponto no canto inferior esquerdo (3) a cada uma das dez primeiras letras. As últimas cinco letras acrescentam ambos os pontos inferiores (3, 6) às cinco primeiras letras, e a letra "w" é uma exceção porque foi acrescentada posteriormente ao alfabeto (Brasil, 2018).

A partir da necessidade de melhorias no Braille e do desenvolvimento de produtos relacionados à informática que utilizam o sistema, tem-se realizado estudos e propostas a fim de ampliar a possibilidade de representação de símbolos em um único sinal e de diminuir o espaço ocupado pelo texto, uma vez que textos em Braille usualmente ocupam uma área maior. Nesse contexto, o Braille de oito pontos (Figura 7) tem se destacado, pois com a inserção dos pontos 7 (abaixo do ponto 3) e 8 (abaixo do ponto 6) é possível representar 256 caracteres, 4 vezes a mais em relação ao Braille de 6 pontos (Brasil, 2005).

**Figura 7** – Cella Braille de 8 pontos.



Fonte: Autor.

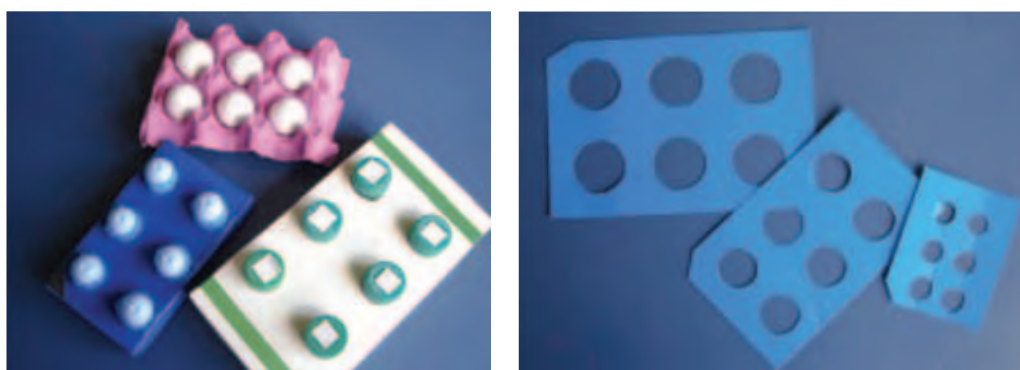
Para ler de uma forma produtiva e dinâmica em Braille, usualmente a pessoa destra inicia a leitura utilizando a mão direita e emprega a mão esquerda como apoio na passagem de uma linha para a outra no decorrer da tarefa, dessa forma o usuário evita se perder durante a execução da atividade. Estima-se que alguns leitores com maior prática são capazes de ler até 200 palavras por minuto (Schiffman, 2005). Para o ensino do sistema Braille podem ser utilizados diversos materiais educacionais. A seguir serão apresentados alguns recursos didáticos para o ensino do sistema.

### 3.1.4.1. Recursos educacionais

A fim de estimular a exploração e o desenvolvimento de outros sentidos, os recursos didáticos para o ensino de pessoas com deficiência visual devem ser inseridos em situações de vivência cotidiana (Brasil, 2007). No ambiente de ensino, os recursos tecnológicos podem propiciar momentos de aprendizagem mais agradáveis e motivadores. As ferramentas didáticas aplicadas a alunos cegos, devem possibilitar a fácil percepção de seus relevos por meio do tato e possuírem texturas para destacar as partes dos componentes, permitindo a distinção de contrastes do tipo liso/áspero, fino/espesso. Os materiais aplicados aos instrumentos, portanto, que podem influir em sua textura e, conseqüentemente, nas sensações geradas ao toque, não devem provocar rejeição e precisam ser resistentes ao constante manuseio (Brasil, 2007).

Ainda, consoante às ideias do trabalho supracitado, são apresentados alguns exemplos de recursos didáticos de baixo custo para ensino de Braille. Nestes objetos são empregados materiais de uso cotidiano, como as celas Braille ampliadas confeccionadas com embalagens de ovos, folhas de acetato, esferas de desodorante *roll on* e botões de roupa (Figura 8). Essas soluções podem ser consideradas, segundo a conceituação de Lida (2005), soluções de compromisso, uma vez que dentro das restrições existentes é feito tudo o que é possível para se alcançar um resultado, mesmo não sendo a alternativa ideal.

**Figura 8** – Exemplos de recursos didáticos.



Fonte: Adaptado de Brasil (2007).

Outros recursos e equipamentos são facilitadores do processo de ensino do Braille às pessoas com deficiência visual (Brasil, 2007). Neste âmbito é possível

destacar a reglete e a máquina de escrever em Braille. A reglete (Figura 9) é uma régua de metal ou polímero que, quando usada em conjunto com um punção, permite a escrita do sistema. A ferramenta possui um conjunto de celas, no tamanho padrão de 4 x 6 mm, dispostas sobre uma base e existem diferentes modelos que podem variar de acordo com sua funcionalidade e capacidade.

**Figura 9** – Reglete.



Fonte: Loja Civiam<sup>5</sup>.

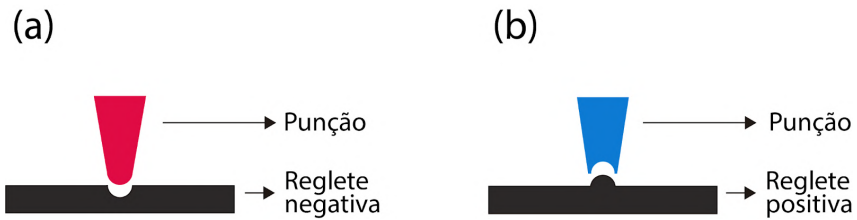
A reglete do tipo negativa (Figura 10.a) possui na base as concavidades que formam os pontos e é utilizada com um punção de ponta convexa. Neste modelo, o papel é posicionado com o verso para cima e os pontos devem ser batidos da direita para a esquerda, para que quando a folha for virada os caracteres estejam na posição usual de leitura (da esquerda para a direita). Já a reglete do tipo positiva (Figura 10.b), possui na base os relevos que formam os pontos e é utilizada com um punção de ponta côncava. Neste modelo, o papel é posicionado com o anverso para cima e os pontos devem ser batidos no sentido da leitura, uma vez que não é necessário virar a folha ao final do processo.

---

<sup>5</sup> <https://www.lojaciviam.com.br/reglete-positiva-de-anotacao>



**Figura 10 – Reglete negativa e positiva.**



Fonte: Autor.

A máquina de escrever em Braille (Figura 11) se configura como um dos métodos mais rápidos e práticos para a escrita. Ela possui 6 teclas que correspondem a cada uma das 6 posições de uma cela. Para a formação de um caractere em Braille no equipamento, é necessário apertar simultaneamente as teclas que correspondem à letra ou ao símbolo desejado.

**Figura 11 – Máquina de escrever em Braille.**



Fonte: Loja Civiam<sup>6</sup>.

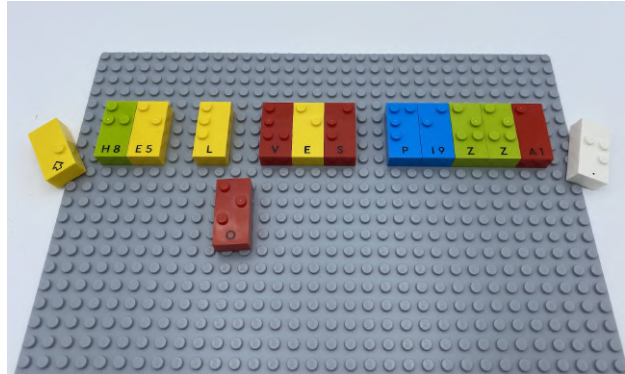
Em 2019 a Fundação Dorina Nowill para cegos lançou, em parceria com a Fundação Lego, o LEGO<sup>®</sup> Braille Bricks (Figura 12), uma versão do brinquedo lego desenvolvido para ser utilizado como um recurso didático na alfabetização de crianças a partir de 4 anos. Nesta variação, que é distribuída gratuitamente a instituições de ensino selecionadas, os blocos possuem em sua face superior os pinos que representam os caracteres em Braille e a impressão correspondente para o público vidente. O primeiro protótipo do produto foi realizado em 2016, e no

<sup>6</sup>

<https://www.lojaciviam.com.br/produtos-para-cegos/maquinas-braille/maquina-de-escrever-braille-perkins-braille>

processo de aprimoramento dele foram executados testes de usabilidade com pessoas cegas, para torná-lo mais inclusivo e preciso (Fundação Dorina Nowill, 2019).

**Figura 12** – LEGO® Braille Bricks.



Fonte: LEGO® Braille Bricks.

Diversos trabalhos acadêmicos, referentes à produção e análise de recursos didáticos táteis para o ensino de diferentes conteúdos às pessoas cegas e com baixa visão têm sido desenvolvidos. Brendler et al. (2014), através das técnicas de corte a laser e impressão 3D, elaborou objetos para o ensino de conteúdos relacionados a biologia e conclui que a fabricação digital, aliada a metodologias de projeto centrado no usuário, permitiu uma construção mais efetiva de recursos educacionais a pessoas com deficiência.

Kauffmann e Oliveira (2022), usando metodologias de projeto centrado no usuário, desenvolveram em sua pesquisa objetos multisensoriais tridimensionais, construídos por meio de fabricação digital, que apoiaram o ensino de um conteúdo específico de botânica e, concomitantemente, estimularam o desenvolvimento das habilidades táteis de pessoas com deficiência visual. Pohlmann et al. (2015) elaborou modelos didáticos, através de impressão 3D, para facilitar o ensino de sistemas nanoestruturados, entretanto, através de testes de usabilidade com usuários cegos, constatou-se que as inscrições em Braille empregadas no objeto não foram consideradas satisfatórias devido a falta de uniformidade na altura e espaçamento dos caracteres.

As percepções sensoriais dos usuários às superfícies dos produtos tem sido tema de estudos para auxiliar nas decisões projetuais na área do design. Dischinger e Kindlein (2009), apontam em sua pesquisa a importância da mensuração dos

aspectos físicos e simbólicos dos materiais, através de técnicas específicas, a fim de propiciar uma melhor escolha nos projetos e, conseqüentemente, beneficiar a percepção tátil do usuário. Os mesmos autores propõem, em outro estudo, uma metodologia de análise da percepção tátil em materiais, adaptável a diferentes situações, dividida em 5 etapas: (1) Concepção dos corpos-de-prova; (2) Caracterização e Medição dos corpos-de-prova; (3) Análise sensorial dos corpos-de-prova; (4) Análise afetiva dos corpos-de-prova; e (5) Correlação dos dados (Dischinger; Kindlein, 2010). Portanto, a partir destes trabalhos referentes a produção de recursos didáticos e da influência da percepção sensorial das superfícies dos materiais, é possível perceber que diferentes métodos de fabricação digital podem ser avaliados e utilizados junto aos usuários para permitir a melhor escolha que atenda aos requisitos do projeto

#### 3.1.4.2. Normas técnicas de aplicação do sistema Braille

Foi realizada uma pesquisa na base de dados “ABNT Coleção” utilizando o termo “Braille” a fim da busca de normas em vigor referentes ao sistema. Para a pesquisa foram selecionadas todas as organizações e associações disponíveis no site (ABNT, AMN, ISO, IEC, DIN, AFNOR, BSI, JIS, ASTM e IEEE), o que resultou na obtenção de 36 normas. A lista com os nomes das normas consta no Apêndice A.

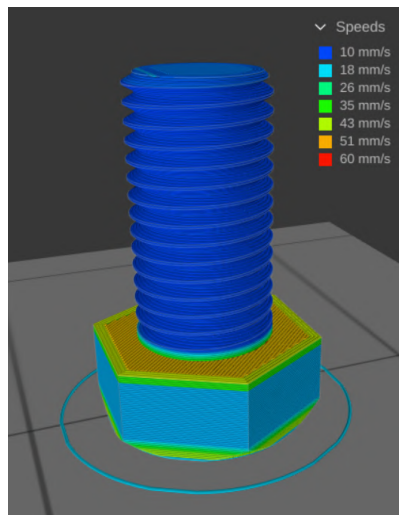
Diversas normas encontradas por meio deste levantamento tratam sobre a aplicação do sistema Braille em embalagens (ISO 17351:2013, NF EN ISO 17351:2014, FD CEN/TR 15753:2008, dentre outras), bem como em sinalização e mobiliário urbano (ISO 17049:2013). Outras normas encontradas abordam temas relacionados à ergonomia e sobre aspectos relevantes na interação humano-máquina na informática (DIN 32982:1994 DE, ISO 24508:2019, ISO 9241-920:2009, ISO/IEC 14496-23 Ed. 1.0 en, dentre outras).

Uma norma brasileira que apresenta informações e métricas de aplicação física referentes ao sistema Braille é a ABNT NBR 9050:2015. Este documento transcorre sobre acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Ainda, há um manual, também brasileiro, que apresenta as normas técnicas para a produção de textos em Braille. Nele, há orientações práticas para produção e transcrição de textos em que é aplicado o sistema (Brasil, 2018).

### 3.1.5. MANUFATURA ADITIVA

A manufatura aditiva é um processo baseado na adição de material, criado no fim de 1980, popularmente conhecido como impressão 3D. Neste processo, modelagens feitas em CAD (*Computer-Aided Design*) podem ser produzidas fisicamente a partir da construção de camadas finas em diferentes materiais e formas, provenientes do fatiamento do modelo virtual em softwares específicos (Figura 13). Em virtude da possibilidade da construção de geometrias complexas, de uma forma relativamente fácil e automatizada, é considerada um marco em termos de processo de fabricação (Volpato et al., 2017)

**Figura 13** – Fatiamento de um modelo para impressão 3D.



Fonte: Autor.

Volpato et al. (2017) explica que inicialmente este método de impressão era denominado prototipagem rápida devido a sua aplicação na produção de modelos físicos, entretanto, com o avanço e as melhorias na técnica, é possível a obtenção de peças aplicáveis como produto final. Dessa forma, academicamente e inclusive industrialmente, o termo que melhor descreve o processo é manufatura aditiva.

A Fabricação por Filamento Fundido (FFF) é o método de fabricação 3D mais comum. Neste processo, um cabeçote móvel aquecido extruda material termoplástico fundido a fim da construção de camadas finas. Entretanto, neste processo é possível notar o efeito escada, uma textura superficial decorrente do empilhamento de camadas finas. Diferentes técnicas de manufatura aditiva

permitem processos de tratamento do acabamento superficial das peças (Galantucci; Lavecchia, 2009 apud Pestano et al., 2022; Zhang, 2017, apud Pestano et al., 2022). Pestano et al. (2022) em seu estudo analisa a diminuição da rugosidade superficial, de peças impressas em filamento de acrilonitrila butadieno estireno (ABS), por meio de banho de vapor de acetona e concluem que o processo é eficiente para a obtenção de texturas suaves e brilhantes. Desse modo, diferentes acabamentos superficiais podem ser gerados a partir da técnica abordada neste tópico, o que pode influenciar na percepção tátil dos usuários.

### 3.2. PESQUISA EXPLORATÓRIA

Neste item, são apresentadas as pesquisas feitas com o público alvo e com profissionais que trabalham no processo de reabilitação de pessoas com cegueira adquirida. A partir destes dados, portanto, é possível conhecer os futuros usuários, perceber suas maiores demandas e estabelecer uma conexão, a fim de posteriormente serem realizados encontros de co-projeto participativo.

#### 3.2.1. ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

Para possibilitar a identificação das necessidades dos usuários, conhecer as dificuldades das pessoas com deficiência visual, entender sobre o processo de ensino e aprendizagem e conhecer melhor os recursos didáticos empregados nas aulas de Braille, foram realizadas entrevistas semiestruturadas, com especialistas de diferentes instituições, que atuam em áreas distintas, e com alunos com cegueira, em processo de reabilitação. Os roteiros utilizados para as entrevistas (APÊNDICE B) foram inspirados na abordagem sugerida no Kit de Ferramentas do HCD (IDEO, 2018) em que há a intenção de buscar o envolvimento dos participantes em um diálogo e, concomitantemente, manter o foco em um tópico específico.

Nas entrevistas com os especialistas, foi possível conversar com quatro professoras de Braille, uma da União dos Cegos do Rio Grande do Sul (UCERGS), uma da Associação dos Cegos do Rio Grande do Sul (ACERGS), entidades localizadas em Porto Alegre/RS, e duas do Instituto Benjamin Constant (IBC), situado no Rio de Janeiro/RJ. Ademais, foi possível realizar contato com um professor de orientação e mobilidade, um professor de tecnologia acessível e informática e duas psicólogas, todos colaboradores da UCERGS. Também foi feita

uma conversa com a assistente social e coordenadora do Projeto Braille Bricks da Fundação Dorina Nowill, localizada em São Paulo/SP. Por fim, 5 alunos da UCERGS, todos adultos com cegueira adquirida, foram entrevistados a fim da obtenção de informações e necessidades, que posteriormente puderam ser convertidas em requisitos para o projeto. Todas as entrevistas na UCERGS foram feitas em encontros presenciais, nas demais instituições sucederam-se de forma remota.

Em todas as conversas, inicialmente foi feita uma apresentação acerca do tema do trabalho e dos objetivos, e na sequência foram realizadas as perguntas, seguindo o roteiro desenvolvido para cada um dos perfis. Conforme o diálogo ia ocorrendo, outros questionamentos eram realizados, a partir das oportunidades percebidas, a fim de explorar melhor o assunto e possibilitar uma abordagem mais profunda e significativa com o indivíduo.

#### 3.2.1.1. Entrevistas com especialistas: Professoras(es)

A fim do entendimento do processo de ensino do Braille a pessoas com deficiência visual, foram feitas entrevistas com quatro professoras de diferentes instituições. As professoras da UCERGS, da ACERGS e uma das professoras do IBC, atendem exclusivamente adultos com cegueira adquirida em processo de reabilitação. A outra professora do IBC entrevistada, trabalha apenas com alfabetização de crianças.

Sobre as dificuldades do ensino de Braille aos adultos com cegueira adquirida, todas as especialistas relataram a baixa sensibilidade tátil na ponta dos dedos e a necessidade do seu estímulo. Como o Braille é um sistema de leitura tátil, exige uma sensibilidade apurada. Ainda a professora da UCERGS fez o seguinte relato:

[...] Cada pessoa tem um processo diferente e seu ritmo de aprendizagem, sendo portanto um processo muito subjetivo. Por isso, é importante observar durante as aulas a história de vida de cada pessoa, a realidade de cada um, seus interesses, entrando portanto muito na pedagogia de Paulo Freire. [...] E considerando todos

esses pontos, os aspectos de cada pessoa, é possível afirmar que a principal dificuldade é quanto a sensibilidade na ponta dos dedos e para isso o Lego Braille Bricks ajuda nesse processo de ensino, por conta dos pontos serem mais salientes, mas quando é feita a passagem para o papel ocorrem dificuldades, necessitando, às vezes, de um papel com gramatura maior do que o usual, que é o 120, para marcação dos pontos.

Para o desenvolvimento do tato, as professoras recomendam aos alunos algumas técnicas, como fazer pequenas bolinhas de papel e ficar as movimentando entre o indicador e o polegar e ficar friccionando o dedo indicador em uma superfície de carpete, ou em algum outro material com textura mais áspera. A docente do IBC, que atua com pessoas em processo de reabilitação, atentou às dificuldades relacionadas à aceitação da perda da visão, bem como da diminuição da independência desses indivíduos. Acerca do processo inicial de ensino, ela complementou:

[...] Elas têm muita dificuldade em relação ao tato, é preciso que ele seja trabalhado, e a gente costuma fazer um trabalho chamado pré-Braille, que são materiais que utilizamos, como arroz, feijão, milho, em que a gente mistura tudo e pedimos que eles separem.

As três profissionais que trabalham com os adultos com cegueira adquirida, informaram que a maior parte dos alunos que elas atendem possuem diabetes e, portanto, possuem algum nível de acometimento da sensibilidade na ponta dos dedos, tanto por conta da neuropatia periférica, quanto pelo sucessivos exames capilares de glicemia realizados. A dificuldade dos discentes na memorização das posições dos pontos na cela Braille foi relatada pela professora da ACERGS.

Em relação à função do Braille na vida das pessoas com cegueira, as entrevistadas indicaram a importância do sistema em relação à construção da identidade da pessoa cega, do seu processo de autodescobrimento e aceitação. Neste aspecto, a professora da ACERGS explicou que o Braille pode ajudar a

pessoa com deficiência visual na organização do seu cotidiano, ao colocar, por exemplo, nomes nos seus potes de mantimentos e na identificação dos seus medicamentos, proporcionando assim uma autonomia maior dentro de sua residência. A professora do IBC, que trabalha com alfabetização de crianças, destacou que:

[...] O Braille vai dar uma autonomia em relação a uma escrita e uma leitura que são desenvolvidas e onde são estimuladas outras áreas do cérebro que levam a pessoa a escrever e a se comunicar. [...] o aspecto da leitura vai englobar várias coisas, tanto quanto a pessoa quiser pegar um elevador e identificar onde ela está, ele vai ajudar na identificação de notas, embalagens de alimentos, panfletos e textos. O Braille é uma peça fundamental na reabilitação.

O processo do ensino do sistema às pessoas com deficiência visual adquirida, de acordo com a professora da UCERGS, é muito subjetivo e por isso é feito um atendimento de forma individualizada e personalizada, sendo guiado pelos interesses e gostos de cada um, a fim do estímulo à leitura e escrita. A profissional do IBC, que ministra aulas a crianças, relatou como desenvolve o processo anterior ao ensino dos pontos em Braille, comumente denominado de pré-Braille:

[...] É necessário fazer um trabalho preparatório da coordenação motora, da lateralidade, a pessoa precisa ter bem definido a questão de direita, esquerda, a coordenação motora fina, grossa.

Referente aos materiais didáticos empregados no ensino do sistema, todas as professoras procuram utilizar ferramentas que exploram a percepção tátil do aluno e facilitem o processo de aquisição das informações. Como exemplo, são aplicados jogos da memória táteis, dominós táteis, Lego® Braille Bricks e celas ampliadas em diferentes materiais. Objetos, com partes pequenas, são utilizados para o estímulo do movimento de pinça entre os dedos polegar e indicador, como o



soroban, instrumento desenvolvido para ensino de cálculo, e outros elementos em tamanho reduzido, como grãos de milho, arroz e feijão.

Após essa etapa inicial de contato com o sistema Braille e de aprendizado das posições relativas da cela, as professoras relataram que introduzem o ensino da escrita. Para tanto, é utilizado primeiramente o conjunto reglete e punção e, em casos de dificuldade no manuseio destas ferramentas, é apresentada a máquina de escrever Perkins®. A máquina Perkins® é considerada como segunda alternativa por conta do seu alto custo, dessa forma, as docentes buscam conhecer previamente a realidade socioeconômica do indivíduo, para poder oferecer recursos que eles terão condições de adquirir.

O processo de ensino do Braille, segundo a professora que leciona a crianças no IBC, ocorre das partes para o todo, pois a pessoa com deficiência visual precisa entender como a letra se forma, para depois gerar palavras e, posteriormente, frases. O professor de tecnologia acessível e informática da UCERGS, destacou a relevância das tecnologias 3D na fabricação de materiais educativos para pessoas cegas, utilizando como exemplo a confecção de miniaturas impressas em 3D direcionadas à formação e desenvolvimento das crianças. Dessa forma, foi possível perceber, através das entrevistas realizadas, as particularidades das etapas do processo de ensino do sistema a adultos com cegueira adquirida e dos recursos utilizados para possibilitar a efetiva aprendizagem. As informações e descobertas, oriundas das conversas com estes profissionais, foram sintetizadas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Síntese das entrevistas com as professoras.**

<b>Aspectos observados</b>	<b>Descoberta</b>
<b>Desenvolvimento dos sentidos</b>	Os alunos com cegueira adquirida apresentam muita dificuldade com a sensibilidade na ponta dos dedos
<b>Memorização dos pontos</b>	São empregados diversos materiais didáticos, como celas ampliadas, para auxiliar na memorização dos caracteres
<b>Desenvolvimento de habilidades manuais</b>	O desenvolvimento das habilidades manuais com as mãos é muito importante para as pessoas com deficiência visual, pois estimula o desenvolvimento do tato

Continua

	Conclusão
<b>Adaptabilidade</b>	Os recursos precisam ser adaptáveis às diferentes necessidades dos usuários, pois o ensino usualmente é feito de forma individual
<b>Uso de materiais didáticos</b>	Os materiais didáticos, como o Lego® Braille Bricks, auxiliam muito durante as aulas, mas ao realizar a leitura dos pontos no papel, surge muita dificuldade
<b>Função do Braille</b>	O sistema corrobora na construção da identidade do indivíduo cego e possui uma forte função social

Fonte: Autor.

### 3.2.1.2. Entrevistas com especialistas: Psicólogas

Às psicólogas da UCERGS, foram feitos questionamentos acerca dos processos emocionais relacionados à perda da visão e quanto às fases enfrentadas durante a reabilitação de pessoas com deficiência visual. As profissionais entrevistadas relataram que cada indivíduo passa por contextos específicos, e que, portanto, refere-se a um processo subjetivo. A necessidade de traçar estratégias para redescobrir o mundo por meio dos outros sentidos, como audição e tato, e a busca de potencialidades individuais são aspectos abordados durante o método terapêutico.

As profissionais mencionaram as particularidades relacionadas ao processo de luto enfrentado pelas pessoas com cegueira adquirida, em que, usualmente, ocorre a passagem pelos estágios de negação, raiva, tristeza, passividade e por fim aceitação. Dentre as maiores dificuldades relatadas pelos pacientes, evidencia-se a perda da autonomia, a falta de acessibilidade enfrentada diariamente, a dificuldade de locomoção e os problemas na rede de apoio familiar.

