

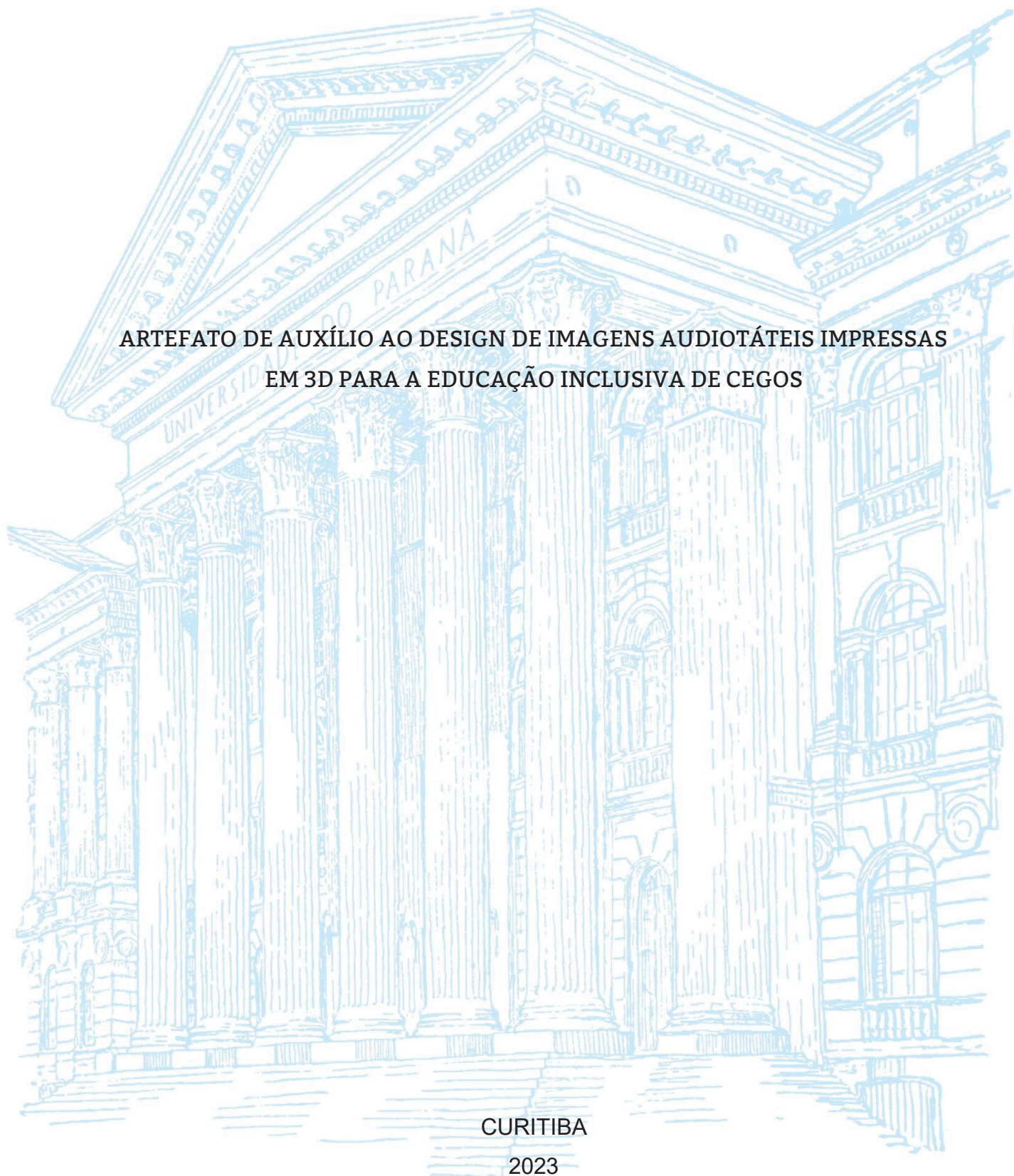
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EMILIA CHRISTIE PICELLI SANCHES

ARTEFATO DE AUXÍLIO AO DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS
EM 3D PARA A EDUCAÇÃO INCLUSIVA DE CEGOS

CURITIBA

2023



EMILIA CHRISTIE PICELLI SANCHES

**ARTEFATO DE AUXÍLIO AO DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS
EM 3D PARA A EDUCAÇÃO INCLUSIVA DE CEGOS**

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Design, Setor de Artes, Comunicação e Design, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Design.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto.

Coorientadora: Profa. Dra. Juliana Bueno.

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS HUMANAS

Sanches, Emilia Christie Picelli

Artefato de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D para educação inclusiva de cegos. / Emilia Christie Picelli Sanches. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Doutorado (Tese) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Artes, Comunicação e Design, Programa de Pós-Graduação em Design.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto.

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª Juliana Bueno

1. Cegueira. 2. Acessibilidade. 3. Educação inclusiva. 4. Impressão 3D. 5. Imagens audiotáteis. I. Okimoto, Maria Lucia Leite Ribeiro, 1960-. II. Bueno, Juliana, 1980-. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Design. IV. Título.

Bibliotecária: Fernanda Emanóela Nogueira Dias CRB-9/1607

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação DESIGN da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **EMILIA CHRISTIE PICELLI SANCHES** intitulada: **Artefato de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D para a educação inclusiva de cegos**, sob orientação da Profa. Dra. MARIA LUCIA LEITE RIBEIRO OKIMOTO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 08 de Fevereiro de 2023.

Assinatura Eletrônica

10/02/2023 16:46:54.0

MARIA LUCIA LEITE RIBEIRO OKIMOTO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

01/03/2023 13:21:55.0

EDUARDO CARDOSO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL)

Assinatura Eletrônica

10/02/2023 17:38:39.0

ELIZABETH ROMANI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE)

Assinatura Eletrônica

15/02/2023 07:58:12.0

STEPHANIA PADOVANI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

01/03/2023 16:27:22.0

CLÁUDIA RODRIGUES DE FREITAS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL)

AGRADECIMENTOS

Escrever uma tese dificilmente é tarefa que se faz sozinha. Uma tese pautada em uma abordagem e princípios que prezam pela colaboração entre seres humanos sem dúvidas terá o envolvimento de mais pessoas além da pesquisadora e suas orientadoras. Faço aqui meus agradecimentos a todos que, de alguma forma, participaram dessa trajetória comigo.

Primeiramente, à Deus, pela vida. Ao Theodor, companheiro de todos os momentos. À minha família, meu pai José Carlos, minha mãe Ludimeri, meus irmãos Luiz e Renato, minhas cunhadas Patrícia e Ana, pelo amor incondicional, pelos inúmeros desabafos, pelas alegrias compartilhadas e pelo apoio sem fim. À minha amada Magenta.

À minha orientadora, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, pela oportunidade concedida e pela liberdade de buscar meus interesses de pesquisa. À minha coorientadora, Juliana Bueno, por todos os direcionamentos, incentivos, parceria de pesquisa e, claro, pela amizade cada vez mais fortalecida.

Aos professores que compuseram as bancas de qualificação e defesa, cujos comentários elevaram a qualidade deste trabalho. Muito obrigada, Cláudia Rodrigues de Freitas, Eduardo Cardoso, Elizabeth Romani, Luciane Fadel e Stephania Padovani.

A todos os participantes voluntários da pesquisa, pela experiência compartilhada, pelo tempo concedido, pela atenção dedicada. Infelizmente não posso nomeá-los, mas sem suas colaborações, não haveria resultado algum. São todos coautores desta tese. À Juliana de Oliveira, que participou da pesquisa durante o seu período de Iniciação Científica.

À Geovana, pelo companheirismo nos primeiros anos do doutorado. À Vitória, por cruzar meu caminho no fim desta jornada intensa. Aos meus amigos: Isabelle, Eliza, Soraya, Eduardo, Felipe, Fernanda, Ingrid, Gabriele, Ana Fernanda, como é bom compartilhar a vida com vocês. À Grace e Júlia, amigas que compartilharam as alegrias e tensões da pós-graduação.

À CAPES, que financiou meu crescimento acadêmico em quatro momentos diferentes, da graduação ao doutorado. Agradeço pela bolsa de doutorado concedida para que eu pudesse me dedicar integralmente, e pela bolsa de doutorado sanduíche para que eu pudesse realizar parte da pesquisa no exterior.

Por fim, agradeço a todos os professores, funcionários e demais colegas do PPGDesign, que movimentam e fazem avançar o conhecimento científico em design diariamente. Sou muito grata por fazer parte deste Programa.

RESUMO

A impressão 3D vem ganhando espaço como uma ferramenta no desenvolvimento de Tecnologia Assistiva e no apoio à educação de pessoas com deficiência. Dentre as vantagens no uso da impressão 3D, estão as possibilidades de imprimir réplicas ou modelos mais fiéis ao objeto real, maior liberdade de modelagem, compartilhamento digital, personalização ou, ainda, o uso combinado com eletrônicos. Para estudantes cegos, vem sendo explorada na fabricação de imagens táteis e audiotáteis. Apesar de satisfatórias, imagens somente táteis demandam uma alta carga cognitiva, já que requer que o estudante utilize somente um canal sensorial para compreender informações textuais e gráficas. Neste contexto e, apoiando-se na premissa de que utilizar dois canais sensoriais é benéfico para a aprendizagem, é possível aumentar a interação das imagens acrescentando pontos de resposta em áudio, transformando-as em imagens audiotáteis. Observada a lacuna da complexidade e da falta de sistematização do conhecimento sobre o assunto e, pautando-se numa pesquisa centrada no humano e no design inclusivo, o objetivo desta tese foi propor um artefato informacional de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D acessíveis às pessoas cegas, voltado ao ambiente escolar inclusivo. Para isso, o método da *Design Science Research* foi adotado e adaptado em quatro fases: (1) Exploração do problema; (2) Proposição do artefato; (3) Avaliação do artefato e; (4) Conclusões. Na primeira fase, buscou-se compreender o problema e coletar recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, através de Revisão Bibliográfica Sistemática e cinco entrevistas. No total, o conjunto continha 62 recomendações. Em seguida, a validação deste conjunto de recomendações foi feita através da técnica Delphi, com dez especialistas, passando a conter 60 recomendações. Na fase dois, com o conjunto avaliado, este passou por um processo de reescrita utilizando linguagem simples. Ao final do processo, o conjunto continha 45 recomendações. Em seguida, propôs-se a organização das informações através de *card sorting*, com dezesseis especialistas – como resultado, as recomendações foram divididas em 3 categorias e 8 subcategorias. O design do artefato, seguindo princípios do design da informação, design inclusivo e acessibilidade, foi desenvolvido durante período de doutorado sanduíche. Já na fase três, este artefato foi avaliado através de um *workshop* de design, envolvendo nove participantes, dentre especialistas, designers e professores, finalizando com os ajustes necessários. Por fim, na fase quatro, os resultados foram analisados e comunicados em artigos e nesta tese. Como resultado final, o artefato foi divulgado gratuitamente na internet, com licença *Creative Commons*. Espera-se que este seja um material de apoio para qualquer pessoa interessada em desenvolver imagens audiotáteis impressas em 3D, em especial, educadores, designers, *makers* e produtores de materiais didáticos acessíveis.

Palavras-chave: Cegueira. Imagens audiotáteis. Impressão 3D. Acessibilidade. Design Inclusivo. Design da informação.

ABSTRACT

3D printing has been gaining ground as a tool in the development of Assistive Technology and in supporting the education of people with disabilities. Among the advantages of using 3D printing are the possibilities of printing replicas or models that are more faithful to the real object, greater freedom of modeling, digital sharing, personalization or, even, the combined use with electronics. For blind students, it has been explored in the fabrication of tactile and audio-tactile graphics. Despite being satisfactory, tactile-only graphics demand a high cognitive load, as it requires the student to use only one sensory channel to understand textual and graphical information. In this context, and based on the premise that using two sensory channels is beneficial for learning, it is possible to increase the interaction of these graphics by adding audio feedback, transforming them into audio-tactile graphics. Observing the gap in complexity and lack of systematization of knowledge on the subject and, based on human-centered research and inclusive design, the objective of this thesis was to propose an informational artifact to aid the design of accessible 3D-printed audio-tactile graphics for blind people, aimed at an inclusive school environment. For this, the Design Science Research method was adopted and adapted in four phases: (1) Problem exploration; (2) Artifact proposition; (3) Artifact evaluation and; (4) Conclusions. In the first phase, it was sought to understand the problem and collect recommendations for the design of 3D-printed audio-tactile graphics, through a Systematic Bibliographic Review and five interviews. In total, the set contained 62 recommendations. Then, the validation of this set of recommendations was carried out using the Delphi technique, with ten specialists, resulting in 60 recommendations. In phase two, with the set evaluated, it went through a rewriting process using plain language. At the end of the process, the set contained 45 recommendations. Then, the information was organized through the card sorting technique, with sixteen specialists – as a result, the recommendations were divided into 3 categories and 8 subcategories. The artifact design, following principles of information design, inclusive design and accessibility, was developed during an exchange period as a visiting scholar. In phase three, this artifact was evaluated through a design workshop, involving nine participants, including specialists, designers and teachers, ending with the necessary adjustments. Finally, in phase four, the results were analyzed and communicated in articles and in this thesis. As a final result, the artifact was shared for free on the internet, under a Creative Commons license. It is hoped that this will be a support material for anyone interested in developing 3D printed audio-tactile graphics, especially educators, designers, makers and producers of accessible teaching materials.

Keywords: Blindness. Audio-tactile graphics. 3D printing. Accessibility. Inclusive design. Information design.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.	20
FIGURA 2 - VISÃO GERAL DO MÉTODO.....	24
FIGURA 3 – MÉTODO DA PESQUISA.	30
FIGURA 4 – EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA.....	31
FIGURA 5 – ESTRUTURA DA RBS.	34
FIGURA 6 – CICLO DE ANÁLISE DA TÉCNICA DELPHI.....	36
FIGURA 7 – FASE 2 – PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO.....	38
FIGURA 8 – FASE 3 – AVALIAÇÃO DO ARTEFATO.....	41
FIGURA 9 – FASE 4 – CONCLUSÕES.....	43
FIGURA 10 – O PROCESSO DE DESIGN QUE COLOCA AS PESSOAS EM PRIMEIRO PLANO.....	53
FIGURA 11 – DESIGN CENTRADO NO HUMANO.....	54
FIGURA 12 – INFLUÊNCIAS DO FUNCIONAMENTO VISUAL.....	61
FIGURA 13 – ALFABETO BRAILLE.....	63
FIGURA 14 - MEDIDAS DA CELA BRAILLE.....	63
FIGURA 15 – EXEMPLOS DE IMAGENS TÁTEIS IMPRESSAS EM 3D.....	64
FIGURA 16 – TALKING TACTILE TABLET.....	68
FIGURA 17 – IMAGEM AUDIOTÁTIL DO CASTELO SMITHSONIAN.....	69
FIGURA 18 – PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO.....	73
FIGURA 19 – VARIÁVEIS GRÁFICAS TÁTEIS.....	77
FIGURA 20 – TEORIA COGNITIVA DO APRENDIZADO MULTIMÍDIA.....	80
FIGURA 21 – TEORIA COGNITIVA DO APRENDIZADO MULTIMÍDIA, ADAPTADA.....	80
FIGURA 22 – PRINCIPAIS ETAPAS DA IMPRESSÃO 3D.....	84
FIGURA 23 – PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D.....	85
FIGURA 24 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE PLACAS ELETRÔNICAS.....	91
FIGURA 25 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE VISÃO COMPUTACIONAL.....	92
FIGURA 26 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE TELAS SENSÍVEIS AO TOQUE.....	93
FIGURA 27 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE CAPTAÇÃO SONORA, CANETA OU VESTÍVEIS.....	94
FIGURA 28 – POSTURAS E GESTOS TÍPICOS DA INTERAÇÃO TÁTIL PELO USUÁRIO CEGO.....	97

FIGURA 29 – RESULTADOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	119
FIGURA 30 – PERFIL DOS ESPECIALISTAS ENTREVISTADOS.....	121
FIGURA 31 – SUMARIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS.....	126
FIGURA 32 – PROCESSO DA TÉCNICA DELPHI.....	136
FIGURA 33 – RESULTADOS DA FASE 1.....	137
FIGURA 34 – UNIÃO DAS RECOMENDAÇÕES NA PLATAFORMA MIRO.....	140
FIGURA 35 – REESCRITA EM LINGUAGEM SIMPLES.....	142
FIGURA 36 – <i>CARD SORTING</i> – O QUE É A IMAGEM AUDIOTÁTIL?.....	145
FIGURA 37 – <i>CARD SORTING</i> – EXPLICAÇÃO E CARTÕES.....	146
FIGURA 38 – <i>CARD SORTING</i> – ESPAÇO PARA CATEGORIZAÇÃO.....	147
FIGURA 39 – <i>CARD SORTING</i> – ANÁLISE.....	151
FIGURA 40 – ETAPAS PERCORRIDAS NO <i>CARD SORTING</i>	160
FIGURA 41 – ÁREA DE TRABALHO E ITERAÇÕES DE DESIGN - FIGMA.....	162
FIGURA 42 – DESIGN DOS CARTÕES INTERATIVOS - EXEMPLO.....	163
FIGURA 43 – INTERAÇÃO DE CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS - EXEMPLO.....	163
FIGURA 44 – INDICAÇÃO DE ORDEM DE LEITURA POR TECLADO - EXEMPLO.....	164
FIGURA 45 – FOCO VISÍVEL E APARÊNCIA CLICÁVEL - EXEMPLO.....	165
FIGURA 46 – EXPLICAÇÃO BREVE SOBRE O USO DOS CARTÕES.....	166
FIGURA 47 – APRESENTAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES E CONFIGURAÇÃO DO CARTÃO.....	167
FIGURA 48 – INSTRUÇÕES DE IMPRESSÃO DOS CARTÕES.....	167
FIGURA 49 – EXEMPLO DE CARTÃO DA CATEGORIA PLANEJAMENTO.....	168
FIGURA 50 – EXEMPLO DE CARTÃO DA CATEGORIA MATERIAIS E PRODUÇÃO.....	168
FIGURA 51 – EXEMPLO DE CARTÃO DA CATEGORIA CONTEXTO, USO E INCLUSÃO.	169
FIGURA 52 – ETAPAS PERCORRIDAS NO DESIGN DO ARTEFATO.....	169
FIGURA 53 – ATIVIDADE 1 - <i>WORKSHOP</i>	172
FIGURA 54 – ATIVIDADE 2 - <i>WORKSHOP</i>	172
FIGURA 55 – ATIVIDADE 3 - <i>WORKSHOP</i>	173
FIGURA 56 – ATIVIDADE 4 - <i>WORKSHOP</i>	174
FIGURA 57 – RESULTADO – GRUPO DE DESIGNERS.....	175
FIGURA 58 – RESULTADO – GRUPO DE PROFESSORAS.....	176
FIGURA 59 – RESULTADO – GRUPO DE ESPECIALISTAS.....	177
FIGURA 60 – ETAPAS DO WORKSHOP.....	190
FIGURA 61 – CARTÕES WCAG.....	194
FIGURA 62 – RESULTADOS DAS FASES 2 E 3.....	196
FIGURA 63 – ESTRUTURA DA RBS.....	214

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.	28
QUADRO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE AUDIODESCRIÇÃO PADRÃO E DIDÁTICA.....	66
QUADRO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE TATO E VISÃO.....	75
QUADRO 4 – RECOMENDAÇÕES DE BRULE ET AL.	99
QUADRO 5 – RECOMENDAÇÕES DE SHI ET AL.	99
QUADRO 6 – RECOMENDAÇÕES DE HOLLOWAY, MARRIOTT E BUTLER.....	100
QUADRO 7 – RECOMENDAÇÕES DE SHI ET AL.	101
QUADRO 8 – RECOMENDAÇÕES DE LEPORINI ET AL.	102
QUADRO 9 – PUBLICAÇÕES RESULTANTES DA RBS.	105
QUADRO 10 – RECOMENDAÇÕES DA RBS INICIAL.	108
QUADRO 11 – RECOMENDAÇÕES DOS ALERTAS.....	116
QUADRO 12 – RECOMENDAÇÕES DA REVISÃO ASSISTEMÁTICA.....	117
QUADRO 13 – RECOMENDAÇÕES DAS ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS.....	123
QUADRO 14 – PROPOSIÇÃO INICIAL DE RECOMENDAÇÕES.....	127
QUADRO 15 – EXEMPLOS DE REESCRITA EM LINGUAGEM SIMPLES.	139
QUADRO 16 – EXEMPLOS DE UNIÃO DE RECOMENDAÇÕES.....	140
QUADRO 17 – RESULTADOS INDIVIDUAIS DO <i>CARD SORTING</i>	148
QUADRO 18 – DISTRIBUIÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES EM CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS.....	152
QUADRO 19 – CONJUNTO FINAL DAS RECOMENDAÇÕES.	181
QUADRO 20 – CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	215
QUADRO 21 –REESCRITA EM LINGUAGEM SIMPLES.....	242

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CATEGORIAS DA DEFICIÊNCIA VISUAL.....	59
TABELA 2 – NÚMEROS DA DEFICIÊNCIA VISUAL NO BRASIL DE ACORDO COM O CENSO 2010.	60
TABELA 3 – TECNOLOGIA USADA PARA ADICIONAR INTERAÇÃO POR ÁUDIO.....	89
TABELA 4 – CONTEXTO DE APLICAÇÃO DAS IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D.	95
TABELA 5 – SUMARIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO.	135
TABELA 6 – SUMARIZAÇÃO DA SEGUNDA AVALIAÇÃO.	136
TABELA 7 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES A CADA ETAPA DO PROCESSAMENTO.....	216
TABELA 8 – AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DE CADA RECOMENDAÇÃO.	226
TABELA 9 – REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES.	235
TABELA 10 – AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DE CADA RECOMENDAÇÃO.	237
TABELA 11 – REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES - FINAL.	240

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

3D	3 dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
dB	Decibéis
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
FFF	<i>Fused Filament Fabrication</i>
Hz	Hertz
IDRC	<i>Inclusive Design Research Centre</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILDH	<i>Inclusive Learning Design Handbook</i>
MEC	Ministério da Educação
NCSU	<i>North Carolina State University</i>
NFC	Near Field Communication
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PPGDesign	Pós-Graduação em Design
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
TCAM	Teoria Cognitiva do Aprendizado Multimídia
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPR	Universidade Federal do Paraná
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO	16
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	19
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	20
1.4 OBJETIVO GERAL.....	21
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.6 JUSTIFICATIVA	21
1.7 CONTRIBUIÇÕES PARA A LINHA DE PESQUISA E INEDITISMO.....	23
1.8 VISÃO GERAL DO MÉTODO	23
1.9 ESTRUTURA DA TESE	25
2 MÉTODO DA PESQUISA.....	27
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	27
2.2 SELEÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA	28
2.3 FASE 1 – EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA	31
2.3.1 Identificação do problema	31
2.3.2 Conscientização do problema.....	32
2.3.3 Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e assistemática.....	33
2.3.4 Síntese das recomendações para o design de imagens audiotáteis.....	35
2.4 FASE 2 – PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO.....	37
2.4.1 Projeto do artefato a partir do conteúdo gerado na Fase 1	38
2.4.2 Proposição gráfica do artefato	40
2.5 FASE 3 – AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	41
2.5.1 Avaliação com especialistas	41
2.6 FASE 4 – CONCLUSÕES.....	43
2.6.1 Explicitação dos dados, conclusões e comunicação dos resultados.....	43
2.7 ESTRATÉGIA DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	44
3 ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL NA EDUCAÇÃO DE PESSOAS CEGAS.....	46
3.1 ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL E EDUCAÇÃO INCLUSIVA.....	46
3.2 DESIGN E ACESSIBILIDADE	52
3.3 CEGUEIRA.....	58
3.4 TECNOLOGIAS PARA A ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL DE PESSOAS CEGAS	

3.5 IMAGENS AUDIOTÁTEIS.....	67
3.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	70
4 A PERCEPÇÃO NO CONTEXO DA CEGUEIRA.....	71
4.1 PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO.....	71
4.2 PERCEPÇÃO TÁTIL.....	74
4.3 PERCEPÇÃO AUDITIVA.....	77
4.4 PERCEPÇÃO TÁTIL E AUDITIVA.....	78
4.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	81
5 IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D	83
5.1 TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D	83
5.2 ESTADO DA ARTE DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D.....	87
5.3 INTERAÇÃO TÁTIL E AUDITIVA NAS IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D	95
5.4 PROPOSTAS DE RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D.....	98
5.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	102
6 RESULTADOS DA FASE 1 – EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA	104
6.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	104
6.2 ENTREVISTAS.....	120
6.3 PROPOSIÇÃO INICIAL DO CONJUNTO DE RECOMENDAÇÕES	126
6.4 DELPHI.....	132
6.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	137
7 RESULTADOS DAS FASES 2 E 3 – PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DO ARTEFATO..	138
7.1 REESCRITA EM LINGUAGEM SIMPLES.....	138
7.2 <i>CARD SORTING</i>	142
7.3 ARTEFATO GRÁFICO INFORMACIONAL E PERÍODO SANDUÍCHE	160
7.4 <i>WORKSHOP</i> DE DESIGN	170
7.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS.....	190
7.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	195
8 CONCLUSÕES	197
8.1 REFLEXÕES SOBRE O MÉTODO ESCOLHIDO.....	199

8.2 LIMITAÇÕES, DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA E OPORTUNIDADES DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS	200
REFERÊNCIAS	202
APÊNDICE A – PROCEDIMENTO DA RBS.....	214
APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ENTREVISTA PARCIALMENTE ESTRUTURADA.....	218
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ENTREVISTA 222	
APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - DELPHI	224
APÊNDICE E – ANÁLISE DE RECOMENDAÇÕES NA PRIMEIRA RODADA DELPHI ...	226
APÊNDICE F - ANÁLISE DE RECOMENDAÇÕES NA SEGUNDA RODADA DELPHI	235
APÊNDICE G – REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES EM LINGUAGEM SIMPLES	242
APÊNDICE H – PROTOCOLO DE <i>CARD SORTING</i>	252
APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – <i>CARD SORTING</i>	254
APÊNDICE J – PROTOCOLO DO <i>WORKSHOP</i>	257
APÊNDICE K – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – <i>WORKSHOP 259</i>	

1 INTRODUÇÃO

A deficiência não é um fator estritamente biológico, mas sim, uma interação entre condições de saúde e fatores contextuais (pessoais, sociais e do ambiente), que resulta em barreiras que desigualam a participação na sociedade, sendo passível de ser experienciada por qualquer indivíduo (CHARLTON, 1998; COOK; POLGAR, 2015; OMS, 2011). A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011; 2014) reconhece a deficiência como sendo uma questão sob três domínios: saúde pública, direitos humanos e desenvolvimento (em face do maior risco de deficiência em comunidades mais pobres).