As entidades de apoio às pessoas cegas, como a UCERGS e ACERGS, permitem o processo de socialização, durante a realização da reabilitação, viabilizam aos usuários conhecer e interagir com outras pessoas em condição semelhante e mostram as possibilidades e habilidades a serem desenvolvidas. Para tanto, são exploradas formas, estratégias e técnicas para estímulo dos indivíduos e, nesse contexto, o Braille pode auxiliar diretamente na autonomia e liberdade, pois promove o acesso à informação.

### 3.2.1.3. Entrevistas com especialistas: Assistente Social

Para a assistente social e coordenadora do projeto Lego® Braille Bricks no Brasil, da Fundação Dorina Nowill, foram realizados questionamentos acerca do seu trabalho desenvolvido na instituição e sobre a história da produção e características do recurso didático elaborado pelo projeto. A ideia para desenvolvimento do Lego® Braille Bricks surgiu durante uma apresentação feita pela agência de publicidade Lew'Lara à Fundação, em que foi apresentado um objeto educacional construído em blocos de madeira, com os pontos em relevo. A partir desta concepção, a instituição desenvolveu uma metodologia de ensino inclusiva e lúdica, a partir dos blocos, e apresentou à Fundação Lego®. O projeto foi muito bem aceito e, após negociações, obtiveram o resultado das peças de Lego® com as inscrições em Braille.

Inicialmente, a Fundação Dinamarquesa enviou para o Brasil dez caixas com as peças para serem validadas junto a usuários em salas de aula. Após os testes, decidiram incluir as letras em tinta também, para aumentar a acessibilidade, estimulando assim o uso do resíduo visual de pessoas com baixa visão. Diante deste contexto, a entrevistada destacou a importância dos usuários cegos durante o desenvolvimento de projetos, uma vez que apenas eles poderão relatar sua experiência de uso e informar se o produto atende suas necessidades ou não.

As peças atualmente são doadas às instituições e secretarias de educação que possuem alunos com deficiência visual e, em conjunto, é disponibilizado um curso de formação. A profissional relatou que diferentes dispositivos pedagógicos podem ser construídos, de forma artesanal, a fim de auxiliar na aprendizagem, sendo, portanto, adaptações de materiais.

Em relação ao ensino de Braille a pessoas com cegueira adquirida, a respondente compreende que é opcional a pessoa com deficiência visual aprender ou não o sistema Braille, pois atualmente existem muitos recursos digitais que proporcionam a leitura ao cego. Entretanto, na Fundação eles estimulam estas aulas, pois o sistema traz acessibilidade e autonomia. No processo de aprendizagem, ela relatou que problemas de ordem emocional podem atrapalhar o ensino.

O processo de reabilitação ocorre através de uma equipe interdisciplinar, envolvendo oftalmologistas, assistentes sociais, psicólogos, pedagogos, professores de orientação e mobilidade, terapeutas ocupacionais e fisioterapeutas. O objetivo da

prática, portanto, é alcançar o grau máximo de autonomia e independência do indivíduo, levando em consideração a bagagem de vida da pessoa, seus desejos e interesses. Neste cenário, o trabalho com a família é feito em conjunto, para estímulo da rede de apoio. Por fim, a profissional destacou a importância das instituições em buscar suprir a falta de trabalho especializado para o atendimento de pessoas com deficiência, que as políticas públicas não atendem.

#### 3.2.1.4. Entrevistas com alunos

Para compreender a realidade em que os usuários do projeto a ser desenvolvido estão inseridos, foram realizadas cinco entrevistas com alunos de Braille da UCERGS, que possuem cegueira adquirida. A fim de possibilitar melhor organização dos dados obtidos, as informações das conversas são apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 2 - Síntese das entrevistas com os alunos.**

<b>Assunto abordado</b>	<b>Aluna 1</b>	<b>Aluna 2</b>	<b>Aluna 3</b>	<b>Aluno 4</b>	<b>Aluna 5</b>
<b>Faixa etária</b>	40 a 50 anos.	40 a 50 anos.	20 a 30 anos.	60 a 70 anos.	40 a 50 anos.
<b>Dificuldades enfrentadas diariamente</b>	Possui forte rede de apoio familiar, o que a ajuda a enfrentar as dificuldades da sua condição atual.	Possui apoio da família, principalmente do marido, que a ajuda no seu processo de adaptação.	Possui forte rede de apoio familiar, o que a ajuda a enfrentar as dificuldades da sua condição atual.	Possui forte apoio da esposa, que o ajuda a enfrentar as dificuldades da sua condição atual.	Possui apoio da família. Sente muita dificuldade na locomoção nas vias públicas.
<b>Recursos de TA utilizados diariamente</b>	Utiliza aplicativos leitores de tela no celular, como talkback e google assistente, e no computador. Usa bengala também.	Usa a Siri para mexer no celular. Usa bengala também.	Utiliza aplicativos leitores de tela no celular, como talkback e google assistente. Também usa o Lookout, que identifica, pela câmera do celular, objetos ao redor. Utiliza relógio com audiodescrição e bengala.	Usa assistentes para mexer no celular. Utiliza bengala também.	Utiliza aplicativos leitores de tela no celular, como talkback e google assistente. Usa o Lookout, que identifica, pela câmera do celular, objetos e textos e o Lazarillo, para locomoção. Usa bengala.
<b>Dificuldades enfrentadas durante as aulas de Braille</b>	Sente muita dificuldade para sentir os pontos no papel, para isso, realiza a marcação dos pontos com a reglete em papel 180 g/m <sup>2</sup> .	Sente muita dificuldade para sentir os pontos no papel. Tem dificuldade para escrever, pois se confunde com a posição dos pontos.	Sente muita dificuldade em ler, pois ela não tem a sensibilidade na ponta dos dedos bem desenvolvida e é muito difícil assimilar a posição dos pontos.	Como iniciou recentemente as aulas, não relatou dificuldades.	A maior dificuldade é quanto a memorização dos pontos e sente que necessita de maior dedicação, principalmente praticando após as aulas.
<b>Recursos didáticos utilizados nas aulas de Braille</b>	Gosta muito do Lego Braille Bricks e desejava poder ter em casa, pois gosta de aprender brincando. Possui uma cela Braille ampliada em MDF, mas não gosta tanto quanto o Lego.	Gosta muito do Lego, pois a ajudou a decorar as letras mais rápido e desejava poder ter em casa. Também acha as peças muito bonitas. Já usou durante as aulas uma cela ampliada em MDF.	Gosta de escrever utilizando a máquina Perkins, pois teve dificuldade com a dinâmica da reglete negativa, em escrever de trás para frente.	Gosta do Lego, pois o ajuda a entender o Braille e a decorar as posições dos pontos. Também já teve contato com a cela Braille ampliada em MDF.	Gosta muito do Lego, pois facilita o entendimento dos pontos em Braille. Por ter visão residual, consegue perceber e diferenciar as cores das peças.
<b>Treinamento do Braille fora das aulas</b>	Mesmo tendo uma reglete, sente falta de motivação para treinar o Braille em casa.	Treina o Braille escrevendo em casa com a reglete, a partir dos exercícios dados pela professora. Ouve aulas de Braille pelo YouTube.	Costuma escrever histórias em casa, com sua máquina Perkins, para estudar o Braille.	Como iniciou recentemente as aulas, ainda não realiza o treinamento.	Mesmo tendo uma reglete, sente falta de motivação para treinar o Braille em casa.

Continua

## Conclusão

<p><b>Técnicas utilizadas para treinar a sensibilidade tátil</b></p>	<p>Necessita muito estimular o tato, pois ficou cega por conta da diabetes. Faz bolinhas de papel para passar entre os dedos indicador e polegar e fricciona materiais ásperos, como lixas e tecidos, no indicador, para estimular a circulação.</p>	<p>Necessita muito estimular o tato, pois ficou cega por conta da diabetes e faz frequentemente o exame capilar de glicemia na ponta do dedo. Faz bolinhas de papel para passar entre os dedos indicador e polegar.</p>	<p>Necessita muito estimular o tato, pois tem pouca sensibilidade. Para tanto, faz bolinhas de papel para passar entre os dedos indicador e polegar e faz trabalhos manuais com massinha de modelar.</p>	<p>Não realiza técnicas para treinar a sensibilidade, pois iniciou recentemente as aulas.</p>	<p>Para estimular o tato, faz bolinhas de papel para passar entre os dedos indicador e polegar e fricciona materiais ásperos, como carpete.</p>
<p><b>Auxílio do Braille diariamente</b></p>	<p>Acredita que pode permitir maior autonomia, pois permite leitura de caixas de mantimentos e medicamentos, apesar da grande dificuldade de perceber os pontos nestes produtos. Proporciona momentos de interação com o filho, porque sempre que ele nota os pontos nas caixas, acaba perguntando para ela o que está escrito.</p>	<p>Gosta de ler, e já tentou realizar leitura de livros em Braille, mas teve dificuldades por conta da proximidade dos pontos. Acabou se perdendo ao trocar de linha.</p>	<p>Acredita que pode permitir maior autonomia, pois permite leitura de caixas de mantimentos e medicamentos. Entretanto, ressaltou que nestes produtos os pontos são muito fracos e por isso não consegue ler.</p>	<p>Acredita que o Braille vai aumentar sua autonomia e vai permitir que volte a ler, pois gostava muito do momento da leitura. Sente falta do estímulo cognitivo.</p>	<p>Acredita que o Braille vai aumentar sua autonomia e vai permitir que volte a ler, pois sente muita falta da leitura de livros. Utilizou o Braille no ano passado para votar.</p>

Fonte: Autor.

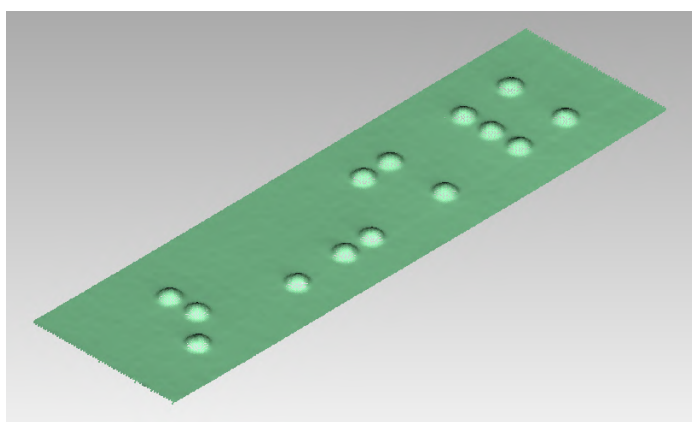
### 3.2.2. DIGITALIZAÇÕES 3D

A partir dos relatos coletados nas entrevistas com especialistas e alunos, foi verificado que, de acordo com a técnica de escrita e do substrato utilizado, há influência na percepção tátil e, conseqüentemente, na leitura do Braille. Assim, foram realizadas digitalizações 3D para análise da altura dos pontos do sistema Braille obtidos por diferentes combinações entre técnicas e papéis de diferentes gramaturas.

Alguns pontos foram marcados em papel sulfite nas gramaturas 120, 150 e 180 g/m<sup>2</sup>, utilizando duas técnicas: conjunto de reglete e punção; e máquina de escrever Perkins<sup>®</sup>. Além disso, também foi verificada a altura dos pontos obtidos pela impressora de Braille, bem como, de uma caixa de medicamento.

Para a digitalização das superfícies, foi utilizado o scanner Digimill 3D<sup>®</sup>, de alta precisão, do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM), empregando a lente de 100 mm, com resolução de 0,1 mm. As nuvens de pontos (Figura 14), resultantes do escaneamento, geraram as formas dos relevos, que foram simplificadas a superfícies de esferas e planos, através do software Geomagic Qualify<sup>®</sup>.

**Figura 14** - Nuvem de pontos resultante do escaneamento.



Fonte: Autor.

As superfícies geradas, portanto, foram importadas para o software de modelagem paramétrica da Autodesk, Fusion 360<sup>®</sup>, onde foi possível medir a altura máxima de cada ponto. Posteriormente, foi feita a média aritmética simples dessas distâncias. Na Tabela 1, são apresentados os dados obtidos deste processo.

**Tabela 1** - Dados obtidos com as digitalizações 3D.

<b>Técnica</b>	<b>Gramatura (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura média do ponto (mm)</b>
<b>Conjunto de reglete e punção</b>	120	0,51
	150	0,54
	180	0,55
<b>Máquina de escrever Perkins®</b>	120	0,48
	150	0,49
	180	0,43
<b>Impressora</b>	-	0,47
<b>Caixa de medicamento</b>	-	0,22

Fonte: Autor.

Com os resultados da digitalização 3D, percebe-se que o aumento da gramatura do papel utilizado com a reglete, resulta no aumento da altura dos pontos e, conseqüentemente, altera a percepção tátil durante a leitura. Entretanto, com a utilização da máquina de escrever, o aumento da gramatura apresentou um resultado diferente, pois houve aumento na altura do ponto na primeira alteração de gramatura, porém, na segunda, foi constatada a diminuição da altura. Isto deve-se, possivelmente, às características do equipamento.

Nos relatos das entrevistas, as pessoas com deficiência visual mencionaram a dificuldade da leitura do Braille em caixas de produtos industrializados, como nos medicamentos. Corroborando com essa informação, a análise dos pontos na caixa de medicamento indicou os menores resultados de todas as amostras.

Esses dados, levantados por meio da digitalização 3D, serão utilizados como referência para o desenvolvimento do projeto, a fim do desenvolvimento de um produto que atenda as necessidades dos usuários e leve em consideração os limites de sua percepção tátil e a demanda do seu desenvolvimento.



## **4. IDEAÇÃO**

Na etapa de ideação, é realizada a avaliação dos dados e informações obtidas por meio das entrevistas, que culminam em necessidades e requisitos de usuários, e efetuado o levantamento e análise de similares. Por fim, a partir da conversão dos requisitos de usuários, são obtidos os requisitos de projeto.

### **4.1. PÚBLICO-ALVO**

O público-alvo do projeto caracteriza-se pelas pessoas adultas, que possuem dificuldades no processo de aprendizagem do sistema Braille, e que, portanto, necessitam de dispositivos que auxiliem no estímulo tátil e na memorização dos pontos da cela. Neste contexto, destacam-se também os docentes, uma vez que eles participam diretamente do ensino e usufruem de recursos que se destinam a este fim.

#### **4.1.1. NECESSIDADES DOS USUÁRIOS**

A partir da coleta de dados desenvolvida na pesquisa exploratória, em que foram realizadas entrevistas com alunos e especialistas, foi possível identificar as necessidades dos usuários. Abaixo são listadas as necessidades:

- a)** Auxiliar no desenvolvimento do tato na ponta dos dedos, por meio movimento de pinça entre o polegar e o indicador;
- b)** Auxiliar na memorização dos pontos na cela Braille;
- c)** Possibilitar adaptação de acordo com as necessidade (ou habilidades) do aluno;
- d)** Estimular o uso da visão, em qualquer nível, quando existente;
- e)** Auxiliar no desenvolvimento de coordenação motora fina e grossa;
- f)** Possuir uma configuração formal que seja agradável de ser explorada;
- g)** Possibilitar momento de interação da pessoa com deficiência visual com a família.

#### 4.1.2. REQUISITOS DOS USUÁRIOS

Após a identificação das necessidades dos usuários, é realizada a sua conversão em requisitos dos usuários, a fim da obtenção de uma linguagem mais compacta e que facilite seu entendimento (Back et al., 2008). No quadro 3, é apresentada as necessidades e seus respectivos requisitos.

**Quadro 3** - Necessidades e requisitos dos usuários.

<b>Necessidades dos usuários</b>	<b>Requisitos dos usuários</b>
Auxiliar no desenvolvimento do tato na ponta dos dedos, por meio movimento de pinça entre o polegar e o indicador	Estimular a percepção tátil
Auxiliar na memorização dos pontos na cela Braille	Estimular a cognição Possibilitar a prática do Braille
Possibilitar adaptação de acordo com as necessidade (ou habilidades) do aluno	Ser adaptável Possibilitar utilização autônoma
Estimular o uso da visão, em qualquer nível, quando existente	Ser inclusivo
Auxiliar no desenvolvimento de coordenação motora fina e grossa	Estimular percepção espacial
Possuir uma configuração formal que seja agradável de ser explorada	Ser bonito
Possibilitar momento de interação da pessoa com deficiência visual com a família	Possibilitar participação Ser divertido

Fonte: Autor.

Para a hierarquização dos requisitos dos usuários, foi elaborado um diagrama de Mudge (APÊNDICE C). Nesta ferramenta, os requisitos são cruzados com eles mesmo e avaliados de acordo com sua relevância para o projeto, em que a nota 1 denota menor importância, a nota 2 importância semelhante e 3 representa maior importância. A seguir, os requisitos de usuário são listados conforme a classificação resultante:

1. Estimular a percepção tátil;
2. Estimular a cognição;
3. Estimular percepção espacial;
4. Possibilitar a prática do Braille;

5. Ser adaptável;
6. Possibilitar utilização autônoma;
7. Ser inclusivo;
8. Ser bonito;
9. Possibilitar participação;
10. Ser divertido.

#### 4.2. LEVANTAMENTO DE SIMILARES DE PRODUTO

Para a realização do levantamento de produtos similares, foram considerados os requisitos elencados através da etapa de inspiração, sendo considerados os artigos, industrializados ou artesanais, que desempenham as funções necessárias para o projeto. Segundo Platcheck (2012), o objetivo da pesquisa realizada nesta etapa visa apresentar as soluções existentes atualmente que atendem, parcial ou completamente, os requisitos contidos na problematização.

##### 4.2.1. BRINCA BRAILLE

O Brinca Braille<sup>7</sup> (Figura 15), produzido pela marca Taptilo, é uma linha Braille desenvolvida para o processo de aprendizagem de leitura e escrita do sistema tátil. O equipamento eletrônico possui a proposta de tornar o aprendizado divertido, interativo e fácil, de forma autônoma, possuindo dimensões adequadas a crianças em processo de desenvolvimento.

**Figura 15** - Brinca Braille.



Fonte: Tecassistiva.

---

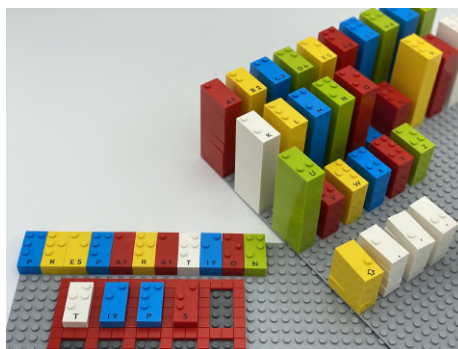
<sup>7</sup> <https://www.tecassistiva.com.br/catalogo/brincabrilie/>

Apesar de ser direcionado ao público infantil, o dispositivo pode ser utilizado por pessoas de qualquer idade. O Brinca Braille, encontrado para aquisição por U\$ 1.349,00<sup>8</sup>, permite a leitura e escrita de palavras de até nove letras e inclui planos de aula predefinidos, com atividades autoguiadas e recursos com foco em alfabetização. Um aplicativo de celular, integrado ao produto, auxilia o seu controle, bem como a execução das atividades disponibilizadas.

#### 4.2.2. LEGO® BRAILLE BRICKS

O Lego® Braille Bricks<sup>9</sup> (Figura 16), é um recurso didático desenvolvido pela Fundação Lego®, sediada na Dinamarca, em parceria com a Fundação Dorina Nowill. O produto consiste nas peças de lego com as inscrições em Braille ampliado e em tinta em sua face superior, permitindo assim o ensino tanto a cegos, quanto a pessoas com baixa visão e videntes. As peças do recurso são encaixadas sobre uma base e permitem a construção de palavras com diversos caracteres. A distribuição deste produto no Brasil é feita de forma gratuita a instituições de ensino e para o seu uso é exigida a realização de um curso de capacitação.

**Figura 16 - Lego® Braille Bricks.**



Fonte: Lego® Braille Bricks.

#### 4.2.3. CELA AMPLIADA

A cela ampliada<sup>10</sup> (Figura 17), é um recurso didático empregado no ensino e memorização da posição dos pontos na cela Braille, sendo utilizado, principalmente, no início do processo de aprendizagem a pessoas de todas as idades. Usualmente o

<sup>8</sup> <https://www.maxiaids.com/taptilo-40-braille-learning-device>

<sup>9</sup> <https://legobrainlebricks.com/>

<sup>10</sup> <https://shoppingdobraille.com.br/produtos/alfabeto-braille-grande-mdf/>

produto é encontrado por R\$ 55<sup>11</sup>, e inclusive pode ser produzido de forma artesanal pelos docentes.

**Figura 17** - Celas Braille Ampliadas.



Fonte: Shopping do Braille.

#### 4.2.4. TESTANDO A SENSIBILIDADE

O jogo Testando a Sensibilidade (Figura 18), produzido pela Editora Fundamental, é um material empregado para a estimulação da sensibilidade tátil. São usadas, para tanto, figuras geométricas gravadas em baixo relevo nas peças em uma de suas faces. O material auxilia no desenvolvimento de funções cognitivas básicas, como atenção, memória, concentração e raciocínio, podendo ser utilizado para processos de socialização entre indivíduos. O jogo pode ser encontrado por R\$ 75,60<sup>12</sup>, e é possível ser utilizado para crianças a partir de 4 anos de idade e adultos.

**Figura 18** - Jogo Testando a Sensibilidade.



Fonte: Planeta Pedagógico.

<sup>11</sup> <https://shoppingdobraille.com.br/produtos/alfabeto-braille-grande-mdf/>

<sup>12</sup> <https://www.planetapedagogico.com.br/jogo-de-memoria-testando-a-sensibilidade>

#### 4.2.5. MEMÓRIA TEXTURA

O jogo Memória Textura (Figura 19), produzido pela Editora Fundamental, é um recurso didático utilizado para a estimulação da sensibilidade tátil e das funções cognitivas básicas. O produto emprega diferentes materiais, com texturas superficiais distintas, em peças, e pode ser encontrado por R\$ 76,80<sup>13</sup>. O material é indicado para ser aplicado a crianças a partir de 3 anos de idade, entretanto pode ser usado com adultos.

**Figura 19** - Jogo Memória Textura.



Fonte: Planeta Pedagógico.


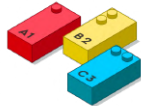



#### 4.3. ANÁLISE DE SIMILARES DE PRODUTO


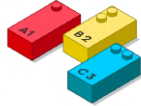



Nesta etapa do trabalho, foi realizada a análise dos produtos levantados anteriormente, sendo executadas as análises estrutural, funcional, ergonômica e morfológica, propostas por Platchek (2012). Na análise estrutural, são abordadas questões referentes à estrutura do produto, seus componentes, sistemas de união e materiais de fabricação. Na análise funcional, são discutidas as funções dos sistemas, subsistemas, partes e mecanismos do objeto, levando em consideração as suas características de uso. Para a análise ergonômica, são estudados os aspectos de manuseio do produto pelos diferentes usuários, sendo levadas em conta questões físicas e cognitivas. Na análise morfológica, é examinada a estrutura formal que compõe o objeto, a fim de descrevê-lo a partir de elementos geométricos e de critérios formais e estéticos. Esta análise é apresentada no Quadro 4.

---


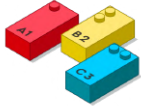



<sup>13</sup> <https://www.planetapedagogico.com.br/memoria-textura-20-pecas>

Quadro 4 - Análise de similares.

		Produtos similares				
		<b>Brinca Braille</b> 	<b>Legó® Braille Bricks</b> 	<b>Cela ampliada</b> 	<b>Testando a sensibilidade</b> 	<b>Memória textura</b> 
<b>Análise estrutural</b>	<b>Número de componentes</b>	O produto possui na parte superior 9 células Braille encaixáveis.	O kit é composto por 340 peças (blocos), 1 separador de peças e 3 pranchas (bases).	O produto é composto por 1 base e 6 pontos.	O jogo é composto por 20 peças, que formam 10 pares.	O jogo é composto por 20 peças, que formam 10 pares.
	<b>Estrutura</b>	A estrutura é composta por peças encaixáveis, por meio de imã, na parte superior, que auxiliam no desenvolvimento das atividades de escrever. As celas, na parte inferior, possuem pontos dinâmicos que permitem a leitura.	As estruturas das pranchas permitem encaixe e desencaixe dos blocos, por meio de mecanismos macho-fêmea.	A estrutura da base da cela permite sucessivos encaixes e desencaixes dos pontos.	A estrutura das peças são simples, sendo formadas por placas cortadas em formato quadrado.	A estrutura das peças são simples, sendo formadas por placas cortadas em formato quadrado. No centro, há um rebaixo em formato circular para alocação do material texturizado.
	<b>Matérias-primas</b>	Não foi possível encontrar a especificação do material, entretanto o produto é produzido em polímero injetado.	Os blocos são produzidos por injeção em polímero ABS (acrilonitrila butadieno estireno), o que proporciona longa duração e resistência. A base é produzida por injeção em polímero HIPS (poliestireno de alto impacto), o que proporciona resistência.	A base é produzida em MDF cru. Os pontos são produzidos em polímero emborrachado EVA (acetato de vinila)	As peças são produzidas em MDF cru.	As peças são produzidas em MDF cru. Na parte central, são aplicadas diferentes materiais como: lixa, papel, papelão, tecido, feltro, velcro, eva, espuma e bagum. Esses materiais possuem texturas distintas.

		Produtos similares				
		<b>Brinca Braille</b> 	<b>Legó® Braille Bricks</b> 	<b>Cela ampliada</b> 	<b>Testando a sensibilidade</b> 	<b>Memória textura</b> 
Análise funcional	<b>Versatilidade</b>	O equipamento permite a execução de diferentes atividades de forma autônoma ou guiada, possuindo os modos de ler, ler e escrever e ditado.	O recurso permite a formação de diferentes palavras, a partir da montagem dos blocos sobre as bases.	O recurso permite a representação dos 64 caracteres que compõem o sistema Braille, sendo empregado principalmente na fase inicial de ensino.	O jogo é possível de ser explorado de 1 maneira.	O jogo é possível de ser explorado de 1 maneira.
	<b>Acabamento</b>	Possui acabamento com brilho.	Possui textura lisa e acabamento com brilho. As peças podem ser em 5 cores: vermelho, verde, amarelo, azul e branco.	O acabamento da base, por se tratar de MDF cru, possui textura lisa. Já os pontos em EVA são macios e possuem textura rugosa.	A parte superior da peça possui sulcos (parte colorida), que formam as geometrias do jogo. O acabamento restante da peça, por se tratar de MDF cru, possui textura lisa.	O acabamento da parte externa da peça, por se tratar de MDF cru, possui textura lisa. Já na porção central são empregados diferentes materiais, que possuem texturas distintas.
Análise ergonômica	<b>Cognição</b>	O produto estimula a aprendizagem do Braille, por meio de diferentes atividades e exercícios de leitura e escrita, de forma autônoma ou guiada. Por possuir as celas em tamanho ampliado, facilita a percepção tátil e ajuda na memorização das posições dos pontos.	Os blocos possuem as inscrições em Braille em tamanho ampliado, dessa forma facilitam o processo de percepção tátil, bem como de memorização das posições dos pontos. O uso de cores e a inscrição em tinta, estimula o uso da visão residual.	O recurso ampliado permite facilidade na percepção e auxilia no processo de memorização das posições dos pontos.	O jogo estimula a exploração manual e auxilia no processo de desenvolvimento da percepção tátil. Aspectos relacionados ao aumento da atenção, memória, concentração, raciocínio e interação com outras pessoas são explorados.	O jogo estimula a exploração manual e auxilia no processo de desenvolvimento da percepção tátil. Aspectos relacionados ao aumento da atenção, memória, concentração, raciocínio e interação com outras pessoas são explorados.
	<b>Transporte</b>	O dispositivo é relativamente volumoso, dessa forma pode prejudicar o transporte.	O kit, por possuir muitas peças e por elas serem relativamente volumosas, é acondicionado em uma embalagem grande.	O objeto, por possuir poucas partes, é possível de ser transportado com facilidade.	O jogo não possui muitas peças e a geometria delas favorece seu acondicionamento. Dessa forma, o transporte é facilitado.	O jogo não possui muitas peças e a geometria delas favorece seu acondicionamento. Dessa forma, o transporte é facilitado.



		Produtos similares				
		<b>Brinca Braille</b> 	<b>Legó® Braille Bricks</b> 	<b>Cela ampliada</b> 	<b>Testando a sensibilidade</b> 	<b>Memória textura</b> 
<b>Análise morfológica</b>	<b>Dimensões</b>	Dispositivo: 437 x 137 x 55 mm. Células: 33 x 56 x 16 mm.	Blocos: 16 x 31,5 x 10 mm. Bases: 255 x 255 mm.	Base: 80 x 140 x 12 mm. Pontos: Ø 25 x 10 mm.	Embalagem: 180 x 180 x 65 mm. Peças: 75 x 75 x 6 mm.	Embalagem: 180 x 180 x 65 mm. Peças: 50 x 50 x 6 mm.
	<b>Estética</b>	São empregadas formas arredondadas que favorecem a exploração tátil.	São empregadas cores primárias, que remetem a um tema lúdico e divertido.	A base da cela possui arestas com cantos vivos.	São empregadas geometrias que permitem a exploração e diferenciação das peças. As peças possuem arestas com cantos vivos.	São empregados materiais texturizados que permitem a exploração e diferenciação das peças. As peças possuem arestas com cantos vivos.
	<b>Forma</b>	As células encaixáveis possuem forma de paralelepípedo retângulo, com arestas arredondadas. A base do equipamento possui formato alongado, com arestas arredondadas.	Os blocos possuem forma de paralelepípedo retângulo, com os pontos circulares salientes na parte superior.	A base da cela possui forma de paralelepípedo, entretanto em uma das arestas há um chanfro que indica o posicionamento do produto. Os pontos possuem formato de cilindro reto.	As peças do jogo possuem formato quadrado, possuindo formas geométricas distintas inscritas em sua fase superior.	As peças do jogo possuem formato quadrado e no centro há a inserção de materiais distintos.
	<b>Embalagem</b>	Não há indicação.	Possui caixa produzida em polímero, com tampa encaixável, para acondicionamento das peças.	Não há indicação.	Possui caixa produzida em madeira, em formato de paralelepípedo, com tampa deslizante.	Possui caixa produzida em madeira, em formato de paralelepípedo, com tampa deslizante.

#### 4.4. REQUISITOS DE PROJETO

Após a identificação dos requisitos dos usuários, é realizada a sua conversão em requisitos de projeto. Essa etapa, permite a determinação das características técnicas tangíveis do produto. No Quadro 5, são apresentados os requisitos dos usuários e seus respectivos requisitos de projeto.

**Quadro 5** - Requisitos de usuários e projeto.

<b>Requisitos dos usuários</b>	<b>Requisitos de projeto</b>
Estimular a percepção tátil	Possuir partes com diferentes texturas superficiais Possuir partes com diferentes formas geométricas
Estimular a cognição	Possibilitar a execução de exercícios
Estimular percepção espacial	Possuir partes com diferentes tamanhos
Possibilitar a prática do Braille	Possuir cela Braille
Ser adaptável	Implementar diferentes níveis de dificuldade
Possibilitar utilização autônoma	Possuir modo de uso individual Possuir manuseio intuitivo
Ser inclusivo	Empregar cores que estimulem a visão residual Possuir marcação em alfabeto latino
Ser bonito	Utilizar formas que estimulem a exploração tátil
Possibilitar participação	Possuir modo de utilização colaborativo
Ser divertido	Possuir encaixes

Fonte: Autor.

Para a hierarquização dos requisitos de projeto, foi elaborada uma matriz QFD - *Quality Function Deployment* (APÊNDICE D). Nesta ferramenta, os requisitos dos usuários, previamente hierarquizados, são cruzados com os requisitos de projeto e entre eles são avaliadas a sua relação, em que a nota 1 determina fraca relação, a nota 3 média relação e 5 indica forte relação. A seguir, os requisitos de projeto são listados conforme a classificação resultante:

1. Possuir partes com diferentes tamanhos;
2. Possuir partes com diferentes formas geométricas;

3. Utilizar formas que estimulem a exploração tátil;
4. Possuir partes com diferentes texturas superficiais;
5. Implementar diferentes níveis de dificuldade;
6. Possuir modo de uso individual;
7. Possibilitar a execução de exercícios;
8. Possuir cebra Braille;
9. Empregar cores que estimulem a visão residual;
10. Possuir marcação em alfabeto latino;
11. Possuir modo de utilização colaborativo;
12. Possuir manuseio intuitivo;
13. Possuir encaixes.

#### 4.5. CONCEITO DE PROJETO

Durante a realização das entrevistas, tanto com os profissionais, quanto com os alunos, foi possível reconhecer a importância do Braille para as pessoas com deficiência, uma vez que pode permitir aos indivíduos cegos o aumento da autonomia e o desenvolvimento de uma identidade. A partir da coleta de dados realizada na etapa informacional do projeto, dos requisitos de usuário e de projeto elencados, foi possível constatar as oportunidades de desenvolvimento projetual e elaborar a definição do conceito do projeto. Ademais, durante a realização das entrevistas tanto com os profissionais, quanto com os alunos, foi possível reconhecer a importância do Braille para as pessoas com deficiência, uma vez que pode permitir aos indivíduos cegos o aumento da autonomia e o desenvolvimento de uma identidade. A concepção do produto relaciona-se ao estímulo da percepção tátil e à aprendizagem do sistema Braille, principalmente a adultos com cegueira adquirida.

Dessa forma, o produto a ser desenvolvido deve ser **intuitivo e inclusivo**, auxiliando nos estímulos necessários na fase de pré-Braille e facilitando a aprendizagem do sistema de leitura e escrita tátil, podendo ser utilizado tanto de forma guiada, através de um docente, quanto de forma autônoma pelo discente. A possibilidade de utilizar de forma participativa, viabilizando a interação com outros indivíduos, também é almejada pelo projeto.

Portanto, para o conceito do trabalho foram estabelecidos os vocábulos **estímulo**, **aprendizagem** e **autonomia**, devido à relevância que os termos suscitam e pela sua recorrência durante a pesquisa exploratória. No intuito de complementar o conceito, é apresentada a seguinte frase de Louis Braille:

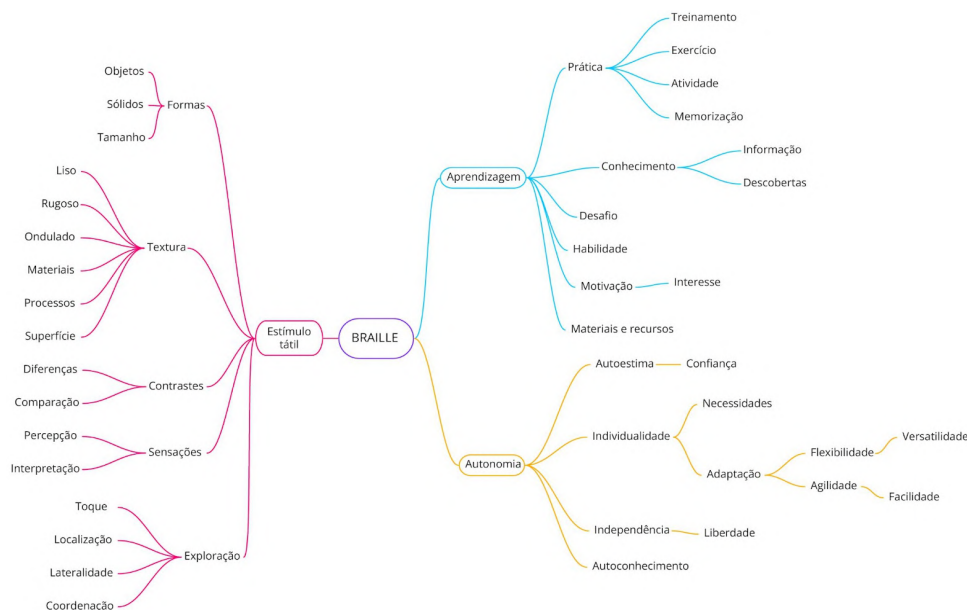
Braille é conhecimento, e conhecimento é poder.

Para auxiliar no processo de desenvolvimento do produto, foram utilizadas as ferramentas de mapa mental, painéis visuais e personas. Após a execução dessas etapas é iniciada a geração e posteriormente a seleção de alternativas.

#### 4.5.1. MAPA MENTAL

A elaboração de mapas mentais, segundo Pinheiro (2021), auxilia na organização das ideias, na identificação de fatores para a tomada de decisões e permite a estruturação de conceitos acerca de um determinado assunto. Dessa forma, a fim de complementar a elaboração do conceito do projeto, foi produzido um mapa mental (Figura 20). No centro, foi estabelecida a palavra “Braille” e, nos níveis subsequentes, foram dispostos os termos relacionados ao conceito do projeto (“estímulo tátil”, “aprendizagem” e “autonomia”).

**Figura 20 - Mapa mental.**



Fonte: Autor.

#### 4.5.2. PAINÉIS VISUAIS

Para o trabalho, foram desenvolvidos os painéis de imagens visuais do estilo de vida do usuário, de expressão do produto e do tema visual. Essa ferramenta foi proposta por Baxter (2011) e visa à concepção de produtos que transmitam sentimentos e emoções aos usuários. As composições das imagens, portanto, resultam em referências para o projeto que orientam as escolhas e auxiliam as decisões.

O painel do estilo de vida, de acordo com Baxter (2011), tem o objetivo de apresentar os valores pessoais, sociais e de expressar o tipo de vida dos possíveis consumidores. Também, podem ser utilizadas imagens de outros produtos utilizados pelo público-alvo. Assim, no painel elaborado (Figura 21), são retratadas imagens referentes a pessoas com deficiência visual passando por diferentes situações cotidianas, que envolvem desafios, dificuldades e o uso de recursos de acessibilidade para a execução de tarefas e ganho de autonomia.

**Figura 21** - Painel de estilo de vida.



Fonte: Autor.

O painel de expressão do produto, segundo Baxter (2011), visa à representação das emoções trazidas pelo objeto e sintetiza o estilo de vida dos

consumidores. No painel desenvolvido (Figura 22), são apresentadas imagens que simbolizam qualidades relevantes ao projeto, como os aspectos sensoriais, de aprendizagem e acessibilidade do produto.

**Figura 22** - Painel de expressão do produto.



Fonte: Autor.

Baxter (2011), descreve o painel do tema visual como uma fonte de referências de formas e estilos para inspiração no projeto, podendo ser utilizados produtos de diferentes setores do mercado. Assim, no painel desenvolvido (Figura 23), são retratadas figuras que remetem às formas, cores, aspectos sensoriais e de materiais pretendidos para o produto.



**Figura 23** - Painel do tema visual.



Fonte: Autor.

#### 4.5.3. PERSONAS

A ferramenta da elaboração de personas, segundo Kotler e Keller (2012), tem o objetivo da construção de perfis hipotéticos do público-alvo consumidor, em que são apresentados dados psicográficos, demográficos, geográficos, dentre outras características comportamentais. Para o projeto, foram desenvolvidas duas personas, o Ademir e a Helena (Figura 24).

**Figura 24** - Imagens das personas.

Ademir



Helena



Fonte: Autor.

**Ademir** tem 61 anos, é aposentado, possui o ensino médio completo, morador da região metropolitana de Porto Alegre, possui baixa visão em consequência do glaucoma e atualmente possui cerca de 5% da visão. Ele mora com sua esposa, vidente, que o ajuda diariamente na realização das suas tarefas. Durante o processo de perda da visão, sempre teve esperança de recuperar o sentido por meio de tratamentos clínicos, entretanto isso não foi possível. Devido a outras doenças que possui, toma diversos medicamentos que são administrados por sua cônjuge. Ademir participa da associação de cegos de sua cidade, onde realiza oficinas de reabilitação e recentemente iniciou as aulas de Braille. Tem achado as aulas muito interessantes, entretanto sente muita dificuldade para sentir os relevos, pois teve pouco estímulo tátil ao longo da vida e, portanto, necessita treinar diariamente o sentido. Acredita que ao aprender o Braille poderá ter maior autonomia no seu cotidiano, porque possibilitará a leitura de caixas de medicamentos e de outros itens do seu dia-a-dia.



**Helena** tem 36 anos, é professora de literatura da rede municipal, possui pós-graduação na área de educação, moradora da capital gaúcha, perdeu a visão subitamente há cerca de 6 meses por conta da diabetes. Ela mora sozinha em sua residência e sempre foi muito independente e ativa no seu cotidiano, entretanto a sua nova realidade como pessoa com deficiência visual trouxe muitos desafios. Por necessitar tomar alguns medicamentos, conta com a ajuda de sua irmã para a organização destes itens e adora as suas visitas, pois usualmente acaba tendo a oportunidade de passar tempo com os seus dois sobrinhos pequenos. Ademais, Helena tem conseguido se adaptar ao uso dos recursos de acessibilidade proporcionados pelo seu smartphone, uma vez que permite que realize diversas tarefas com autonomia. Ela participa da associação de cegos de sua cidade, onde realiza oficinas de mobilidade, de uso de recursos digitais e recentemente iniciou as aulas de Braille. Tem achado as aulas muito boas, porém sente muita dificuldade para sentir os relevos, pois não possui um tato apurado. Acredita que ao aprender o Braille poderá ter maior autonomia no seu cotidiano, e possibilitará retomar o hábito de realizar leitura silenciosa de seus livros em edições físicas, sem depender de aplicativos leitores de tela.

As personas construídas para o projeto são relevantes para a identificação dos principais usuários do produto, sendo possível, a partir destes arquétipos, saber suas necessidades, como eles se parecem, agem e se sentem. No próximo capítulo é iniciada a geração de alternativas, com base no conceito e nas ferramentas executadas na presente etapa.

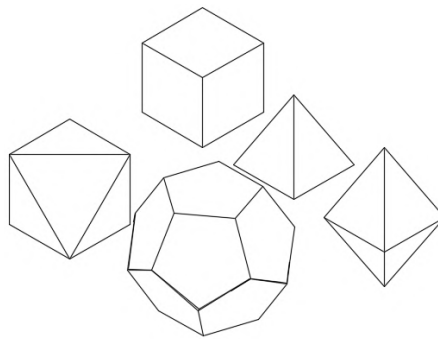
#### 4.6. GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A partir da elaboração do conceito e sustentado nos requisitos de projeto, foram geradas alternativas para a solução dos problemas. Baseada na concepção do produto – de atuar no estímulo da percepção tátil e auxiliar na aprendizagem do sistema Braille, principalmente a adultos com cegueira adquirida – a geração de alternativas foi dividida em três partes. Visando à composição de um único produto, inicialmente são apresentados os objetos para serem utilizados na fase de pré-Braille e estímulo sensorial, após os objetos para ensino do sistema Braille e por fim as alternativas de acondicionamento de todas as peças.

#### 4.6.1. PRÉ-BRAILLE E ESTÍMULO SENSORIAL

Para a fase de pré-Braille e estímulo sensorial, foram geradas alternativas que incluíram diferentes formas geométricas com diferentes níveis de dificuldade e texturas. A primeira alternativa elaborada (Figura 25) corresponde aos sólidos geométricos platônicos, impressos em 3D, para serem separados pelos usuários por similaridade. Os objetos possuem três dimensões distintas: o usuário inicia o exercício pelas peças maiores e, para aumentar a dificuldade, passa para as peças menores.

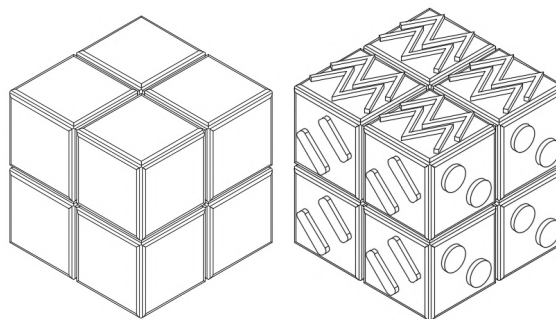
**Figura 25** - Sólidos geométricos.



Fonte: Autor.

As alternativas apresentadas na Figura 26 relacionam-se à identificação de texturas por meio de um cubo mágico, fabricado com impressão 3D. Foram consideradas a utilização da aplicação de diferentes materiais nas faces, como lixa, tecido e eva, ou da impressão de padrões geométricos diretamente sobre as laterais.

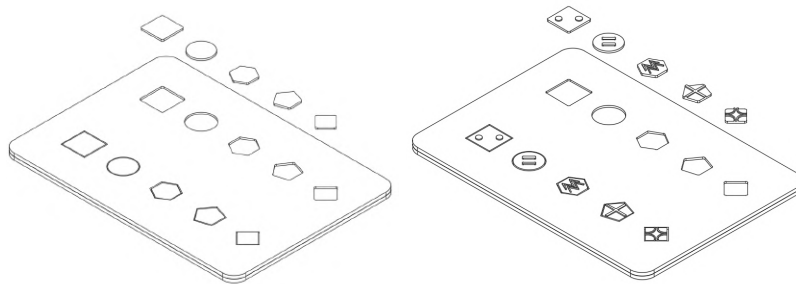
**Figura 26** - Cubos mágicos de texturas.



Fonte: Autor.

As alternativas elaboradas apresentadas na Figura 27 são compostas de peças, com texturas de materiais ou de padrões construídos diretamente sobre os objetos, impressas em 3D, e tabuleiros de MDF, cortados a laser. Em uma das colunas dos tabuleiros, os itens impressos em 3D são fixados, e ao lado devem ser encaixadas as peças correspondentes.

**Figura 27** - Tabuleiro para encaixe de texturas.

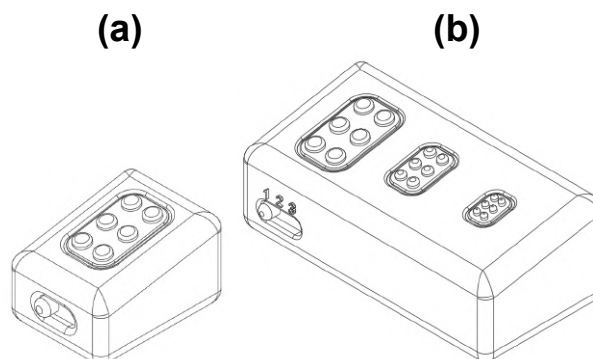


Fonte: Autor.

#### 4.6.2. ENSINO DO SISTEMA BRAILLE

Para o ensino do sistema Braille, foram consideradas alternativas tanto automatizadas, quanto opções sem sistemas eletrônicos. Na Figura 28.a é apresentado um equipamento interativo para o ensino do Braille, em que os pontos se movimentam na cela ampliada, a fim da formação dos caracteres, e há um retorno em áudio para a indicação da letra. Na Figura 28.b é demonstrada uma ferramenta de ensino semelhante, porém, nesse caso, é possível escolher o nível de dificuldade, sendo a cela maior correspondente ao nível mais fácil e a menor ao mais difícil.

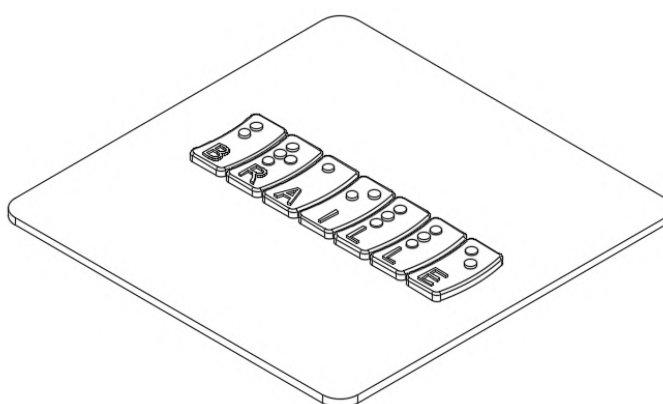
**Figura 28** - Alternativas eletrônicas para ensino do Braille.



Fonte: Autor.

Na Figura 29, é apresentada uma alternativa sem partes eletrônicas para o ensino do sistema Braille. As peças, impressas em 3D, possuem as inscrições táteis ampliadas em alto relevo na parte superior, bem como as marcações, em alto relevo, da letra em alfabeto latino correspondentes. Estes objetos possuem um lado côncavo e o oposto convexo, o que ajuda no encaixe lateral e conseqüentemente na execução de exercícios e na formação de palavras, possuindo um ímã na parte inferior para permitir a fixação das peças sobre um tabuleiro formado por uma chapa metálica.

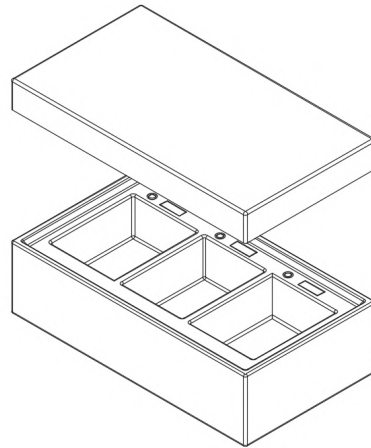
**Figura 29** - Alternativa mecânica para ensino do Braille.



Fonte: Autor.

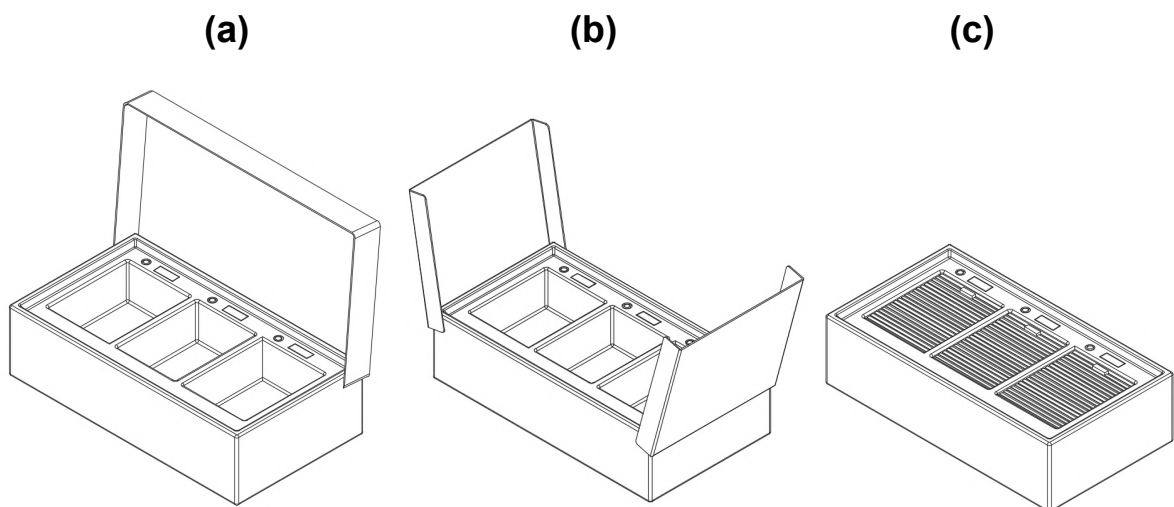
#### 4.6.3. ACONDICIONAMENTO DAS PEÇAS

Para o acondicionamento das peças e, por consequência, a composição de um material para o ensino do Braille, com foco nos adultos com cegueira, foram elaboradas alternativas de caixas em MDF, interativas, com tampa e compartimentos individualizados. Na Figura 30, é mostrada uma caixa com três compartimentos, em que há botões na parte superior para a explicação, através de áudio, da utilização dos objetos contidos neles. Ao lado dos botões, há plaquetas com inscrições em Braille acerca dos itens contidos nos compartimentos, e a caixa é fechada por meio de uma tampa independente da base.