Se estima que o número de pessoas com deficiência no mundo seja mais de um bilhão, ou seja, aproximadamente 15% da população mundial (OMS, 2014). Destas, 80% vivem em países em desenvolvimento (OMS, 2014). No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) contabiliza cerca de 45,6 milhões de pessoas com deficiências, entre elas: visual, auditiva, motora e intelectual/mental. Somente **pessoas cegas**, público central deste trabalho de tese, são cerca de 500 mil (IBGE, 2010).

Historicamente, a parcela da população com alguma deficiência foi segregada. Hoje, ainda, pessoas com deficiência sofrem preconceito e carecem de produtos, serviços e outros artefatos acessíveis e/ou inclusivos, que os auxiliem a superar barreiras. Para Gomes e Quaresma (2018), a diferença entre a acessibilidade e um projeto inclusivo é de que a acessibilidade busca eliminar barreiras adaptando soluções que permitam o acesso das pessoas aos locais, produtos e serviços, enquanto um projeto inclusivo terá o foco na diversidade enquanto essência do projeto. Ainda assim, os dois coexistem, se complementam e são necessários para a vivência de pessoas com deficiência.

Mesmo sabendo que a importância devida à questão das pessoas com deficiência está longe de ser a ideal, avanços significativos foram realizados por movimentos e atribuição de leis para a promoção da acessibilidade e inclusão nas últimas décadas.

A exemplo, é possível citar a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, da Organização das Nações Unidas (ONU), um tratado mundial firmado em 2006, como forma de ser um instrumento de direitos humanos para pessoas com deficiência (ONU, 2020). Outro movimento, ainda que não específico para acessibilidade ou inclusão, é a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, onde acessibilidade e inclusão são citadas diretamente em 5 dos 17 objetivos a serem alcançados até 2030 (ONU, 2015).

Já de acordo com a legislação brasileira, pessoas com deficiência devem ter oportunidades iguais às de qualquer outro cidadão, não sendo a sua deficiência – qual seja – um impeditivo para a convivência em sociedade. A Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015, destina-se a “assegurar e [...] promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos

e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania” (BRASIL, 2015, Art. 1º).

No campo do design, ao menos três vertentes atuam ativamente para a promoção da acessibilidade e inclusão na sociedade: design universal, design inclusivo e *design for all*. Suas definições e nomenclaturas são, por vezes, utilizadas como sinônimos (GOMES; QUARESMA, 2018) porque são, de fato, similares em seus propósitos. Porém, mesmo com diferenças, todas servem ao mesmo objetivo geral voltado à inclusão: “proporcionar oportunidades tão eficazes e utilizáveis quanto possível para todos os usuários em potencial do sistema, independentemente dos desafios que os usuários podem enfrentar” (PERSSON et al., 2015, p.524, tradução nossa).

O design universal tem como propósito fazer com que os produtos, serviços, edificações, sistemas, espaços, etc. sejam acessíveis ao máximo de pessoas possível, independente de idade, status, deficiência ou dificuldade, evitando que seja necessário acomodações ou adaptações posteriores (ALMEIDA, 2016; IIDA; BUARQUE, 2016; PERSSON et al., 2015).

O *design for all* é um termo utilizado em intercâmbio com o design universal, onde também se aplica a ideia de que produtos precisam ser projetados para um público abrangente, à maior extensão possível (PERSSON et al., 2015). Persson et al. (2015, p.506, tradução nossa) mencionam que o termo é definido pelo Instituto Europeu de Design e Deficiência como “design para a diversidade humana, inclusão social e igualdade”.

Por fim, o design inclusivo é o termo considerado o mais pragmático e aplicável dentre os três. Como Persson et al. (2015) apontam, a definição de design inclusivo opera em projetos de produtos, serviços e sistemas que sejam usados pelo maior número de pessoas, mas dentro do possível e razoável. Essa ideia é reforçada por Serrasqueiro e Domiciano (2017), quando comentam que o design inclusivo não é focado apenas em projetar produtos usáveis, mas também viáveis. De forma semelhante aos outros dois termos, o design inclusivo possui o objetivo de “contribuir, por meio da construção do meio, para a não discriminação e inclusão social de todas as pessoas” (GOMES; QUARESMA, 2018, p.46).

Ainda pelas autoras, estas explicam que, ainda que naqueles projetos em que há o foco e envolvimento de pessoas com deficiência, a solução final do design inclusivo visa beneficiar uma faixa maior de pessoas na sociedade (GOMES; QUARESMA, 2018). Essa visão é corroborada pelo *Inclusive Design Research Centre* (IDRC, 2022, tradução nossa) ao definir que uma das dimensões do design inclusivo é o “impacto benéfico mais amplo”, juntamente com “reconhecer e diversidade e a singularidade” e “processos e ferramentas inclusivos”. Para esta tese, adota-se o **design inclusivo**.

Já na intersecção do design com o âmbito educacional, existem duas práticas complementares entre si cujo foco é a acessibilidade e inclusão: o design universal para a

aprendizagem e o **design inclusivo para a aprendizagem**. Ambas advocam por uma educação onde currículo, materiais, objetivos educacionais, avaliações, etc. sejam inclusivos, flexíveis e adaptáveis às necessidades dos estudantes, com ou sem deficiência (ROSE, 2000; WATKINS. TREVIRANUS; ROBERTS, 2020).

O design universal para a aprendizagem se traduz em uma série de diretrizes para que o aprendizado seja pautado por múltiplos meios de engajamento, representação, ação e expressão (CAST, 2018). Já o design inclusivo para a aprendizagem é entendido como um processo que busca projetar experiências educacionais que integrem a diversidade e variabilidade dos estudantes, principalmente pautado por recursos de educação aberta e cocriação em comunidade (WATKINS; TREVIRANUS; ROBERTS, 2020).

Tangenciando estudos de acessibilidade, mas não exclusivamente voltados às pessoas com deficiência, estão a ergonomia e o **design centrado no humano**. A ergonomia (ou também, fatores humanos) é uma área de “estudo da adaptação do trabalho ao ser humano” (IIDA; BUARQUE, 2016, p. 2). Por trabalho, se subentende qualquer interação entre um ser humano e produtos, serviços e sistemas (IIDA; BUARQUE, 2016) – em ambientes físicos e/ou virtuais. Portanto, quando se trata de um indivíduo com deficiência, a ergonomia estuda a percepção, experiências, limitações e comportamento deste em relação aos artefatos e ambientes.

Já a abordagem do design centrado no humano busca envolver as pessoas ao longo do processo de design, buscando soluções que atendam suas necessidades (O’GRADY; O’GRADY, 2017). Desta forma, as decisões são pautadas em conjunto com esses indivíduos, seja através da consulta ou mesmo na cocriação do artefato.

Considerando, então, uma abordagem centrada no humano, os fatores humanos que a permeiam, o design inclusivo e o design inclusivo para a aprendizagem, uma pesquisa situada no campo de estudos de design da informação e com aplicação educacional busca atender as necessidades informacionais do estudante com deficiência, gerando, assim, uma solução viável, acessível e passível de ser ampliada a mais pessoas, envolvendo os indivíduos nas etapas do projeto.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

O **design da informação** tem como propósito a seleção, o arranjo e a apresentação de informações, de forma que sejam usadas pelas pessoas com eficiência e eficácia (PORTUGAL, 2010). Em complemento, Frascara (2016, p.59, tradução nossa) dita que “a primeira premissa do design da informação é que deva ser centrado no usuário”. Assim, faz

parte do processo “reconhecer e entender os usuários e atender às suas necessidades, possibilidades, limitações, e seus desejos” (FRASCARA, 2016, p.72, tradução nossa).

Além disso, como afirmam Chicca Junior, Castillo e Coutinho (2015), o design da informação não está restrito à mídia visual para informar uma mensagem, sendo possível que meios físicos e canais sensoriais afora da visão sejam considerados – tais como os sentidos tátil e auditivo. Essa informação é corroborada por Portugal (2010), quando diz que, hoje, a informação desenvolve-se além das mídias tradicionais e com outras formas de apresentação, como movimento, som e interatividade.

Desta forma, concebe-se que, quando o receptor da informação é cego, faz-se necessário atender a sua necessidade informacional por um ou mais canais que não o visual, já que, caso contrário, a informação não é percebida. Logo, é necessário que se projete ou adapte a informação equivalente para outros sentidos. É sob essa premissa que se volta a atenção para as informações em materiais didáticos, quando os receptores são estudantes cegos.

A Lei Nº 13.146, Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, visa promover e assegurar os direitos fundamentais da pessoa com deficiência, como trabalho, moradia, educação, lazer, etc. (BRASIL, 2015, Art. 1º).

Esta Lei, quando discorre sobre **Educação**, determina que esta:

[...] constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem (BRASIL, 2015, Capítulo IV, Art. 27).

Sendo a cegueira uma das manifestações de deficiência, é necessário que se assegure serviços, recursos educacionais, Tecnologia Assistiva e/ou qualquer adaptação de materiais para a inclusão de pessoas cegas na Educação. Maior do que mobilidade e orientação, as principais dificuldades enfrentadas por pessoas cegas no ensino é, de fato, a aprendizagem (GARCIA; SOUZA, 2016).

O estudante cego utiliza os canais tátil e auditivo como canais sensoriais alternativos ao estímulo visual (COOK; POLGAR, 2015), e faz uso, comumente, de Tecnologia Assistiva e materiais adaptados: textos em Braille, imagens táteis, audiodescrição, leitores de tela, gravações de áudio, display Braille (COOK; POLGAR, 2015; QUEVEDO; ULBRICHT, 2011).

Esses recursos priorizam apenas um canal sensorial. Braille, imagens táteis e display Braille utilizam o sentido tátil. Já a audiodescrição, leitores de tela e gravações em áudio utilizam o canal auditivo. Ainda que úteis e imprescindíveis ao contexto escolar, cada um cumprindo sua função dependendo do material didático disponível, a priorização em apenas

um canal pode levar a uma sobrecarga no processamento cognitivo do estudante (VELÁZQUEZ, 2010).

Paralelamente, Mayer (2005) indica, em sua Teoria Cognitiva do Aprendizado Multimídia, que o aprendizado de pessoas que enxergam acontece em dois canais, o verbal/auditivo e visual/pictórico, e que a capacidade cognitiva em cada canal é limitada. Desta forma, estudantes que enxergam aprenderiam mais profundamente quando a informação é dada através de imagens e palavras, captadas pelos seus sentidos visual e auditivo, evitando sobrecarga cognitiva.

Então, considerando que favorecer o uso de mais canais para a aquisição de informação é benéfico para a aprendizagem e diminuir a carga cognitiva concentrada em apenas um canal sensorial, é possível inferir que seria proveitoso projetar materiais didáticos inclusivos aos cegos tanto com recursos táteis quanto sonoros – os dois canais geralmente utilizados para aquisição da informação.

Este é o caso de **imagens audiotáteis**, cujo propósito é ser um material tanto tátil quanto sonoro, onde há, na superfície tátil, determinados pontos de respostas em áudio. Considerados por autores como um material interativo e áudio responsivo (HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018; KOLITSKY, 2019; SHI et al., 2019; THEVIN et al., 2019), é uma variante das imagens táteis.

As vantagens apontadas para o uso das imagens audiotáteis são a diminuição do tamanho da imagem e, conseqüentemente, o uso de material, já que não é necessária (ainda que possível) a impressão em Braille; estudantes que não leem em Braille podem se beneficiar (cegos, pessoas que enxergam); os materiais podem ser reconfiguráveis, modificando o áudio de acordo com o nível ou interesse do estudante (HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018; THEVIN et al., 2019). Também, como menciona Götzelmann (2018), possuem mais vantagens em relação aos objetivos de usabilidade da ISO 9241, se comparadas com imagens táteis. Sendo assim, é um material com potencial didático a ser aplicado na educação de cegos.

Porém, como argumentam Thevin et al. (2019), as imagens audiotáteis ainda apresentam um obstáculo na criação deste tipo de material, que requer habilidades pouco triviais às partes interessadas – educadores e designers, por exemplo. Além disso, pesquisas tendem a focar nas diversas formas e tecnologias possíveis de serem empregadas em imagens audiotáteis, e não em como representar a informação em dois canais sensoriais, projetar e aplicar em contextos educacionais (THEVIN et al., 2019; SHI et al., 2019).

Posto isso, afirma-se que o design da informação pode contribuir com o design de imagens audiotáteis, onde há o planejamento, arranjo de informações e a proposta de

interação entre o tato e a audição, com o propósito de compor uma imagem com fins educacionais.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa está inserida no campo do design da informação, com uma abordagem inclusiva e centrada no humano. Conduz o problema tendo como pressuposto a inclusão de pessoas cegas e outros especialistas durante todo o processo da pesquisa. Isso está de acordo com o movimento que tem por lema o “Nada sobre nós, sem nós”, que reivindica que “nenhum resultado a respeito das pessoas com deficiência haverá de ser gerado sem a plena participação das próprias pessoas com deficiência” (SASSAKI, 2011, s.p.).

Também, insere-se no âmbito da acessibilidade informacional, visto que o objeto de estudo (imagens audiotáteis) tem por característica ser um material informacional, empregando o uso do tato e da audição.

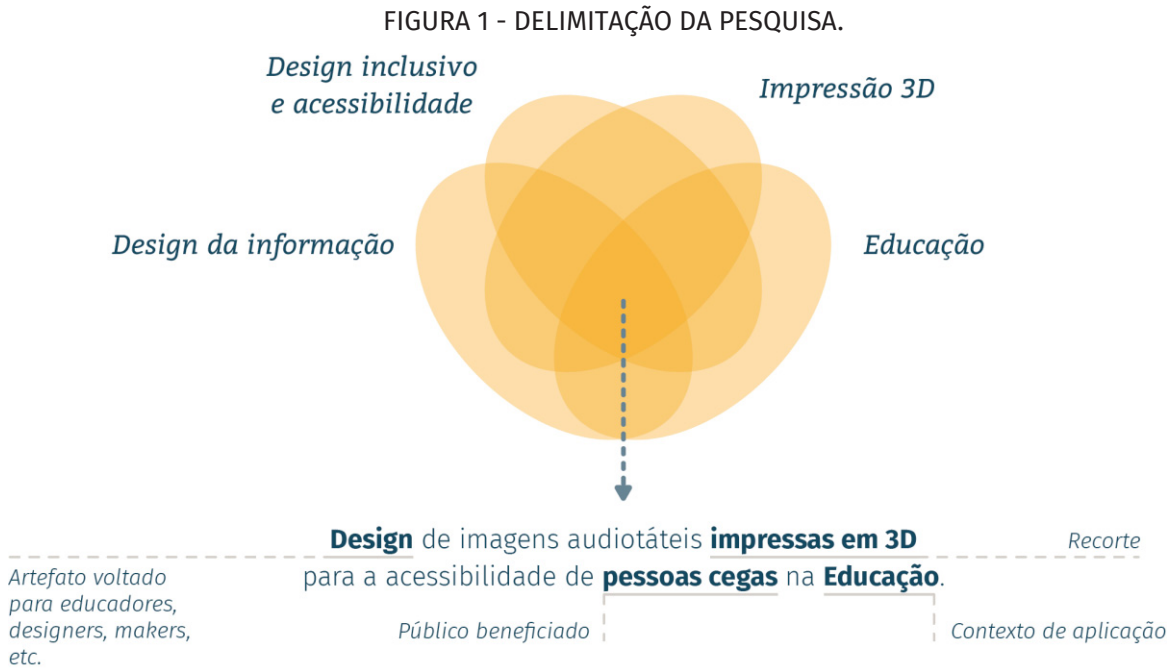
As imagens audiotáteis podem ser planejadas e produzidas de diversas maneiras, dentre elas, fazendo uso da **impressão 3D** aliada a dispositivos eletrônicos. Mesmo através da impressão 3D, não há uma única forma de se projetar. Evidências mostram três formas mais usuais: uso de visão computacional (onde há o reconhecimento do objeto tátil por uma câmera), uso de imagens táteis sobre telas *touch* e pela conexão de imagens táteis com placas eletrônicas (GIRAUD et al., 2017; GÖTZELMANN, 2018; JAFRI et al., 2017; SHI et al., 2017).

Nesta pesquisa, delimita-se as imagens audiotáteis àquelas que fazem uso da impressão 3D. Esta tecnologia oferece maior liberdade e fidelidade na criação de objetos bidimensionais e tridimensionais (ao passo que, métodos tradicionais como termoformagem e impressão em relevo são restritivos); é um recurso que atende a todos os estudantes, com ou sem deficiência; e há uma crescente rede online de compartilhamento de modelos digitais – incluindo modelos de recursos assistivos (BUEHLER et al., 2015; DIAGRAM CENTER, 2017; GUAL, PUYUELO, LLOVERAS, 2014).

Delimita-se, também, o contexto de aplicação para a educação formal escolar de pessoas cegas, ainda que haja espaço para o uso de imagens audiotáteis para outros propósitos – como museus e, orientação e mobilidade (D’AGNANO et al., 2015; GÖTZELMANN, 2018); e que seja possível e desejável expandir o uso para pessoas que enxergam ou com outros tipos de deficiência (princípio do design inclusivo).

Por fim, esta tese limita-se ao conteúdo informacional de **como fazer o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com foco em auxiliar educadores, designers, makers e outros profissionais envolvidos com educação inclusiva a trabalharem as**

informações necessárias, estando fora do escopo a prototipação e produção de imagens audiotáteis. A figura 1 ilustra a delimitação da pesquisa.



FONTE: a autora (2023).

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Na Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), foram encontrados 32 artigos relevantes ao tema de pesquisa, entretanto, poucos abordavam diretrizes, recomendações ou melhores práticas para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Destes, **nenhum** possuía o propósito de consolidar um artefato que auxiliasse no design deste tipo de material, limitando-se a sugerir algumas recomendações a partir das pesquisas empíricas.

Logo, considerando as informações dispostas nos tópicos anteriores e, identificando a lacuna nos estudos sobre o tema, o problema de pesquisa que se apresenta é: **como auxiliar educadores, designers, makers e demais profissionais da educação inclusiva no design de imagens audiotáteis impressas em 3D, para que sejam acessíveis aos estudantes cegos?**

1.4 OBJETIVO GERAL

Propor um artefato informacional para auxiliar o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com foco na educação inclusiva de estudantes cegos.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as relações da percepção auditiva e tátil para o aprendizado do estudante cego;
- Mapear recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D;
- Sistematizar as recomendações em um conjunto;
- Propor, para fins de avaliação com grupos de interesse, um artefato informacional contendo o conjunto de recomendações para o design de imagens audiotáteis utilizando impressão 3D.

1.6 JUSTIFICATIVA

Esta tese se justifica por razões **sociais**, **políticas** e **educacionais**, além de contribuições **teóricas** ao campo do design da informação.

Como já mencionado anteriormente, é direito das pessoas com deficiência a garantia de acesso a uma vida plena e igualitária, em todas as esferas. Desta forma, concebe-se que, sendo o design interdisciplinar, este pode atuar em favor de pessoas com deficiência, especialmente, nesta tese, às pessoas cegas.

Mont'Alvão (2017) comenta sobre a ação do designer face à acessibilidade e design inclusivo. Para a autora, o envolvimento do design para disseminar o discurso da acessibilidade atinge dimensões além da sua atuação, inclusive sociais e políticas, sendo esse envolvimento necessário para que o “processo de design possa ser fundamentado e voltado para o design inclusivo” (MONT'ALVÃO, 2017, p.33).

Entende-se [...] que não estamos falando somente de Constituição, Leis, Resoluções, Decretos, Normas que foram estabelecidas para que sejam garantidos os direitos de parte dos cidadãos. Trata-se da atuação profissional do 'ser criativo' [...], que tem um compromisso com a sociedade e seus cidadãos, seja onde e em qual âmbito for sua atuação (MONT'ALVÃO, 2017, p.33).

Além disso, também se considera relevante o cenário educacional, uma vez que o contexto de aplicação é o da educação de pessoas cegas. O objetivo 4 da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável é um dos objetivos que inserem a inclusão em suas metas. O objetivo 4 visa “assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos” (ONU, 2015), sendo um dos objetivos específicos de “até 2030, eliminar as disparidades de gênero na educação e garantir a igualdade de acesso a todos os níveis de educação e formação profissional [...], incluindo as pessoas com deficiência [...]” (ONU, 2015).

Mesmo com esforços globais, o objetivo ainda não foi alcançado, conforme aponta o relatório da ONU sobre deficiência e desenvolvimento: pessoas com deficiência são menos propensas a estarem matriculadas formalmente em escolas, passam menos anos estudando e, são menos propensas a completarem o ensino primário e secundário (ONU, 2019).

Dito isso, uma das formas de minimizar e eliminar esse problema é capacitando professores, outros especialistas em educação e outros profissionais interessados no tema para que estejam aptos a aplicar uma educação inclusiva aos estudantes com deficiência, além do pleno acesso a materiais didáticos acessíveis (inclusive financeiramente) e bem projetados (ONU, 2019).

Assim, é papel do designer usar de seus conhecimentos, ferramentas e métodos para contribuir com a sociedade em que se insere, justificando-se assim o papel social, político e educacional desta tese.

Mais especificamente, esta tese contribui para o projeto de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos, voltadas aos educadores, designers e outros profissionais envolvidos com a educação inclusiva, através de um artefato informacional em formato de cartões (tanto virtuais e interativos quanto analógicos) contendo recomendações. **Usando uma abordagem centrada no humano e inclusiva, estreita a relação entre design da informação, design inclusivo e acessibilidade, colaborando não só com a sociedade e sua dimensão educacional, mas também com teoria para o avanço do design (da informação).**

Por fim, um tema relevante à sociedade brasileira justifica-se, inclusive, pelo recebimento de bolsa de estudos de um órgão federal (CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

1.7 CONTRIBUIÇÕES PARA A LINHA DE PESQUISA E INEDITISMO

Enquanto pesquisa de doutorado, esta se comprometeu com a originalidade e o ineditismo da tese. Além da colaboração teórica para a área do design da informação, esta tese também contribuiu com o avanço da pesquisa da linha de Design de Sistemas de Informação, da Pós-Graduação em Design (PPGDesign) da UFPR.

É uma linha de pesquisa que se preocupa com a presença do design da informação na sociedade, entendendo que esta é configurada de seres e grupos múltiplos, com necessidades únicas. Por isso, há pesquisas que atrelam o design aos campos da saúde, educação, entretenimento, inclusão e acessibilidade.

Neste sentido, e em conformidade com a dissertação desenvolvida anteriormente no mesmo programa e na mesma linha de pesquisa (SANCHES, 2018), buscou-se aproximar ainda mais o design da informação da acessibilidade, inclusão e educação, com contribuições inéditas sobre a acessibilidade informacional de imagens para estudantes cegos.