**Figura 30** - Alternativa 1 de caixa.

Fonte: Autor.

Outras opções de recipientes foram geradas, com as mesmas funções interativas citadas anteriormente, entretanto com outras possibilidades de tampa, a fim de facilitar a usabilidade do produto. Na caixa apresentada na Figura 31.a, é empregada uma tampa fixada à base com articulação na parte posterior e na Figura 31.b, a caixa representada possui uma tampa bipartida, fixada à base e articulada nas laterais. Na última alternativa (Figura 31.c), é exibido um recipiente com tampas flexíveis que, ao serem abertas, deslizam para a parte interna do produto.

**Figura 31** - Alternativas de caixa com tampa fixada à base.

Fonte: Autor.

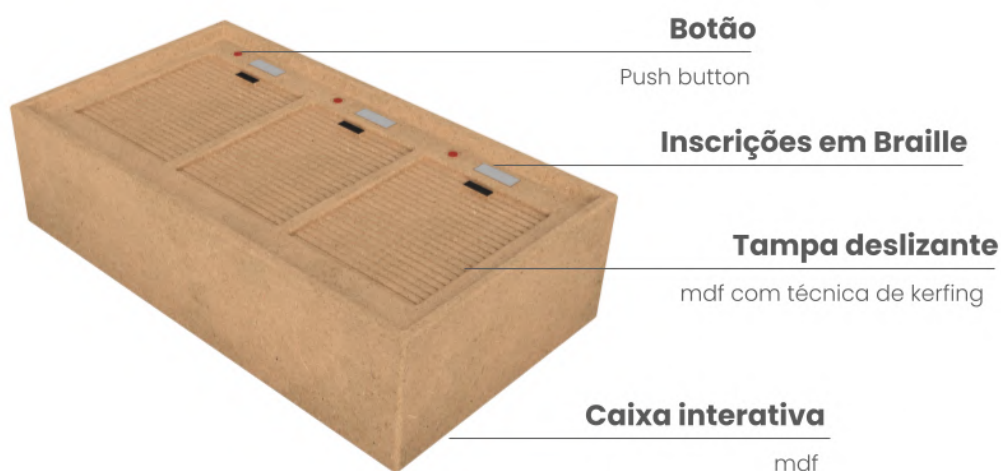
#### 4.7. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

Após a geração de alternativas, foi realizada a seleção com a utilização de três Matrizes de Pugh (Apêndice E), uma para cada função do produto a ser elaborado. Esta ferramenta permite a realização da relação dos requisitos de projeto, passíveis de serem avaliados, com as alternativas geradas. Os pesos empregados aos requisitos são oriundos do QFD e as alternativas são avaliadas entre -1, 0 e 1.

A opção com a maior pontuação em relação à etapa de pré-Braille, foram os tabuleiros para encaixes de texturas, seguido dos sólidos geométricos platônicos. Devido a importância do estímulo e treinamento sensorial na aprendizagem do Braille para as pessoas adultas com cegueira adquirida, decidiu-se incorporar tanto os tabuleiros para encaixes, quanto os sólidos geométricos, na composição do produto. A alternativa melhor avaliada quanto ao ensino do sistema Braille foi a das peças com imã sobre o tabuleiro metálico e a melhor classificada no acondicionamento das peças foi a caixa com tampas deslizantes.

Após a seleção das alternativas, modelagens e simulações virtuais foram realizadas para o início do desenvolvimento da interação entre as diferentes partes do produto, a fim da composição de um “kit de ensino” intuitivo, estimulante e acessível. Na Figura 32 é apresentada a caixa fechada e são indicados os diferentes elementos que podem ser empregados nela.

**Figura 32** - Simulação virtual da caixa fechada.



Fonte: Autor.

Na Figura 33 é representado o recipiente com as tampas dos compartimentos abertas e são indicados o conteúdo de cada repartição, sendo concebido para ser utilizado da esquerda para a direita. Inicia-se a sua utilização com o estímulo sensorial através dos sólidos platônicos, após passando pelo jogo de encaixe de texturas e por fim terminando no conjunto de peças para o ensino do Braille.

**Figura 33** - Simulação virtual da caixa aberta.

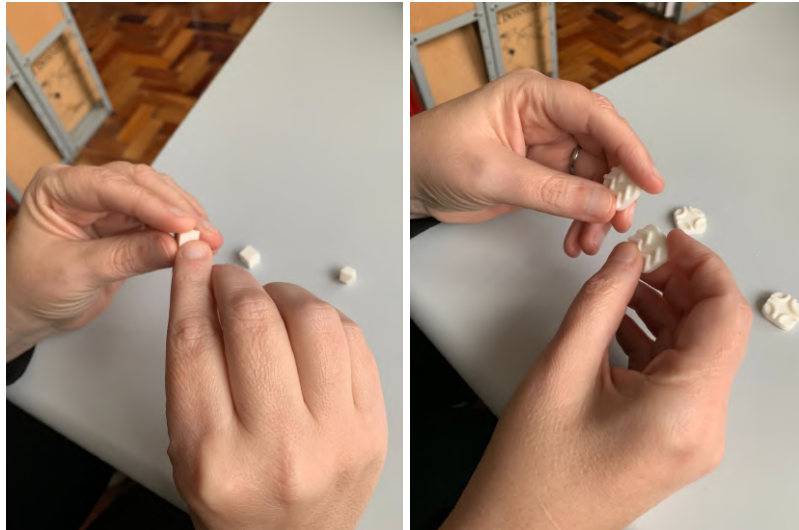


Fonte: Autor.

#### 4.8. REFINAMENTO DA ALTERNATIVA ESCOLHIDA

Encontros de projeto co-participativo foram efetuados na União dos Cegos do Rio Grande do Sul (UCERGS), juntamente a uma professora de Braille e uma aluna com cegueira adquirida. Nestas reuniões, foi possível elencar pontos de melhoria nas peças impressas em 3D e nas possibilidades de aprimoramento da usabilidade dos objetos. Foram produzidas peças da fase de pré-Braille que foram testadas pelas usuárias. A partir deste manuseio (Figura 34), elas constataram que as dimensões definidas estavam adequadas para a execução dos exercícios e distinção das geometrias. A professora solicitou o arredondamento das arestas dos objetos e aconselhou serem produzidas pelo menos cinco unidades de cada tamanho.

**Figura 34** - Manuseio das peças de estímulo sensorial.



Fonte: Autor.

As alternativas desenvolvidas para o ensino do Braille foram manuseadas por ambas as usuárias (Figura 35) e a partir da experiência delas, foi possível aprimorar o uso do produto. A professora recomendou que o alfabeto latino fosse marcado em baixo relevo (ao invés de alto relevo como havia sido proposto anteriormente) e na parte inferior da peça (reservando a parte superior para a aplicação do Braille). Ademais, ela sugeriu acrescentar um chanfro para indicar qual é a parte superior do objeto. No que tange à quantidade de caracteres a serem produzidos, foi utilizado como referência o número de peças do jogo Scrabble.

**Figura 35** - Manuseio das peças de ensino do sistema Braille.



Fonte: Autor.



Além dos objetos impressos em 3D, também foram implementados aprimoramentos na caixa para acondicionamento. Os materiais didáticos que envolvem Braille, usualmente são volumosos devido à aplicação do sistema em sua forma ampliada, portanto, no intuito de reduzir volume e peso, optou-se por utilizar os próprios tabuleiros desenvolvidos para o conjunto como tampas para os compartimentos. Assim, o tabuleiro para encaixe das peças texturizadas foi seccionado em duas partes para realizar a função de tampa para os dois primeiros compartimentos, e o tabuleiro com chapa metálica foi empregado sobre a última repartição.

## 5. IMPLEMENTAÇÃO

Na etapa de implementação são apresentados os detalhamentos da solução escolhida, as modelagens tridimensionais e a simulação visual. Também são especificadas as técnicas de fabricação digital empregadas para a produção das peças.

### 5.1. SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

Para realizar o treinamento sensorial do tato dos adultos com cegueira adquirida, foram desenvolvidos objetos com diferentes geometrias e dimensões para serem utilizados anteriormente à aprendizagem do sistema Braille. Na fabricação, foi empregada impressão 3D, com a tecnologia de Fabricação por Filamento Fundido (FFF), sendo utilizado o equipamento da marca Creality, modelo CR-200B, e filamento de Poli Ácido láctico (PLA), da marca PrintUp3D. No Quadro 6, são apresentados os parâmetros de impressão aplicados ao processo.

**Quadro 6** - Parâmetros de impressão.

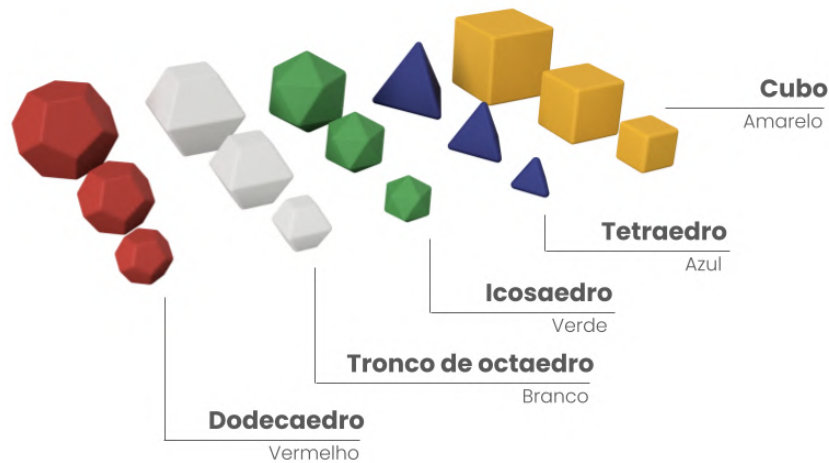
<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Altura de camada	0,2 mm
Preenchimento	30%
Padrão de preenchimento	Cúbico
Temperatura do bico de impressão	200°C
Temperatura da mesa de impressão	60°C
Quantidades de camadas inferiores	4
Quantidades de camadas superiores	4
Quantidades de linhas de parede	2

Fonte: Autor.

As formas modeladas para o projeto, conforme é apresentado na Figura 36, foram: cubo, tetraedro, tronco de octaedro, dodecaedro e icosaedro. Ademais, foram definidos três níveis de dificuldade, sendo as peças maiores correspondentes ao nível mais fácil e as menores ao mais difícil. Em relação às quantidades, foram produzidas cinco peças de cada forma e tamanho, o que totalizou 75 unidades. Para

a utilização do conjunto, os usuários devem separar os objetos por similaridade, auxiliando, portanto, na identificação da geometria de diferentes superfícies.

**Figura 36 - Sólidos geométricos.**



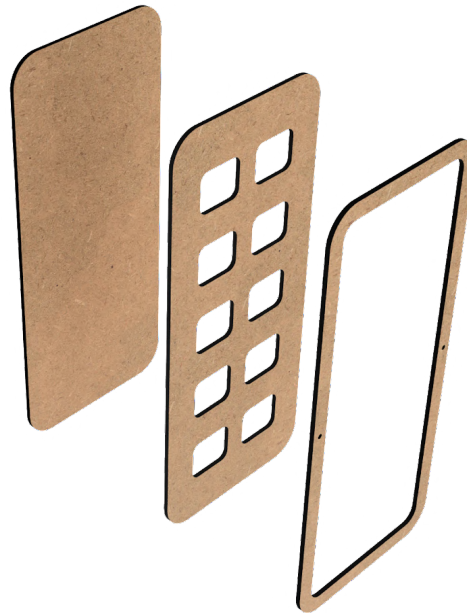
Fonte: Autor.

As cores escolhidas para os objetos têm o intuito de estimular a visão residual das pessoas com baixa visão. Assim, foram selecionados insumos com cores sólidas e contrastantes, tendo como referência outros recursos didáticos, como o Lego® Braille Bricks. No Apêndice F, são apresentados os desenhos técnicos dos sólidos.

## 5.2. TABULEIROS PARA ENCAIXE DE TEXTURAS

A fim de desenvolver uma atividade interativa para o estímulo do tato, dois tabuleiros para encaixe de peças texturizadas foram elaborados. Os tabuleiros foram produzidos por meio do processo de corte a laser, em MDF com espessura de 3 mm, utilizando-se o equipamento da marca RR Automação, modelo RL1390, da Oficina de Modelos e Protótipos da Faculdade de Arquitetura (FA), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Como é possível verificar na Figura 37, as peças são compostas por três chapas, coladas com adesivo de poliacetato de vinila (PVA), sendo a primeira camada uma chapa sem recortes internos, a segunda contendo duas colunas de furos retangulares e a última uma moldura.

**Figura 37** - Perspectiva explodida dos tabuleiros.

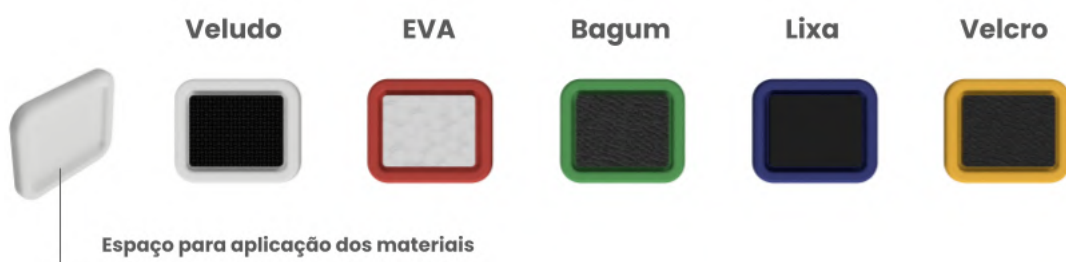


Fonte: Autor.

Os objetos para encaixe foram impressos em 3D, com tecnologia FFF, sendo utilizado o equipamento da marca Creality, modelo CR-200B, e filamento de Poli Ácido láctico (PLA), da marca PrintUp3D. Os parâmetros e equipamentos foram os mesmos descritos anteriormente (Quadro 6).

Em um modelo de peça (Figura 38), a aplicação das texturas nas impressões foi efetuada com a fixação de diferentes materiais, com adesivo instantâneo, sobre a superfície lisa de topo. Os materiais selecionados para este revestimento foram placa de EVA de 2,5 mm de espessura, lixa de granulometria 320, tecido de veludo, tecido plástico bagum e velcro. Para serem unidos às peças impressas, os materiais foram recortados manualmente, em formato retangular, com tesoura e aplicados na concavidade do objeto produzido.

**Figura 38** - Peças com aplicação dos materiais.



Fonte: Autor.

Nos outros modelos (Figura 39), as texturas foram empregadas através da impressão direta de padrões sobre os objetos. Essas peças foram produzidas em diferentes cores, seguindo os mesmos parâmetros já descritos (Quadro 6).

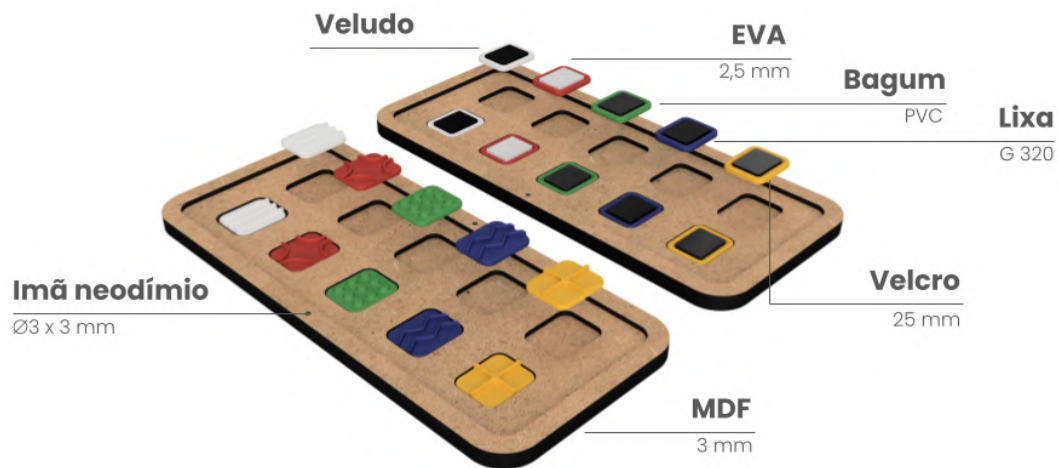
**Figura 39** - Peças texturizadas para encaixe.



Fonte: Autor.

Dessa forma, foram montados os dois tabuleiros: um contendo as impressões com os padrões e o outro com os diferentes materiais selecionados (Figura 40). As peças foram fixadas em uma das colunas dos tabuleiros, por meio de adesivo instantâneo. A coluna ao lado ficou com os espaços equivalentes vazios, para que o usuário possa encaixar os respectivos pares.

**Figura 40** - Tabuleiros para encaixe de texturas.



Fonte: Autor.

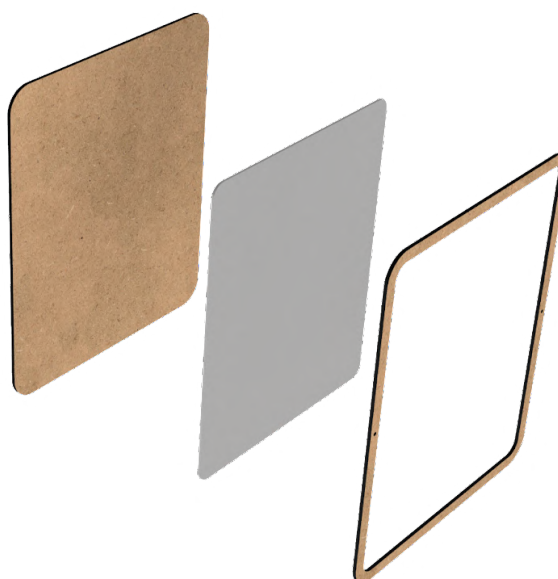
Para reduzir a quantidade de peças e, conseqüentemente, a massa da caixa, os tabuleiros foram empregados como tampas. Para tanto, ímãs de neodímio foram aplicados por interferência aos tabuleiros a fim de aumentar sua estabilidade quando fecham os compartimentos. Com o propósito de facilitar o manuseio das tampas, os ímãs foram aplicados da forma em que eles sempre se atraem,

independentemente da posição de encaixe. No apêndice G, são apresentados os desenhos técnicos.

### 5.3. TABULEIRO PARA PARA ENSINO DO BRAILLE

Para o ensino do sistema Braille, foi desenvolvido um tabuleiro onde as celas podem ser posicionadas e combinadas formando palavras e pequenas frases. O tabuleiro é composto por três chapas (Figura 41): a primeira de MDF; a segunda de aço carbono; e a terceira de MDF no formato de uma moldura responsável pela limitação da movimentação das peças. As chapas de MDF (com espessura de 3 mm) foram recortadas por laser no equipamento da marca RR Automação, modelo RL 1390, na Oficina de Modelos e Protótipos/FA/UFRGS, e a chapa de aço carbono (com espessura de 2 mm) foi recortada por eletroerosão, no equipamento da marca FANUC, modelo ROBOCUT  $\alpha$ -OiD.

**Figura 41** - Tabuleiro para utilização das peças.



Fonte: Autor.

As celas (Figura 42) foram produzidas por impressão 3D e desenvolvidas para serem utilizadas sobre o tabuleiro metálico. Para auxiliar na disposição e estabilidade dessas peças sobre o tabuleiro, foi fixado, por interferência, um ímã de neodímio na face posterior de cada cela. Com o intuito de facilitar o manuseio das peças pelos usuários, é importante atentar-se à polarização dos ímãs no momento

da montagem, a fim das peças sempre se repelirem, evitando, dessa forma, a indesejada atração magnética entre elas. Também para ampliar a estabilidade entre as peças, foi projetado um encaixe do tipo macho/fêmea, localizados nas laterais côncavas/convexas. Os pontos, em alto relevo, que formam os caracteres do sistema tátil são localizados na parte superior e, para evitar confusões durante o manuseio, as marcações em alfabeto latino foram efetuadas em baixo relevo. O chanfro na parte superior à direita indica a posição de leitura do Braille. No Apêndice H, é apresentada a relação das peças impressas e suas características. Os parâmetros e equipamentos foram os mesmos descritos anteriormente (Quadro 6).

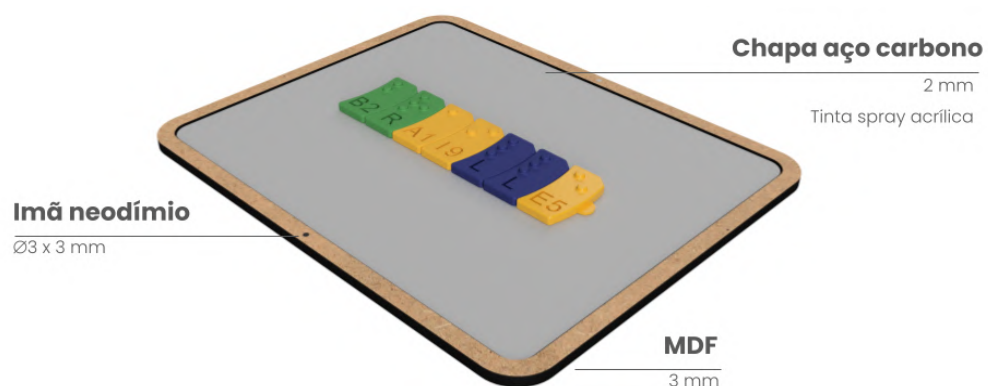
**Figura 42 - Peças para ensino do Braille.**



Fonte: Autor.

Para reduzir a quantidade de peças e, conseqüentemente, a massa da caixa, o tabuleiro foi empregado como tampa para o compartimento maior. Para tanto, ímãs de neodímio foram aplicados através de interferência ao tabuleiro a fim de aumentar sua estabilidade ao cobrir o compartimento. No apêndice I, são apresentados os desenhos técnicos e na Figura 43 é exibida a utilização do tabuleiro em conjunto com as peças impressas.

**Figura 43 - Tabuleiro com as peças.**

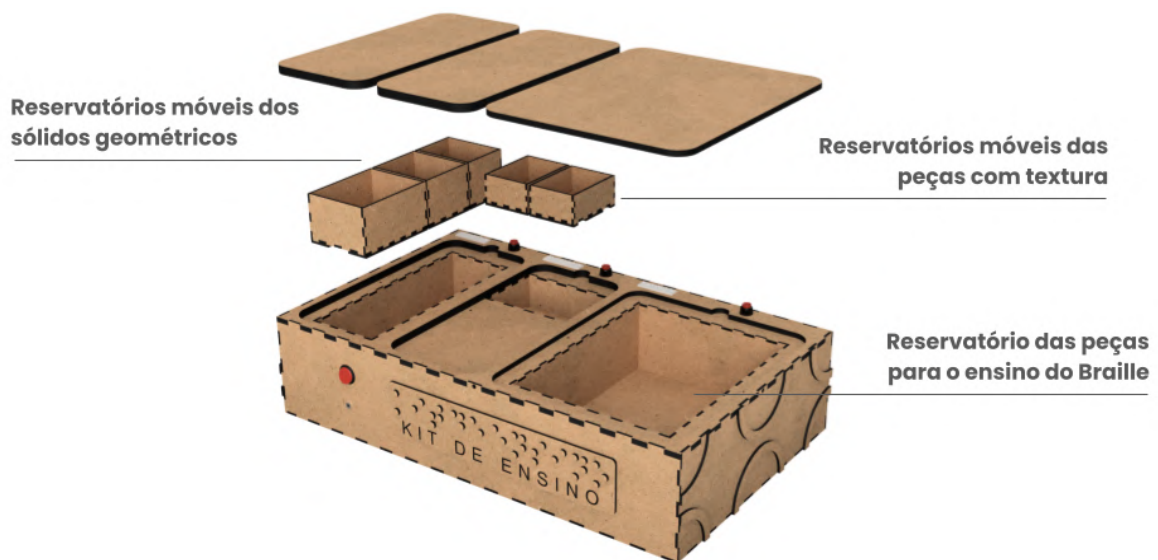


Fonte: Autor.

#### 5.4. CAIXA INTERATIVA

Para acondicionar todos os itens desenvolvidos para o projeto, uma caixa interativa, com três compartimentos, foi produzida (Figura 44). Os dois primeiros compartimentos possuem pequenos reservatórios, com tamanhos distintos, para a organização dos diferentes objetos que formam o conjunto destinado à etapa de pré-Braille. Já no último, que é o maior e não possui reservatórios móveis, são dispostas as peças atribuídas ao ensino do Braille.