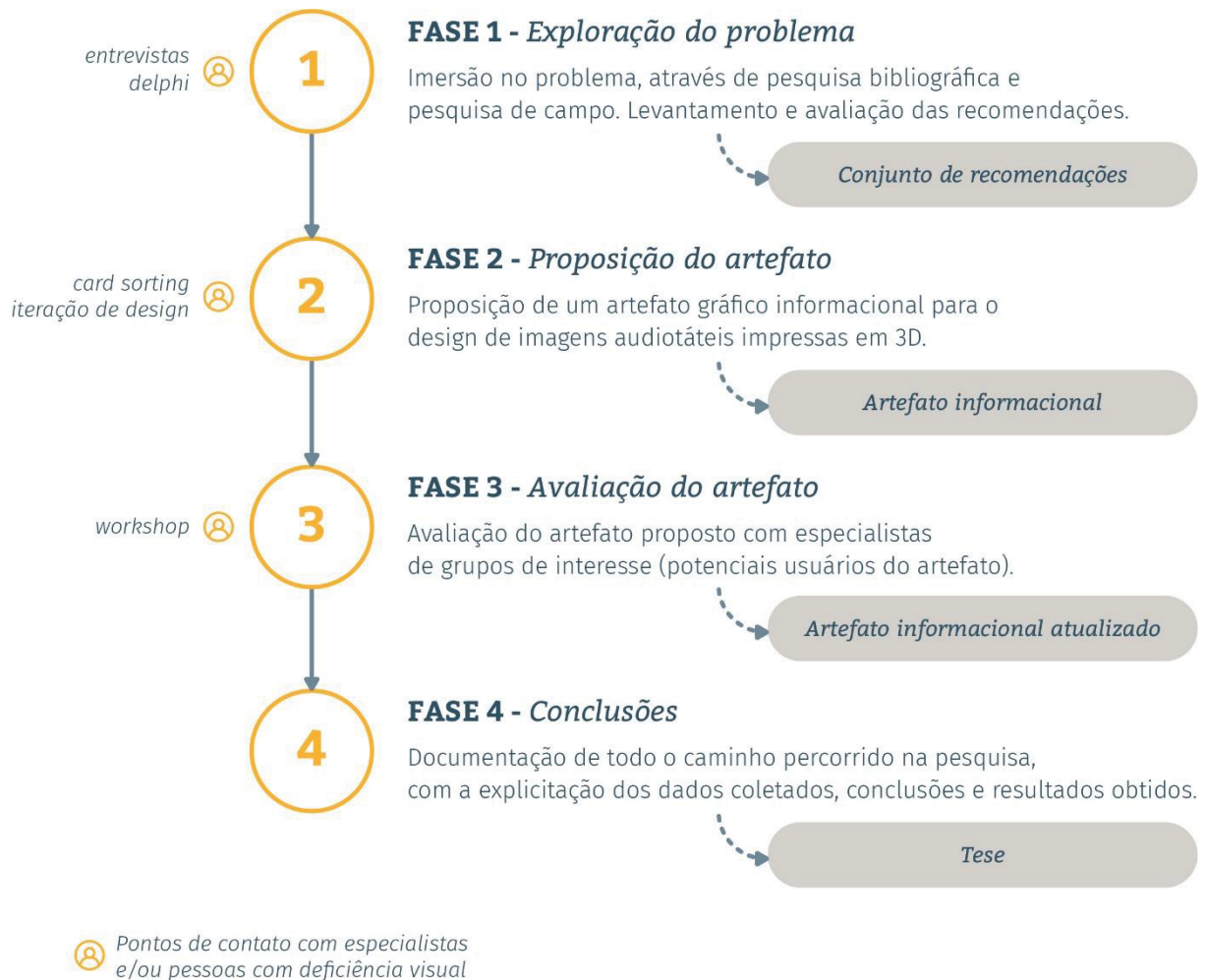
Assim, de forma inédita, propôs um artefato contendo recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D com foco na educação inclusiva de cegos. Essas recomendações são inéditas ao partir do conhecimento acadêmico disponível sobre o tema (publicado por outros autores) que, ao decorrer da pesquisa, foi aperfeiçoado, modificado e cocriado juntamente com os participantes da pesquisa, apoiando-se fortemente nas suas contribuições e experiências. Ou seja, não há outro conjunto de recomendações que apresente suas informações como as aqui disponíveis, muito menos que sejam contextualizadas dentro de uma abordagem centrada nos seres humanos ou que tenha origem no design da informação.

Também não há conhecimento de outra pesquisa que vise tratar do tema “design de imagens audiotáteis impressas em 3D” em um artefato gráfico informacional no formato de cartões, ainda que existam similares dentro do campo da acessibilidade.

1.8 VISÃO GERAL DO MÉTODO

O método aqui apresentado para conduzir a pesquisa foi pautado pela *design science research*, em quatro fases, conforme figura 2. A *design science research* é um método que atua a partir da compreensão de um problema, gerando soluções na forma de artefatos e é utilizada como forma de diminuir o distanciamento entre teoria e prática (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JUNIOR, 2015). O detalhamento do método se encontra no capítulo 2.

FIGURA 2 - VISÃO GERAL DO MÉTODO.



FONTE: a autora (2023).

Fase 1 – Exploração do problema, teve como objetivo principal a imersão no problema, através de pesquisa bibliográfica (Revisão Bibliográfica Sistemática – RBS e assistemática) e pesquisa de campo (entrevistas e Delphi). Foi dividida nas seguintes etapas: identificação do problema; conscientização do problema; Revisão Bibliográfica Sistemática e assistemática; síntese das recomendações para o design de imagens audiotáteis. O resultado desta fase foi um conjunto de recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, avaliado por especialistas.

Fase 2 – Proposição do artefato, teve como objetivo propor um artefato informacional para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Foi dividida nas seguintes etapas: projeto do artefato a partir do conteúdo gerado na Fase 1; proposição gráfica do artefato. Na primeira etapa, fez-se a reescrita em linguagem simples e uso da técnica de *card sorting*. O resultado desta fase foi o artefato pronto para ser avaliado.

Fase 3 – Avaliação do artefato, teve como objetivo avaliar o artefato proposto com especialistas. Possuía etapa única, a avaliação com especialistas que fizessem parte de um dos grupos de interesse (potenciais usuários do artefato): designers, professores e especialistas na educação de cegos ou projeto de imagens audiotáteis. Fez-se o uso do *worskhop* de design para a avaliação. O resultado desta fase foi o artefato informacional atualizado com novos dados provenientes da avaliação.

Fase 4 – Conclusões, teve como objetivo documentar todo o processo percorrido na pesquisa, com a explicitação dos dados coletados, conclusões e resultados obtidos. O resultado foi a tese finalizada e artigos publicados.

Nota-se que todos os procedimentos envolvendo humanos foram realizados de forma virtual e remota, utilizando ferramentas digitais. Esta decisão foi tomada diante das restrições impostas durante a pandemia, resguardando a saúde e segurança de todos os envolvidos. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Saúde da UFPR. (CAAE: 46417521.4.0000.0102 / Parecer nº: 4.766.129).

1.9 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está organizada em 8 capítulos, correspondendo à introdução, referencial teórico, método de pesquisa, resultados e conclusões:

O capítulo 1, **Introdução**, refere-se à contextualização geral da pesquisa, assim como a apresentação do problema a ser resolvido, objetivos (geral e específicos), justificativa e definição do escopo. Apresenta, também, o método de pesquisa e a organização textual do documento, de forma resumida.

O capítulo 2, **Método de pesquisa**, apresenta em detalhe o planejamento e as decisões metodológicas adotadas nesta pesquisa. Com base na *design science research*, o método se divide em 4 fases e adota uma abordagem qualitativa.

O capítulo 3, **Acessibilidade informacional na educação de pessoas cegas**, é o primeiro capítulo do referencial teórico. Contextualiza a acessibilidade informacional e a educação inclusiva, define o que é a deficiência visual e suas particularidades, enfatiza o design inclusivo, o design inclusivo para a aprendizagem e traz informações sobre as tecnologias utilizadas por pessoas cegas para a acessibilidade informacional, em especial as imagens audiotáteis.

O capítulo 4, **A percepção no contexto da cegueira**, é o segundo capítulo do referencial teórico. Discute a percepção tátil e auditiva de pessoas cegas e, a percepção combinada pelos dois canais.

O capítulo 5, **Imagens audiotáteis impressas em 3D**, é o terceiro e último capítulo do referencial teórico. Explicita o contexto mais específico da pesquisa, ou seja, as imagens audiotáteis que são impressas em 3D. Inicia com informações sobre o processo de impressão 3D, para depois discorrer sobre o estado da arte da imagem audiotátil, como ocorre a integração das duas mídias (áudio e superfície tátil), e também sobre a interação tátil e auditiva pela pessoa cega.

O capítulo 6, **Resultados da Fase 1 – Exploração do problema**, apresenta os primeiros resultados da pesquisa. Sistematiza as recomendações encontradas pela RBS e entrevistas, além dos resultados do Delphi aplicado.

O capítulo 7, **Resultados das Fases 2 e 3 – Proposição e avaliação do artefato**, apresenta o restante dos resultados da pesquisa. Passa pela reescrita das recomendações em linguagem simples, organização de categorias e subcategorias através de *card sorting*, criação do artefato durante período de doutorado sanduíche e avaliação do mesmo, por meio do *workshop* de design. Ademais, faz-se algumas considerações acerca dos resultados.

Por fim, o capítulo 8, **Conclusões**, retoma problema e objetivos, faz reflexões acerca do método escolhido, apresenta limitações da pesquisa, desdobramentos e sugestões de trabalhos futuros.

2 MÉTODO DA PESQUISA

A pesquisa científica tem como propósito desenvolver um ou mais aspectos do conhecimento de um determinado campo de estudo e, para tanto, é necessário que o processo seja metódico, sistematizado e caracterizado com clareza (PRODANOV; FREITAS, 2013). Portanto, este capítulo visa explicitar o planejamento metodológico para a condução da pesquisa, desde a identificação do problema até a explicitação dos resultados. Em um primeiro momento, caracteriza-se a pesquisa quanto ao seu paradigma científico, sua natureza, objetivos e abordagem ao problema. Em seguida, apresenta-se o método, que é baseado na *design science research*, e suas etapas de pesquisa. Ademais, são evidenciadas também as técnicas para coleta de dados e a estratégia de análise.

Evidencia-se, também, que o método aqui apresentado foi submetido à avaliação na Plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética em Saúde da UFPR, visto que houve a participação de seres humanos durante a execução da pesquisa. A submissão para o Comitê aconteceu após aprovação na banca de qualificação. CAAE: 46417521.4.0000.0102 / Parecer nº: 4.766.129.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Como paradigma científico, esta pesquisa segue a fenomenologia, visto que o conhecimento é construído a partir da ênfase e entendimento da experiência das pessoas, de forma conjunta entre as partes – pesquisador e participantes, gerando resultados construídos qualitativamente (GIL, 2021; SANTOS, 2018). Nesta tese, se traduz pelas recomendações aprimoradas coletivamente a cada etapa, desde a síntese inicial até a avaliação do artefato que as contém, envolvendo pesquisadora e especialistas de diversas áreas do conhecimento tangentes à pesquisa.

Desta forma, se configura como sendo de abordagem qualitativa, pois há interpretação dos fenômenos e atribuição de significado a eles, sem o uso de métodos ou técnicas estatísticas para tal (PRODANOV; FREITAS, 2013). O único momento onde um procedimento estatístico é usado é no processo interno da técnica Delphi.

Segue, ainda, uma lógica abdutiva, que é uma abordagem “intrinsecamente relacionada à natureza do processo de design” (SANTOS, 2018, p.39), uma forma de raciocínio potencial em pesquisas qualitativas (GIVEN, 2008), e necessário para pesquisas que visam propor soluções através de um raciocínio criativo (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JUNIOR, 2015).

A pesquisa, pela perspectiva de sua natureza, se caracteriza como sendo aplicada. Prodanov e Freitas (2013, p.51) definem que o objetivo da pesquisa aplicada é “[...] gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos”. Especificamente, nesta tese, isso significa a construção de um artefato informacional para auxiliar o design de imagens audiotáteis impressas em 3D para a acessibilidade de pessoas cegas na Educação.

Quanto aos objetivos da pesquisa, esta se classifica como exploratória e propositiva. Em um primeiro momento, pretende definir e aprimorar o conhecimento existente sobre o assunto – ou seja, as recomendações - para, em seguida, propor uma organização gráfica e do conteúdo em um artefato, mediante interações com especialistas, avaliação, análise e interpretação dos dados.

Por fim, o delineamento da pesquisa utiliza os procedimentos de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo (PRODANOV; FREITAS, 2013). O quadro 1 sumariza a caracterização da pesquisa.

QUADRO 1 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.

CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA				
Paradigma científico	Natureza	Objetivos	Procedimentos	Abordagem
Fenomenologia	Aplicada	Exploratória	Pesquisa bibliográfica	Qualitativa
		Propositiva	Pesquisa de campo	

FONTE: A autora (2023).

Os procedimentos serão detalhados em seguida.

2.2 SELEÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

Diante do problema apresentado (como auxiliar educadores, designers, *makers* e demais profissionais da educação inclusiva no design de imagens audiotáteis impressas em 3D, para que sejam acessíveis aos estudantes cegos?) e do objetivo geral (propor um artefato informacional para auxiliar o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com foco na educação inclusiva de estudantes cegos), propõe-se o uso da *design science research* como método a conduzir a pesquisa, seguindo uma abordagem centrada no humano e inclusiva.

Para Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), a *design science research* é o método cujo paradigma epistemológico é a *design science* (ou ciência do artificial). A *design science* assume uma visão pragmática do conhecimento, voltada à resolução de problemas e proposição de novos artefatos, com a compreensão de que o pesquisador não é parte externa do contexto e objeto, mas sim, faz parte e interage com eles (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Além disso, a *design science* “ênfatiza a participação, o discurso como um meio de intervenção e a experimentação pragmática” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p.61), o que é compatível com uma abordagem centrada no humano. Também é compatível com o design inclusivo, visto que o método busca, ao final do processo, generalizar o conhecimento para ser aplicado a outras situações similares – assim, se aproxima do princípio do “impacto benéfico mais amplo” do design inclusivo (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015; INCLUSIVE DESIGN RESEARCH CENTRE, 2022).

Sendo assim, apoiada nesse paradigma epistemológico, a *design science research* busca, “a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos que permitam transformar situações, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p.67). Nesta tese, isso significa a construção de um artefato informacional que contenha recomendações para o design de imagens audiotáteis, contribuindo com a acessibilidade e inclusão de pessoas cegas na Educação.

Adota-se o termo artefato para definir o resultado desta tese visto que é o termo apresentado pelos autores do método. Para eles, um artefato é algo concebido pelas pessoas e “pode ser considerado como um ponto de encontro, uma interface entre o ambiente interno (a substância e a organização do próprio artefato) e um ambiente externo, ou seja, as condições em que o artefato funciona” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 108).

A proposta de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 125) para a *design science research* segue 12 etapas. São elas: 1 – identificação do problema; 2 – conscientização do problema; 3 – revisão sistemática da literatura; 4 – identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas; 5 – proposição de artefatos para resolver o problema específico; 6 – projeto do artefato selecionado; 7 – desenvolvimento do artefato; 8 – avaliação do artefato; 9 – explicitação das aprendizagens; 10 – conclusões; 11 – generalização para uma classe de problemas; 12 - comunicação dos resultados.

Posto isso, propõe-se uma adequação do método e suas etapas para a realidade desta pesquisa, em quatro fases, sendo: 1 – exploração do problema; 2 – proposição do artefato; 3 – avaliação do artefato; 4 – conclusões (figura 3).

FIGURA 3 – MÉTODO DA PESQUISA.

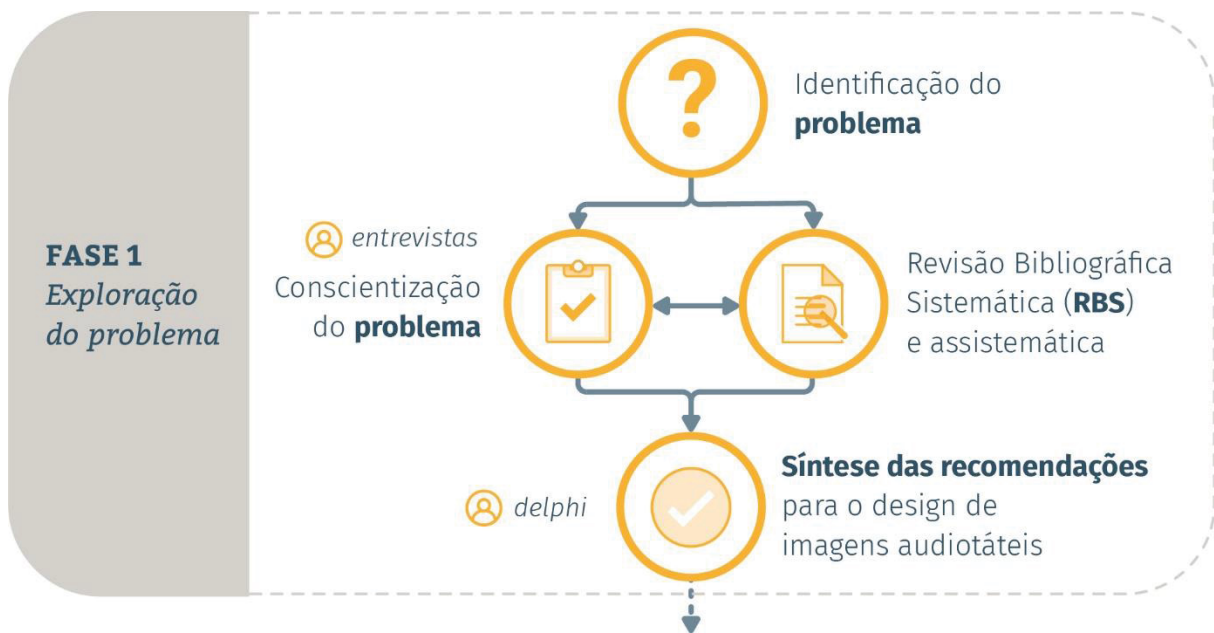


FONTE: A autora (2023).

2.3 FASE 1 – EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta fase, o objetivo central foi imergir no tema do estudo, através da pesquisa bibliográfica e de campo. Não há dados de entrada, já que a identificação do problema a ser pesquisado foi a primeira etapa de procedimento. Como saída, obteve-se um conjunto inicial de recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D (figura 4).

FIGURA 4 – EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA.



FONTE: A autora (2023).

2.3.1 Identificação do problema

Esta etapa se ocupou da exploração da área de estudo e a identificação de um problema a ser resolvido. Pautado pela *design science research*, o problema pode surgir do interesse do pesquisador em estudar uma nova informação (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

O interesse foi traçado pela continuidade dos estudos iniciados no mestrado (SANCHES, 2018). Entretanto, o problema foi concretizado com a exploração da literatura mais recente sobre a acessibilidade de imagens táteis impressas em 3D para pessoas cegas, durante a disciplina eletiva cursada no doutorado - Escaneamento Digital e Impressão 3D, em 2019.

2.3.2 Conscientização do problema

Como etapa simultânea a de revisão bibliográfica, buscou-se coletar informações através do contato direto com especialistas. Para tanto, recorreu ao uso de entrevistas semi estruturadas com representantes de área que permeiam a pesquisa – materiais didáticos acessíveis, cegueira, impressão 3D, audiodescrição. Ao total, 5 especialistas foram entrevistados.

Os dados coletados através das entrevistas serviram para complementar as informações teóricas da pesquisa bibliográfica e aumentar o entendimento da pesquisadora quanto ao problema de pesquisa.

Técnica para coleta de dados

A coleta de dados nesta etapa foi realizada a partir de entrevistas semi estruturadas.

As entrevistas são técnicas utilizadas frequentemente em pesquisa social, mediante a interação de um entrevistador (pesquisador) e um ou um grupo de entrevistados, para obtenção de informações relevantes a um determinado assunto ou problema (GIVEN, 2008; MARKONI; LAKATOS, 2003; MARTIN; HANINGTON, 2012). Podem ser estruturadas, semi estruturadas ou não estruturadas (GIL, 2002; MARTIN; HANINGTON, 2012).

Entrevistas semi estruturadas são aquelas em que há um protocolo previamente definido, mas que permitem desvios na conversa de acordo com os pontos de interesse do pesquisador (GIL, 2002; MARKONI; LAKATOS, 2003; MARTIN; HANINGTON, 2012).

Desta forma, foi possível cobrir interesses previamente estabelecidos em todas as entrevistas (protocolo) e explorar assuntos que surgiram naturalmente durante a condução. Em suma, os passos seguidos foram:

- Estabelecimento de um protocolo de entrevista;
- Formulação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- Contato com especialistas e assinatura do TCLE;
- Encontro com cada entrevistado, individualmente e de forma virtual;
- Condução da entrevista.

As entrevistas foram gravadas por áudio e vídeo.

Escolha dos especialistas

Foram escolhidos 5 especialistas para as entrevistas. Como dito anteriormente, os especialistas são de áreas tangente à pesquisa (com ao menos uma pessoa cega entre eles). Foram considerados especialistas aqueles que convivem e/ou trabalham na área (por exemplo, são cegos, trabalham com materiais didáticos acessíveis) ou pesquisadores. Os 5 especialistas entrevistados foram: professor universitário, *maker* e produtor de imagens táteis; cego congênito e consumidor de materiais acessíveis; audiodescritora; professor universitário e pesquisador de materiais acessíveis; professora de desenho e pesquisadora de desenho para crianças cegas.

A descoberta e escolha dos especialistas foi realizada mediante conexões em comum previamente estabelecidas (bola de neve), e o contato via correio eletrônico e mensagens de texto.

2.3.3 Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e assistemática

Conforme Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015), é pertinente estabelecer a base de conhecimento do que se pretende pesquisar através de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS). Além disso, a RBS configura um tipo de revisão rigorosa capaz de instrumentar o pesquisador a identificar lacunas de pesquisa e estabelecer o estado da arte sobre o assunto em um período temporal. Portanto, o objetivo desta etapa foi compreender quais estudos foram realizados nos últimos anos (2015-2020) sobre imagens audiotáteis impressas em 3D. O período de 5 anos serviu como um delimitador do volume de obras científicas a serem analisadas, buscando apenas o conhecimento mais recente e atualizado sobre o tema.

A partir deste mapeamento, foi possível identificar a lacuna de pesquisa, compreender as diferentes técnicas para a produção de imagens audiotáteis impressas em 3D, retirar recomendações para o design deste tipo de material e, organizar as produções mais relevantes.

Porém, visto que o referencial teórico também é composto de outras publicações, a revisão assistemática foi utilizada, incluindo ao repertório materiais encontrados de maneira arbitrária (indicações, pesquisa sem critério definido, busca por autores específicos, etc.), sendo possível, de forma semelhante à RBS, retirar recomendações para o design de imagens audiotáteis.

Ao final, todas as recomendações foram combinadas, tabuladas e analisadas junto às informações coletadas pelas entrevistas, servindo de subsídio para a próxima etapa.

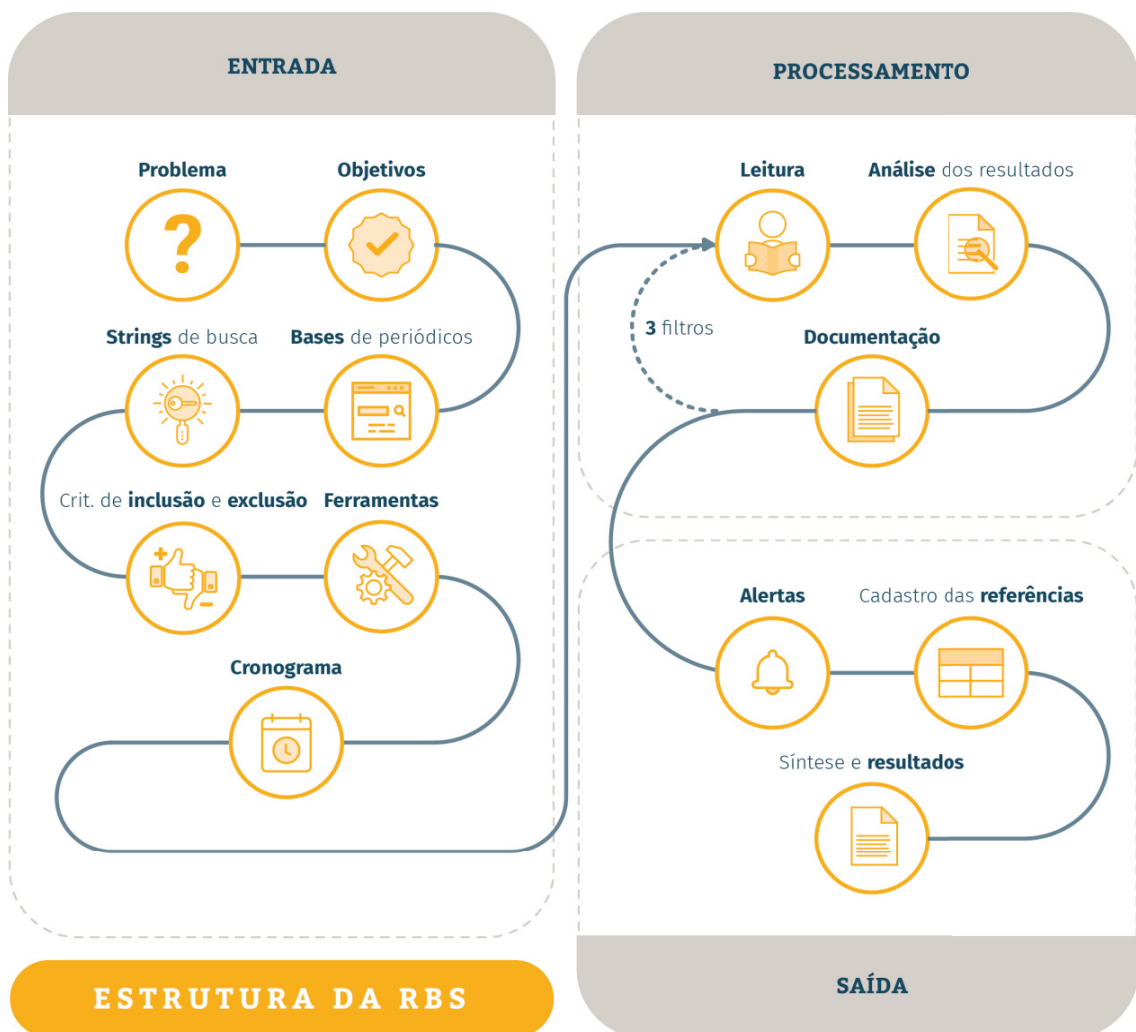
Técnica para coleta de dados

Para Conforto, Amaral e Silva (2011, p.2), uma revisão sistemática significa “definir uma estratégia e um método sistemático para realizar buscas e analisar resultados, que permita a repetição por meio de ciclos contínuos até que os objetivos da revisão sejam alcançados”. Esses ciclos sistemáticos permitem identificar pesquisas semelhantes ao tema estudado, lacunas de pesquisa e, ainda, estabelecer o estado da arte (SANTOS *et al.*, 2018).

Além disso, é oportuno o uso da RBS para identificar e coletar as recomendações que fazem parte do escopo desta tese, a partir da qualificação das obras mais relevantes e recentes sobre o tema.

Desta forma, a RBS foi organizada a partir da estrutura proposta por Conforto, Amaral e Silva (2011), dividida entre entrada, procedimento e saída (figura 5).

FIGURA 5 – ESTRUTURA DA RBS.



FONTE: A autora, baseado em Conforto, Amaral e Silva (2011).

A descrição completa das etapas percorridas, assim como seus resultados, se encontra no apêndice 1. A etapa de entrada definiu como o processo da revisão foi realizado, pois foi a etapa onde se estabeleceu o problema e os objetivos da revisão, em quais bases de periódicos foi feita a coleta (Google acadêmico, Scopus e Science Direct), qual a *string* de busca (contendo palavras-chave e operadores booleanos, tanto em inglês quanto em português), quais os critérios de inclusão e exclusão, quais ferramentas foram utilizadas como apoio e qual o cronograma a ser seguido.

Já a etapa de processamento foi a que se configurou como sendo operacional. Foram três passos, realizados em três ciclos. Após a coleta em todas as bases de dados (ao total, 1102 obras), uma primeira leitura das obras científicas foi realizada, selecionando-se inicialmente as seguintes informações: títulos, resumos e palavras-chaves. E, de acordo com os critérios definidos anteriormente, estes foram analisados, considerados aceitos ou rejeitados. Esse processo foi documentado e, então, se iniciou um segundo ciclo de leitura, de introduções e conclusões. Após aprovação e documentação do processo, o último ciclo de leitura foi realizado, efetuando-se a leitura completa. O grupo de obras científicas aprovadas ao final dos três ciclos formou o resultado da RBS (29 obras).

Por fim, na etapa de saída, alertas para novas obras científicas foram efetuadas nas bases, mantendo a revisão atualizada (mais 3 obras descobertas através dos alertas). Alertas se configuram em e-mails enviados ao pesquisador sempre que há uma nova obra publicada que se encaixa nas *strings* de busca anteriormente utilizadas. Em seguida, cadastrou-se as referências das obras em um gerenciador, junto com seus fichamentos. Em último lugar, o conhecimento adquirido foi sintetizado e descrito.

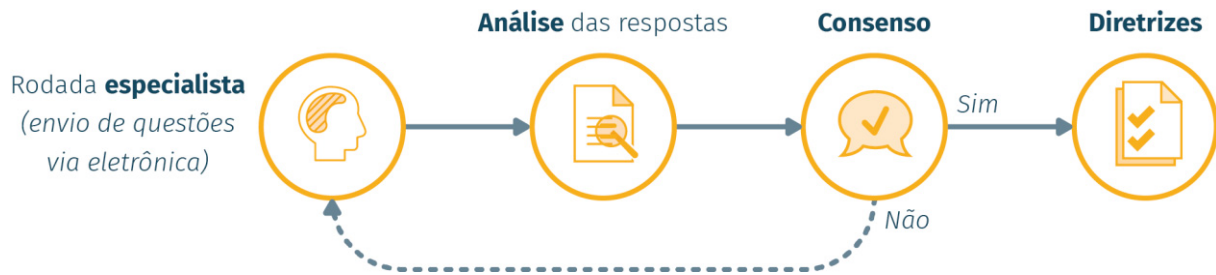
2.3.4 Síntese das recomendações para o design de imagens audiotáteis

Nesta etapa, buscou-se estabelecer um conjunto inicial de recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com foco na educação de pessoas cegas, a partir das etapas anteriores (entrevistas e revisão bibliográfica). Em seguida, o conjunto foi avaliado utilizando a técnica Delphi.

Técnica para coleta de dados

Para Santos (2018), o Delphi pode ser utilizado como uma estratégia de análise de dados, onde o objetivo é obter consenso sobre esses dados a partir das análises críticas de especialistas na área. O ciclo básico de análise é explicitado pela figura 6.

FIGURA 6 – CICLO DE ANÁLISE DA TÉCNICA DELPHI.



FONTE: A autora, baseado em Massaud (2002 *apud* SANTOS, 2018).

“A técnica baseia-se no uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas, pressupondo-se que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo” (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000, p.54). O Delphi é composto por um questionário inicial, que deve ser reenviado aos especialistas a cada rodada, preservando o anonimato das respostas.

O primeiro questionário é elaborado com uma síntese do que se sabe a respeito de determinado assunto (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000), neste caso, o conjunto de recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Este questionário pode ser composto por questões qualitativas e quantitativas (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Os especialistas recebem o questionário, o respondem individualmente e o retornam ao pesquisador. Em seguida, o pesquisador analisa as respostas, atualiza o questionário com novas questões e uma síntese das respostas e, o retorna aos especialistas para uma nova rodada de respostas. Sucede-se assim, até que haja consenso ou um quase consenso confiável ao fim dos ciclos estabelecidos (SANTOS, 2018; SKUMOLSKI; HARTMAN; KRAHN, 2007; WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

No mínimo, duas rodadas são necessárias, porém, indica-se não mais do que três (SKUMOLSKI; HARTMAN; KRAHN, 2007; WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Nesta pesquisa, foram realizadas duas rodadas de questionário. Nele, cada recomendação foi apresentada ao participante, que precisou responder se concordava totalmente ou parcialmente, discordava totalmente ou parcialmente, ou se não concordava nem discordava com a recomendação. Também era possível tecer comentários sobre sua concordância ou discordância.

Escolha dos especialistas

Apesar de normalmente se assumir que uma pessoa especialista é aquela qualificada academicamente e/ou profissionalmente, aquelas com vivências e experiências

relevantes também podem ser consideradas (MULLEN, 2003), como por exemplo, pessoas cegas.

Ademais, para a técnica Delphi, nem todos os especialistas precisam ser conhecedores do mesmo tópico (MULLEN, 2003; SKUMOLSKI; HARTMAN; KRAHN, 2007), sendo a heterogeneidade estimulada (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Porém, considera-se interessante que ao menos sejam familiares a todas as áreas envolvidas, tornando-se um painel com visões heterogêneas, mas direcionado a um propósito geral. Assim, é possível selecionar especialistas na educação de cegos, profissionais de impressão 3D com foco em acessibilidade, produtores de imagens táteis ou audiotáteis, etc.

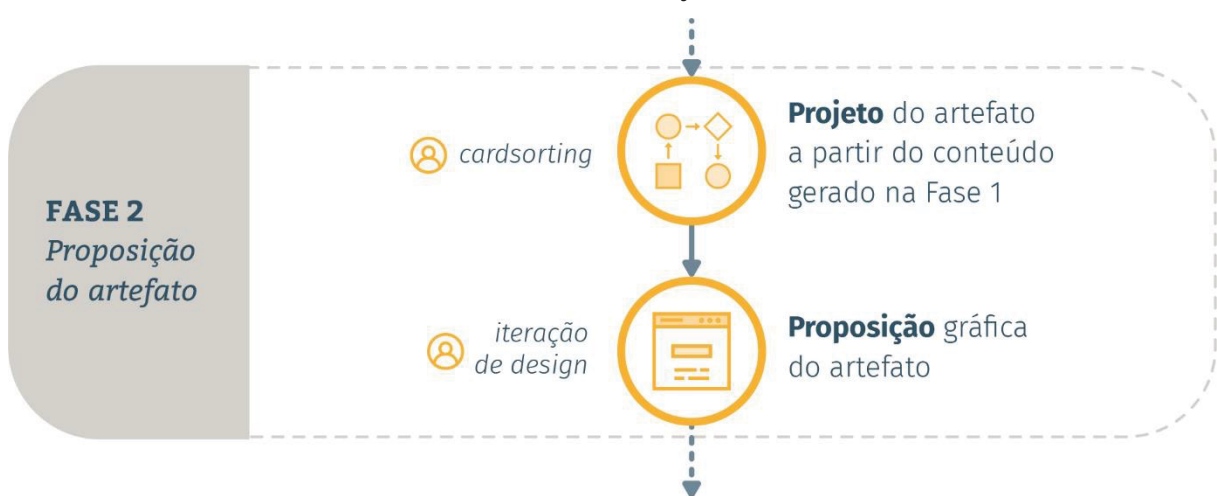
Quanto a quantidade de especialistas escolhidos, não há consenso entre autores – variando de quantidades menores, como 4, 8 ou 10 especialistas, até centenas ou milhares (MULLEN, 2003). Considerando o objetivo e a abordagem qualitativa da pesquisa, escolheu-se trabalhar com um painel de 10 especialistas, sendo eles: professores, pesquisadores, designers, consultores de acessibilidade, audiodescritores, pessoas com deficiência visual, desenvolvedores de materiais didáticos acessíveis aos cegos.

A escolha de especialistas se deu por contatos em comum ou indicações de terceiros (bola de neve), além dos contatos previamente estabelecidos com os participantes das entrevistas (sendo os mesmos convidados a participarem).

2.4 FASE 2 – PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO

Nesta fase, o objetivo foi propor um artefato informacional contendo as recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Esta fase foi a mais criativa do processo e foi realizada, em parte, durante o período de doutorado sanduíche. O conjunto de recomendações avaliado na fase 1 é o dado de entrada e a saída é o artefato pronto para a avaliação. A fase é composta por duas etapas (figura 7).

FIGURA 7 – FASE 2 – PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO.



FONTE: A autora (2023).

2.4.1 Projeto do artefato a partir do conteúdo gerado na Fase 1

Esta etapa teve por objetivo reescrever as recomendações utilizando a linguagem simples, organiza-las em categorias e subcategorias, para que, em seguida, fosse possível realizar a proposição gráfica do artefato.

A linguagem simples é definida por Fischer (2018, p.14) como:

[...] um conjunto de práticas que facilitam a leitura e a compreensão de textos. Considera o público a quem a comunicação se destina para organizar as ideias, escolher as palavras mais familiares, estruturar as frases e determinar o design. O leitor consegue localizar com rapidez a informação de que precisa, entende-la e usá-la. Evita jargão e termos técnicos: se forem inevitáveis, deve explicá-los. Possibilita transmitir informações complexas de maneira simples e objetiva.

Ainda de acordo com a autora, é possível definir com assertividade aquilo que não é linguagem simples: “textos complexos que exigem grande esforço de leitura e tendem a confundir os leitores [...]” (FISCHER, 2018, p.14). Quando a informação está escrita em linguagem simples, esta é “[...] visualmente convidativa e fácil de ler porque foi escrita com esta meta. [...] Sua intenção primordial é esclarecer” (FISCHER, 2018, p.14).

Os aspectos a serem considerados na prática da linguagem simples são, de acordo com o *Plain Language Association International* (PLAIN, 2022): audiência e propósito, estrutura, design, expressão e avaliação.

Desta forma, o design faz parte da linguagem simples, assim como a linguagem simples faz parte do design, especialmente na área do design da informação (SANCHES; BUENO, 2022; SCHRIVER, 2017). Também pode ser associada ao design inclusivo, visto que desenvolver textos, documentos e outras informações escritas de forma simples,

acessível, objetiva e concisa, considerando a diversidade humana no processo, é uma prática inclusiva (SANCHES; BUENO, 2022).

A linguagem simples foi adotada como técnica para deixar o conteúdo estruturado, coeso, objetivo e acessível, principalmente em relação ao texto si, visto que aspectos de design foram contemplados por etapas subsequentes. Sete diretrizes da linguagem simples foram seguidas, sendo:

1. Empatia: o texto deve ser sempre centrado na pessoa que vai ler;
2. Hierarquia: a informação mais importante deve aparecer primeiro;
3. Palavra conhecida: escolher palavras conhecidas, explicar jargões, termo técnicos e siglas;
4. Palavra concreta: evitar substantivos abstratos;
5. Frase curta: diretrizes internacionais recomendam até 20/25 palavras;
6. Frase na ordem direta: escrever as frases utilizando a ordem direta (sujeito, verbo, complemento), quando possível;
7. Diagnóstico: checar se há elementos que dificultam a leitura e ajustar o que for necessário (ENAP, 2022).

Como forma de diminuir a arbitrariedade da organização e manter o envolvimento de especialistas no processo, optou-se por utilizar a técnica de *card sorting*, onde é possível explorar como potenciais usuários organizam a informação e as relacionam hierarquicamente, identificar conceitos dúbios e, ainda, gerar opções múltiplas para a organização das mesmas informações (MARTIN; HANINGTON, 2012).

Técnica para coleta de dados

A técnica de *card sorting* é utilizada para elevar a usabilidade através da organização das informações por seus usuários, e não somente como o designer ou pesquisador a compreende (NIELSEN, 2004). Porém, como Nielsen (2004) adverte, a estrutura final das informações depende não tão somente em como os participantes as organizaram, mas também dos comentários manifestados durante a sessão.

Para a realização do *card sorting*, foram considerados os seguintes passos (NIELSEN, 2004; MARTIN; HANINGTON, 2012; SPENCER, 2009):

- Elaboração dos cartões virtuais, cada um contendo uma recomendação;
- Criação da dinâmica e painel virtual para *card sorting* remoto;
- Formulação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- Seleção e contato com participantes;
- Organização de duplas e cronograma de encontros síncronos;

- Organização dos cartões pelos participantes, sem limitação de categorias, subcategorias ou itens por categoria;
- Nomeação das categorias, com o auxílio de cartões em branco;
- Registro pela pesquisadora através de gravação de vídeo e painel virtual.

Escolha dos especialistas

A escolha de especialistas seguiu o mesmo princípio para outros momentos de coleta de dados – entrevistas e Delphi. Especialistas podem ser pessoas qualificadas academicamente, profissionalmente ou que tenham experiência com os tópicos abordados por essa tese. Não era requisito que os participantes conhecessem imagens audiotáteis, mas era necessário possuir algum grau de familiaridade com acessibilidade, seja através de pesquisa acadêmica, audiodescrição, impressão 3D, produção de materiais didáticos acessíveis, vivência com a deficiência visual, etc.

Para o *card sorting*, foram convidados 16 participantes, que realizaram a dinâmica em duplas, totalizando 8 resultados.

2.4.2 Proposição gráfica do artefato

Foi nesta etapa que o artefato foi desenvolvido, utilizando o conteúdo das etapas anteriores. As recomendações foram organizadas graficamente, considerando princípios de acessibilidade digital e design da informação.

Como Santos (2018, p.85) aponta, o artefato pode ser considerado “um novo conceito, modelo, ferramenta, método ou mesmo a tangibilização destes em um novo produto físico/digital, serviço ou sistema”. Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015) reiteram que o resultado nem sempre será um produto físico.

O processo criativo para a proposição do artefato é considerado subjetivo, não sendo possível relatar um roteiro padrão (SANTOS, 2018). Entretanto, cabe ao pesquisador instrumentalizar “a rastreabilidade dos dados, análises e decisões realizadas” (SANTOS, 2018, p.85). O artefato tomou forma de cartões em duas versões, uma digital e interativa, e outra analógica, para ser impressa. Além dos cartões contendo recomendações, também foram criados textos e elementos gráficos auxiliares.

Nesta etapa, o artefato foi desenvolvido através de iterações de design com outros designers inclusivos e programadores, durante o período de doutorado sanduíche (OCAD University, Canadá, entre janeiro e junho de 2022). Lidwell, Holden e Butler (2010) explicam que iterações de design são ciclos no processo de design para explorar, testar e refinar ideias até que se alcance a solução desejada.

2.5 FASE 3 – AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Nesta fase, o objetivo foi avaliar o artefato proposto com especialistas de áreas de interesse, ou seja, profissionais que fossem também potenciais usuários do artefato. O artefato finalizado na fase anterior foi o dado de entrada e, como dado de saída, o artefato avaliado e atualizado com as sugestões dos especialistas. Há apenas uma etapa nesta fase (figura 8).

FIGURA 8 – FASE 3 – AVALIAÇÃO DO ARTEFATO.



FONTE: A autora (2023).

2.5.1 Avaliação com especialistas

A avaliação com especialistas foi feita através de um *workshop* de design, onde participantes trabalharam em conjunto para simular o uso do artefato informacional em um contexto real. Para Martin e Hanington (2012) os *workshops* de design são maneiras eficientes de coletar dados confiáveis através da ação dos participantes.

Técnica para coleta de dados

Os *workshops* são organizados contendo atividades para que seus participantes articulem ideias e soluções para um problema, onde os designers (ou pesquisadores) atuam como facilitadores (MARTIN; HANINGTON, 2012; PONTIS, 2019). Ainda pelos autores, os aspectos críticos que devem ser planejados com cuidado são o tempo e recursos necessários para o andamento das atividades – ao mesmo tempo mantendo-se adaptável às circunstâncias.

O *workshop* foi planejado para ocorrer em dois momentos: o primeiro momento, assíncrono, de leitura e exploração do artefato individualmente; o segundo momento, síncrono e virtual, de tarefas em grupo para a simulação de projeto de imagem audiotátil impressa em 3D. O objetivo foi introduzir o artefato informacional e instigar as equipes a

pensarem no desenvolvimento de uma imagem audiotátil contextualizada para a educação de pessoas cegas.

Foram formadas 3 equipes de 3 pessoas cada. As equipes foram formadas por participantes com especialidades semelhantes, sendo: designers, professores e especialistas na educação de cegos com foco em materiais audiotáteis. Não era necessário que fossem especialistas em design inclusivo, educação inclusiva ou acessibilidade, mas que houvesse ao menos o interesse nas áreas. Entre os 9 participantes, 2 eram neurodivergentes (termo cunhado por Judy Singer que descreve a diversidade neurológica humana fora da considerada típica, abrangendo o Transtorno do Espectro Autista e outros transtornos como dislexia e Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade [SINGER, 2016]).

O *workshop* seguiu o seguinte roteiro:

- Convite aos participantes;
- Assinatura do TCLE e entrega do material para leitura anterior ao *workshop*;
- Organização das equipes em sessões síncronas separadas;
- No *workshop*, apresentação da dinâmica, painel virtual e atividades a serem realizadas;
 - Atividade 1 – quebra gelo: criação de um perfil de cada integrante dentro do painel virtual;
 - Atividade 2 – exemplos de imagens audiotáteis impressas em 3D: visualização de exemplos e retirada de dúvidas;
 - Atividade 3 – leitura do artefato: leitura e discussão conjunta das recomendações, interação com o artefato;
 - Atividade 4 – projeto de uma imagem audiotátil: simulação do planejamento de uma imagem audiotátil impressa em 3D tendo como base o artefato desta pesquisa;
- Realização das atividades pela equipe e observação pela pesquisadora;
- Questionário aplicado ao final da dinâmica, assíncrono.

A pesquisadora atuou como facilitadora entre as equipes, tirando dúvidas e auxiliando no exercício das atividades. Também fez anotações textuais e registros visuais (gravação de vídeo).

Escolha dos especialistas

Como dito anteriormente, foram convidados entre 9 participantes para o *workshop*, formando 3 equipes de 3 membros. Foram considerados aptos aqueles participantes que

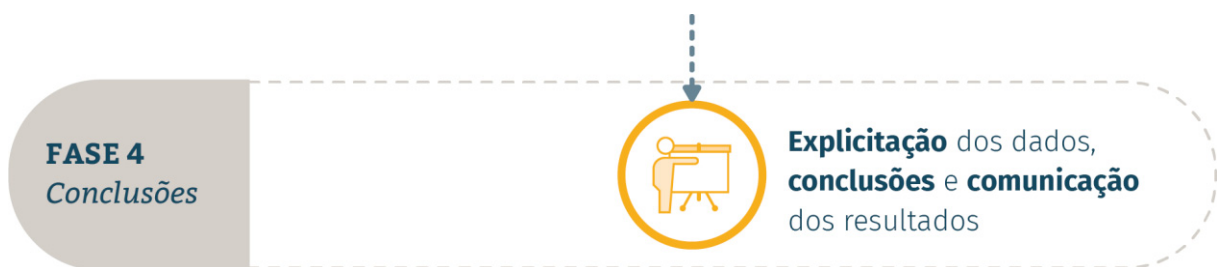
tivessem ao menos o interesse em temas como inclusão, acessibilidade, design inclusivo e/ou educação inclusiva, e fossem considerados potenciais usuários do artefato:

- Designers (gráfico ou de produto);
- Professores;
- Especialistas na educação de cegos ou desenvolvimento de imagens audiotáteis.

2.6 FASE 4 – CONCLUSÕES

Esta última fase teve por objetivo a documentação de todo o caminho percorrido na pesquisa, com a explicitação dos dados coletados, conclusões e resultados obtidos. É apresentada como fase final por ter, como último resultado, a tese escrita. Há apenas uma etapa nesta fase (figura 9).

FIGURA 9 – FASE 4 – CONCLUSÕES.



FONTE: A autora (2023).

2.6.1 Explicitação dos dados, conclusões e comunicação dos resultados

Como discorre Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015, p. 132), “o objetivo dessa etapa é assegurar que a pesquisa realizada possa servir de referência e como subsídio para a geração de conhecimento [...]”. É, portanto, uma etapa onde se evidencia todo o processo realizado pela pesquisa, neste caso, através da escrita e representações visuais.

É, também, a etapa para se retirar conclusões e as formalizar, apontar limitações da pesquisa e propor estudos futuros. Retoma-se o problema de pesquisa e seus objetivos, “sintetizando de forma textual ou visual as lições aprendidas [...], apontando as contribuições do trabalho [...]” (SANTOS, 2018, p. 88).

Da mesma forma, é a etapa onde se explicita o conhecimento através de periódicos, congressos, seminários, etc. Portanto, apesar de ser representada como uma etapa final, esta foi constante durante todo o processo de geração do conhecimento.

2.7 ESTRATÉGIA DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Como apontado anteriormente, a abordagem na estratégia de tratamento e análise dos dados foi feita de forma qualitativa. A maior parte da análise consiste em rearranjar, categorizar ou segmentar os dados (palavras), para construir novos padrões a partir deles (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014).

Ainda pelos autores, os dados qualitativos são analisados em um constante ciclo de três momentos: condensação de dados, exibição dos dados e a retirada de conclusões (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014). Esse processo é feito em toda etapa de coleta de dados que, neste caso, são entrevistas, RBS, Delphi, *card sorting* e *workshop*. Os dados de uma etapa anterior, inclusive, alimentam a coleta de dados posterior.

- Condensação dos dados: selecionar, focar, simplificar, abstrair e transformar os dados brutos em fichamentos, transcrições, categorias, temas, agrupamentos, etc. (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014).
- Exibição dos dados: processo de montagem das informações de forma organizada para a retirada de conclusões, como por exemplo, em forma de texto corrido, tabelas, quadros, gráficos (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014), RGSs.
- Retirada de conclusões: interpretação dos dados e seus significados pelo pesquisador, encontrando padrões, explicações ou realizando novas proposições (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014).

Contudo, convém explicitar quais as estratégias utilizadas dentro desses três momentos para a análise dos dados.

Para as entrevistas, RBS, Delphi, a estratégia utilizada para a análise foi a que Miles, Huberman e Saldaña (2014) chamam de afirmações e proposições. “Afirmações e proposições são maneiras de resumir e sintetizar um vasto número de observações analíticas individuais” (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014), que podem variar entre fatos descritivos até níveis de interpretação do pesquisador sobre o estudo. Aqui serve ao propósito de resumir os dados coletados em um conjunto de recomendações.

Em complemento, os dados das entrevistas foram verificados em relação aos cinco critérios apontados por Markoni e Lakatos (2003), como forma de avaliar o discurso do entrevistado:

- Validade: comparação com outras fontes (bibliografia);
- Relevância: importância em relação à pesquisa;
- Especificidade e clareza: referências claras e objetivas em relação aos nomes, datas, lugares e dados mencionados;
- Profundidade: intensidade e intimidade do entrevistado quanto aos seus próprios pensamentos e lembranças;

- Extensão: amplitude das respostas.

Já os dados obtidos entre os ciclos da técnica Delphi foram analisados entre consenso ou não consenso. Para uma recomendação ser considerada consenso entre os especialistas, foram considerados os seguintes critérios:

- 90% de concordância, entre concordância total e parcial;
- Ao menos 70% de concordância total (do número total de votos, não somente entre os concordantes);
- Nenhum voto em discordância, total ou parcial.

No *card sorting*, as categorias nomeadas pelos participantes foram agrupadas por proximidade, junto com as recomendações em comum.