**Figura 44 - Caixa interativa.**

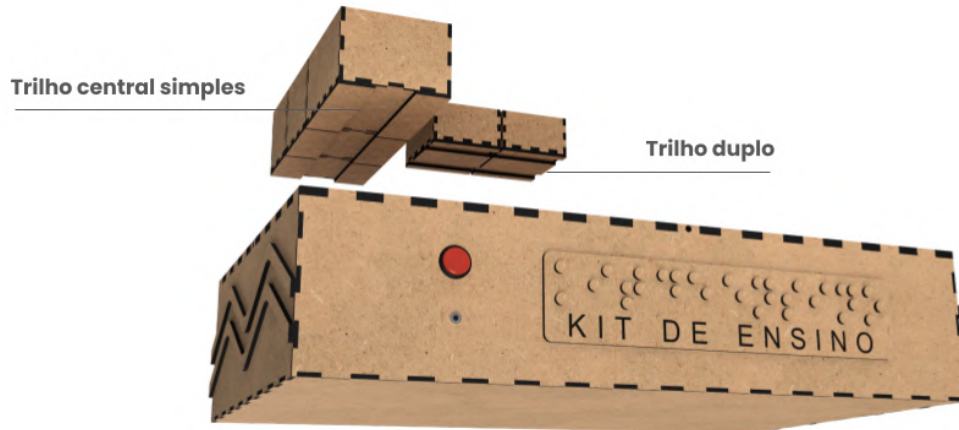


Fonte: Autor.

Os sólidos geométricos maiores, são armazenados no reservatório maior, os médios, no reservatório com tamanho intermediário e os menores, no reservatório menor. Para possibilitar a diferenciação entre as partes móveis inseridas nos compartimentos, trilhos, com diferentes composições e larguras, foram adicionados (Figura 45).



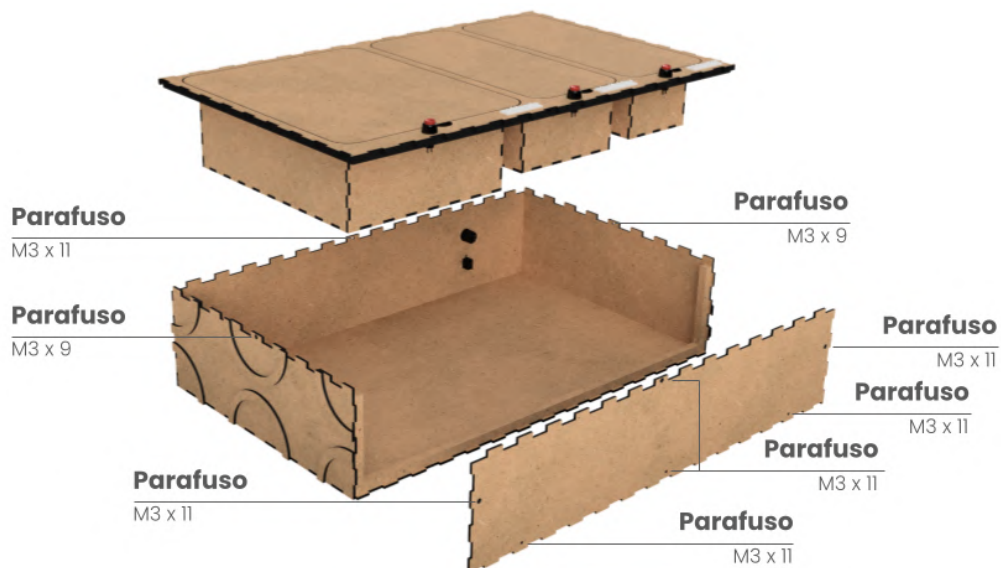
**Figura 45** - Perspectiva inferior da caixa interativa.



Fonte: Autor.

A maior parte das peças que formam a caixa foram confeccionadas com chapa de MDF de 3 mm de espessura, com exceção da chapa superior que possui 6 mm. Todos os itens foram recortados a laser, no mesmo equipamento empregado às outras partes, e, para facilitar a sua construção, foram empregados encaixes entrelaçados nas arestas, em que foi aplicado adesivo PVA para a fixação. Na Figura 46, é apresentada uma perspectiva explodida, onde é possível observar as laterais fixadas com adesivo e a localização dos parafusos autoatarraxantes, que permitem a desmontagem da caixa. No Apêndice J, constam os desenhos técnicos do dispositivo.

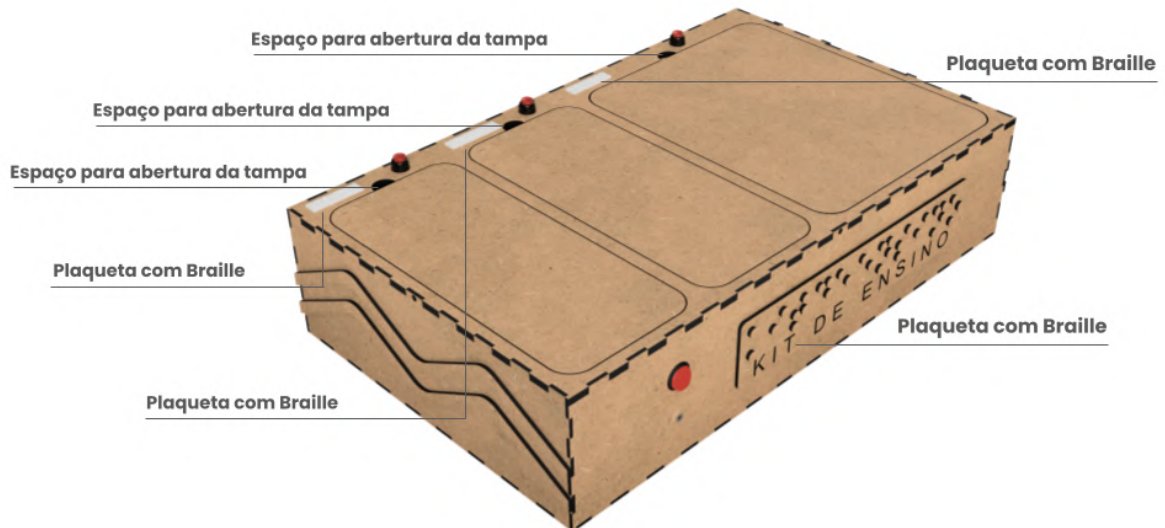
**Figura 46** - Perspectiva explodida da caixa interativa.



Fonte: Autor.

Espaços para abertura das tampas, conforme indicado na Figura 47, foram adicionados para facilitar o manuseio do produto. Elementos táteis, como os padrões nas laterais e as plaquetas com inscrições em Braille, foram aplicados à caixa para torná-la um objeto estimulante e que desperte o interesse em ser explorada.

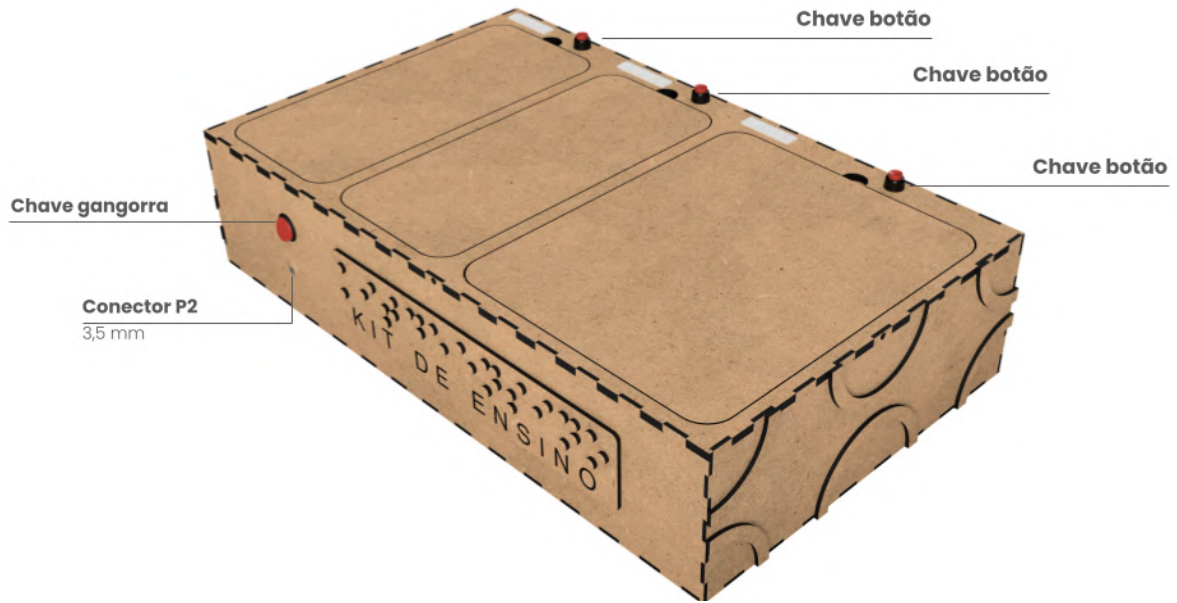
**Figura 47** - Indicação dos espaços de abertura e inscrições em Braille.



Fonte: Autor.

A caixa possui um sistema eletrônico para acionamento das audiodescrições para utilização do kit de ensino. Para a reprodução das faixas de áudio, após a montagem do dispositivo, é necessária a conexão de uma caixa de som ou fone de ouvido por meio de um conector P2 de 3,5 mm. Ao acionar a chave gangorra, localizada na parte anterior da caixa, o sistema é ligado e o áudio de abertura é reproduzido. Cada chave botão executa um áudio instrucional, referente ao compartimento posicionado abaixo. A posição das chaves e do conector P2 são indicadas na Figura 48.

**Figura 48** - Perspectiva da caixa interativa.

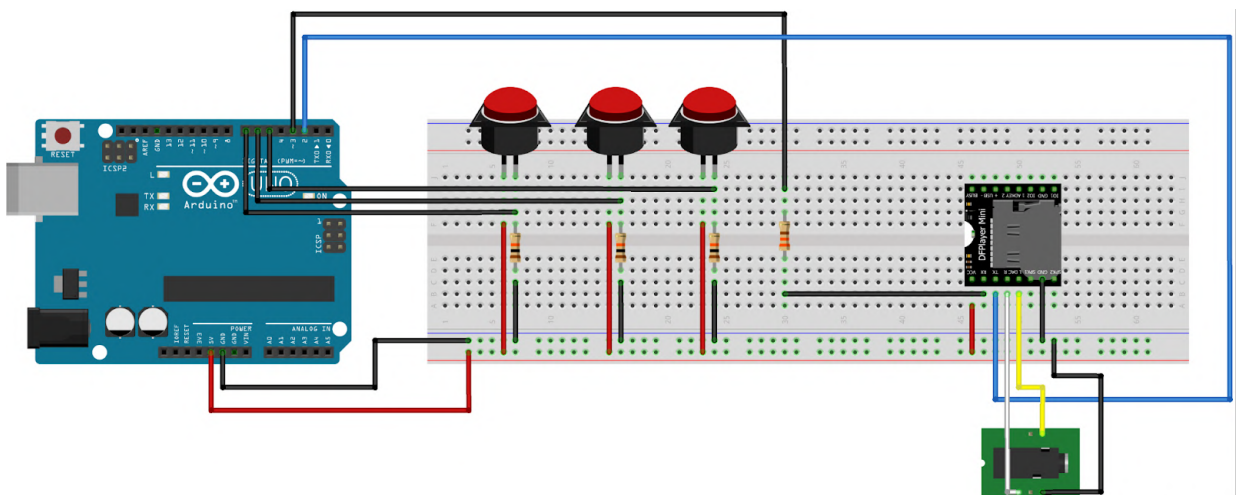


Fonte: Autor.

#### 5.4.1. SISTEMA ELETRÔNICO




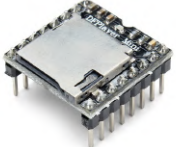
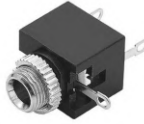


Para o funcionamento da audiodescrição pretendida para o recurso didático, um sistema eletrônico foi elaborado. Para tanto, foi empregada uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre. O circuito montado é apresentado na Figura 49 e a relação dos componentes e suas funções são descritos no Quadro 7.

**Figura 49** - Circuito montado para o sistema.



Fonte: Autor.

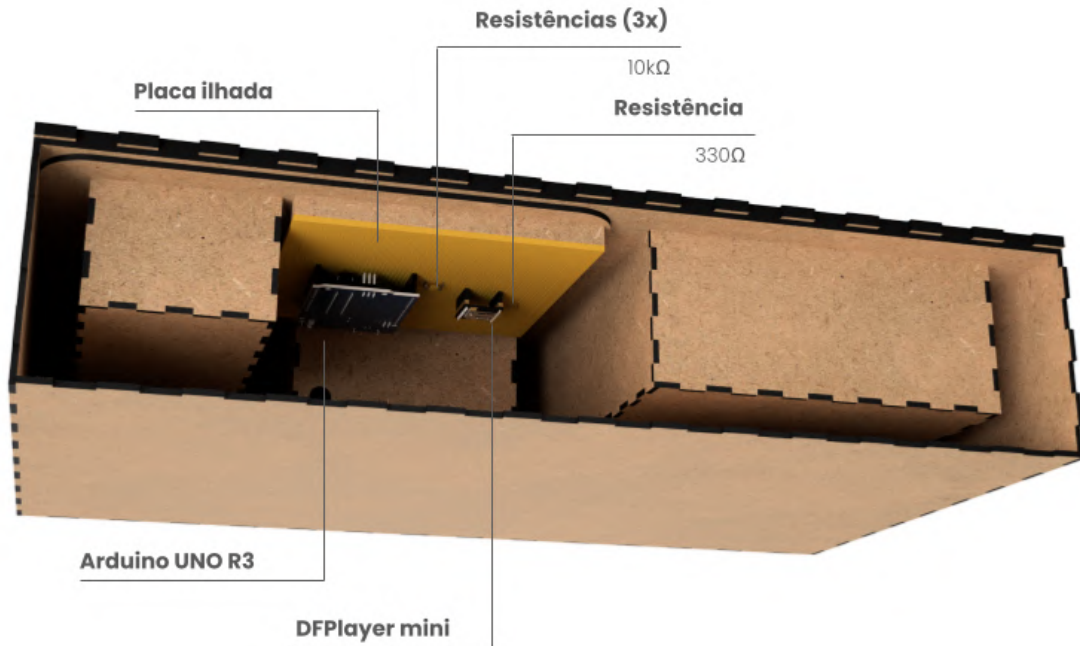
**Quadro 7 - Componentes eletrônicos empregados.**

<b>Componente</b>	<b>Função</b>	<b>Componente</b>	<b>Função</b>
<b>Arduino UNO R3.</b> 	Microcontrolador do sistema.	<b>Chave botão.</b> 	Acionar as portas do Arduino para reproduzir os áudios.
<b>Resistores 330Ω e 10kΩ.</b> 	Reduzir o fluxo de cargas emitidas ao circuito e diminuição do ruído do módulo <i>DFPlayer</i> mini.	<b>Chave gangorra.</b> 	Ativar e desativar a alimentação do circuito.
<b>Módulo MP3 DFPlayer Mini.</b> 	Armazenar, via cartão microSD, as faixas de áudio.	<b>Conector P2 fêmea.</b> 	Ser a interface de ligação entre o cabo P2 e o módulo <i>DFPlayer</i> mini.
<b>Caixa de som e cabo P2.</b> 	Reproduzir as faixas de áudio.	<b>Bateria 9V.</b> 	Alimentar o sistema.

Fonte: Autor.

A programação desenvolvida para o Arduino, apresentada no Apêndice K, foi escrita na linguagem C++, no software IDE — *Integrated development environment*. O circuito e os componentes eletrônicos foram soldados sobre uma placa ilhada e, posteriormente, a placa foi fixada com parafuso autoatarraxante na parte interna da caixa sobre um suporte, conforme apresentado na Figura 50.

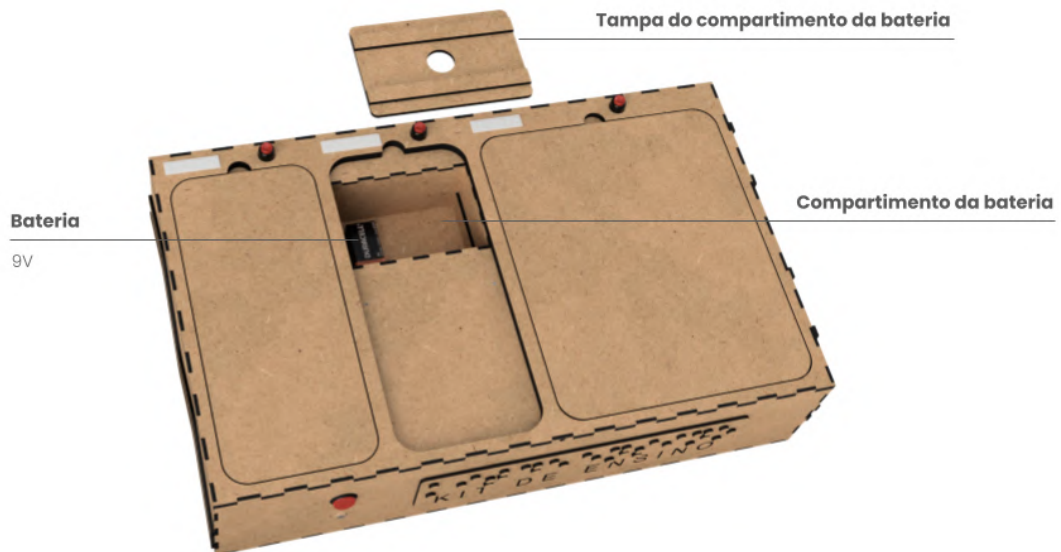
**Figura 50** - Circuito interno da caixa.



Fonte: Autor.

As audiodescrições definidas para o acionamento do sistema e de cada compartimento constam no Apêndice L e foram geradas no site “speechgen.io”, utilizando a voz “Benício”. A bateria que alimenta o sistema eletrônico fica acondicionada no compartimento central da caixa, protegida por uma tampa, abaixo dos reservatórios móveis das peças com textura (Figura 51).

**Figura 51** - Compartimento da bateria.



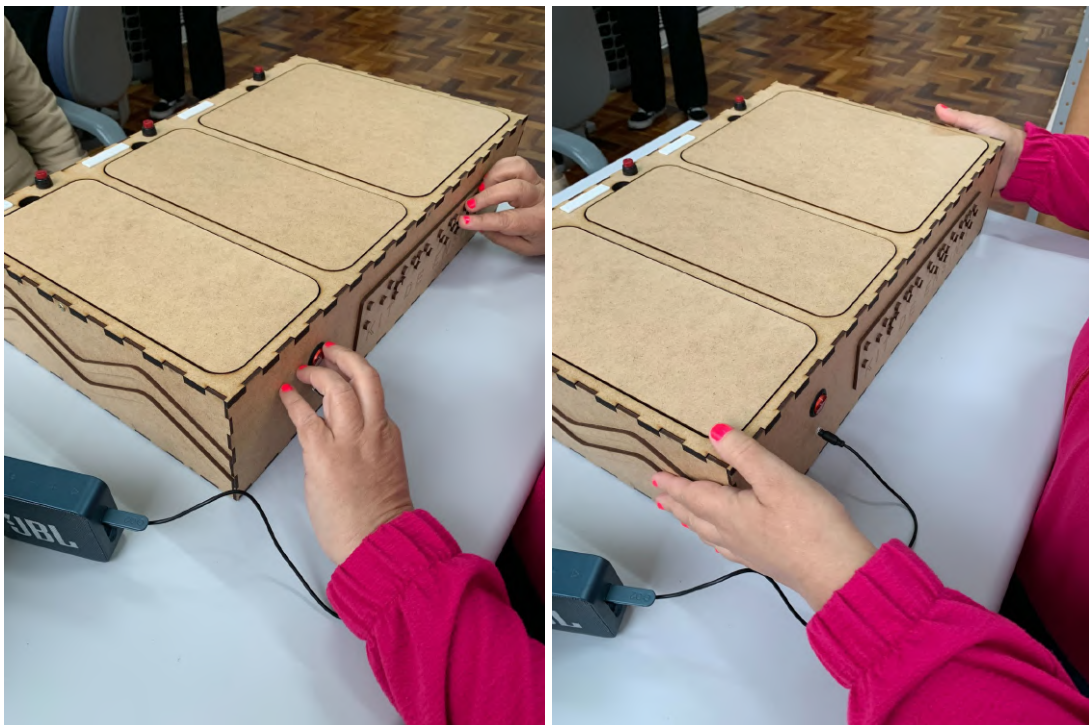
Fonte: Autor.



## 5.5. APRESENTAÇÃO DOS MODELOS

O modelo do produto foi apresentado e testado junto aos profissionais que atuam com ensino, na União dos Cegos do Rio Grande do Sul (UCERGS). Para a apresentação inicial do produto, o kit didático foi estabelecido em sua posição de uso na frente do usuário e não foram fornecidas instruções detalhadas de utilização. Observou-se que o usuário conseguiu conectar o cabo da caixa de som e acionar o sistema de audiodescrição sem dificuldade. Na Figura 52 é retratado o processo de conexão e exploração inicial do material.

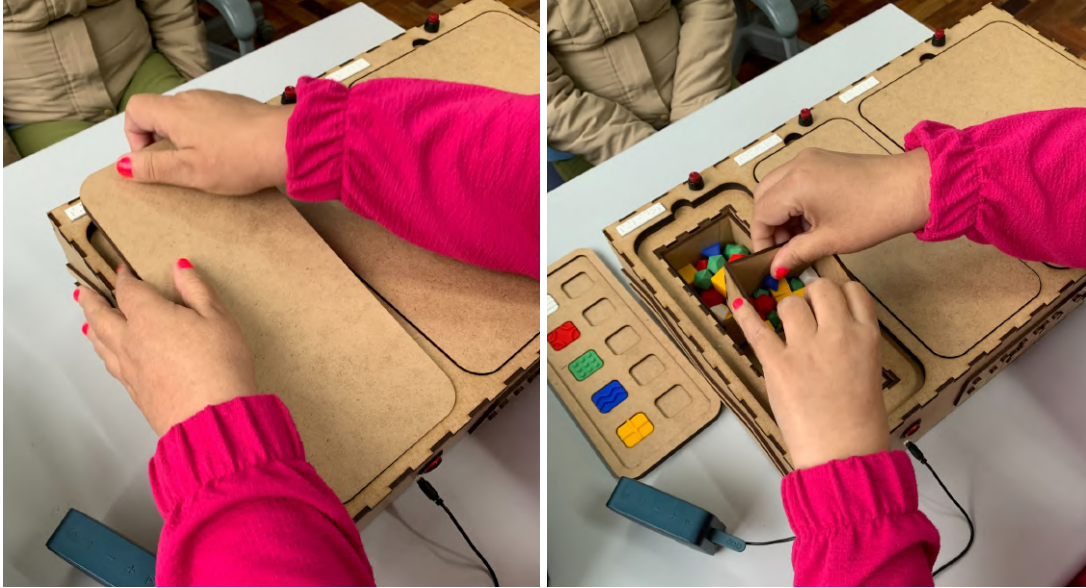
**Figura 52** - Conexão do cabo e exploração das laterais.



Fonte: Autor.

Após a exploração e execução das tarefas iniciais, como a conexão do sistema de áudio, a ativação do sistema eletrônico e o reconhecimento do produto, o usuário teve contato com o primeiro compartimento onde estão contidos os sólidos geométricos. Foi possível observar que o espaço para abertura da tampa foi um facilitador e que o contato inicial com o primeiro compartimento não apresentou dificuldades, evidenciando, dessa forma, uma experiência positiva. Na Figura 53, é exibida a efetivação dos passos mencionados anteriormente.

**Figura 53** - Contato com o primeiro compartimento e suas peças.



Fonte: Autor.

O contato com os outros compartimentos, bem como ocorreu no primeiro, não apresentou dificuldades para exploração e manuseio. Neles, os usuários tiveram contato com as peças texturizadas e com os objetos para ensino do Braille. Na Figura 54, é apresentada a exploração dos reservatórios removíveis da parte central, a identificação dos caracteres em Braille das peças magnéticas e a formação de palavras sobre o tabuleiro metálico.

**Figura 54** - Contato com o segundo e terceiro compartimentos.

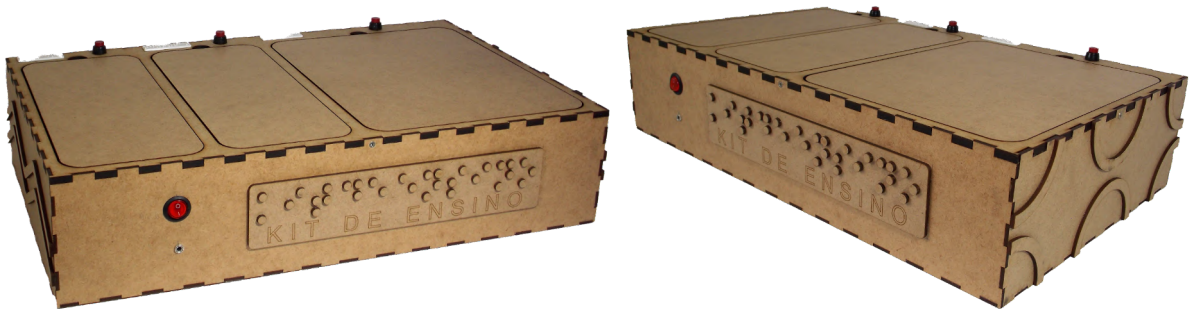


Fonte: Autor.



Após a finalização do produto, foram realizados registros fotográficos da caixa montada e das peças que compõem o kit de ensino. Dessa forma, nas Figuras 55 e 56 é apresentado o kit de ensino completo, sendo na primeira exibido com as tampas fechadas e na segunda abertas. Nas Figuras 57 e 58, é demonstrada a utilização dos tabuleiros para encaixe de texturas e ensino do Braille, em conjunto com os objetos impressos em 3D.

**Figura 55** - Retratos em perspectiva do Kit de Ensino.



Fonte: Autor.