Já no *workshop*, se analisou tanto a organização gráfica do artefato quanto as recomendações. Porém, a estratégia também foi gerar afirmações e proposições sobre os comentários e resultados do *workshop*, assim como o sucesso ou não no cumprimento das atividades propostas. O produto dessa análise foi revertido em uma atualização do artefato, como proposição final.

3 ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL NA EDUCAÇÃO DE PESSOAS CEGAS

Neste capítulo, são abordados os temas gerais necessários para a compreensão do objeto de pesquisa e o contexto em que ele se encontra. Em um primeiro momento, a acessibilidade informacional e Tecnologia Assistiva são contextualizadas para, em seguida, abordar a educação inclusiva. Depois, faz-se a relação do design com a acessibilidade, com maior foco no design inclusivo e no design inclusivo para a aprendizagem. A partir disso, conceitua-se a cegueira e a educação para cegos, trazendo exemplos de materiais como o Braille e a audiodescrição. Por fim, a ênfase se dá nas imagens audiotáteis.

3.1 ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL E EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Assim como a deficiência, a acessibilidade é um conceito dinâmico que está em constante evolução. É um termo abrangente, onde as ações, estratégias e decisões visam garantir a plena vivência das pessoas com deficiência em sociedade, de forma segura e autônoma (BRASIL, 2015; LAWSON, 2017). Está diretamente relacionada à não discriminação, ao respeito às diferenças, à inclusão (social, educacional, etc.), ao desenvolvimento de Tecnologia Assistiva, aos direitos igualitários e ao desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2009; BRASIL, 2015; LAWSON, 2017, ONU, 2015).

A Lei nº 13.146, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência define a acessibilidade como a:

possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida (BRASIL, 2015, Art 3º).

Esta lei baseia-se no Decreto nº 6.949, de 2009, que firma nacionalmente a Convenção Internacional sobre o Direito das Pessoas com Deficiência, decretado e assinado pelos países constituintes da ONU. O Decreto tem como propósito “promover, proteger e assegurar o exercício pleno e equitativo de todos os direitos humanos e liberdades fundamentais por todas as pessoas com deficiência e promover o respeito pela sua dignidade inerente” (BRASIL, 2009, Artigo 1).

No Artigo 21 do mesmo Decreto, que versa sobre o acesso à informação, liberdade de expressão e opinião, tem-se que os países se comprometem a tomar:

[...] todas as medidas apropriadas para assegurar que as pessoas com deficiência possam exercer seu direito à liberdade de expressão e opinião, inclusive à liberdade de buscar, receber e compartilhar informações e idéias, em igualdade de oportunidades com as demais pessoas e por intermédio de todas as formas de comunicação de sua escolha [...] (BRASIL, 2009, Artigo 21).

A acessibilidade informacional é a que visa, então, garantir que a informação esteja presente de forma igualitária para pessoas com deficiência, de acordo com suas preferências e necessidades, em todos os âmbitos da vida, inclusive na sua educação. Isto resulta em promover, por exemplo, mas não somente, formatos de mídias acessíveis por Braille, audiodescrição, Libras, legendas, comunicação aumentativa e alternativa, ampliação de caracteres e contraste, acesso aos meios de comunicação (televisão, rádio, internet) de forma facilitada, acessível e compatível com Tecnologia Assistiva, e publicações de livros em formatos acessíveis (BRASIL, 2009; 2015).

É válido mencionar que, as obras literárias e artísticas, publicadas em forma de texto, notação e/ou ilustrações conexas possuem ainda o aporte do Decreto 9.522, de 2018, que firma no Brasil o Tratado de Marraqueche para Facilitar o Acesso a Obras Publicadas às Pessoas Cegas, com Deficiência Visual ou com Outras Dificuldades para Ter Acesso ao Texto Impresso (BRASIL, 2018).

Além disso, também vigora internacionalmente a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, das Nações Unidas. Em um esforço global de proteger o planeta, erradicar a pobreza e buscar a prosperidade de todos os seres, a ONU e países interessados desenvolveram 17 objetivos para alcançar o desenvolvimento sustentável até o ano de 2030 (ONU, 2015). Destes 17, 5 deles trazem à tona melhorias a serem feitas para a qualidade de vida de pessoas com deficiência.

O objetivo 4 busca uma educação inclusiva, equitativa e de qualidade e, entre outras metas, empenha-se para garantir o acesso a todas as pessoas com deficiência em todos os níveis de educação (ONU, 2015). Já o objetivo 8 tem como uma das metas “[...] alcançar o emprego pleno e produtivo e trabalho decente todas as mulheres e homens, inclusive para os jovens e as pessoas com deficiência [...]” (ONU, 2015).

No objetivo 10, busca-se reduzir a desigualdade nos países, promovendo a inclusão social de pessoas com deficiência (ONU, 2015). No objetivo 11, volta-se para cidades inclusivas e sustentáveis, não somente, mas também com transporte acessível, urbanização e espaços públicos inclusivos (ONU, 2015). Por fim, o objetivo 17 destaca a meta de aumentar a disponibilidade de dados confiáveis e atuais para as pessoas, independente de deficiência, renda, gênero, etc. (ONU, 2015).

Nestes 5 objetivos, a necessidade de acessibilidade informacional é evidente em todos eles, em diferentes graus. Entretanto, esta tese foca-se no objetivo 4, visando uma educação mais inclusiva.

Sem acessibilidade, pessoas com deficiência enfrentam barreiras ou são totalmente impedidas de obter informações, de expressarem e comunicarem suas ideias. Isso implica, por exemplo, uma pessoa cega acessar a internet, mas não compreender as imagens que não possuem textos alternativos. Ou, ainda, pessoas no espectro autista ou disléxicos passarem por dificuldades para compreender grandes textos em blocos, sem hierarquia, marcadores ou imagens para acompanhar.

É considerada uma barreira qualquer coisa que impeça a pessoa com deficiência de usufruir sua vida em plena liberdade, e são classificadas em: barreiras urbanísticas, arquitetônicas, nos transportes, nas comunicações e na informação, atitudinais e tecnológicas (BRASIL, 2015). Para Gilbert (2019), quando essas barreiras são ultrapassadas, as pessoas com deficiência podem fazer suas próprias escolhas e serem independentes.

Por isso, voltar-se para o desenvolvimento de produtos, sistemas e serviços acessíveis e inclusivos, desde o início do projeto, é fundamental. Igualmente fundamental é a participação das pessoas com deficiência no projeto, de forma não opressiva (CHARLTON, 1998).

Um exemplo desta prática são as diretrizes de acessibilidade para conteúdo web (*Web Content Accessibility Guidelines – WCAG*) da *World Wide Web Consortium (W3C)*. A WCAG é um documento organizado internacionalmente que visa guiar o desenvolvimento de conteúdo web para que seja acessível às pessoas com deficiência e que, por consequência, melhoram a usabilidade para usuários em geral (W3C, 2018).

Atualmente com 13 diretrizes (versão WCAG 2.1), estas são divididas em quatro princípios básicos para que o conteúdo se torne acessível: ele deve ser (1) perceptível; (2) operável; (3) compreensível e (4) robusto. Ainda, as 13 diretrizes se desdobram em critérios de sucesso, sendo: A, o nível mais baixo de acessibilidade; AA, nível intermediário e; AAA, o nível mais elevado (W3C, 2018).

Além do desenvolvimento inclusivo de produtos, sistemas e serviços, em muitos casos também será necessário fazer uso de Tecnologia Assistiva. A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência define Tecnologia Assistiva como:

produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2015, Art. 3º).

Ainda assim, Cook e Polgar (2015, p. 3, tradução nossa) entendem que o termo é mais abrangente, também incorporando “produtos, modificações ambientais, serviços e processos que permitem o acesso e uso desses produtos”, sejam eles específicos para pessoas com deficiência ou de uso generalizado. Neste caso, o contexto também importa. A Tecnologia Assistiva, por melhor que seja, não será adequada se não estiver ao alcance da pessoa com deficiência e se não houver inclusão. O acesso aos produtos precisa ser facilitado no dia a dia, em espaços públicos, no trabalho, na escola (IIDA; BUARQUE, 2016).

É o que Sasaki (2010) explica como sendo o modelo social da deficiência, que é entender que os problemas e barreiras enfrentadas pelas pessoas com deficiência são de responsabilidade compartilhada entre toda a sociedade.

Ainda de acordo com Sasaki (2010), também é preciso compreender três conceitos inclusivistas das pessoas com deficiência na sociedade: autonomia, independência e empoderamento. A autonomia “é a condição de domínio no ambiente físico e social, preservando ao máximo a privacidade e a dignidade da pessoa que o exerce” (SASSAKI, 2010, p.35); a independência é a “faculdade de decidir sem depender de outras pessoas [...]” (SASSAKI, 2010, p.35); e o empoderamento é “o processo pelo qual uma pessoa, ou um grupo de pessoas, usa o seu poder pessoal inerente à sua condição [...] para fazer escolhas e tomar decisões, assumindo assim o controle de sua vida” (SASSAKI, 1995 apud SASSAKI, 2010, p.36-37).

Como mencionado, a Educação é uma das áreas prejudicadas pela falta de acessibilidade, sobretudo informacional, se não houver a preocupação de tornar o ambiente de aprendizagem inclusivo. Como Ramos (2016, p.11) argumenta, “a escola no Brasil já está convencida, mesmo que por força da lei, de que deve receber crianças com deficiência. Contudo, ainda se praticam ações que não condizem com a verdadeira inclusão”.

A visão atual dos educadores e pesquisadores é a de que a educação precisa ser inclusiva, o que significa reconhecer as particularidades dos estudantes, buscando satisfazer as necessidades das pessoas com deficiência de forma equitativa, com respeito e sem segregação (MANTOAN, 2015; RAMOS, 2016; SASSAKI, 2010; SONZA, 2013). Apesar disso, em 2020, o Decreto 10.502 (BRASIL, 2020) – que por ora segue suspenso - retrocedeu a política nacional brasileira de uma educação inclusiva para a educação especial, contrariando também a Agenda 2030.

Como explica Sasaki (2010), outras formas de educar precederam a educação inclusiva. De acordo com o autor, o histórico da educação para pessoas com deficiência passa pelas fases de exclusão, segregação, integração e inclusão (SASSAKI, 2010).

A primeira fase, exclusão, foi uma fase de rejeição e perseguição às pessoas com deficiência; já na fase de segregação, pessoas com deficiências eram excluídas da sociedade e atendidas por instituições religiosas ou filantrópicas; na integração, surgiram as

escolas especiais, onde a prática era educar separadamente as crianças com e sem deficiência, mesmo que na mesma escola; por fim, a fase inclusiva surgiu na década de 1990, com o intuito de reconhecer as necessidades individuais dos estudantes e estruturar o sistema educacional ao redor disso, sem turmas separadas ou exclusão (SASSAKI, 2010). Hoje, o cenário é ainda de transição, da integração para a inclusão (SONZA, 2013).

Mantoan (2015) e Ramos (2016) reconhecem os esforços desprendidos e o avanço para uma educação inclusiva, porém, chamam a atenção para a presença de uma resistência da transição da fase de integração para a inclusão:

Os sistemas escolares relutam muito em mudar de direção porque [...] estão organizados em um pensamento que recorta a realidade, que permite dividir os alunos em normais e com deficiência, as modalidades de ensino em regular e especial, os professores em especialistas nesse e naquele assunto. A lógica dessa organização é marcada por uma visão determinista, mecanicista, formalista, reducionista, própria do pensamento científico moderno, que ignora o subjetivo, o afetivo, o criador – sem os quais é difícil romper com o velho modelo escolar e produzir a reviravolta que a inclusão impõe (MANTOAN, 2015, p.23-24).

Este trecho dialoga diretamente com a fala de Antun (2013, p.42-43), que mostra a origem da resistência: “a lógica do capitalismo pressupõe eficiência, competitividade, vantagem e poder. A educação inclusiva é um desafio para essa lógica ao promover igualdade, valorizar a diversidade e exigir os direitos humanos”.

Incluir estudantes com deficiência vai além de somente colocá-los no mesmo ambiente que outros estudantes, é preciso superar as barreiras que possam surgir e preparar todas as pessoas envolvidas no processo de aprendizagem (RAMOS, 2016; RAVNEBERG; SÖDERSTRÖM, 2017).

Algumas barreiras identificadas são que estudantes com deficiência participam menos das atividades e sentem mais dificuldades em progredir nos anos escolares; possuem menor acesso aos materiais do currículo adaptados para as suas necessidades; sofrem com desinformação e preconceito por parte dos colegas; há ainda a falta de qualificação de profissionais envolvidos no processo de educação; ambiente físico não acessível; e, por consequência, estudantes com deficiência são mais propensos à evasão escolar por falta de acessibilidade (ONU, 2018; RAMOS, 2016; RAVNEBERG; SÖDERSTRÖM, 2017).

O que se apresenta no dia a dia, então, é diferente do que a legislação brasileira e acordos internacionais estipulam sobre a educação de pessoas com deficiência, o que reflete na necessidade de contínuas ações para aprimorar o cenário da educação inclusiva. A ver, a já citada Lei Nº 13.146 apresenta que:

Art. 27. A educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem.

Parágrafo único. É dever do Estado, da família, da comunidade escolar e da sociedade assegurar educação de qualidade à pessoa com deficiência, colocando-a a salvo de toda forma de violência, negligência e discriminação (BRASIL, Art. 27, 2015).

Nesta linha, o objetivo 4 da Agenda 2030 visa “assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos”, tendo como uma das metas “[...] garantir a igualdade de acesso a todos os níveis de educação e formação profissional para os mais vulneráveis, incluindo as pessoas com deficiência [...]” (ONU, 2015).

Um relatório da ONU (2019) evidencia uma melhora nas ações destinadas à educação da pessoa com deficiência desde o lançamento dos objetivos da Agenda 2030. Entretanto, aponta 9 melhorias a serem feitas pelos países em favor de uma educação inclusiva. São elas:

- “Fortalecer as políticas nacionais e o sistema legal para garantir o acesso à educação de qualidade para todas as pessoas com deficiência”;
- “Capacitar os legisladores, bem como outros tomadores de decisão, tanto em nível comunitário quanto nacional”;
- “Tornar escolas e instalações educacionais acessíveis, criando um ambiente propício para alunos com deficiência e tornando os ambientes físicos e virtuais acessíveis”;
- “Fornecer treinamento a professores e outros especialistas em educação para adquirir conhecimento e experiência em educação inclusiva para pessoas com deficiência”;
- “Adotar uma pedagogia centrada no aluno que reconheça que todos têm necessidades únicas que podem ser acomodadas por meio de abordagens de ensino continuadas”;
- “Envolver a sociedade civil e as comunidades locais na educação inclusiva”;
- “Estabelecer mecanismos de monitoramento”;
- “Melhorar a coleta e desagregação nacional de dados educacionais por deficiência”;
- “Explorar o uso de *crowdsourcing* para obter informações de baixo para cima (*bottom-up*) sobre a acessibilidade das escolas para pessoas com deficiência, para informar as políticas de acessibilidade” (ONU, 2019, p.94-96, tradução nossa).

Fica evidente que, o posicionamento e, conseqüentemente, as ações necessárias para alcançar a acessibilidade informacional e uma educação plenamente inclusiva, não são exercício individual. Cabe a todos, desde a esfera pública até a sociedade civil. Entretanto, Silva, Mól e Caixeta (2020) destacam o papel do professor, pois é o que atua mais diretamente no contexto da inclusão, ao enfatizar que parte do sucesso da inclusão escolar depende da qualificação e desenvolvimento de competências dos docentes.

3.2 DESIGN E ACESSIBILIDADE

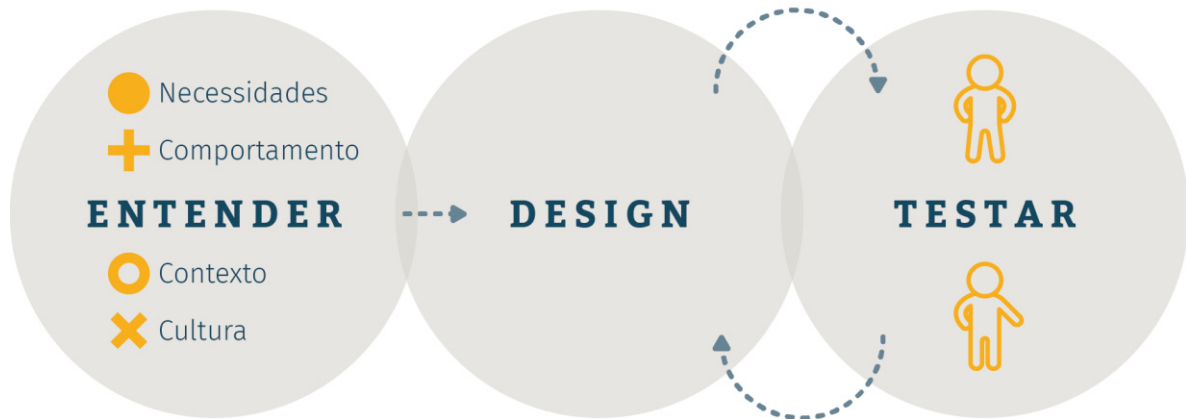
O design é uma área inerentemente multidisciplinar e interdisciplinar, facilitando conexões e a atuação com outras áreas do conhecimento. Design e acessibilidade é uma das intersecções possíveis, especialmente através de uma abordagem centrada no humano. Como mencionado, três vertentes do design são mais ativas na promoção da acessibilidade – o *design for all*, o design universal e o design inclusivo. Esta última é adotada com mais ênfase nesta tese, porém, considera-se pertinente expor essas três vertentes e outras conexões da acessibilidade dentro do design. Ou seja, oportunidades de se envolver o design na promoção da autonomia, qualidade de vida e bem-estar de pessoas com deficiência.

Fazer design com foco nas pessoas (com deficiência ou não) envolve entender suas necessidades, comportamentos, cultura e também o contexto em que estão inseridas, colocando-as ao centro do processo de design (O'GRADY; O'GRADY, 2017). Envolve não somente fazer design para as pessoas, mas com as pessoas (LUPTON, 2014). Esse processo de design que coloca as pessoas em primeiro plano é ilustrado por O'Grady e O'Grady na figura 10.

FIGURA 10 – O PROCESSO DE DESIGN QUE COLOCA AS PESSOAS EM PRIMEIRO PLANO.

DESIGN COM A PESSOA PRIMEIRO

PERSON-FIRST DESIGN

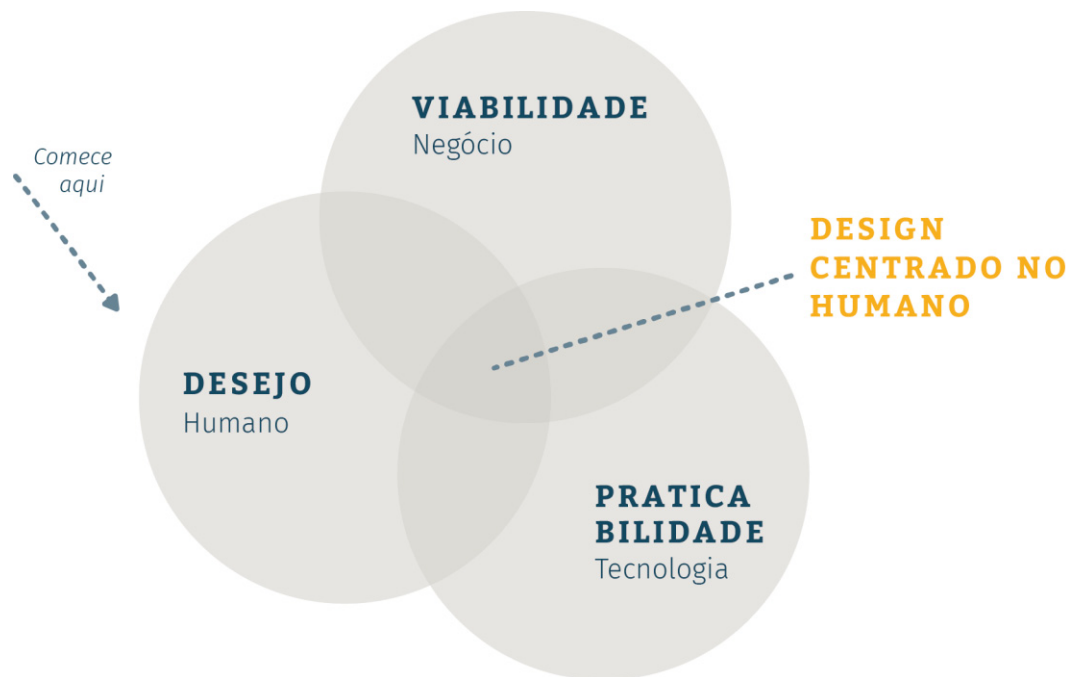


FONTE: a autora, baseado em O’Grady e O’Grady (2017).

Neste sentido, as duas abordagens mais abrangentes são o design centrado no usuário e o design centrado no humano. O’Grady e O’Grady (2017) fazem a diferenciação entre as duas: o design centrado no usuário surge do design de produto e da interação-humano computador, hoje sendo uma abordagem cujo foco se dá em um grupo específico de pessoas, suas necessidades e satisfação; já o design centrado no humano busca expandir o projeto para as necessidades individuais de todas as pessoas, independente de quem sejam.

Complementam, “design centrado no humano se afasta da especificidade do foco centrado no usuário, evitando segmentação do público, e tem a intenção de criar artefatos e sistemas de design que servem a todos” (O’GRADY; O’GRADY, 2017, p.14). O processo de design centrado no humano é um balanço de três elementos – desejo, praticabilidade e viabilidade (IDEO, 2015), ilustrado pela figura 11.

FIGURA 11 – DESIGN CENTRADO NO HUMANO.



FONTE: a autora, baseado em IDEO (2015).

Dentre as abordagens descritas, quando há o envolvimento de pessoas com deficiência, fala-se de *design for all*, design universal e design inclusivo. Por vezes, são termos usados em intercâmbio, ou como sinônimos, por terem propósitos em comum. Entretanto, vale conceituar os três.

Uma das razões para o uso de diferentes nomenclaturas é por origens geográficas distintas. Bendixen e Benktzon (2015) demonstram uma forte atuação do termo *design for all* nos países escandinavos. Persson et al. (2015) corroboram com essa ideia e ainda expandem o uso do termo para parte do continente europeu, desde que foi firmada a Declaração de Estocolmo em 2004. Já o design universal teve sua origem em uma universidade estadunidense, a North Carolina State University (NCSU). O Reino Unido, por sua vez, adota o termo design inclusivo (PERSSON et al., 2015).

O *design for all*, ou design para todos, hoje é um conceito utilizado como sinônimo de design universal, como apontam Almeida (2016), Benyon (2019) e Persson et al. (2015). Particularmente, tem força como aplicação em estudos de sustentabilidade (BENDIXEN; BENKTZON, 2015; PERSSON et al., 2015; STEFFAN, 2012). No registro da Declaração de Estocolmo, há a definição:

O *design for all* é o design para a diversidade humana, para a inclusão social e para a igualdade. Esta abordagem inovadora e holística constitui um desafio ético e criativo para todos os projetistas, designers, empresários, administradores e dirigentes políticos. O *design for all* tem como objetivo permitir que todas as pessoas tenham oportunidades iguais de participação em todos os aspectos da sociedade. Para alcançar este objetivo, o ambiente construído, os objetos cotidianos, os serviços, a cultura e a informação - em suma, tudo o que é concebido e feito por pessoas para serem utilizados por pessoas - deve ser acessível, utilizável por todos na sociedade e sensível à evolução da diversidade humana (DESIGN FOR ALL EUROPE, Declaração de Estocolmo, 2004, tradução nossa).

Em um conceito próximo, o design universal é definido como “o design de produtos e ambientes de forma a serem usados por todas as pessoas, na maior extensão possível, sem a necessidade de adaptação ou design especializado” (NCSU, 2008, s.p., tradução nossa). De acordo com Persson et al. (2015), a origem do termo surge a partir de outros dois, design acessível e design sem barreiras. É pautado em uma abordagem mais filosófica, de acordo com Benyon (2019).

O design universal apresenta sete princípios a serem considerados nos projetos. São eles: (1) uso equitativo; (2) flexibilidade no uso; (3) uso simples e intuitivo; (4) informação perceptível; (5) tolerância ao erro; (6) redução do gasto energético; (7) espaço apropriado (IIDA; BUARQUE, 2016; NCSU, 1997). Pertinente destacar o princípio 4, informação perceptível, cuja definição é “o design comunica as informações necessárias efetivamente ao usuário, independentemente das condições do ambiente e das habilidades sensoriais do usuário” (NCSU, 1997, s.p., tradução nossa). Ainda apresenta cinco diretrizes a serem seguidas, dentro deste princípio:

- “Usar diferentes modalidades (pictórico, verbal, tátil) para apresentação redundante de informações essenciais”;
- “Providenciar contraste adequado entre informação essencial e o seu meio”;
- “Maximizar a legibilidade de informações essenciais”;
- “Diferenciar elementos de forma que possam ser descritos”;
- “Providenciar compatibilidade com uma variedade de técnicas ou dispositivos usados por pessoas com limitações sensoriais” (NCSU, 1997, s.p., tradução nossa).

Como Hitchcock e Stahl (2003) discutem, esses princípios não são aplicáveis com excelência quando se fala de aprendizagem. Desta forma, há uma vertente educacional chamada design universal para a aprendizagem. Conforme explicam os autores, o design universal para a aprendizagem significa criar currículos escolares “que são concebidos, projetados, desenvolvidos e validados para alcançar resultados para o mais amplo espectro de alunos, inclusive aqueles com deficiência, sem necessidade de adaptação posterior ou projeto especializado” (HITCHCOCK; STAHL, 2003, p.48).

Rose (2000) explica, em complemento, que o design universal para a aprendizagem segue quatro premissas de oposição ao ensino tradicional não inclusivo: a primeira, de que estudantes com deficiência não sejam encaixados em uma categoria separada dos demais; a segunda, que os ajustes de currículo, materiais, etc. sejam feitos a todos os estudantes, não somente aos com deficiência; a terceira, que haja o uso de múltiplos materiais além do livro didático; e, a quarta, de que o currículo seja flexível e adaptável às necessidades dos estudantes, e não o contrário.

O design universal para a aprendizagem segue três princípios, que são prover múltiplas maneiras de (1) engajamento; (2) representação; e (3) ação e expressão (CAST, 2018). Cada princípio ainda se desdobra em diretrizes, que passam pelas etapas de acessar, criar e internalizar o conhecimento (CAST, 2018). Por exemplo, uma das diretrizes da categoria de múltiplos meios de representação é o de “oferecer alternativas para a informação visual” (CAST, 2018), que está diretamente conectada à inclusão do estudante cego no currículo.

Por fim, o design inclusivo opera sob o conceito de ser o design que “considera toda a gama de diversidade humana com respeito às habilidades, linguagens, cultura, gênero, idade e outras formas de diferença humana” (INCLUSIVE DESIGN RESEARCH CENTRE, 2022, s.p., tradução nossa). É mais pragmático se comparado às outras vertentes e segue quatro premissas, de acordo com Benyon (2019, p.105, tradução nossa):

- “A capacidade variável não é uma condição especial de poucos, mas uma característica comum de ser humano, e mudamos física e intelectualmente ao longo de nossas vidas”.
- “Se um design funciona bem para pessoas com deficiência, funciona melhor para todos”.
- “Em qualquer momento de nossas vidas, nossa autoestima, identidade e bem-estar são profundamente afetados por nossa capacidade de funcionar em nosso ambiente físico com uma sensação de conforto, independência e controle”.
- “Usabilidade e estética são compatíveis entre si”.

Gomes e Quaresma (2018) destacam que o envolvimento e/ou foco nas pessoas com deficiência em projetos de design inclusivo é uma maneira de assegurar que mais pessoas possam utilizar a solução final, mas sem estabelecer um artefato exclusivo para elas, já que a premissa é atender um público maior. Desta forma, o design inclusivo segue três princípios: (1) reconhecimento da diversidade e singularidade; (2) processos e ferramentas inclusivas e; (3) impacto benéfico mais amplo (INCLUSIVE DESIGN RESEARCH CENTRE, 2022).

Também há uma vertente educacional do design inclusivo, o design inclusivo para a aprendizagem. De acordo com Watkins, Treviranus e Roberts (2020), o design inclusivo

para a aprendizagem e o design universal para a aprendizagem são complementares entre si, com a diferença de que o primeiro é um processo, uma prática e uma cultura, e o segundo busca definir critérios técnicos para preparar o ambiente de aprendizagem. “Design inclusivo para a aprendizagem alavanca a comunidade global de educação aberta para cocriar e compartilhar opções de aprendizagem para atender todo o espectro das necessidades dos estudantes” (WATKINS; TREVIRANUS; ROBERTS, 2020, p.2, tradução nossa).

O processo de design inclusivo para a aprendizagem objetiva incluir os estudantes marginalizados pelo currículo padrão, gerando sistemas educacionais que sejam flexíveis e adaptáveis. Neste sentido, a educação aberta e os recursos educacionais abertos se tornam ferramentas ideais para o desenvolvimento de estratégias, currículos, materiais, sistemas de avaliação, etc. que sejam inclusivos e cocriados em comunidade (WATKINS; TREVIRANUS; ROBERTS, 2000).

Ao que se entende, o design inclusivo se difere do design universal e do *design for all* por ter uma abordagem mais pragmática e contextualizada das pessoas com deficiência. Isso significa compreender que não há um produto, serviço ou informação que atenderá a todos, nem mesmo a um grupo de pessoas que compartilham da mesma deficiência. Isso porque parte do princípio que os seres humanos são multifacetados e carregam experiências únicas (BENYON, 2019; INCLUSIVE DESIGN RESEARCH CENTRE, 2022; PERSSON et al., 2015).

“Toda decisão de design tem o potencial de incluir ou excluir [...]” (INCLUSIVE DESIGN TOOLKIT, 2020, s.p.), assim como não são descontextualizadas nem feitas isoladas de um sistema maior. Como resultado disso, o design inclusivo compreende que por vezes a inclusão total não será alcançável, ainda que seja o objetivo (BENYON, 2019). Entretanto, toda solução, mesmo que limitada e contextualizada, possui potencial para incluir e gerar uma experiência benéfica para outras pessoas, mesmo aquelas além do seu foco principal.

Fora dessas três vertentes, outras manifestações do design também promovem conexões com a acessibilidade. Uma delas é o que Lupton e Lipps (2018) chamam de design sensorial, que faz uso dos múltiplos sentidos humanos – nas formas convencionais ou não –, para criar experiências ou melhorar a qualidade de vida das pessoas. Explicam que quando as soluções criativas com os sentidos são usadas “para expandir o acesso à informação, produtos e ambientes”, também se “expande o discurso sobre design inclusivo” (LUPTON; LIPPS, 2018, p.6, tradução nossa).

Também se discute acessibilidade como uma vertente da usabilidade, que permeia a ergonomia e o design. É citado em pesquisas e projetos de design de interação, por exemplo, como parte da experiência do usuário, com o intuito de eliminar barreiras e tornar

os sistemas efetivos, eficazes e satisfatórios às pessoas com deficiência (BENYON, 2019; PREECE; ROGERS; SHARP, 2019).

Uma prática que se entrelaça com o design da informação e o design inclusivo é o da linguagem simples. Ela tem por objetivo deixar textos acessíveis, fáceis de ler e de se compreender, utilizando não somente técnicas de escrita, mas também de organização visual – como hierarquia e tipografia (FISCHER, 2018; REDE LINGUAGEM SIMPLES BRASIL, 2022; SCHRIVER, 2017).

O uso da linguagem simples possui forte utilização por governos como forma de deixar os textos claros, objetivos e concisos aos seus cidadãos, tais como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Austrália, Nova Zelândia e Colômbia (FISCHER; MONT'ALVÃO; RODRIGUES, 2019). No Brasil, destaca-se o Projeto de Lei PL 6256/2019, que visa instituir uma Política Nacional de Linguagem Simples na administração pública brasileira.

A linguagem simples se entrelaça ao design inclusivo pois compartilha a visão de que é necessário entender o leitor e perceber suas necessidades e/ou limitações, entregando a informação de forma simples, objetiva e inclusiva (SANCHES; BUENO, 2022). Além disso, “um texto simples não é considerado acessível se, e somente se, atingir pessoas com deficiência. A inclusão de um texto em linguagem simples alcança a outros indivíduos, estando entre eles os com deficiência” (SANCHES; BUENO, 2022, p. 238), que se assemelha aos princípios do design inclusivo.

Esta tese se identifica com a abordagem do design centrado no humano, assim como o design inclusivo, o design inclusivo para a aprendizagem e a utilização da linguagem simples enquanto prática inclusiva dentro do design. Em suma, entende-se que tanto o contexto quanto as particularidades das pessoas com deficiência precisam ser consideradas em qualquer projeto de design que seja voltado a elas (inclusive trazendo-as junto ao processo de criação), ainda que também se almeje ampliar a solução para um público maior. Ou seja, os resultados atendem às necessidades de pessoas específicas – neste caso, estudantes cegos, mas não são excludentes ao uso de um público mais abrangente.

3.3 CEGUEIRA

A deficiência visual é considerada uma deficiência sensorial, com dois grupos distintos: baixa visão e cegueira (LIMA, 2019). São duas escalas oftalmológicas utilizadas na avaliação da deficiência visual: a acuidade visual, ou seja, “a capacidade de reconhecer determinado objeto a determinada distância” e o campo visual, “a amplitude da área alcançada pela visão” (OTTAIANO et al., 2019, p.10). Considera-se com baixa visão aqueles

que variam de acuidade visual entre 0,3 e 0,05. Valor igual ou menor que 0,05, a pessoa é considerada cega (tabela 1).

TABELA 1 – CATEGORIAS DA DEFICIÊNCIA VISUAL.

ACUIDADE VISUAL PELA DISTÂNCIA		
Categoria	Pior que:	Igual ou melhor que:
0	Deficiência visual leve ou sem deficiência	20/70 3/10 (0.3) 6/18
1	Deficiência visual moderada	20/70 3/10 (0.3) 6/18
2	Deficiência visual severa	20/200 1/10 (0.1) 6/60
3	Cegueira	20/400 1/20 (0.05) 3/60
4	Cegueira	5/300 (20/1200) 1/50 (0.02) 1/60*
5	Cegueira	Sem percepção de luz
9	-	Indeterminada ou sem especificação

* Ou contagem de dedos (CD) a 1 metro.

FONTE: Ottaiano et al. (2019).

Por estas definições, entende-se que os cegos podem ainda manter uma visão residual, em forma de vultos, percepção de luz e contar dedos a curtas distâncias (OTTAIANO et al., 2019). Em números, estima-se que no mundo hajam cerca de 36 milhões de cegos, e outras 216,6 milhões de pessoas com visão subnormal; no Brasil, no último censo de 2010, foram contabilizadas 35,7 milhões de pessoas que se declararam ter de alguma dificuldade de enxergar, até não conseguir enxergar de modo algum (IBGE, 2010; OTTAIANO, 2019). A tabela 2 informa os dados da deficiência visual no Brasil.

TABELA 2 – NÚMEROS DA DEFICIÊNCIA VISUAL NO BRASIL DE ACORDO COM O CENSO 2010.

DIFICULDADE DE ENXERGAR		
Não consegue de modo algum	Grande dificuldade	Alguma dificuldade
506.377	6.056.533	29.211.482

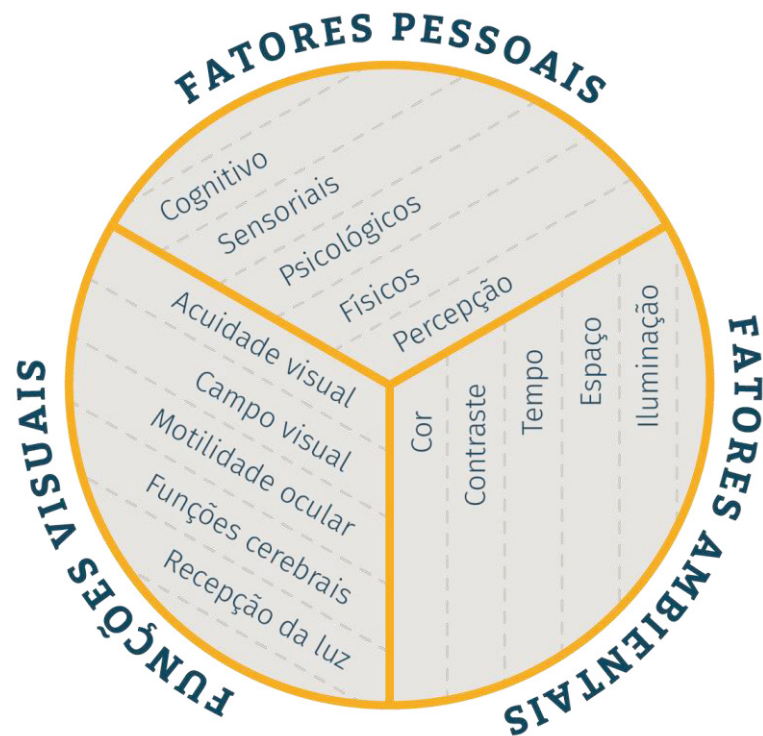
FONTE: IBGE (2010).

A maior parte das crianças cegas nasceram com a deficiência ou a adquiriram no primeiro ano de vida (OTTAIANO et al., 2019). Ainda pelos mesmos autores, as principais causas de cegueira infantil são: cicatrizes corneanas; catarata; glaucoma; retinopatia da prematuridade; erros de refração, ambliopia e estrabismo. Na população adulta, as principais causas de cegueira são: catarata, glaucoma, retinopatia diabética, degeneração macular, tracoma e opacidades de córnea, e também erros refracionais (OTTAIANO et al., 2019).

De acordo com Almeida e Araújo (2013), a cegueira pode ser congênita ou adquirida. Congênita quando a cegueira se manifesta desde o nascimento até os cinco anos de idade, idade em que a acuidade visual se iguala com a do adulto. Adquirida quando a cegueira acontece após os cinco anos de idade, podendo ser de forma súbita ou progressiva (ALMEIDA; ARAÚJO, 2013).

Porém, é consenso que a deficiência visual (assim como outros tipos de deficiência) não é traduzida em apenas números ou através da dimensão médica. Há também a dimensão social e contextualizada, em todas as suas esferas, no trabalho, na escola, no dia a dia, lazer, esportes, turismo, artes, cultura, etc. Por exemplo, o que Lima (2019, p.4) comenta sobre a caracterização da cegueira do ponto de vista educacional: “na cegueira ocorre uma perda total ou a presença de um resíduo mínimo de visão que leva a pessoa a necessitar do Sistema Braille como meio de leitura e escrita”. Mendonça et al. (2008) mencionam fatores ambientais, pessoais e funções visuais como influências do funcionamento visual (figura 12).

FIGURA 12 – INFLUÊNCIAS DO FUNCIONAMENTO VISUAL.



FONTE: A autora, adaptado de Mendonça et al. (2008).

Como explica Amiralian (2009), as pessoas cegas se diferenciam das outras pela sua organização perceptiva. As pessoas cegas utilizam outros sentidos para perceberem o mundo, ou seja, na falta da visão, interagem por meio dos sentidos táteis, auditivos e cinestésicos (AMIRALIAN, 2009).

Para substituir o recebimento de informações visuais e/ou espaciais, os sentidos utilizados são o tato e a audição (LOOMIS; KLATZKY; GIUDICE, 2012). Um maior aprofundamento sobre as percepções tátil e auditiva é tratado no Capítulo 4.

Sabendo-se disso, falar de inclusão da pessoa cega significa compreender que sua percepção é diferente e, assim, direcionar serviços, produtos, ambientes, etc. para que sirvam a estas necessidades. Logo, qualquer artefato que seja visual (a exemplo, um cartaz; sinalização; websites; imagens) e que não tenha nenhuma alternativa sensorial – tátil ou auditiva -, será excludente.

A respeito disso, a acessibilidade informacional e inclusão escolar de pessoas cegas se dá pelo mesmo caminho, na superação de qualquer barreira que evite o cego de ter o acesso ao mesmo conteúdo, na mesma qualidade. Entretanto, como Loomis, Klatzky e Giudice (2012) afirmam, em um projeto de design inclusivo para pessoas cegas, não é feita somente a substituição de um sentido pelo outro.

Simplesmente ter uma solução tecnológica para converter a entrada visual em saída tátil ou auditiva não é suficiente para uma substituição sensorial bem-sucedida. Dispositivos eficazes devem considerar as capacidades e limitações do sistema perceptivo-cognitivo humano que fundamentam a função a ser suportada (LOOMIS; KLATZKY; GIUDICE, 2012, P.182, tradução nossa).

Mendonça et al. (2008) discorrem que, em estudantes cegos, o desenvolvimento pode ser prejudicado pelo recebimento de informações imprecisas ou má desenvolvidas nos sentidos tátil e auditivo. Garcia e Souza (2016) também mencionam a orientação e mobilidade como uma barreira a ser superada na educação de cegos. Entretanto, salientam que “a maior dificuldade de adequação [de estudantes cegos] ainda está relacionada à aprendizagem, que aumenta com o transcorrer das séries ou anos escolares, na medida em que a complexidade dos conteúdos torna-se maior” (GARCIA; SOUZA, 2016, p.41).

O desenvolvimento de materiais didáticos inclusivos, aliado ao uso de Tecnologia Assistiva, é essencial para o desenvolvimento dos estudantes cegos. O uso de Tecnologia Assistiva pode ajudar na recepção de informações e na superação de barreiras (COOK; POLGAR, 2015).

3.4 TECNOLOGIAS PARA A ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL DE PESSOAS CEGAS

Estudantes cegos utilizam os sentidos tátil e auditivo para obter informações. Logo, a Tecnologia Assistiva utilizada para a aprendizagem reflete esta particularidade, sendo recursos que priorizam o tato, a audição ou, ainda, estimulam os dois sentidos. Aqui são mencionados exemplos, tais como o Braille, a audiodescrição, imagens táteis e audiotáteis, leitores de tela.

O Braille é um sistema de escrita e leitura tátil que substitui o alfabeto convencional. Cada letra, símbolo ou número é formado por uma cela Braille, composta de seis pontos. Os seis pontos são ou não colocados em relevo, dependendo da configuração do sinal. Assim, cada combinação de pontos em relevo significa um sinal diferente (figura 13).

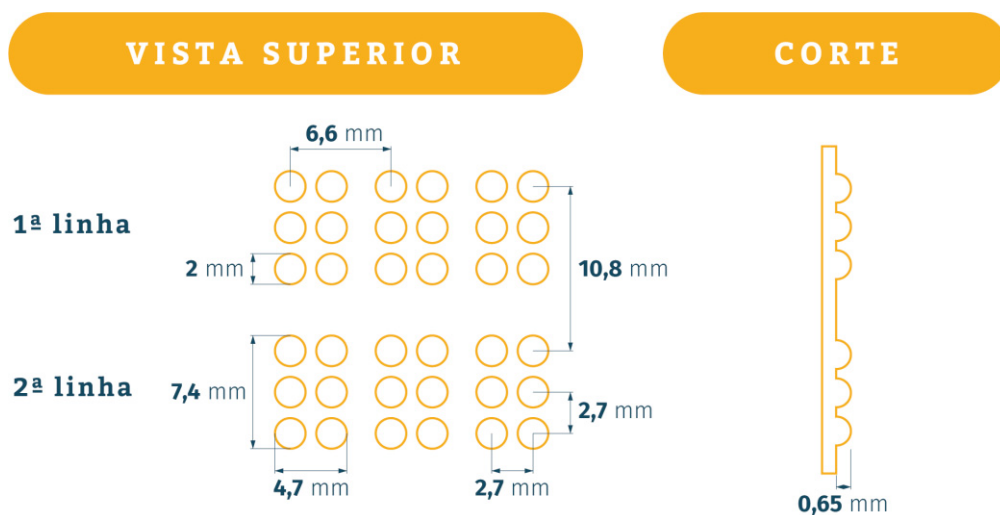
FIGURA 13 – ALFABETO BRAILLE.



FONTE: A autora (2023).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normatiza (na NBR 9050) o tamanho e configuração da cela Braille, que possui 4,7mm de largura por 7,4mm de altura, em um formato retangular (MEC, 2018). Espaçamentos e outras medidas são ilustradas na figura 14.

FIGURA 14 - MEDIDAS DA CELA BRAILLE.



FONTE: A autora, baseado em MEC (2018).

O Ministério da Educação (MEC, 2018) também possui normas técnicas específicas para a produção de textos em Braille, organizadas em uma cartilha. Além disso, indica os integrantes que a equipe de produção deve conter: adaptador/editor/transcritor, designer gráfico, revisor Braille, assistente de revisor, impressor, controlador de paginação e auxiliar de acabamento (MEC, 2018).

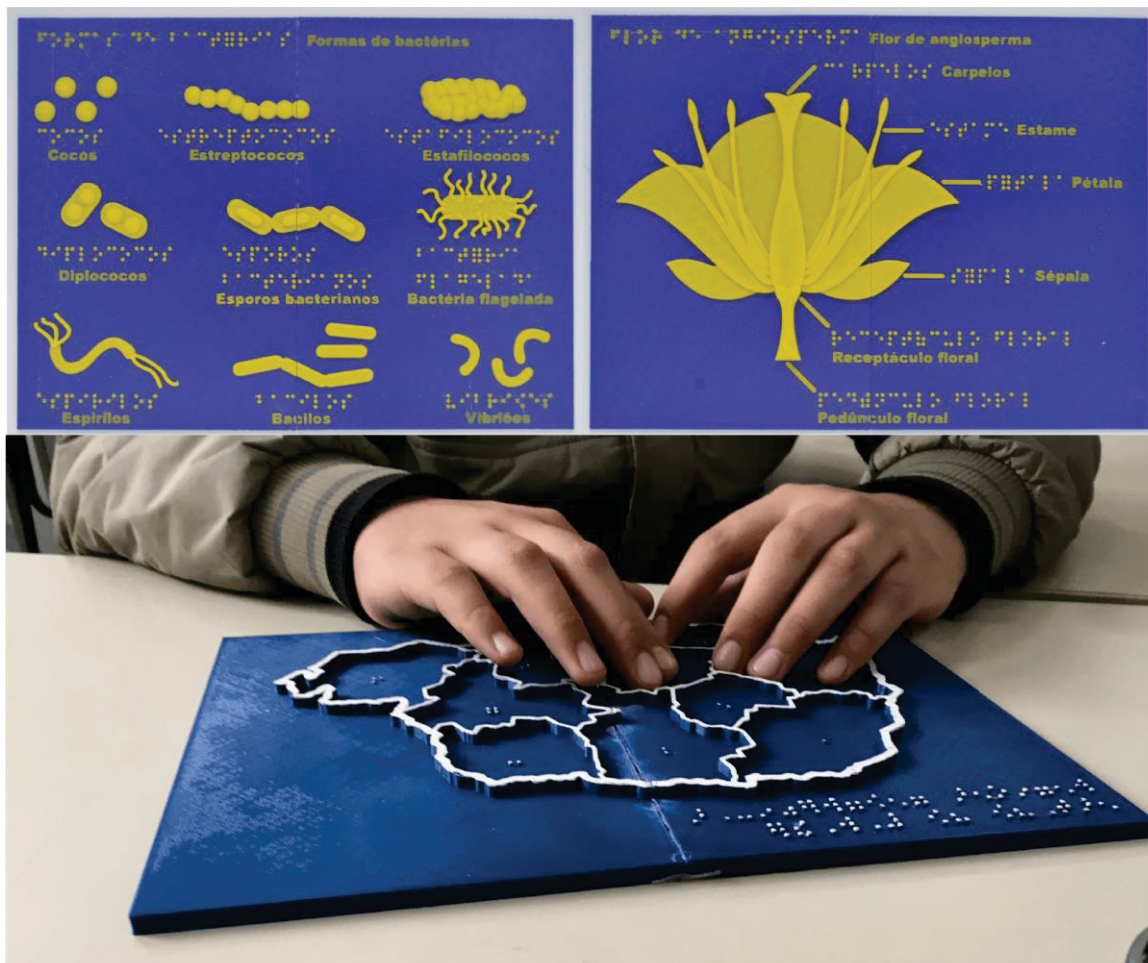
É inerentemente um processo físico, já que se apoia no relevo tátil para funcionar. Pode ser impresso ou usado através de dispositivos eletrônicos. São exemplos: impressora Braille, punção e reglete, gravação em relevo (*embossing*), display Braille, linha Braille (COOK; POLGAR, 2015; LIMA, 2019; SONZA, 2013), impressão 3D.

Acompanhando o Braille no sentido tátil, as imagens táteis também são materiais utilizados na educação (VALENTE, 2009). São adaptações ou réplicas táteis de imagens originalmente visuais, objetos grandes ou inacessíveis. São aplicadas a qualquer disciplina que necessite de apoio gráfico pedagógico. Se necessário, pode conter legendas e rótulos em Braille.

Como aponta Valente (2009, p.67), “estruturas mais complexas, outras mais simples, opções teóricas variadas e por vezes mesmo incompatíveis. Assim se define o contexto de fabricação de imagens figurativas táteis para cegos”. Ou seja, sofrem variação de tema, complexidade e simplicidade, finalidade, material, custo, etc.

Desta forma, podem ser produzidas por diversas maneiras e com diferentes materiais, como através de matriz e uma máquina de termoformagem, processos artesanais, impressão 3D (figura 15), corte a laser, impressão em relevo com papel microencapsulado ou impressora Braille (FROSCHE, 2020; KOLITSKY, 2019; SANCHES, 2018; SONZA, 2013; VALENTE, 2009).

FIGURA 15 – EXEMPLOS DE IMAGENS TÁTEIS IMPRESSAS EM 3D.



FONTE: A autora (2023).

A escolha do material e processo de fabricação depende do contexto e da aplicação, que vai determinar, inclusive, os níveis de detalhamento da imagem e a qualidade sensorial necessária (LUPTON; LIPPS, 2018).

Não há um regulamento rígido (tal como a norma para Braille) de como uma imagem tátil precisa ser projetada e fabricada, mas existem esforços para, ao menos, recomendar as melhores práticas e organizar diretrizes, potencializando a compreensão e conforto tátil da imagem por parte do estudante cego, e guiando educadores e produtores de materiais táteis. Exemplos disso são as diretrizes do BANA (2010) e o modelo de tradução de imagens 2D para imagens táteis impressas em 3D (SANCHES, 2018).