**Figura 56** - Retrato do Kit de Ensino aberto.



Fonte: Autor.



**Figura 57** - Retrato da utilização dos tabuleiros para encaixe de texturas.



Fonte: Autor.

**Figura 58** - Retrato da utilização dos tabuleiros para ensino do Braille.



Fonte: Autor.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Braille é um sistema de leitura e escrita tátil, desenvolvido para as pessoas cegas ou com baixa visão, que pode proporcionar independência e o acesso à informação. Contudo, os indivíduos que perdem a visão na vida adulta, frequentemente passam por dificuldades durante o ensino do sistema. Aliado a este fato, é notável o processo de desbrailização decorrente do desenvolvimento de novas tecnologias, como aquelas relativas à audiodescrição, e as dificuldades e carências de acesso a materiais didáticos de qualidade nesta área de ensino.

Sendo assim, o design, aliado a tecnologias de manufatura digital e a metodologias de projeto centrado no usuário, podem possibilitar o desenvolvimento de recursos criados a este público-alvo, a fim de estimular e facilitar o ensino do Braille. Partindo deste princípio, foi desenvolvido o kit de ensino de Braille que abarca desde a etapa pré-braille até a aprendizagem do sistema. Portanto, foram produzidas, a partir de técnicas de fabricação digital, peças com diversas geometrias a fim de estimular a região das pontas dos dedos, promovendo o treinamento do tato em relação às texturas dos diferentes materiais e padrões.

A partir dos testes realizados junto a usuários, percebeu-se a efetividade do material proposto e a facilidade do manuseio dos seus componentes. Dessa forma, o recurso produzido é passível de ser produzido por meio de técnicas de fabricação digital podendo, portanto, ser disponibilizado em repositórios on-line para ser empregado na aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

## REFERÊNCIAS

ALVARISTO, Eliziane de Fátima et al. **CONTRIBUIÇÕES DO MÉTODO DE PAULO FREIRE À ALFABETIZAÇÃO DE ADULTOS CEGOS**. Revista Inter Ação, [S.L.], v. 46, n. , p. 1114-1131, 5 out. 2021. Universidade Federal de Goiás.

<http://dx.doi.org/10.5216/ia.v46ied.especial.68395>. Disponível em:

<https://revistas.ufg.br/interacao/article/view/68395>. Acesso em: 22 jan. 2023.

AMIRALIAN, Maria Lucia Toledo Moraes. **Compreendendo o cego: uma visão psicanalítica da cegueira por meio de desenhos-estórias**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997. Disponível em:<https://repositorio.usp.br/item/000974661>. Acesso em: 03 abr. 2023.

AMIRALIAN, Maria Lúcia Toledo Moraes. **Sou cego ou enxergo?: as questões da baixa visão**. Educar em Revista, [S.L.], n. 23, p. 15-28, jun. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.329>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/er/a/zrbZkRsyxJTVdv4BgXP8zVw/?format=pdf>. Acesso em: 03 abr. 2023.

BACK, Nelson et al. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. São Paulo: Editora Manole, 2008. E-book. ISBN 9788520452646.

Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520452646/>. Acesso em: 06 fev. 2023.

BARBOSA, Luciane Maria Molina; SILVA, Andre Luiz da; SOUZA, Mariana Aranha de. **O Sistema Braille e a formação do professor: o acesso à leitura e a escrita por pessoas cegas**. InFor, São Paulo/SP, v. 5, n. 1, p. 49-71, nov. 2019. ISSN 2525-3476. Disponível em:

<https://infor.ead.unesp.br/index.php/nead/article/view/InFor4603v5n12019>. Acesso em: 17 jan. 2023.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2011. E-book. ISBN 9788521214380.

Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521214380/>. Acesso em: 06 fev. 2023.

BERSCH, Rita. **Introdução à tecnologia assistiva**. ASSISTIVA, Porto Alegre, v. 1, p.1-20, 2017. Disponível em:

[https://www.assistiva.com.br/Introducao\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf). Acesso em: 31 jan. 2023.

BERTONHI, Laura Gonçalves; DIAS, Juliana Chioda Ribeiro. **Diabetes mellitus tipo 2: aspectos clínicos, tratamento e conduta dietoterápica**. Revista Ciências Nutricionais Online, São Paulo, v.2, n.2, p.1-10, 2018. Disponível em:

<https://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/cienciasnutricionaisonline/sumario/62/18042018212025.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **GRAFIA BRAILLE PARA INFORMÁTICA**. Brasília-DF, 2005, 3ª edição, p.1-53. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/grafiainfo.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. **Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Visual**. Brasília-DF, 2007, 1ª edição, p.1-57. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aee\\_dv.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aee_dv.pdf). Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. **PORTARIA Nº 3.128, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2008**. Define que as Redes Estaduais de Atenção à Pessoa com Deficiência Visual sejam compostas por ações na atenção básica e Serviços de Reabilitação Visual. Brasília, 2008. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2008/prt3128\\_24\\_12\\_2008.html](https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2008/prt3128_24_12_2008.html). Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. **LEI Nº 13.146, DE 6 DE JULHO DE 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, 2015. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm). Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. **LEI Nº 13.696, DE 12 DE JULHO DE 2018**. Institui a Política Nacional de Leitura e Escrita. Brasília, 2018. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/l13696.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13696.htm). Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. SDHPR - Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência - SNPD. 2012 Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Grafia Braille para a Língua Portuguesa**. Brasília-DF, 2018, 3ª edição, p.1-95. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2018-pdf/104041-anexo-grafia-braille-para-lingua-portuguesa/file>. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille**. Brasília-DF, 2018, 3ª edição, p.1-95. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2018-pdf/105451-normas-tecnicas-para-a-producao-de-textos-em-braille-2018/file>. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRENDLER, Clariana Fischer et al. **Recursos Didáticos Táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais**. Educação gráfica, São Paulo, V. 18, n. 3, p. 141-157, 2014. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148932/000953276.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 fev. 2023.

BROWN, Tim. **Design Thinking**. Harvard Business Review, Cambridge, EUA, p. 8492, jun. 2008. Disponível em: <https://www.ideo.com/post/design-thinking-in-harvardbusiness-review>. Acesso em: 06 fev. 2023.

CERQUEIRA, Jonir Bechara. **O LEGADO DE LOUIS BRAILLE**. Revista Benjamin Constant, Rio de Janeiro, p.1-14, 2017. Disponível em:  
<http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/44>. Acesso em: 19 jan. 2023.

DIAS, Eliane Maria; VIEIRA, Francileide Batista de Almeida. **O processo de aprendizagem de pessoas cegas: um novo olhar para as estratégias utilizadas na leitura e escrita**. Revista Educação Especial, Rio Grande do Sul - Santa Maria, V. 30, n. 57, p. 175-188, 2017. Disponível em:

<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/21890>. Acesso em: 19 jan. 2023.

DISCHINGER, Maria do Carmo Torri; KINDLEIN JUNIOR, Wilson. **Contribuição ao design de produto : metodologia de análise da percepção tátil em diferentes classes de materiais e texturas**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 2009, Bauru - SP. Anais. Bauru, SP : UNESP, 2009, p. 1-8. Disponível em:  
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/31168>. Acesso em: 05 fev. 2023.

DISCHINGER, Maria do Carmo Torri; KINDLEIN JUNIOR, Wilson. **Metodologia de análise da percepção tátil em diferentes classes de materiais e texturas para aplicação no design de produtos**. Design e Tecnologia, Porto Alegre, V. 1, n. 01, p. 28-38, 2010. PGDesign / Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

<http://dx.doi.org/10.23972/det2010iss01pp28-38>. Disponível em:

<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/4>. Acesso em: 05 fev. 2023.

FUNDAÇÃO DORINA NOWILL. **Fundação Dorina e LEGO Foundation lançam LEGO Braille Bricks para crianças cegas**. Fundação Dorina, São Paulo, p. 1-6, 2019. Disponível em:

<https://fundacaodorina.org.br/blog/fundacao-dorina-e-lego-lancam-braille-bricks/>. Acesso em: 5 fev. 2023.

GIL, Marta (org.). **Deficiência visual**. Brasília: MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000. 80 p. : il. - (Cadernos da TV Escola. 1. ISSN 1518-4692). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/deficienciavisual.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

Gonçalves, Hígor da Mota; Mourão, Nadja Maria; Engler, Rita de Castro. **Design, Educação E Tecnologias Sociais: Soluções Acessíveis Em Produtos Didático-Pedagógicos Para O Ensino De Braille Para Cegos**. In: 12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 2016, São Paulo. Anais. São Paulo: p. 2293-2303. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/design-educao-e-tecnologias-sociais-solues-acessveis-em-produtos-didtico-pedaggicos-para-o-ensino-de-braille-para-cegos-24432>. Acesso em: 5 fev. 2023.

IDA, Itiro. **Ergonomia - Projeto e Produção**. São Paulo: Editora Blucher, 2005. E-book. ISBN 9788521215271. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215271/>. Acesso em: 05 fev. 2023.

INSTITUTO DO DEFICIENTE AUDIOVISUAL DE VOTUPORANGA - IDAV. **BRILLE**. IDVA, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.idav.org.br/artigos/braille/>. Acesso em: 05 fev. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pessoas com deficiência e as desigualdades sociais no Brasil**. Rio de Janeiro: Biblioteca IBGE, 2022a. Folheto. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101964\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101964_informativo.pdf). Acesso em: 31 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **População cresce, mas número de pessoas com menos de 30 anos cai 5,4% de 2012 a 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34438-populacao-cresce-mas-numero-de-pessoas-com-menos-de-30-anos-cai-5-4-de-2012-a-2021>. Acesso em: 31 jan. 2023.

IDEO. **The Field Guide to Human-Centered**. 2. ed. IDEO, 2015. 192 p. Disponível em: <https://www.designkit.org/resources/1.html>. Acesso em: 06 fev. 2023.

IDEO. **Human-Centered Design: Design Kit**. 2. ed. IDEO, 2009. 105 p. Disponível em: <https://www.ideo.com/post/design-kit>. Acesso em: 06 fev. 2023.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. **Agenda 2030: ODS - Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília- DF, p. 676, 2018. Disponível em:

[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8855/1/Agenda\\_2030\\_ods\\_metas\\_nac\\_dos\\_obj\\_de\\_desenv\\_susten\\_propos\\_de\\_adequa.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8855/1/Agenda_2030_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf). Acesso em: 06 fev. 2023.

KAUFFMANN, Aline Reis; OLIVEIRA, Mariana Pohlmann de; "**Codesign e fabricação digital aplicados ao desenvolvimento de um recurso didático com ênfase no ensino de alunos com deficiência visual**". In: 18º CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA, São Paulo, 2022. Anais. São Paulo: p. 240-251.

Disponível em:

<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/codesign-e-fabricao-digital-aplicados-ao-desenvolvimento-de-um-recurso-didatico-com-nfase-no-ensino-de-alunos-com-deficiencia-visual-37330>. Acesso em: 5 fev. 2023.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing**. São Paulo, ed. 14., p1-796, 2012. Disponível em: [https://www.doraci.com.br/files/kotler\\_ed14.pdf](https://www.doraci.com.br/files/kotler_ed14.pdf). Acesso em: 6 fev. 2023.

LE MOS, Edison Ribeiro; CERQUEIRA, Jonir Bechara. **O SISTEMA DE BRAILLE NO BRASIL**. Revista Benjamin Constant, Rio de Janeiro, p.23-28, 2014. Disponível em: <http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/353>. Acesso em: 6 fev. 2023.

LOURENÇO, Erica Aparecida Garrutti et al. **Acessibilidade para os estudantes com deficiência visual: orientações para o ensino superior**. Revista UNIFESP, 1 ed. São Paulo, 2020. E-book. Disponível em:

<https://accessibilidade.unifesp.br/recursos/deficiencia-visual>. Acesso em: 05 fev. 2023.

MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **GODP – Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário**. Florianópolis, 2016. Disponível em: [www.ngd.ufsc.br](http://www.ngd.ufsc.br). Acesso em: 05 fev. 2023.

MENDES, Fátima Aparecida Gonçalves; MONTEIRO, Maria Inês Bacellar.

**Implicações Da Perda Da Visão Para O Processo De Ensino Da Leitura E Escrita Braille**. Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial, São Paulo,

v. 3, n. 01, 2016. Disponível em:

<https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/dialogoseperspectivas/article/view/6536>. Acesso em: 05 fev. 2023.

PESTANO, V.; POHLMANN, M.; SILVA, F. **Effect of Acetone Vapor Smoothing Process on Surface Finish and Geometric Accuracy of Fused Deposition Modeling ABS Parts**. Journal of Materials Science and Chemical Engineering, EUA,

v. 10, p. 1-9, 2022. Disponível em:

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=120615>. Acesso em: 05 fev. 2023.

PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca B. **Mapas mentais: aprenda a expressar suas ideias de forma inteligente**. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2021. E-book. ISBN 9786558110255. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786558110255/>. Acesso em: 04 jul. 2023.

PLATCHECK, Elizabeth R. **Design Industrial: Metodologia de Ecodesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo: Grupo GEN, 2012. E-book. ISBN 9788522490165. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522490165/>. Acesso em: 06 fev. 2023.

POHLMANN, Mariana et al. **Fabricação Digital Para Auxiliar No Ensino-Aprendizado De Alunos Com Deficiência Visual: Estudo De Caso Dos Sistemas Nanoestruturados**. In: 12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 2016, São Paulo. Anais. São Paulo: p. 2389-2396. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/design-educao-e-tecnologias-sociais-solues-acessveis-em-produtos-didtico-pedaggicos-para-o-ensino-de-braille-para-cegos-24432>. Acesso em: 5 fev. 2023.

RETINA BRASIL. **Habilitação e Reabilitação para todas as idades**. Retina Brasil, São Paulo, 2023, p- 1-6. Disponível em: <https://retinabrasil.org.br/habilitacao-e-reabilitacao-para-todas-as-idades/>. Acesso em: 03 fev. 2023.

SARTORETTO, Mara Lúcia; BERSCH, Rita. **O que é tecnologia Assistiva?**. ASSISTIVA, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://assistiva.com.br/tassistiva.html#topo>. Acesso em: 31 jan. 2023

SCHIFFMAN, Harvey R. **Sensação e Percepção**, 5ª edição. São Paulo: Grupo GEN, 2005. E-book. ISBN 978-85-216-2374-8. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2374-8/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SCHMIDT, R.F.. **Fundamentals of Sensory Physiology**. Springer- Verlag, New York, v. 1, n. 1, p. 1-288, 07 jul. 1981. Springer Berlin Heidelberg.. Disponível em: <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2169967>. Acesso em: 20 mar. 2023.



SILVA, Fernanda Cristine Poletto da; ULBRICHT, Vânia Ribas Ulbricht; PADOVANI, Stephania. **A percepção tátil de variáveis gráficas no reconhecimento de objetos tridimensionais para cegos congênitos.** In: 7º CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, São Paulo, 2015. Anais. São Paulo: Blucher, 2015, p. 410-423.5. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/a-percepo-ttil-de-variveis-grficas-no-reconhecimento-de-objetos-tridimensionais-para-cegos-congnitos-20229>. Acesso em: 05 fev. 2023.

SILVA, Everton Sidnei Amaral da. **DESIGN, TECHNOLOGIE ET PERCEPTION : Mise en relation du design sensoriel, sémantique et émotionnel avec la texture et les matériaux.** 2016. 296 f. Tese (Doutorado) - Curso de Design, Institut Des Sciences Et Technologies de Paris - Paristech, Paris, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/150641>. Acesso em: 20 mar. 2023.

VITA, Aida Carvalho. **Instrumental analysis of a tactile-type model for learning probability of blind students.** 2012. 240 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/10906?mode=full>. Acesso em: 20 mar. 2023.

VOLPATO, Neri. **Manufatura aditiva; Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D.** São Paulo: Editora Blucher, 2017. E-book. ISBN 9788521211518. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521211518/>. Acesso em: 05 fev. 2023.

World Health Organization - WHO; United Nations Children's Fund - UNICEF. **Global report on assistive technology.** World Health Organization, Suíça, 2022. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049451>. Acesso em: 05 fev. 2023.

World Health Organization - WHO. **International Classification of Diseases - ICD11: Vision impairment including blindness.** Geneva: WHO, 2023, Disponível em: <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>. Acesso em: 30 de jan. 2023.

World Health Organization - WHO. **World report on vision.** Geneva: WHO, 2021, Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570>. Acesso em: 19 jan. 2023.

## APÉNDICE A

Código	Título	Data
ISO 17049:2013	Accessible design — Application of braille on signage, equipment and appliances	18/10/2013
ISO 17351:2013	Packaging — Braille on packaging for medicinal products	09/01/2013
ISO/TR 11548-1:2001	Communication aids for blind persons — Identifiers, names and assignation to coded character sets for 8-dot Braille characters — Part 1: General guidelines for Braille identifiers and shift marks	20/12/2001
ISO/TR 11548-2:2001	Communication aids for blind persons — Identifiers, names and assignation to coded character sets for 8-dot Braille characters — Part 2: Latin alphabet based character sets	20/12/2001
NF EN ISO 17351:2014	Packaging - Braille on packaging for medicinal products	03/10/2014
NF EN ISO 17351:2014	Emballage - Braille sur les emballages destinés aux médicaments	03/10/2014
NF ISO 17049:2014	Accessible design - Application of braille on signage, equipment and appliances	04/01/2014
NF ISO 17049:2014	Conception accessible - Méthodes d'affichage des signes en braille	04/01/2014
FD CEN/TR 15753:2008	Emballages - Notices de médicaments - Écriture en braille ou autres formats pour personnes malvoyantes	01/08/2008
FD CEN/TR 15753:2008	Packaging - Package leaflets for medicinal products - Braille and other formats for visually impaired people	01/08/2008
DIN 32986:2019 DE	Taktile Schriften und Beschriftungen - Anforderungen an die Darstellung und Anbringung von Braille- und erhabener Profilschrift	01/06/2019
DIN EN ISO 17351:2014 DE	Verpackung - Blindenschrift auf Arzneimittelverpackungen (ISO 17351:2013); Deutsche Fassung EN ISO 17351:2014	01/10/2014
DIN EN ISO 17351:2014 EN	Packaging - Braille on packaging for medicinal products (ISO 17351:2013)	01/10/2014
DIN 32976:2007 DE	Blindenschrift - Anforderungen und Maße	01/08/2007

Continua

Código	Título	Data
DIN 32982:1994 DE	8-Punkt-Brailleschrift für die Informationsverarbeitung - Identifikatoren, Benennungen und Zuordnung zum 8-Bit-Code	01/08/1994
DIN 32980:1987 DE	Zuordnung der 8-Punkt-Brailleschrift zum 7-Bit-Code	01/04/1987
BS EN ISO 17351:2014	Packaging. Braille on packaging for medicinal products	31/10/2014
BS ISO 17049:2013	Accessible design. Application of braille on signage, equipment and appliances	31/10/2013
PD CEN/TR 15753:2008	Packaging. Package leaflets for medicinal products. Braille and other formats for visually impaired people	29/08/2008
ISO 24508:2019	Ergonomics — Accessible design — Guidelines for designing tactile symbols and characters	04/03/2019
ISO 19593-1:2018	Graphic technology — Use of PDF to associate processing steps and content data — Part 1: Processing steps for packaging and labels	17/07/2018
ISO 9241-920:2009	Ergonomics of human-system interaction — Part 920: Guidance on tactile and haptic interactions	23/03/2009
ISO/IEC 7811-9:2015	Identification cards - Recording technique - Part 9: Tactile identifier mark	02/12/2015
ISO/IEC 7811-9 Ed. 1.0 en	Identification cards - Recording technique - Part 9: Tactile identifier mark	08/05/2008
ISO/IEC 14496-23 Ed. 1.0 en	Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 23: Symbolic Music Representation	28/01/2008
ISO/IEC 14496-23:2008	Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 23: Symbolic Music Representation	28/01/2008
ISO/IEC 5218 Ed. 1.0 b	Information technology -- Codes for the representation of human sexes	08/07/2004
ISO/IEC GUIDE 71 Ed. 1.0 en	Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities	22/11/2001
NF ISO 24508:2019	Ergonomics - Accessible design - Guidelines for designing tactile symbols and characters	10/08/2019
NF ISO 24508:2019	Ergonomie - Conception accessible - Lignes directrices pour la conception des symboles et caractères tactiles	10/08/2019

Continua

## Conclusão

Código	Título	Data
DIN EN ISO 9241-920:2016 DE	Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 920: Anleitung zu taktilen und haptischen Interaktionen (ISO 9241-920:2009); Deutsche Fassung EN ISO 9241-920:2016	01/09/2016
DIN ISO 2108:2007 DE	Information und Dokumentation - Internationale Standard-Buchnummer (ISBN) (ISO 2108:2005)	01/01/2007
BS ISO 24508:2019	Ergonomics. Accessible design. Guidelines for designing tactile symbols and characters	06/03/2019
BS ISO 19593-1:2018	Graphic technology. Use of PDF to associate processing steps and content data Processing steps for packaging and labels	20/07/2018
BS EN ISO 9241-920:2016	Ergonomics of human-system interaction Guidance on tactile and haptic interactions	31/08/2016
BS ISO/IEC 7811-9:2015	Identification cards. Recording technique Tactile identifier mark	31/12/2015

## APÊNDICE B

### ROTEIRO DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

#### ROTEIRO UTILIZADO COM AS PROFESSORAS

##### **Apresentação do autor**

Nome, curso, explicação sobre o tema do trabalho e objetivos.

##### **Apresentação do entrevistado**

Solicitação de uma breve explicação acerca do seu trabalho.

1. Quais as dificuldades que você percebe que os adultos em reabilitação têm enquanto estão aprendendo Braille? Principalmente quando estão começando a aprender.
2. Quais as maiores dificuldades que a pessoa que perdeu a visão depois de adulta apresenta e como o Braille consegue as ajudar?
3. Você conseguiria estimar quantos alunos você ensina Braille que possuem Diabetes?
4. Você conseguiria me explicar como é o processo de ensino do Braille?
5. Quais diferenças você percebe no ensino do Braille para crianças e para adultos em reabilitação?
6. Quais recursos didáticos você utiliza quando está ensinando o Braille?

## **ROTEIRO UTILIZADO COM AS PSICÓLOGAS**

### **Apresentação do autor**

Nome, curso, explicação sobre o tema do trabalho e objetivos.

### **Apresentação do entrevistado**

Solicitação de uma breve explicação acerca do seu trabalho.

1. Como é esse processo da perda da visão para as pessoas?
2. Como são as fases pelas quais elas passam?
3. Como é o processo de reabilitação a pessoas com cegueira adquirida?
4. Quais dificuldades são mais relatadas?
5. Como as instituições, como a UCERGS, conseguem apoiar essas pessoas?
6. Como é o acesso às pessoas cegas a produtos de TA?
7. Qual impacto você enxerga que o Braille pode ter?

## ROTEIRO UTILIZADO COM A ASSISTENTE SOCIAL

### **Apresentação do autor**

Nome, curso, explicação sobre o tema do trabalho e objetivos.

### **Apresentação do entrevistado**

Solicitação de uma breve explicação acerca do seu trabalho.

1. Como foi o processo de desenvolvimento do Lego Braille Bricks? Teve participação dos usuários?
2. Por que o Lego Braille Bricks não pode ser vendido?
3. Quais outros recursos similares ao Lego Braille Bricks existem?
4. Quais as dificuldades que você percebe que os adultos em reabilitação têm enquanto estão aprendendo Braille? Principalmente quando estão começando a aprender.
5. Quais as maiores dificuldades que a pessoa que perdeu a visão depois de adulta apresenta e como o Braille consegue as ajudar?

## ROTEIRO UTILIZADO COM OS ALUNOS

### **Apresentação do autor**

Nome, curso, explicação sobre o tema do trabalho e objetivos.

### **Apresentação do entrevistado**

Solicitação de uma breve apresentação do(a) aluno(a).

1. Quais recursos/produtos você utiliza para auxiliar no desenvolvimento das atividades do dia a dia? Como esses recursos te ajudam?
2. Quais os pontos positivos desses produtos?
3. Quais as dificuldades que sente na utilização desses recursos?
4. Quais recursos ajudam mais durante as aulas para aprender o Braille? Quais características você acha que são mais interessantes nesses produtos?
5. Quais dificuldades você sente durante as aulas?
6. Como você faz para treinar/estudar o Braille fora da aula? Você consegue exercitar?
7. Como você faz para treinar a sensibilidade na ponta dos dedos?
8. Como você acha que o Braille conseguiria te ajudar diariamente?



## APÊNDICE C

Requisitos de usuário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SOMA	%
1 Estimular a percepção tátil	x	2	3	3	3	3	2	3	3	3	25	13,9
2 Estimular a cognição	2	x	2	2	3	3	2	3	3	3	23	12,8
3 Possibilitar a prática do Braille	1	2	x	2	2	3	2	3	3	3	21	11,7
4 Ser adaptável	1	2	2	x	2	3	2	3	3	3	21	11,7
5 Possibilitar utilização autônoma	1	1	2	2	x	2	2	2	3	3	18	10,0
6 Ser inclusivo	1	1	1	1	2	x	1	2	2	3	14	7,8
7 Estimular percepção espacial	2	2	2	2	2	3	x	3	3	3	22	12,2
8 Ser bonito	1	1	1	1	2	2	1	x	2	2	13	7,2
9 Possibilitar participação	1	1	1	1	1	2	1	2	x	2	12	6,7
10 Ser divertido	1	1	1	1	1	1	1	2	2	x	11	6,1
											<b>180</b>	<b>100,0</b>

Menos importante 1  
 Tão importante quanto 2  
 Mais importante 3

- 1 Estimular a percepção tátil
- 2 Estimular a cognição
- 3 Estimular percepção espacial
- 4 Possibilitar a prática do Braille
- 5 Ser adaptável
- 6 Possibilitar utilização autônoma
- 7 Ser inclusivo
- 8 Ser bonito
- 9 Possibilitar participação
- 10 Ser divertido

## APÊNDICE D


Requisitos de usuário	Peso	Requisitos de projeto												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Estimular a percepção tátil	5	5	5	3	5	5	5	1	1	1	1	5	1	1
Estimular a cognição	5	3	3	5	3	3	5	5	1	1	1	3	1	3
Estimular percepção espacial	5	3	5	1	5	1	1	1	1	1	1	5	1	1
Possibilitar a prática do Braille	3	3	1	5	3	5	3	5	3	3	3	1	1	1
Ser adaptável	3	1	1	1	3	1	5	5	1	3	1	1	1	1
Possibilitar utilização autônoma	3	1	1	5	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1
Ser inclusivo	3	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	1	3	1
Ser bonito	1	5	5	1	5	1	1	1	1	5	3	5	1	1
Possibilitar participação	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Ser divertido	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1	3	5	5
<b>Soma dos produtos</b>		<b>92</b>	<b>98</b>	<b>88</b>	<b>108</b>	<b>76</b>	<b>92</b>	<b>90</b>	<b>52</b>	<b>72</b>	<b>58</b>	<b>98</b>	<b>56</b>	<b>48</b>




Fraca relação	1
Média relação	3
Forte relação	5





### Requisitos de projeto

- A** Possuir partes com diferentes texturas superficiais
- B** Possuir partes com diferentes formas geométricas
- C** Possibilitar a execução de exercícios
- D** Possuir partes com diferentes tamanhos
- E** Possuir celsa Braille
- F** Implementar diferentes níveis de dificuldade
- G** Possuir modo de uso individual
- H** Possuir manuseio intuitivo
- I** Empregar cores que estimulem a visão residual
- J** Possuir marcação em alfabeto latino
- K** Utilizar formas que estimulem a exploração tátil
- L** Possuir modo de utilização colaborativo
- M** Possuir encaixes

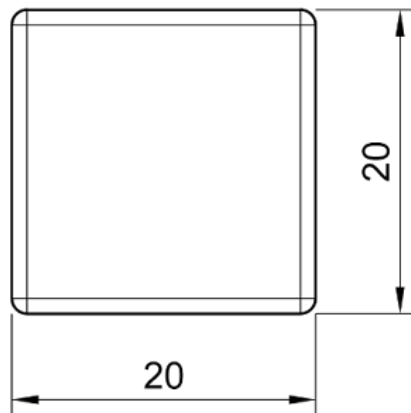
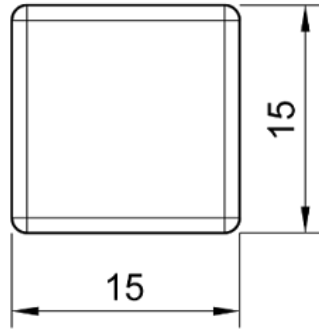
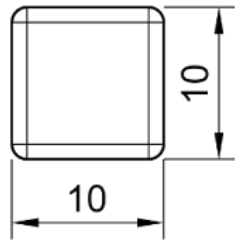
## APÊNDICE E

Requisitos	Peso					
Possuir partes com diferentes tamanhos	5	1	-1	-1	1	1
Possuir partes com diferentes formas geométricas	5	1	-1	-1	1	1
Utilizar formas que estimulem a exploração tátil	3	1	1	1	1	1
Possuir partes com diferentes texturas superficiais	3	-1	1	1	1	1
Possuir encaixes	1	-1	-1	-1	1	1
<b>Total</b>		9	-5	-5	<b>17</b>	<b>17</b>

<b>Requisitos</b>	<b>Peso</b>			
Utilizar formas que estimulem a exploração tátil	5	0	0	1
Implementar diferentes níveis de dificuldade	5	1	1	0
Possuir modo de uso individual	5	1	1	1
Possibilitar a execução de exercícios	3	1	1	1
Possuir cela Braille	3	1	1	1
Empregar cores que estimulem a visão residual	3	0	0	1
Possuir marcação em tinta	3	0	0	1
Possuir modo de utilização colaborativo	1	0	0	1
Possuir manuseio intuitivo	1	1	1	0
Possuir encaixes	1	0	0	1
<b>Total</b>		17	17	<b>24</b>

<b>Atributos</b>				
Auxiliar na compartimentação dos itens	0	0	1	0
Possuir tampa fixada a base	-1	1	1	1
Facilitar o manuseio ao usuário	-1	0	1	0
<b>Total</b>	-2	1	<b>3</b>	1

**APÊNDICE F****DESENHOS TÉCNICOS - SÓLIDOS GEOMÉTRICOS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

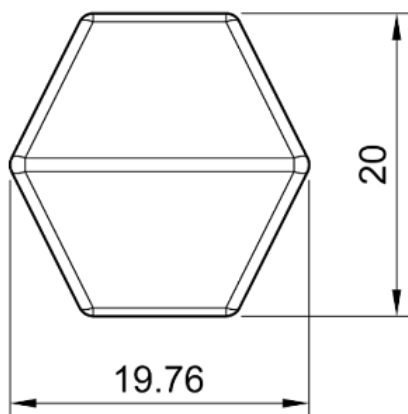
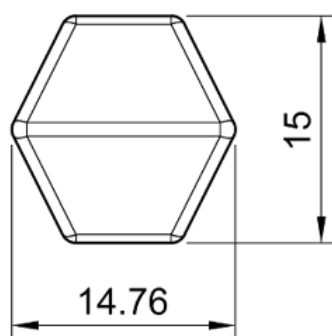
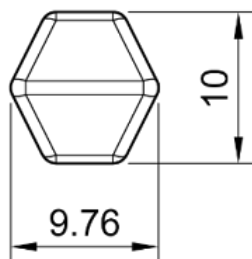
**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
2:1

**TÍTULO:**  
SÓLIDOS GEOMÉTRICOS - CUBO

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
1/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

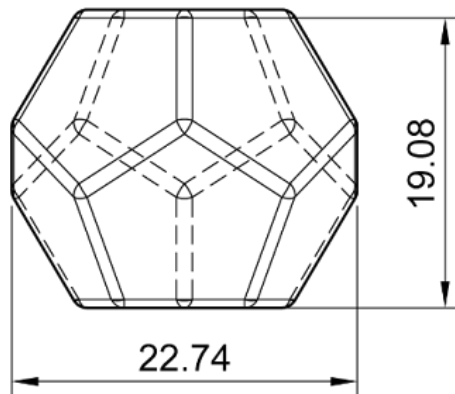
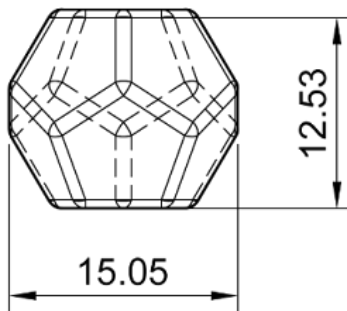
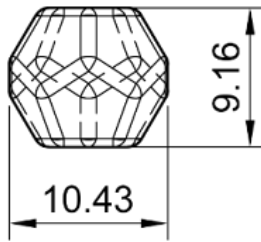
**ESCALA:**  
2:1

**TÍTULO:**  
SÓLIDOS GEOMÉTRICOS - TRONCO DE OCTAEDRO

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
2/5





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

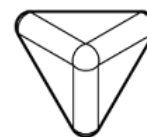
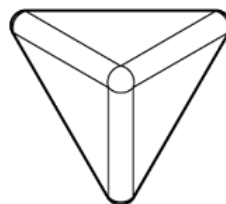
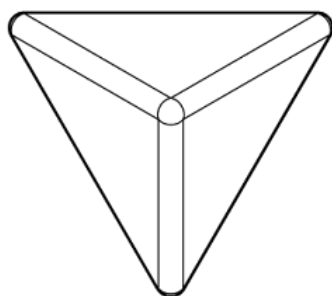
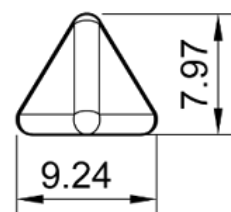
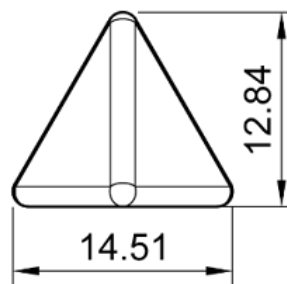
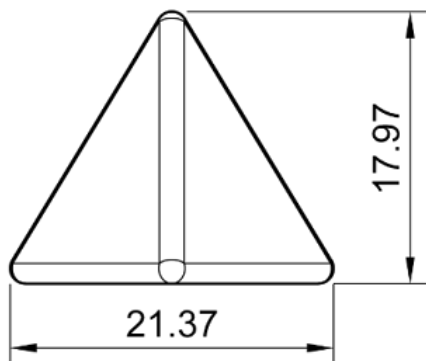
**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
2:1

**TÍTULO:**  
SÓLIDOS GEOMÉTRICOS - DODECAEDRO

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
3/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

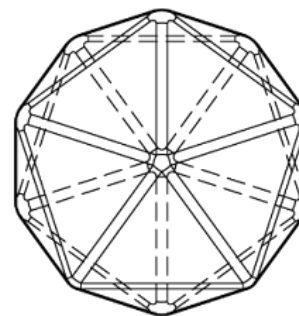
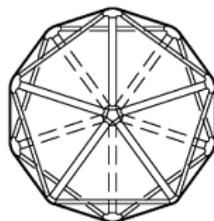
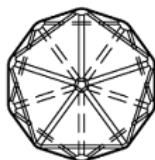
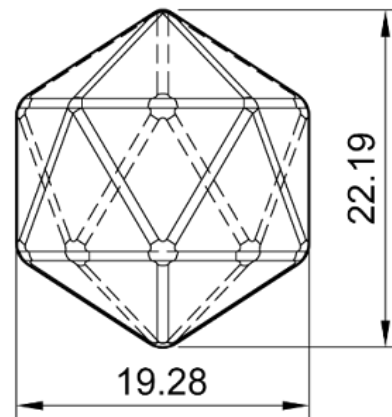
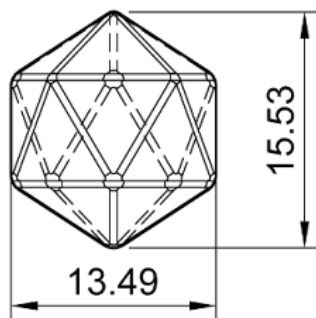
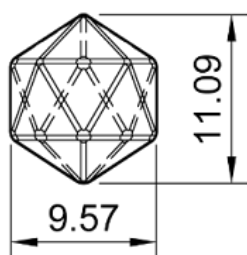
**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
2:1

**TÍTULO:**  
SÓLIDOS GEOMÉTRICOS - TETRAEDRO

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
4/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

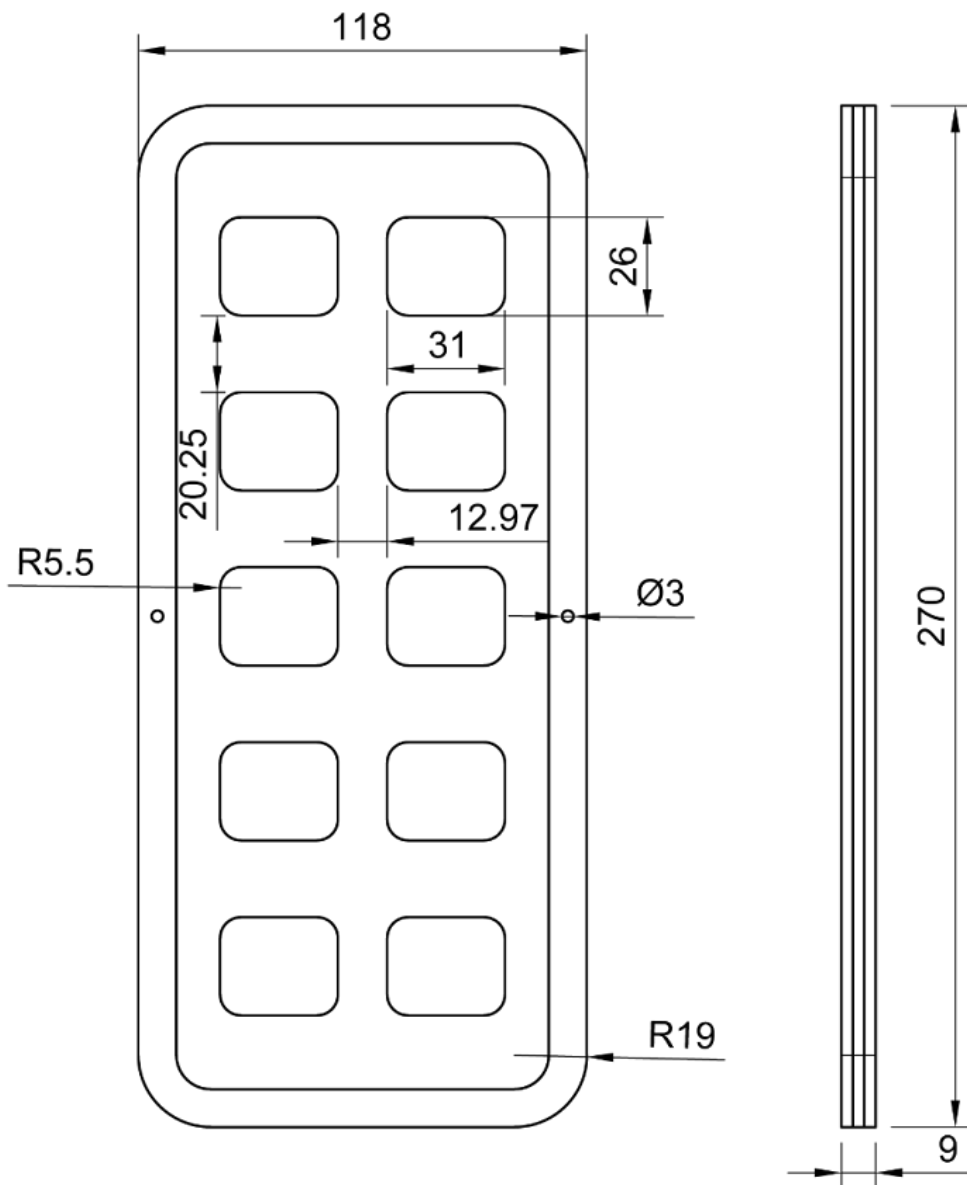
**ESCALA:**  
2:1

**TÍTULO:**  
SÓLIDOS GEOMÉTRICOS - ICOSAEDRO

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
5/5

**APÊNDICE G****DESENHOS TÉCNICOS - TABULEIROS PARA ENCAIXE DE TEXTURAS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
 FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

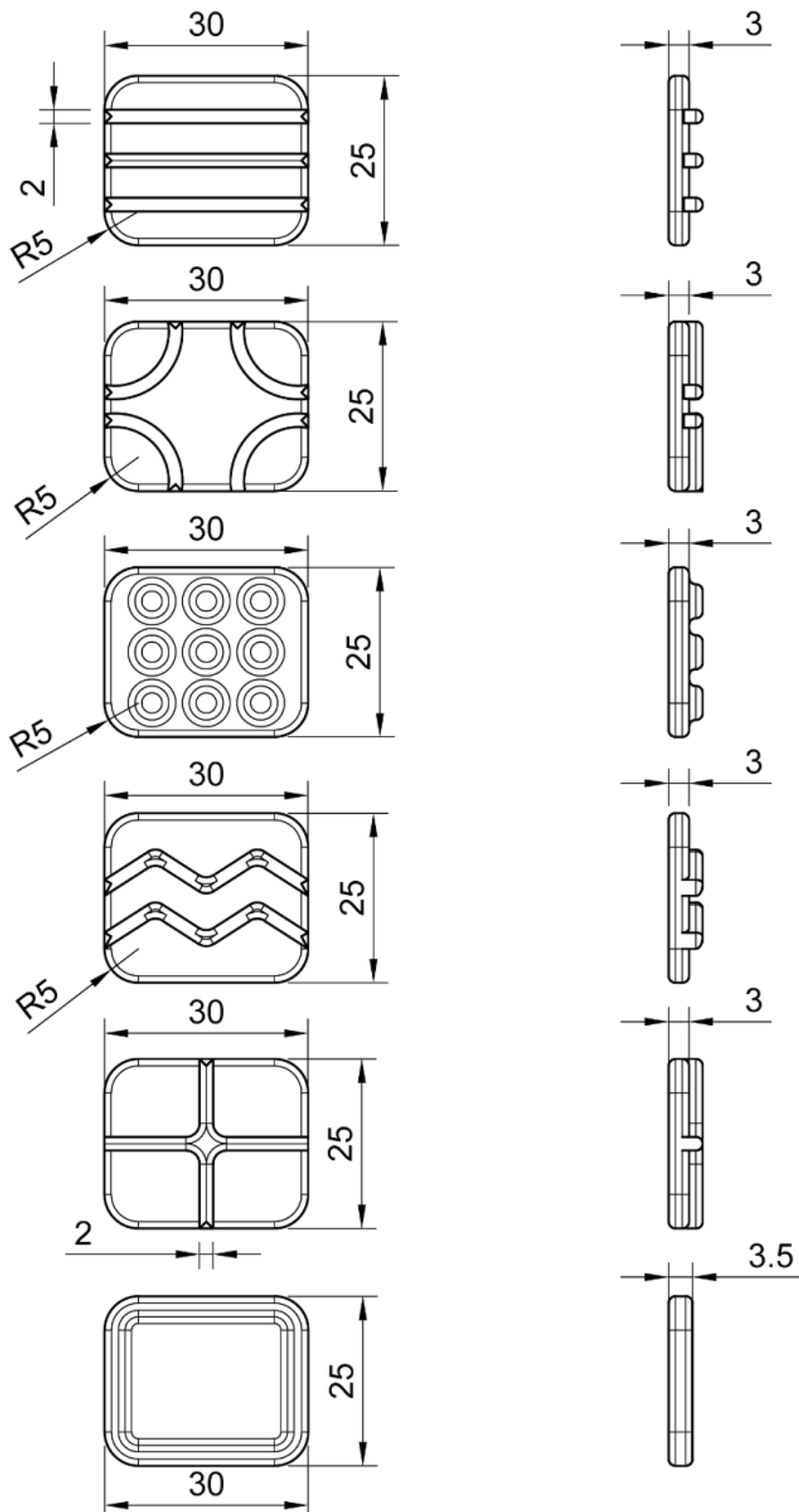
**AUTOR:**  
 LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
 1:2

**TÍTULO:**  
 TABULEIRO PARA ENCAIXE DE TEXTURAS

**UNIDADE:**  
 MILÍMETROS

PRANCHA  
 1/2



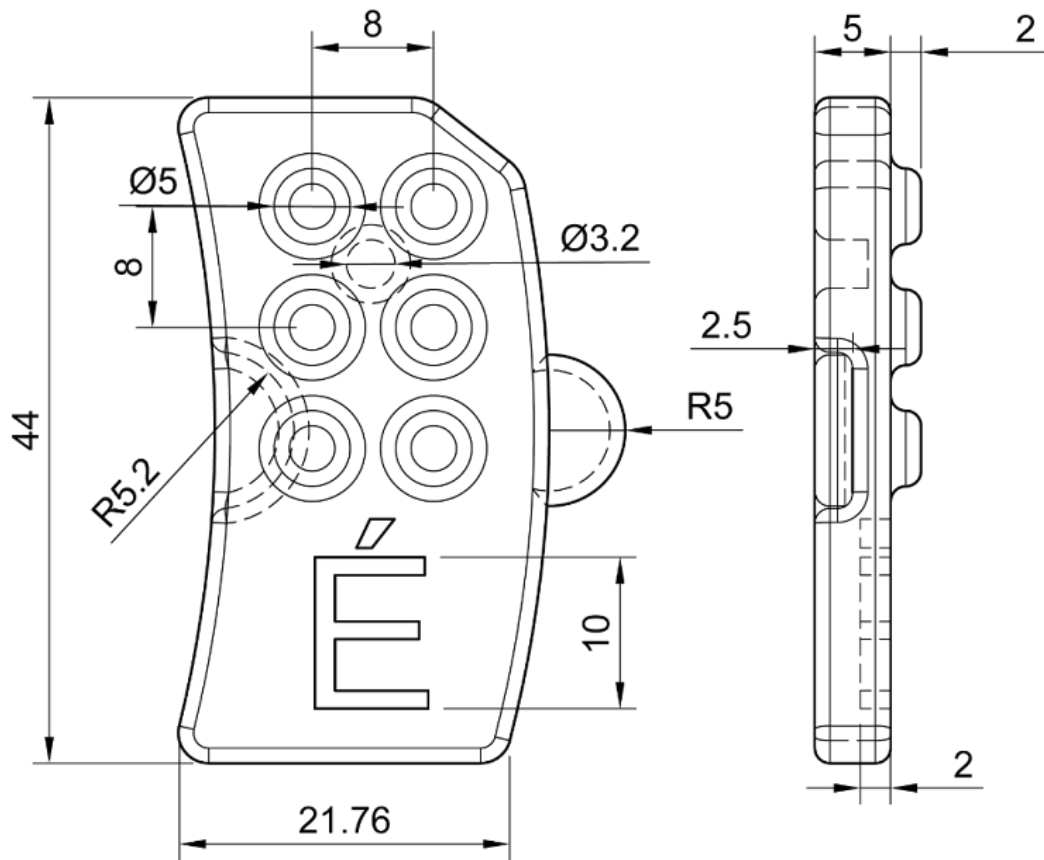
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II		
<b>AUTOR:</b> LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD		<b>ESCALA:</b> 1:1
<b>TÍTULO:</b> TABULEIRO PARA ENCAIXE DE TEXTURAS		<b>UNIDADE:</b> MILÍMETROS
		PRANCHA 2/2

## APÊNDICE H

Símbolo	Pontos do sistema	QTD	Cor
A1	1	14	Amerelo
B2	1,2	3	Verde
C3	1,4	4	Vermelho
D4	1,4,5	5	Azul
E5	1,5	11	Amerelo
F6	1,2,4	2	Verde
G7	1,2,4,5	2	Vermelho
H8	1,2,5	2	Azul
I9	2,4	10	Amerelo
J0	2,4,5	2	Verde
K	1,3	2	Vermelho
L	1,2,3	5	Azul
M	1,3,4	6	Amerelo
N	1,3,4,5	4	Verde
O	1,3,5	10	Vermelho
P	1,2,3,4	4	Azul
Q	1,2,3,4,5	2	Amerelo
R	1,2,3,5	6	Verde
S	2,3,4	8	Vermelho
T	2,3,4,5	5	Azul
U	1,3,6	7	Amerelo
V	1,2,3,6	2	Verde
W	2,4,5,6	2	Vermelho
X	1,3,4,6	2	Azul
Y	1,3,4,5,6	1	Amerelo
Z	1,3,5,6	2	Verde
Ã	3,4,5	2	Vermelho
Á	1,2,3,5,6	2	Azul
À	1,2,4,6	2	Amerelo
Â	1,6	2	Verde
Ç	1,2,3,4,6	2	Vermelho
É	1,2,3,4,5,6	2	Azul
Ê	1,2,6	2	Amerelo
Í	3,4	2	Verde
Ô	1,4,5,6	2	Vermelho
Õ	2,4,6	2	Azul
Ó	3,4,6	2	Amerelo
Ú	2,3,4,5,6	2	Verde
↑	4,6	1	Branco
,	2	1	Branco
.	3	1	Branco
#	3,4,5,6	5	Branco
+	2,3,5	1	Branco
-	3,6	1	Branco
*	2,3,6	1	Branco
÷	2,5,6	1	Branco
=	2,3,5,6	1	Branco
	Total	160	

**APÊNDICE I****DESENHOS TÉCNICOS - PEÇAS PARA ENSINO DO BRAILLE**





UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
 FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