Já a audiodescrição é uma Tecnologia Assistiva que se apoia no sentido auditivo do estudante cego para entregar informações visuais (LIMA, 2019). Motta e Romeu Filho (2010, p.11) apresentam a audiodescrição como uma “atividade de mediação linguística, uma modalidade de tradução intersemiótica, que transforma o visual em verbal, abrindo possibilidades maiores de acesso à cultura e à informação, contribuindo para a inclusão cultural, social e escolar”.

A descrição da audiodescrição na NBR 16452 é:

recurso de acessibilidade comunicacional que consiste na tradução de imagens em palavras por meio de técnicas e habilidades, aplicadas com o objetivo de proporcionar uma narração descritiva em áudio, para ampliação do entendimento de imagens estáticas ou dinâmicas, textos e origem de sons não contextualizados, especialmente sem o uso da visão” (ABNT, 2016, p.1).

Já Franco e Silva (2010, p. 23) comentam que a prática da audiodescrição é a “transformação de imagens em palavras para que informações-chave transmitidas visualmente não passem despercebidas e possam também ser acessadas por pessoas cegas ou com baixa visão”.

Como Lima (2019, p.34) descreve, são variadas as aplicações da audiodescrição, por exemplo, “ilustrações nos livros didáticos e livros de história, gráficos, mapas, vídeos, fotografias, experimentos científicos, desenhos, feiras de ciências, visitas culturais”. Pode ser feita simultaneamente, ou ser pré-gravada (NUNES; MACHADO; VANZIN, 2011). Vergara-Nunes (2016) argumenta que a audiodescrição está sempre acompanhada do material descrito, caso contrário, é considerada apenas uma descrição narrada.

Para Vergara-Nunes (2016), a audiodescrição precisa ser feita de tal forma que permita a total compreensão da imagem que se vê, incluindo os aspectos relevantes e essenciais. Há, porém, diferença entre uma audiodescrição padrão e uma audiodescrição didática, conforme exposto por Vergara-Nunes (2016, p.270) no quadro 2.

QUADRO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE AUDIODESCRIÇÃO PADRÃO E DIDÁTICA.

AUDIODESCRIÇÃO PADRÃO	AUDIODESCRIÇÃO DIDÁTICA
Descreve o que está na imagem	Apresenta informações extras
Prima pela objetividade	Considera a subjetividade
Invisibilidade do tradutor	Visibilidade do tradutor
Ausência de interpretação	Toda audiodescrição é interpretação
Linguagem neutra	A linguagem neutra não existe
Sem emoções	Emoções
Foco na ação e/ou na descrição	Foco no objetivo uso da imagem
Foco na obra visual	Foco no receptor
Tecnologia de acessibilidade visual	Ferramenta de ensino com imagens
Apresenta a imagem ao receptor	Auxilia na aprendizagem do aluno
Considera o receptor como grupo	Considera o receptor como indivíduo
O audiodescritor não interfere	Há interferência do audiodescritor
Ocupa-se da acessibilidade	Ocupa-se da inclusão

FONTE: Vergara-Nunes (2016, p.270).

O autor reforça que “uma audiodescrição adotada dentro do contexto de ensino, cujo objetivo é a aprendizagem do aluno, precisa ter características próprias e não apenas as genéricas normas e orientações para audiodescrições comerciais” (VERGARA-NUNES (2016, p.242).

A audiodescrição, independente da aplicação, é benéfica não somente para as pessoas com deficiência visual, mas também para pessoas com deficiência intelectual, idosos e disléxicos (MOTTA; ROMEU FILHO, 2010).

Outra tecnologia utilizada com frequência por cegos é o leitor de tela, não só para a aprendizagem, mas para qualquer outro tipo de informação textual compartilhada em telas – computadores, tablets, celulares (NUNES; MACHADO; VANZIN, 2011; SONZA, 2013). Os leitores de tela são softwares que interagem com o sistema operacional do dispositivo, transformando em áudio sintetizado aquilo que se dispõe como texto na tela, ou que podem ser traduzidos em texto de forma equivalente (SONZA, 2013). Por exemplo, botões, links e

imagens são elementos que podem ser lidos pelos leitores de tela caso sejam acessíveis e possuam textos alternativos nos seus metadados.

Por fim, imagens audiotáteis são exemplos de um material que estimula tanto o tato quanto a audição de estudantes cegos. São similares ao funcionamento de uma imagem tátil convencional, entretanto, há o acréscimo de informações sonoras. Abd Hamid e Edwards (2013, p.38, tradução nossa) explicam que “as limitações do tátil convencional induzem à investigação de abordagens multimodais em que a audição e o tátil são combinados para alcançar o melhor aprendizado [...]”. A tecnologia é detalhada no subcapítulo seguinte.

3.5 IMAGENS AUDIOTÁTEIS

O uso de materiais de diferentes modalidades sensoriais, combinados, não é uma novidade. Por exemplo, utilizar uma imagem tátil e também uma audiodescrição em uma aula, ou textos em Braille em conjunto com materiais digitais lidos por leitor de tela. Igualmente, não é uma novidade quando o próprio material desenvolvido é percebido tanto pelo tato quanto pela audição. Evidências acadêmicas do uso do tato e da audição em um dispositivo para cegos (não necessariamente para a aprendizagem) são da década de 1970 (SLAMECKA et al., 1972; BLAZIE; CRANMER, 1976).

Quando são imagens, adota-se o nome deste tipo de material como imagens audiotáteis (LUPTON; LIPPS, 2018). Em 1989, um dispositivo de *hardware* conectado ao computador, chamado NOMAD, foi criado por Don Parkes, que “prometeu aprimorar a experiência tátil, permitindo o usuário ver fotos, gráficos, diagramas, etc., e então pressionar vários recursos para ouvir descrições, rótulos e outros materiais de áudio explicativos” (LANDAU; GOURGEY, 2001, s.p., tradução nossa).

Outro *hardware* similar criado para a mesma finalidade é o *Talking Tactile Tablet*, do designer Steven Landau, ainda hoje comercializado na sua segunda versão (figura 16).

FIGURA 16 – TALKING TACTILE TABLET.



FONTE: Touch Graphics (2015).

Consiste em um display *touch* ligado ao computador e software especializado. Imagens táteis em relevo impressas em folhas de papel microencapsulado são colocadas por cima do *display*, que serve como a interface física entre o que se toca e o que se ouve, ou seja, é uma combinação de relevo tátil e descrições em áudio (LANDAU; GOURGEY, 2001; TOUCH GRAPHICS, 2015).

Do mesmo designer, outro projeto ilustra o conceito. Utilizando impressão 3D, material condutivo e uma tela *touch*, desenvolveu um mapa audiotátil interativo para o castelo Smithsonian (LUPTON; LIPPS, 2018). Ainda de acordo com Lupton e Lipps (2018), para ouvir o áudio, o cego explora a imagem com as duas mãos, toca uma vez no modelo do castelo para ouvir seu nome, toca duas vezes para ouvir mais explicações (figura 17).

FIGURA 17 – IMAGEM AUDIOTÁTIL DO CASTELO SMITHSONIAN.



FONTE: Lupton e Lipps (2018, p.164).

Entretanto, assim como imagens táteis, outras abordagens – tecnológicas, de materiais – podem ser usadas. O que se entende é que a imagem audiotátil se utiliza dos sentidos tátil e auditivo, de forma complementar e interativa, para prover informações. Logo, as formas de fabricação tátil podem ser as mesmas (impressão 3D e papel microencapsulado, como nos exemplos anteriores). Já a tecnologia usada para acrescentar áudio também é variada, como eletrônicos embutidos, telas *touch*, processamento de imagem RGB (*Red, Green, Blue*), escaneamento de código de barras, visão computacional, realidade aumentada, canetas digitais especializadas e materiais condutivos (LUPTON; LIPPS, 2018; THEVIN et al., 2019).

As imagens audiotáteis apresentam vantagens em relação ao uso de imagens táteis. Uma das vantagens mais evidentes é a não necessidade do uso de legendas e rótulos em Braille (ainda que possam ser usados como complemento), tornando a imagem concisa, menor e mais barata. Isso também facilita o uso da imagem audiotátil por estudantes que não sabem ler Braille ou não são cegos. A interação por áudio pode ser reconfigurada, trazendo outras informações ou modificações conforme a necessidade. Por fim, por seu caráter interativo, existem evidências de maior satisfação e eficiência no uso, em relação às imagens táteis convencionais (GRIFFIN; PICINALI; SCASE, 2020; HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018; THEVIN et al., 2019).

Por outro lado, todo o aparato tecnológico e/ou eletrônico, assim como a expertise necessária para o design de imagens audiotáteis, podem tornar o uso excessivamente complicado ou impreciso (GRIFFIN; PICINALI; SCASE, 2020; THEVIN et al., 2019). Por

isso, há a necessidade de atenção no processo de planejamento, design e escolha dos materiais mais adequados para cada situação de aprendizagem.

Imagens audiotáteis, em especial as impressas em 3D, são objeto de estudo central da pesquisa. As particularidades das imagens impressas em 3D, assim como o estado da arte e os aspectos da interação audiotátil são discutidos no capítulo 5.

3.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo inicia o referencial teórico necessário para o desenvolvimento da tese. Por ser o primeiro, traz o panorama geral e contextualizado da pesquisa, ou seja, acessibilidade, educação, design e cegueira.

Primeiro, conceitua-se a acessibilidade, com foco na acessibilidade informacional, as barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência, a Tecnologia Assistiva e a educação inclusiva – incluindo as dificuldades e as ações a serem desenvolvidas para se avançar na inclusão escolar.

Em segundo lugar, apresenta-se a relação do design com a acessibilidade, nas abordagens que levam em consideração a pessoa com deficiência (design centrado no humano, design centrado no usuário, *design for all*, design universal, design inclusivo, design sensorial, usabilidade, linguagem simples). Evidencia-se que a tese se apoia no design centrado no humano, no design inclusivo e no design inclusivo para a aprendizagem.

A partir disso, a discussão é focada na cegueira, através de conceituação, acessibilidade informacional através do tato e audição, educação e Tecnologia Assistiva. Este último, desdobra-se em Braille, imagens táteis, audiodescrição, leitores de tela e imagens audiotáteis.

É dada uma ênfase maior na conceituação de imagens audiotáteis, apresentando exemplos, vantagens e desvantagens em seu uso. A partir disso, o capítulo se encerra para dar espaço à discussão teórica específica, isso quer dizer, a percepção no contexto da cegueira (capítulo 4) e imagens audiotáteis impressas em 3D (capítulo 5).

4 A PERCEPÇÃO NO CONTEXO DA CEGUEIRA

Este capítulo visa abordar como funciona a percepção tátil e auditiva da pessoa cega, em face da compensação sensorial ocorrida pela falta da visão. O capítulo divide-se em, primeiramente, apresentar o que é percepção, cognição, memória e a relação entre eles. Em seguida, trata-se da percepção tátil e auditiva isoladamente. Por fim, aborda a percepção simultânea entre o tato e a audição, visto que em uma imagem audiotátil, os dois sentidos são necessários para a compreensão do material.

4.1 PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO

O conjunto de órgãos que compõe o organismo humano é considerado um sistema, dividido em quatro subsistemas: sensorial, nervoso central, osteomuscular e auxiliares (IIDA; BUARQUE, 2016). De forma simplificada, o subsistema sensorial é o que capta os estímulos do ambiente, através dos olhos, ouvidos, receptores cutâneos, etc.; no subsistema nervoso central, esses estímulos são processados; o subsistema osteomuscular executa os movimentos e; os subsistemas auxiliares dão o suporte necessário para os outros subsistemas e são compostos por órgãos vitais como coração e pulmão (IIDA; BUARQUE, 2016).

Considerando o tema desta tese e a necessidade de compreender como ocorre a percepção da informação da pessoa cega (em particular, para a aprendizagem), os subsistemas de interesse consistem no sensorial e nervoso central – responsáveis pela captação dos estímulos táteis e sonoros, percepção da informação, e processamento cognitivo.

No subsistema sensorial, alguns órgãos são responsáveis pela captação de estímulos sensoriais específicos. Os cinco sentidos básicos são a visão, audição, tato, olfato e paladar (IIDA; BUARQUE, 2016). Os estímulos são captados, respectivamente, pelos olhos, ouvidos, pele, nariz e língua. Comenta-se brevemente sobre o funcionamento dos ouvidos e dos sensores cutâneos da pele.

O ouvido tem por função captar variações de pressão do ar, propagadas em ondas, e transformar essa ação mecânica em um sinal elétrico capaz de ser compreendido pelo sistema nervoso central (GRONDIN, 2016; IIDA; BUARQUE, 2016). Essas ondas sonoras possuem três características físicas: frequência, intensidade (ou amplitude) e duração (GRONDIN, 2016; IIDA; BUARQUE, 2016).

A frequência de um som é medida em hertz (Hz) e significa o número de flutuações ou vibrações por segundo. Já a intensidade de um som depende da energia das oscilações

e é medida por decibéis (dB). A duração do som é a medida em segundos. O ouvido humano é capaz de captar sons entre 20 e 20.000Hz, e entre 20 a 140 dB (IIDA; BUARQUE, 2016).

Enquanto isso, a pele é responsável por captar os estímulos por meio do toque, utilizando sensores cutâneos (IIDA; BUARQUE, 2016). Hersh e Johnson (2008) também mencionam que há sensores nos músculos, tendões e juntas, entretanto, estes não são considerados nesta pesquisa. São quatro tipos de sensores na pele: os que captam pressão (ou seja, o contato), vibração, dor e calor. São distribuídos por toda a pele, porém, algumas partes são mais sensíveis, como as mãos e pés (HERSH; JOHNSON, 2008; IIDA; BUARQUE, 2016).

Para Lida e Buarque (2016) existem duas formas de captação de estímulos táteis pelos dedos e mãos: toque ativo e toque passivo. No toque ativo, a pessoa desloca suas mãos e dedos sobre a superfície; no toque passivo, os dedos e mãos se mantêm parados, recebendo os estímulos (como vibrações) do objeto.

Os estímulos recebidos pelos órgãos sensoriais são, então, levados para processamento no sistema nervoso central. Esse processo é a percepção. Para Lida e Buarque (2016), a percepção é significado dado aos estímulos sensoriais. Para Cybis, Betiol e Faust (2010), a percepção organiza e classifica os estímulos recebidos, em classificações já pré-existentes na memória.

Lida e Buarque (2016, p.464) detalham sobre todo o processo de receber e interpretar estímulos sensoriais:

a percepção está ligada à recepção, reconhecimento e interpretação de uma informação, comparando-a com uma informação anteriormente armazenada na memória. Depende também das experiências (conhecimentos) anteriores e de fatores individuais como personalidade, nível de atenção e expectativas (IIDA; BUARQUE, 2016, p.464).

Por fim, o processo cognitivo tem por objetivo interpretar todas as informações recebidas e organizadas, levando-se em consideração conhecimentos prévios armazenados na memória (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). O processo cognitivo é o que engloba a percepção, a memória, a atenção (PREECE; ROGERS; SHARP, 2019).

Em suma, entende-se estímulo como “um fenômeno natural cuja existência produz uma reação dos órgãos sensitivos humanos”; já a percepção é o “conjunto dos mecanismos de organização das sensações” e; cognição “se refere aos processos que visam interpretar e dar significado a essas sensações organizadas” (CYBIS; BETIOL, FAUST, 2010, p.383).

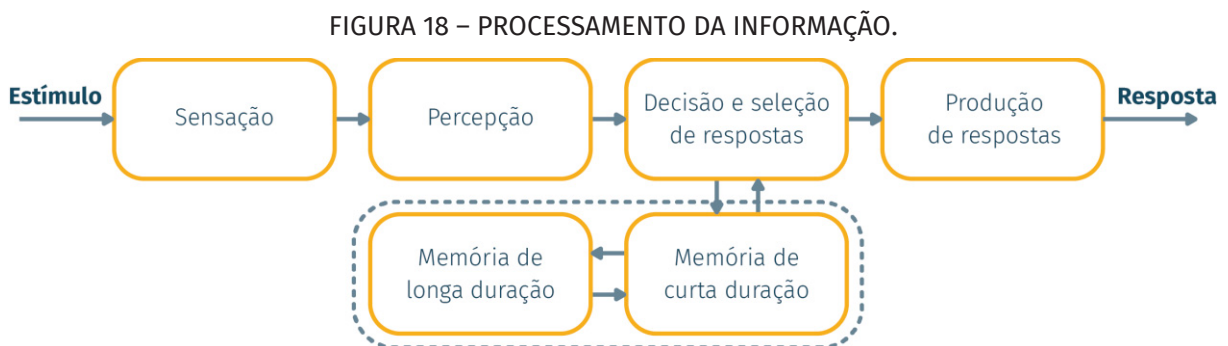
Sabe-se, então, que a percepção e cognição estão atreladas não somente entre si e à informação sensorial, mas também à memória. São três tipos de memória, a sensorial, a de trabalho e a de longo prazo (ou permanente).

Cybis, Betiol e Faust (2010) explicam que a memória sensorial é de rápido esquecimento, onde as informações armazenadas ainda estão nas categorias sensoriais recebidas (visual, sonora, tátil, etc.). A partir dela, informações relacionadas à tarefa executada que indiquem ser pertinentes são conduzidas para a memória de trabalho (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016).

A memória de trabalho também retém informações por um curto prazo, ainda que maior que a memória sensorial – cerca de cinco a trinta segundos. De acordo com Iida e Buarque (2016), há o esquecimento da maior parte de informações. Isso ocorre, ainda de acordo com os autores, pelo tempo decorrido após perceber uma informação ou pela sobrecarga da memória. No processo cognitivo, é na memória de trabalho em que há a tomada de decisão, tanto com informações novas recebidas de estímulos sensoriais quanto informações previamente armazenadas na memória de longo prazo (BARBOSA; SILVA, 2010).

“A informação que é reativada diversas vezes na memória de trabalho, seja para ser analisada ou simplesmente decorada, é gravada em uma estrutura de memória [...]” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010, p.391-392), que é a memória de longo prazo. A capacidade de armazenamento é muito mais elevada em relação a memória de trabalho, assim como a durabilidade das informações (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016). Tem caráter associativo e mantém modelos mentais relativos a estruturas, conceitos e procedimentos (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016).

A figura 18 resume e ilustra a percepção e cognição.



FONTE: A autora, baseado em Iida e Buarque (2016, p.468).

O processo cognitivo de receber, perceber e reagir a uma informação também é válido em situações de aprendizagem. Porém, de acordo com Preece, Rogers e Sharp

(2019), há diferentes tipos de cognição, de acordo com o contexto, o esforço despendido, o objetivo, etc. Mencionam como tipos de cognição: pensar, aprender, decidir, ver, ler, escrever.

Em geral, divide-se a cognição em experiencial ou reflexiva. “A cognição experiencial é um estado de espírito em que as pessoas percebem, agem e reagem aos eventos ao seu redor de forma intuitiva e sem esforço” e “cognição reflexiva envolve esforço mental, atenção, julgamento e tomada de decisão, que podem levar a novas ideias e criatividade”. (PREECE; ROGERS; SHARP, 2019, p.102, tradução nossa). Este último é o caso da aprendizagem.

Dentro da aprendizagem, as autoras dividem entre a aprendizagem incidental, quando não há a intenção ativa de aprender algo; e a aprendizagem intencional, quando o objetivo da tarefa é saber e lembrar (PREECE; ROGERS; SHARP, 2019). Destacam que a “[...] interfaces de manipulação direta são bons ambientes para suportar este tipo de aprendizagem ativa [...]” (PREECE; ROGERS; SHARP, 2019, p.119, tradução nossa). Imagens audiotáteis podem ser consideradas interfaces onde há a manipulação direta do usuário com a superfície tátil e pontos de resposta em áudio.

Na falta da visão, o cérebro da pessoa cega (congenita ou adquirida) é capaz de se reorganizar, redirecionando o espaço antes dedicado ao processamento visual para compreender outros sentidos, tais como o tato e a visão (LOOMIS; KLATZKY; GIUDICE, 2012; SACKS, 2010). Cegos adquiridos resguardam em sua memória referências visuais (KASTRUP, 2007), mesmo que o sistema seja reorganizado para outros sentidos. Em cegos congênitos, o “sistema cognitivo é, desde o nascimento, constituído com base nos demais sentidos e sem referência a elementos visuais” (KASTRUP, 2007, p.70).

Sabendo-se como funciona o processamento de informações de maneira geral e, entendendo que o cego utiliza outros sentidos para compensar a falta da visão, faz-se necessário discutir a percepção tátil e auditiva de pessoas cegas com especificidade, os dois sentidos principais para captar informações sobre o ambiente.

4.2 PERCEPÇÃO TÁTIL

Como já estabelecido, o tato é um dos sentidos primordiais utilizados pelos cegos para a percepção de mundo e de informações. É com frequência utilizado como o substituto da visão (COOK; POLGAR, 2015), como uma compensação sensorial (KASTRUP, 2007). Ainda que compartilhem características em comum, os dois sentidos possuem especificidades perceptivas, que devem ser levadas em consideração ao projetar informações para um ou outro sentido (COOK; POLGAR, 2015; HERSH; JOHNSON, 2008).

Cook e Polgar (2015) discorrem sobre informações visuais serem percebidas espacialmente, enquanto informações táteis são tanto percebidas espacialmente quanto temporalmente. Além disso, a percepção espacial tátil é proximal, o que significa que o reconhecimento tátil é feito apenas daquilo que está ao alcance e em contato com os dedos, mãos e braços, enquanto a percepção visual permite reconhecer objetos à distância (KASTRUP, 2007; SANCHES, 2018).

Hersh e Johnson (2008) fazem a comparação entre performances do tato e da visão, indicando em quais tarefas os dois sentidos performam similarmente (ainda que o tato demore mais tempo); tarefas onde o tato não consegue performar – ou realiza com muito atraso em relação à visão; e tarefas onde a o tato é superior (quadro 3).

QUADRO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE TATO E VISÃO.

TAREFAS QUE OS DOIS SENTIDOS PERFORMAM SIMILARMENTE	VISÃO SUPERA O TATO	TATO SUPERA A VISÃO
Encontrar arestas que separam as superfícies 3D.	Fornecer a visão geral de uma cena.	Perceber o peso dos objetos.
Localizar objetos em relação ao observador no espaço próximo (ao alcance dos braços).	Perceber o espaço tridimensional além do alcance do braço.	Perceber a dureza das superfícies.
Perceber o tamanho de objetos não muito grandes que podem ser explorados.	Perceber cores.	Perceber a temperatura das superfícies.
Perceber a forma de objetos não muito complicados e grandes.	Perceber as bordas de uma imagem bidimensional (sem relevo).	
Perceber a textura de superfícies (às vezes o tato é melhor que a visão).		

FONTE: Hersh e Johnson (2008, p.138, tradução nossa).

Para Loomis, Klatzky e Giudice (2012), a percepção tátil não tem a mesma resolução que a visão, o que significa que a capacidade de informações percebidas por vez é menor. Kastrup (2007) detalha a percepção tátil. De acordo com a autora, a percepção tátil tem por característica ser sequencial, ou seja, a exploração da superfície tocada é feita por partes, fragmentada e em sequência, de acordo com o movimento voluntário da pessoa cega. A estas informações percebidas através do tato, Cook e Polgar (2015) chamam de informações espaciais-temporais.

Por essa razão, o tato possui menos sensibilidade ao princípio da figura-fundo e às leis da Gestalt de organização espacial (KASTRUP, 2007). Isto puxa o alerta de que a

transposição de informações visuais para táteis não pode assumir a postura de apenas impor a configuração visual como ela se encontra, mas sim, de se adaptar de forma equivalente a informação.

Ericksson (2012) discute como tudo o que é tangível é passível de ser percebido pelo tato, mas não necessariamente compreendido. Para a autora, poder interpretar informações táteis depende de um aprendizado, não é intrínseco nem espontâneo. Por isso, é preciso exercitar a percepção tátil de pessoas cegas, prover experiências, desde criança (DUARTE, 2011; KASTRUP, 2007; MENDONÇA et al., 2008) – ou tão logo a cegueira seja adquirida.

Em um ambiente escolar, isso significa oportunizar estudantes cegos a todo o conteúdo de sua classe, disponibilizar materiais táteis e audiotáteis que os auxiliem na aprendizagem conceitual, concreta e perceptiva.

Vale destacar que pessoas cegas não tem o sentido tátil superdesenvolvido, mas o seu melhor desempenho na identificação de informações táteis vem da maior atenção dada aos signos não visuais e da reorganização do sistema cognitivo (KASTRUP, 2007).

Tratando-se especificamente de superfícies táteis de imagens, estudos da cartografia tátil apresentam variáveis gráficas táteis e elementos gráficos básicos, que regem a construção da imagem, para serem percebidos pelas mãos. Similarmente aos elementos básicos visuais, os elementos básicos táteis são ponto, linha e área (LOCH, 2008). Gual, Puyuelo e Lloveras (2014) adotam o volume como mais um elemento gráfico, levando em consideração imagens táteis tridimensionais.