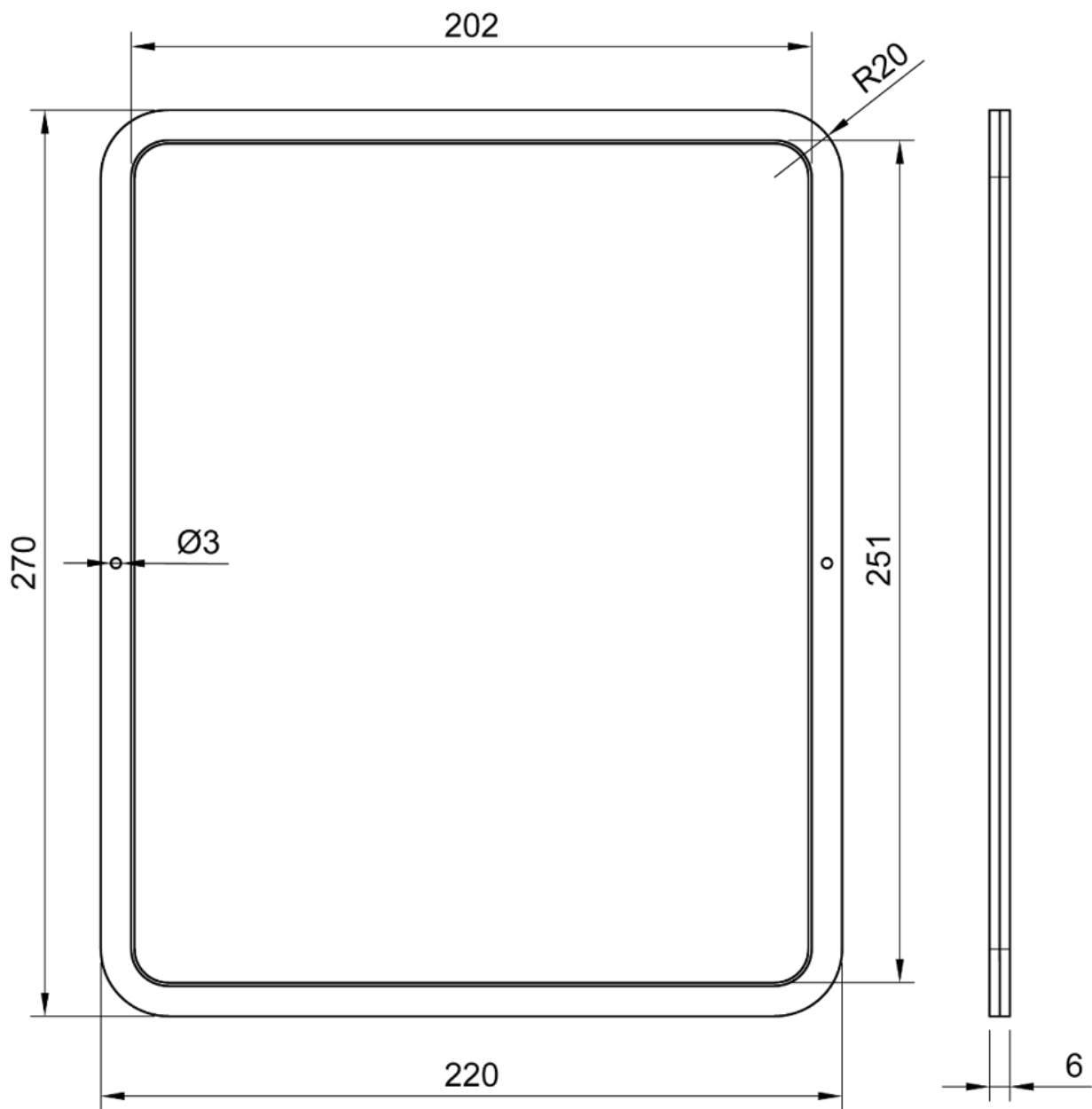
**AUTOR:**  
 LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
 2:1

**TÍTULO:**  
 PEÇAS PARA ENSINO DO BRAILLE

**UNIDADE:**  
 MILÍMETROS

PRANCHA  
 1/2



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

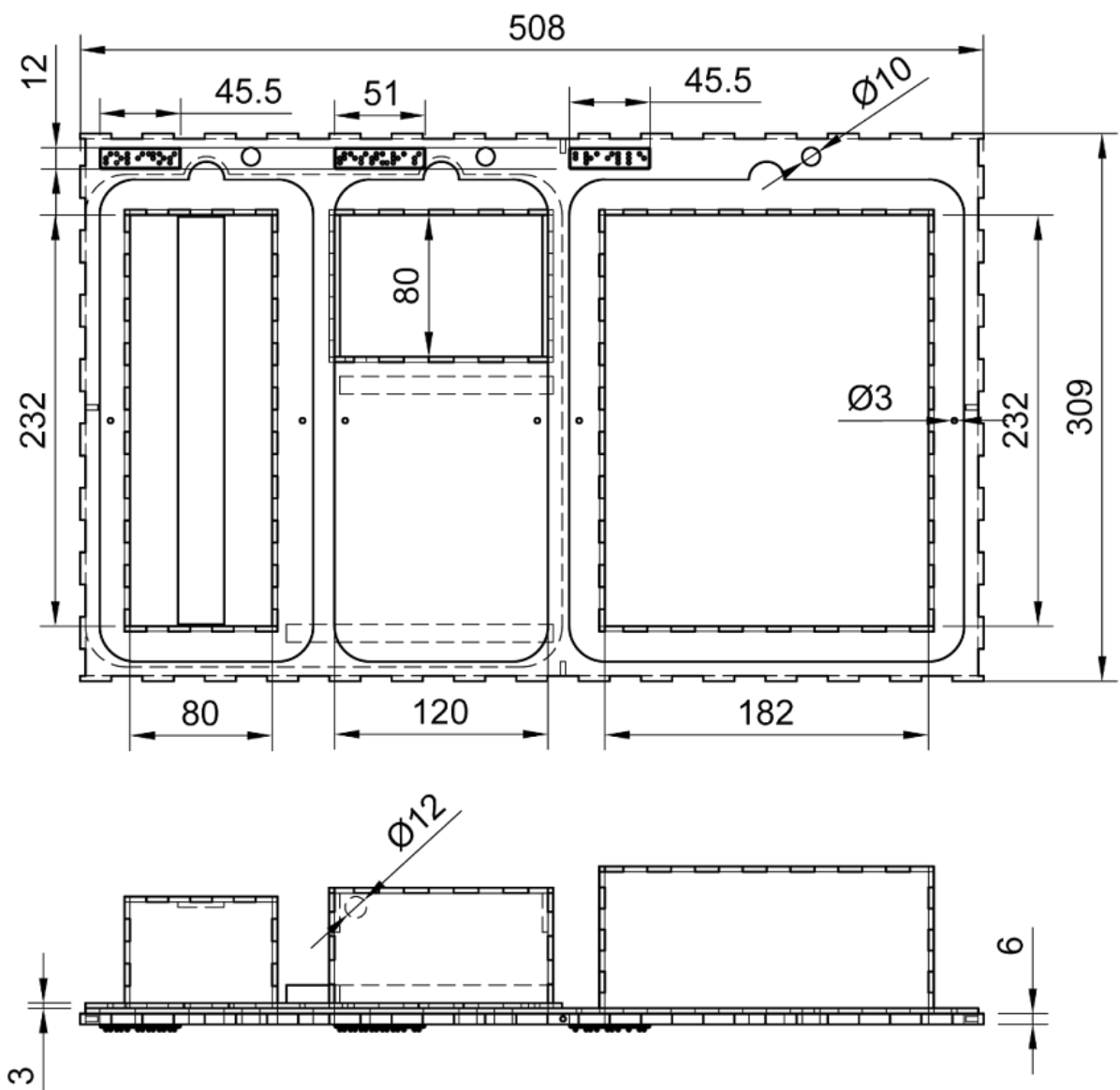
**ESCALA:**  
1:2

**TÍTULO:**  
PEÇAS PARA ENSINO DO BRAILLE - TABULEIRO

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
2/2

**APÊNDICE J****DESENHOS TÉCNICOS - CAIXA INTERATIVA**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
 FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

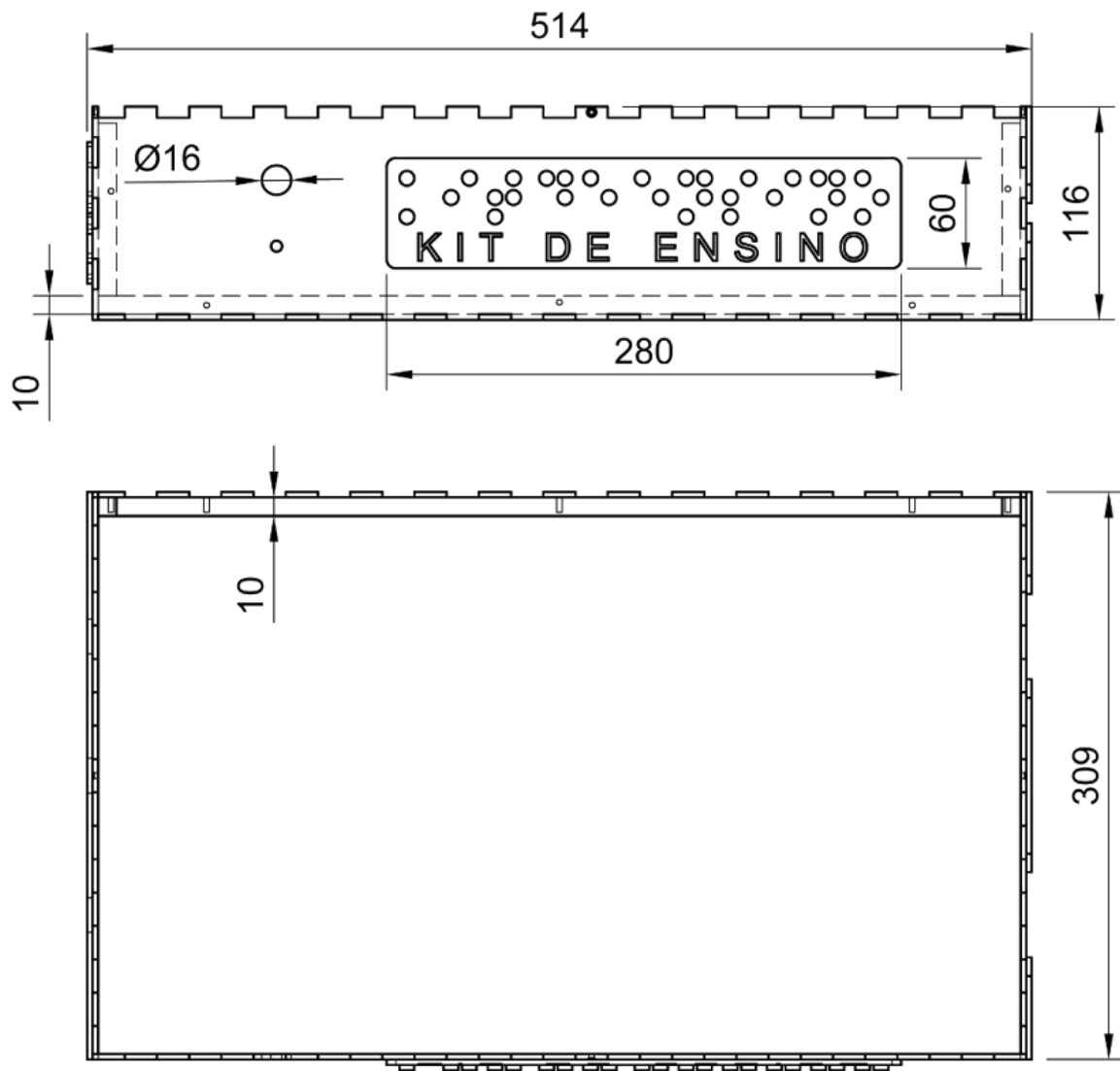
**AUTOR:**  
 LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
 1:4

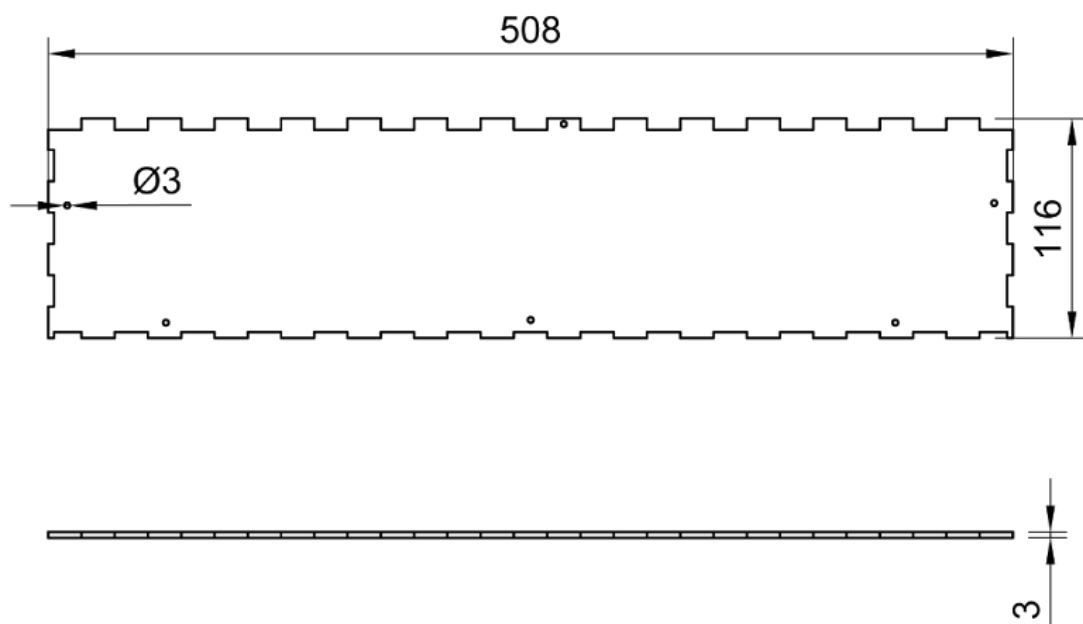
**TÍTULO:**  
 CAIXA INTERATIVA

**UNIDADE:**  
 MILÍMETROS

PRANCHA  
 1/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II		
<b>AUTOR:</b> LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD		<b>ESCALA:</b> 1:4
<b>TÍTULO:</b> CAIXA INTERATIVA		<b>UNIDADE:</b> MILÍMETROS
		PRANCHA 2/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

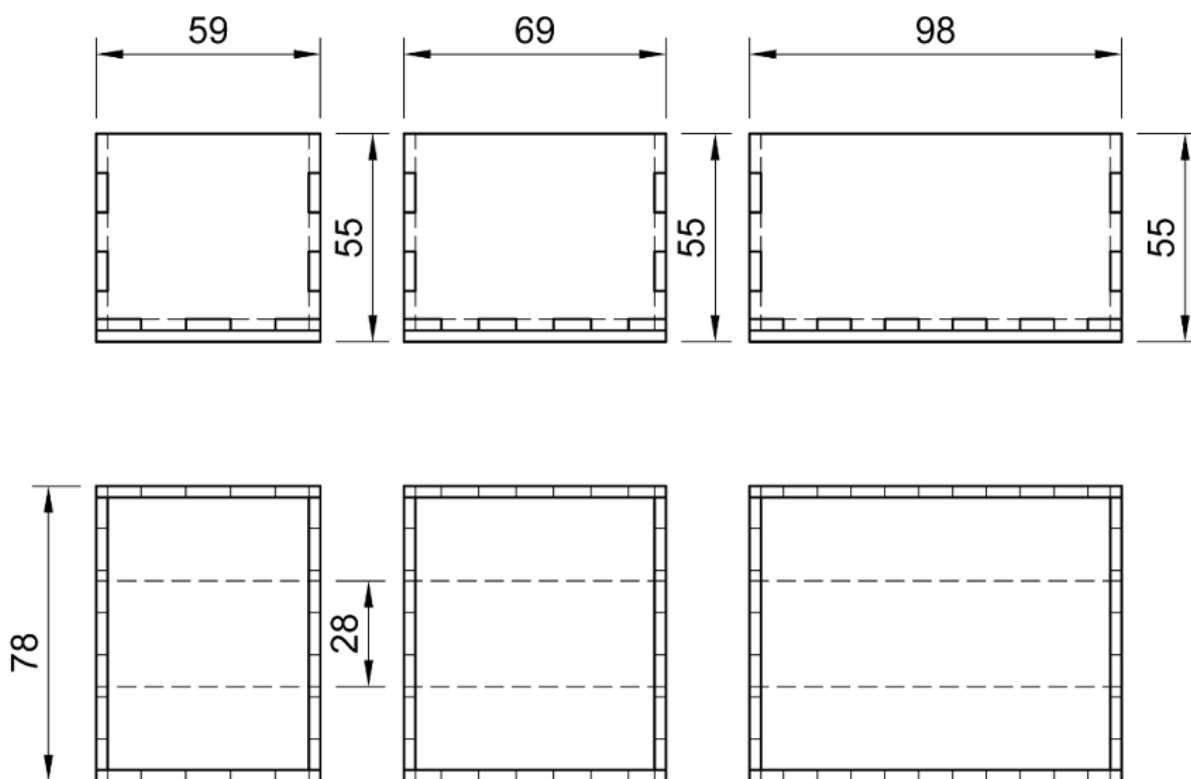
**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
1:4

**TÍTULO:**  
CAIXA INTERATIVA

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
3/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

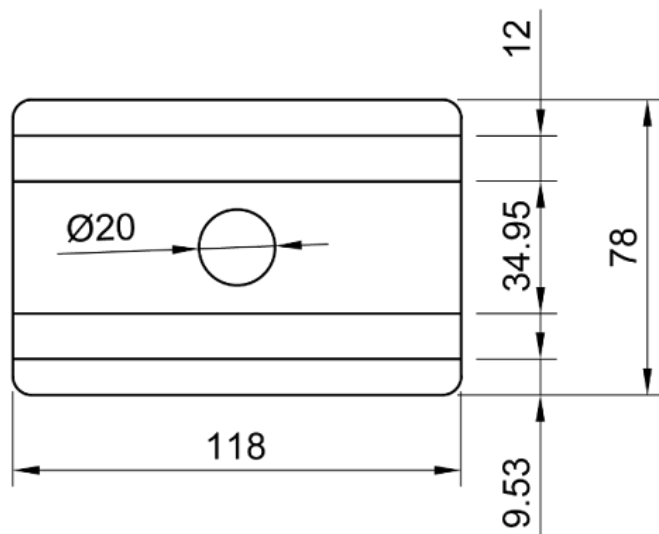
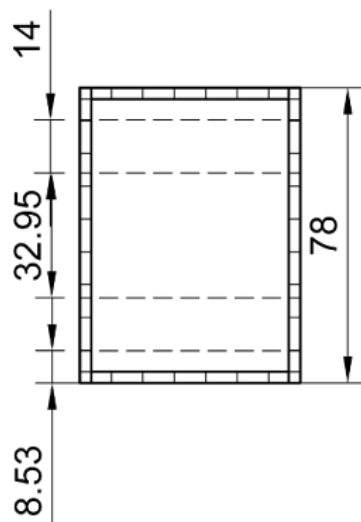
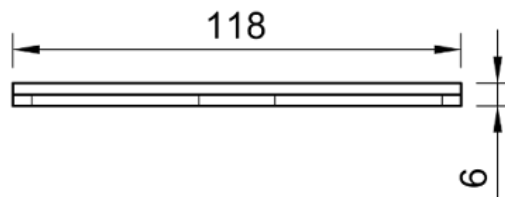
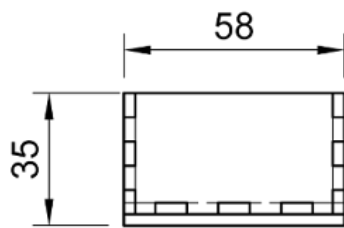
**AUTOR:**  
LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
1:2

**TÍTULO:**  
CAIXA INTERATIVA

**UNIDADE:**  
MILÍMETROS

PRANCHA  
4/5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
 FACULDADE DE ARQUITETURA - DESIGN DE PRODUTO - TCC II

**AUTOR:**  
 LUCAS DE OLIVEIRA EINSFELD

**ESCALA:**  
 1:2

**TÍTULO:**  
 CAIXA INTERATIVA

**UNIDADE:**  
 MILÍMETROS

PRANCHA  
 5/5



## APÊNDICE K

```
/*
DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA O ESTIMULO DA PERCEPCAO TATIL
E ENSINO DO SISTEMA BRAILLE A PESSOAS COM CEGUEIRA ADQUIRIDA
Autor: Lucas de Oliveira Einsfeld
Data: 21/08/2023
*/

#include <SoftwareSerial.h>
#include <DFRobotDFPlayerMini.h>

#define botaoUm 5
#define botaoDois 7
#define botaoTres 6
#define DEBUG

SoftwareSerial mySoftwareSerial(2,3);
DFRobotDFPlayerMini reproduutor;

int botaoUm_Estado;
int botaoUm_UltEstado = LOW;
int leitura_BotaoUm;

int botaoDois_Estado;
int botaoDois_UltEstado = LOW;
int leitura_BotaoDois;

int botaoTres_Estado;
int botaoTres_UltEstado = LOW;
int leitura_BotaoTres;

unsigned long ultDebUm = 0;
unsigned long debUm = 100;

unsigned long ultDebDois = 0;
unsigned long debDois = 100;

unsigned long ultDebTres = 0;
unsigned long debTres = 100;

void setup(){
  pinMode(botaoUm, INPUT);
  mySoftwareSerial.begin(9600);
```

```
reprodutor.begin(mySoftwareSerial);
Serial.begin(9600);
Serial.println("Serial Inicializada!");
Rep();
Serial.println(F("DFPlayer iniciado!"));
reprodutor.volume(30);
#ifdef DEBUG
    Serial.println("Pronto!");
#endif
reprodutor.play(4);
delay(4000);
}

void loop(){
Botao();
}

void Botao(){
    BotaoUm();
    BotaoDois();
    BotaoTres();

    if (botaoUm_Estado == HIGH && botaoDois_Estado == HIGH){
        reprodutor.stop();
        delay(1000);
    }
    else {
        if (botaoUm_Estado == HIGH && botaoTres_Estado == HIGH){
            reprodutor.stop();
            delay(1000);
        }
        if (botaoDois_Estado == HIGH && botaoTres_Estado == HIGH){
            reprodutor.stop();
            delay(1000);
        }
    }
    if (botaoUm_Estado == HIGH && botaoDois_Estado == HIGH && botaoTres
== HIGH) {
        reprodutor.play(4);
        delay(4000);
    }
}
```

```

void Rep() {
  if (!reprodutor.begin(mySoftwareSerial, true, false)) {
    Serial.println(F("Falha:"));
    Serial.println(F("1. Conexões!"));
    Serial.println(F("2. Cheque o cartão SD!"));
    while(true) {
      delay(0);
    }
  }
}

void BotaoUm() {
  leitura_BotaoUm = digitalRead(botaoUm);
  if (leitura_BotaoUm != botaoUm_UltEstado) {
    ultDebUm = millis();
  }
  if ((millis() - ultDebUm) > debUm) {
    if (leitura_BotaoUm != botaoUm_Estado) {
      botaoUm_Estado = leitura_BotaoUm;
      if (botaoUm_Estado == HIGH) {
        Serial.println("Botao 1 pressionado!");
        reprodutor.play(1);
        delay(50000);
      }
      else {
        reprodutor.stop();
      }
    }
  }
  botaoUm_UltEstado = leitura_BotaoUm;
}

void BotaoDois() {
  leitura_BotaoDois = digitalRead(botaoDois);
  if (leitura_BotaoDois != botaoDois_UltEstado) {
    ultDebDois = millis();
  }
  if ((millis() - ultDebDois) > debDois) {
    if (leitura_BotaoDois != botaoDois_Estado) {
      botaoDois_Estado = leitura_BotaoDois;
      if (botaoDois_Estado == HIGH) {
        Serial.println("Botao 2 pressionado!");
        reprodutor.play(2);
      }
    }
  }
}

```

```
        delay(40000);
    }
    else {
        reproduutor.stop();
    }
}
}
}
botaoDois_UltEstado = leitura_BotaoDois;
}

void BotaoTres(){
    leitura_BotaoTres = digitalRead(botaoTres);
    if (leitura_BotaoTres != botaoTres_UltEstado){
        ultDebTres = millis();
    }
    if ((millis() - ultDebTres) > debTres){
        if (leitura_BotaoTres != botaoTres_Estado){
            botaoTres_Estado = leitura_BotaoTres;
            if (botaoTres_Estado == HIGH){
                Serial.println("Botao 3 pressionado!");
                reproduutor.play(3);
                delay(48000);
            }
            else {
                reproduutor.stop();
            }
        }
    }
}
botaoTres_UltEstado = leitura_BotaoTres;
}
```

## APÊNDICE L

### Áudio de acionamento do sistema

Olá, este é o kit para ensino do Braille. Ele contém diferentes peças para exercitar o estímulo do tato e para praticar o sistema de leitura e escrita tátil. Explore e sinta as texturas das laterais da caixa. Para entender como usar os objetos contidos dentro dela, inicie pressionando o primeiro botão à esquerda localizado na parte superior.

### Compartimento 1

O espaço contido do lado esquerdo do botão que você acabou de apertar, ajuda na abertura da tampa do primeiro compartimento da caixa. Abra-a e coloque do lado da caixa. Esta tampa é um tabuleiro que você precisará usar depois. Agora você utilizará os sólidos geométricos para o estímulo tátil. Eles estão contidos em pequenas caixas que podem ser removidas do compartimento. São cinco formas, com três tamanhos diferentes. Identifique as formas e separe os sólidos por similaridade. Os maiores são mais fáceis e os menores mais difíceis. Após você terminar os exercícios e guardar estas peças, pressione o próximo botão localizado à direita para receber as instruções de uso do compartimento do meio.

### Compartimento 2

O espaço contido do lado esquerdo do botão que você acabou de apertar, ajuda na abertura da tampa do compartimento do meio do kit de ensino. Abra-a e coloque ao lado da outra tampa que você abriu anteriormente. Ao explorar estas tampas, você perceberá que em uma das faces há retângulos com texturas diferentes e espaços vazios ao lado. Já na parte superior do compartimento do meio, há pequenas caixas removíveis, que contém peças texturizadas que formam pares com as texturas dos tabuleiros. Junte estes pares, colocando as peças nos espaços vazios. Após você terminar os exercícios e guardar estas peças e os tabuleiros, pressione o próximo botão localizado à direita para receber as instruções de uso do último compartimento.

### Compartimento 3

O espaço contido do lado esquerdo do botão que você acabou de apertar, ajuda na abertura da tampa do último compartimento da caixa. Esta tampa possui uma chapa metálica em um dos lados e será utilizada em conjunto com as peças magnéticas contidas no compartimento. Estas peças podem ser encaixadas lado a lado e possuem, em formato ampliado, os pontos que compõem as letras, números e símbolos em Braille. O chanfro contido nas peças, indica a parte de cima delas. Com este kit, você conseguirá ler e escrever palavras e pequenas frases.