As variáveis gráficas táteis são baseadas nas variáveis gráficas visuais definidas por Bertin (LOCH, 2008). De acordo com Loch (2008), consideram-se variáveis gráficas táteis: tamanho, padrão (textura/granulação), forma, e volume (a autora considera o volume uma variável, e não um elemento gráfico). A figura 19 ilustra as variáveis táteis.

FIGURA 19 – VARIÁVEIS GRÁFICAS TÁTEIS.



FONTE: A autora, baseado em Loch (2008).

Utilizando estas variáveis gráficas táteis e outras recomendações acerca do design de imagens táteis, Sanches (2018) propôs um modelo de tradução das informações visuais de imagens bidimensionais em imagens táteis tridimensionais, com o objetivo de serem impressas em 3D. O modelo é composto por três níveis de tradução: representação gráfica, objetos gráficos e estrutura espacial. Ainda conta com um checklist final e apêndices informativos, como exemplos de texturas táteis e glossário de termos.

A partir destas informações, busca-se fazer o paralelo, também, das particularidades da percepção auditivas de pessoas cegas.

4.3 PERCEPÇÃO AUDITIVA

A audição é outro sentido comumente utilizado como um substituto da visão (COOK; POLGAR, 2015). De acordo com os autores, a audição é melhor preparada para substituir a visão em informações de linguagem (ou seja, verbais) do que para informações espaciais complexas (COOK; POLGAR, 2015).

Entretanto, ainda assim a audição é capaz de perceber informações espaciais e, inclusive, é utilizada para a orientação e mobilidade da pessoa cega (MENDONÇA et al., 2008). Além de informações verbais para orientação no espaço, a audição auxilia o cego a se posicionar em relação a outros objetos presentes no ambiente, através do som emitido por eles, bem como tamanho e dimensões, pelo eco e direção em que são produzidos (MENDONÇA et al., 2008).

A audição quando usada para perceber informações visuais, tal como em uma audiodescrição, pode ter a presença de sons e imagens (SILVA, 2012). Tem-se o exemplo

da audiodescrição, que transforma as informações visuais verbais (palavras escritas) e não-verbais (imagens) em linguagem falada e as combina com informações acústicas verbais (palavras faladas) e não-verbais (música, efeitos sonoros), comenta Silva (2012).

Loomis, Klatzky e Giudice (2012) argumentam que, assim como o tato, a audição também não possui a mesma capacidade de processamento de informações – se comparada com a visão. A audição é percebida temporalmente, “isso significa que é o tempo das relações em sinais auditivos que fornecem informações” (COOK; POLGAR, 2015, p.317, tradução nossa), já a visão é percebida espacialmente. Kastrup (2007) complementa que a audição tem a percepção à distância, mas dependem da ordem em que os estímulos são apresentados, ao contrário do tato, que é proximal e pode criar sua própria ordem de exploração.

A percepção e a discriminação de sons em cegos se mostra ser mais precisa, pela mesma razão de um melhor desenvolvimento tátil – a atenção e os estímulos do cérebro são reorganizados para essas habilidades, como uma compensação (HÖTTING; RÖDER, 2009; KASTRUP, 2007).

Em um ambiente educacional, Mendonça et al. (2008) argumentam que o som precisa ter significado, que a interação auditiva da criança cega deve ser estimulada de forma precoce, com associações de nomes a objetos, verbos e movimentos, e a exploração do ambiente, “desenvolvendo deste modo a liberdade dos seus movimentos locomotores, satisfazendo a sua curiosidade e aumentando o seu conhecimento auditivo” (MENDONÇA et al., 2008, p. 72).

4.4 PERCEPÇÃO TÁTIL E AUDITIVA

Kastrup (2007) comenta sobre as atividades do dia a dia da pessoa cega que envolvem a percepção simultânea entre audição e tato:

Para as ações da vida prática, é preciso aprender a prestar a atenção aos signos que chegam pela audição e pelo tato: reconhecer pessoas pela voz, ouvir o ruído dos carros para atravessar a rua, usar as sensações táteis dos pés e aquelas transmitidas pela bengala, perceber signos auditivos para saber a posição e distância de objetos do ambiente etc. É também preciso que se aprenda a distribuir a atenção entre mais de um sentido numa atividade complexa, como circular pela cidade, assistir uma aula ou participar de uma reunião social (KASTRUP, 2007, p. 71-72).

Logo, entende-se que utilizar mais de um sentido para realizar tarefas é algo comum ao cego, assim como para qualquer outra pessoa – com ou sem deficiência. Aos cegos, tem-se a particularidade da audição e tato serem prevalentes quando se trata de

adquirir informações. Pela descrição de Kastrup (2007), fica claro que a percepção auditiva e tátil não é usada apenas em tarefas automatizadas, com esforço cognitivo baixo, mas também em tarefas complexas que requerem atenção, como assistir uma aula.

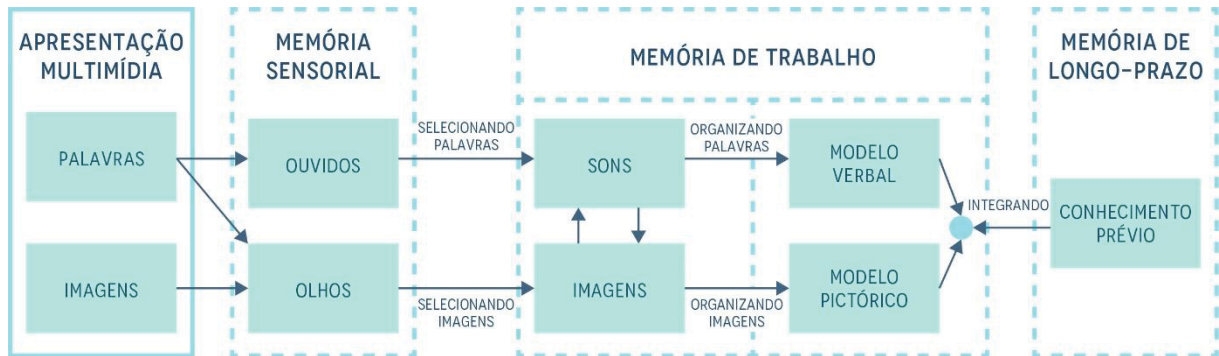
O que não fica evidente, entretanto, é se a divisão da carga cognitiva para a percepção sonora e tátil é benéfica à aprendizagem do estudante cego. Paralelamente, esta investigação foi realizada para aprendizes que enxergam, onde Mayer (2009) teoriza sobre a vantagem de se utilizar palavras e imagens como forma de aperfeiçoar o aprendizado.

Mayer (2009) sugere a Teoria Cognitiva do Aprendizado Multimídia (TCAM), onde parte-se da ideia de que utilizar os canais visual e auditivo para perceber materiais contendo palavras e imagens, resulta em uma aprendizagem mais significativa do que por apenas uma modalidade. O autor explica:

Uma teoria cognitiva de aprendizagem multimídia assume que o sistema de processamento de informações humano inclui canais duplos para processamento visual/pictórico e auditivo/verbal, cada canal tem capacidade limitada de processamento e a aprendizagem ativa envolve a realização de processamento cognitivo apropriado durante a aprendizagem. Cinco etapas na aprendizagem multimídia são selecionar palavras relevantes do texto ou narração apresentada, selecionar imagens relevantes das ilustrações apresentadas, organizar as palavras selecionadas em uma representação verbal coerente, organizar as imagens selecionadas em uma representação visual coerente e integrar as representações visuais e verbais e conhecimento prévio. O processamento das imagens ocorre principalmente no canal visual/pictórico; o processamento das palavras faladas ocorre principalmente no canal auditivo/verbal; mas o processamento de palavras impressas ocorre inicialmente no canal visual/pictórico e depois passa para o canal auditivo/verbal (MAYER, 2009, p. 57, tradução nossa).

Como explicado, são três premissas que baseiam a construção da teoria: canais duplos, capacidade limitada e processamento ativo (MAYER, 2009; RUDOLPH, 2017; SORDEN, 2013). Primeiro, o processamento de informação acontece em mais de um canal, verbal/auditivo e o visual/pictórico; segundo, cada canal é limitado na sua capacidade de processamento de informação e; terceiro, a aprendizagem significativa demanda maior carga cognitiva (MAYER, 2009; SORDEN, 2013). A partir disso, Mayer (2009) constrói sua teoria, onde dividir a carga cognitiva em mais de um canal é proveitoso para a aprendizagem e que, na memória de trabalho, o aprendiz organiza as informações e traz experiências armazenadas na memória de longo prazo. A figura 20 esquematiza a TCAM.

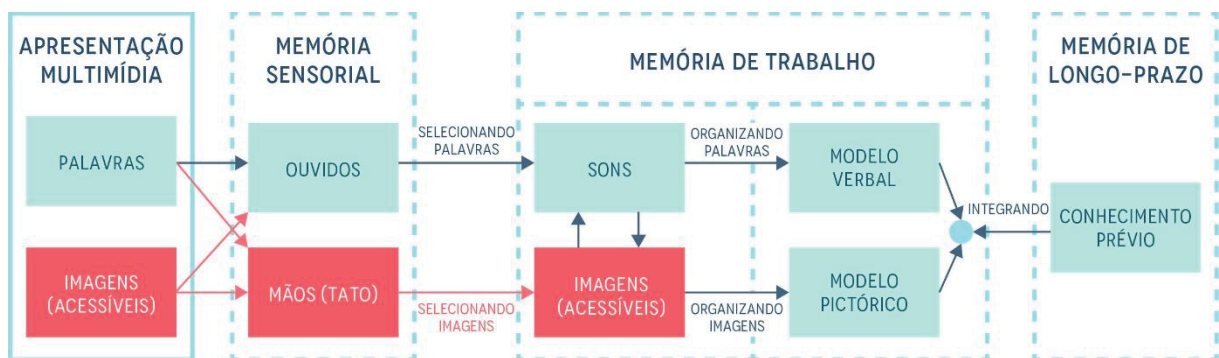
FIGURA 20 – TEORIA COGNITIVA DO APRENDIZADO MULTIMÍDIA.



FONTE: Sanches, Bueno e Okimoto (2021).

A TCAM, como dito anteriormente, baseia-se na aprendizagem de pessoas que enxergam, já que considera a percepção visual como um dos canais investigados. Inclusive, é uma teoria já testada com centenas de pessoas. Entretanto, seria possível extrapolar a teoria e criar hipóteses de que a TCAM também pode refletir a aprendizagem de cegos, desde que considerando a compensação sensorial da falta da visão através do tato e da audição. Essa reflexão sobre a TCAM é proposta por Sanches, Bueno e Okimoto (2021), na qual o esquema de Mayer (2009) foi adaptado de modo a considerar os canais tátil e auditivo (figura 21).

FIGURA 21 – TEORIA COGNITIVA DO APRENDIZADO MULTIMÍDIA, ADAPTADA.



FONTE: Sanches, Bueno e Okimoto (2021).

Desta forma, propõe-se que o uso de dois canais sensoriais distintos (neste caso, o tato e a audição) para perceber materiais multimídia seriam benéficos para a aprendizagem de cegos. Sanches, Bueno e Okimoto (2021, no prelo) fazem reflexões teóricas simplificadas, porém evidências de outros autores sobre cognição e percepção do cego sugerem que há, de fato, preferência ou melhora no uso de materiais audiotáteis (e,

portanto, utilizando percepção auditiva e tátil simultaneamente), em detrimento de materiais que focam a tarefa em apenas um sentido.

Quero, Bartolomé e Cho (2021) compararam duas exposições de arte acessíveis aos cegos, uma com imagens táteis e outra com imagens audiotáteis. Os autores comentam sobre a preferência dos participantes pela exposição que utilizava tanto recursos sonoros quanto táteis, onde também expressaram que “ouvir o áudio localizado ao tocar na área do modelo 3D os ajudou a criar uma imagem espacial melhor da forma e localização do objeto na tela” (QUERO; BARTOLOMÉ; CHO, 2021, p.14, tradução nossa). Uma das razões apontadas para a preferência pelo uso de imagens audiotáteis foi a carga cognitiva elevada na tarefa de alternar entre a leitura do Braille e a leitura da imagem tátil (QUERO; BARTOLOMÉ; CHO, 2021).

Já os estudos de Gori et al. (2014) sugerem que o uso de respostas táteis aliadas à audição pode auxiliar a pessoa cega em tarefas de localização espacial. Similarmente, Papadopoulos, Barouti e Koustriava (2016) compararam o uso de mapas táteis e mapas audiotáteis para aprender rotas em um ambiente. Os autores obtiveram resultados melhores quando os participantes utilizaram mapas audiotáteis. Afirmam que “pode-se presumir que o som e/ou a paisagem sonora têm um papel de suporte para a memória, enquanto que em combinação com o toque levam um indivíduo a organizar melhor o armazenamento e a evocação de informações espaciais” (PAPADOPOULOS; BAROUTI; KOUSTRIAVA, 2016, p.77, tradução nossa).

Por fim, Kastrup (2007) também comenta sobre a distribuição da percepção entre tato e audição, exemplificando com depoimentos recebidos de pessoas cegas em uma oficina de cerâmica. Para alguns, se atentar a signos auditivos (como ouvir música ou conversas paralelas) propiciava melhores condições para o trabalho tátil com a cerâmica (KASTRUP, 2007).

4.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo teve por objetivo discutir sobre a percepção tátil e auditiva da pessoa cega, já que é por intermédio destas que ocorre o entendimento de imagens audiotáteis. Em um primeiro momento, conceitua-se a percepção e noções que a permeiam: cognição, memória, aprendizagem, funcionamento dos ouvidos e da pele.

Em seguida, discute-se a percepção tátil dos cegos isoladamente, como funciona, como se compara com a visão e mesmo as variáveis gráficas táteis envolvidas na percepção. Depois, a percepção auditiva é também explicada, passando pela compensação sensorial na falta da visão e a função no ambiente escolar.

Por fim, o último subcapítulo discorre sobre o uso da percepção tátil e auditiva para realizar uma mesma tarefa, com o argumento de que, para a aprendizagem, o uso simultâneo (como em imagens audiotáteis) seria benéfico. Para tal, traz a Teoria Cognitiva do Aprendizado Multimídia, fazendo o paralelo entre o aprendizado de pessoas que enxergam e cegos.

O capítulo se apresenta como um intermediário, já que antes são apresentados os conceitos fundamentais que norteiam esta tese e, em seguida, o objeto central é debatido.

5 IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D

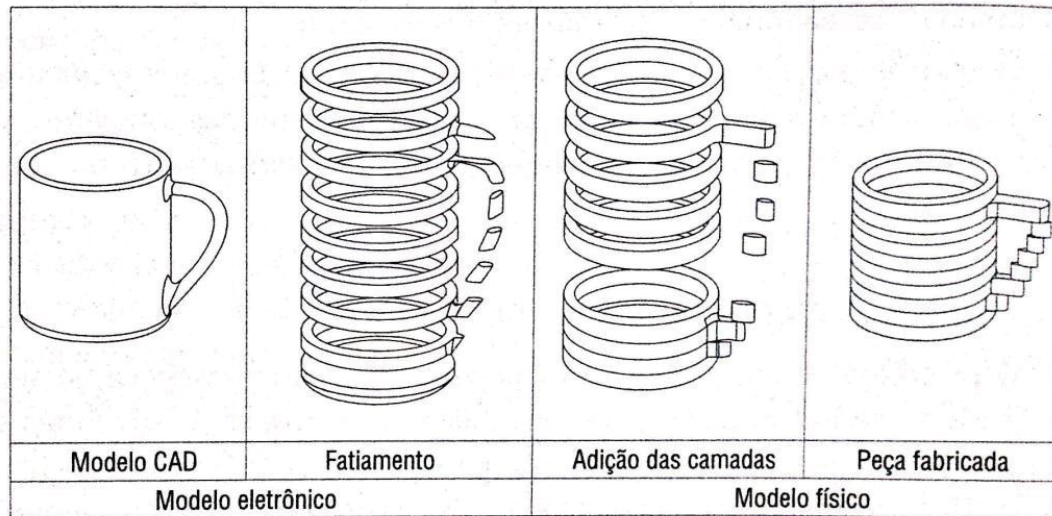
Neste último capítulo teórico, são abordados os assuntos referentes ao design de imagens audiotáteis, particularmente, as impressas em 3D. As imagens audiotáteis, como visto, são materiais acessíveis às pessoas cegas. Estas, utilizam outros canais sensoriais aquém da visão para adquirirem informações. Portanto, se faz necessário expor estas estratégias sensoriais (tátil e auditiva) utilizadas na compreensão da imagem audiotátil. Aqui, primeiro apresenta-se a tecnologia de impressão 3D para, em seguida, conceituar o que é uma imagem audiotátil impressa em 3D, como ocorre a interação da pessoa cega com o material, o estado da arte no tema, e algumas diretrizes e recomendações propostas para o design destas imagens.

5.1 TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D

Há três maneiras principais de fabricação: através da subtração, moldagem ou adição de materiais. Quando há adição de material de forma controlada por computador, o processo de fabricação é chamado de manufatura aditiva (JORDAN, 2019). Entretanto, esse processo de se adicionar material de forma computadorizada para formar um objeto físico também é popularmente chamado de impressão 3D, termo que se difundiu devido ao crescimento da cultura *maker* e acesso fora da indústria (CARVALHO; VOLPATO, 2006; GIBSON; ROSEN; STUCKER, 2015; JORDAN, 2019).

De acordo com Gibson, Rosen e Stucker (2015), a impressão 3D pode ser descrita pelo processo no qual um modelo digital tridimensional (um modelo CAD - *Computer-Aided Design*), é fabricado fisicamente, camada a camada, sem a necessidade de um planejamento complexo. Carvalho e Volpato (2006, p.3) detalham: “esta tecnologia permite fabricar componentes (protótipos, modelos, etc.) físico em 3 dimensões (3D), com informações obtidas diretamente do modelo geométrico gerado no sistema CAD, de forma rápida, automatizada e totalmente flexível”. Os mesmos autores ilustram os principais processos, conforme figura 22.

FIGURA 22 – PRINCIPAIS ETAPAS DA IMPRESSÃO 3D.



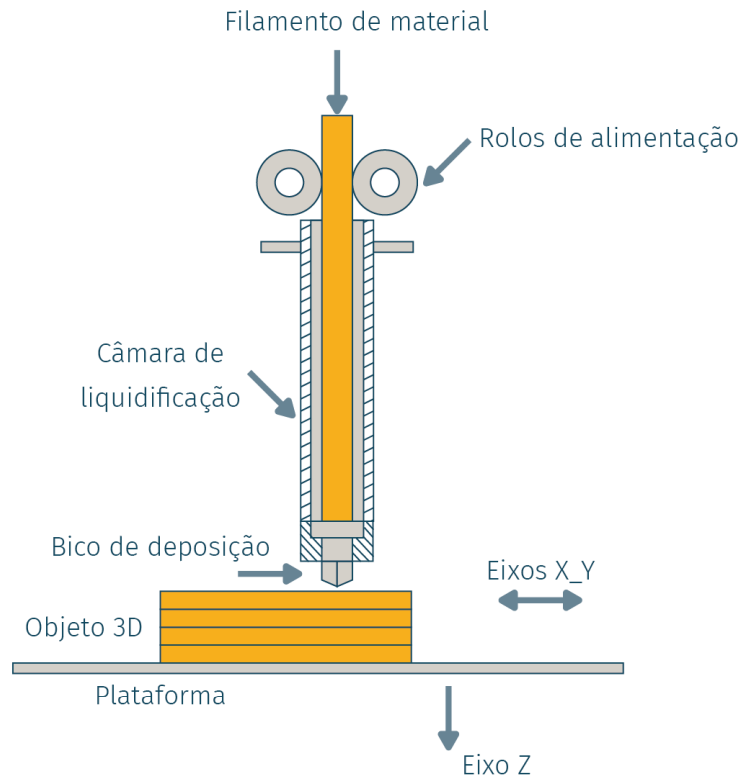
FONTE: Carvalho e Volpato (2006, p.4).

As impressoras 3D surgiram nos anos 80, cujo primeiro sistema se utilizava de um laser para curar uma resina líquida (HORVATH; CAMERON, 2020). Desde então, outras variações de sistema, materiais e processos foram desenvolvidos, ainda que apoiados no mesmo princípio de construção por adição de camadas (CARVALHO; VOLPATO, 2006; HORVATH; CAMERON, 2020). De forma geral, os processos são divididos entre os que usam material líquido, sólido ou pó (CARVALHO; VOLPATO, 2006).

A disseminação das impressoras 3D fora da indústria (consequentemente, o aumento da popularidade e diminuição de custos) se deu pela queda da patente da tecnologia *fused deposition modeling* (FDM), agora genericamente chamada de *fused filament fabrication* (FFF), em 2005 (HORVATH; CAMERON, 2020). Hoje, a maior parte das impressoras industriais ou do mercado consumidor usam o sistema FFF (JORDAN, 2019).

Impressoras 3D FFF funcionam através da extrusão de material, geralmente termoplástico (SHAH RUBUDIN; LEE; RAMLAN, 2019). A cabeça de impressão esquentando o material até seu estado semilíquido e, em seguida, move-se sob uma mesa de impressão (em coordenadas x, y e z), depositando uma fina camada de material na geometria configurada (JORDAN, 2019; VOLPATO, 2006). Repete-se o processo por quantas camadas forem necessárias até que o objeto físico seja finalizado. A figura 23 ilustra o processo.

FIGURA 23 – PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D.



FONTE: A autora, baseado em Cunico (2015, p.15).

A queda de patente das impressoras FFF abriu espaço para o RepRap, um movimento de compartilhamento gratuito de projetos de impressoras 3D na internet sob licença aberta (*open source*), com peças da impressora passíveis de serem impressas por outras impressoras 3D, e com o encorajamento para que a comunidade troque experiências, alterações e melhorias (HORVATH; CAMERON, 2020; JORDAN, 2019).

Em 2009, o desenvolvimento de impressoras 3D se dividiu amplamente em dois campos: aqueles que forneciam impressoras industriais grandes (normalmente com alguma tecnologia proprietária) e uma grande rede informal de pessoas trabalhando em impressoras de código aberto RepRap ou similares baseadas em filamentos (HORVATH; CAMERON, 2020, p.7, tradução nossa).

Isso alterou o cenário do público consumidor e das áreas de aplicação. Com impressoras 3D de baixo custo e fáceis de serem operadas (assim como outras ferramentas de fabricação digital), o uso fora da indústria aumentou, juntamente com o crescimento de um movimento *maker*. O movimento surge do empoderamento das pessoas para criar seus próprios objetos, solucionar problemas em coletivo, compartilhar espaços físicos e virtuais, projetos gratuitos e experiências com a comunidade (HATCH, 2013; JORDAN, 2019).

Todo o movimento está alinhado “com princípios da era digital (colaboração, compartilhamento, rede, *open design*, co-design e outros)” (MONFREDINI; FROSCHE, 2018, p.8). Hatch (2013) escreve no Manifesto Maker:

Várias tendências estão se unindo para impulsionar o Movimento Maker. Ferramentas baratas, poderosas e fáceis de usar desempenham um papel importante. Acesso mais fácil ao conhecimento, capital e mercados também ajudam a impulsionar a revolução. Um foco renovado em recursos comunitários e locais e um desejo por coisas mais autênticas e de qualidade, junto com um interesse renovado em como fazer as coisas, também contribui para o movimento (HATCH, 2013, p.9, tradução nossa).

Monfredini e Frosch (2019) comentam sobre a existência dos espaços *maker*, ou ainda, FabLabs (laboratórios de fabricação digital), espaços colaborativos equipados com as máquinas e ferramentas necessárias para impulsionar o desenvolvimento de projetos. Esses espaços são abertos à sociedade e podem estar localizados, também, dentro de ambientes de ensino (MONFREDINI; FROSCHE, 2019). Além de impressoras 3D, os espaços *maker* são equipados com scanners, cortadoras a laser, kits de eletrônica (como Arduino), máquina CNC, etc. (MONFREDINI; FROSCHE, 2019).

Desta forma, a educação é uma das áreas beneficiadas pela impressão 3D e pelo movimento de compartilhar projetos e conhecimento. Inclusive, como Ford e Minshall (2019) apontam, a maior parte das impressoras 3D utilizadas para o ensino são as de baixo custo. Podem ser usadas em qualquer nível de ensino, desde o ensino fundamental à pós graduação. Incorporar o uso da impressão 3D no ensino trazem benefícios como aprendizagem facilitada, desenvolvimento de habilidades, melhora do engajamento dos estudantes e professores, criatividade, inclusão de estudantes com deficiência e desenvolvimento de materiais didáticos (BUEHLER et al., 2016; FORD; MINSHALL, 2019). As imagens audiotáteis para estudantes cegos são um dos exemplos de matérias didáticos inclusivos possíveis de serem fabricados através da impressão 3D.

Ainda de acordo com Ford e Minshall (2019), são cinco as principais aplicações da impressão 3D no ensino e nos ambientes escolares: (1) ensino da impressão 3D aos estudantes; (2) ensino da impressão 3D aos educadores; (3) ensino de habilidades criativas, design e metodologia; (4) produção de artefatos que auxiliam na aprendizagem; (5) desenvolvimento de Tecnologia Assistiva.

Entretanto, ainda que sejam evidenciadas as oportunidades para o uso da impressão 3D em comunidade, com compartilhamento de projetos e experiências, com claras aplicações na educação inclusiva, algumas dificuldades permanecem ativas.

A exemplo, Monfredini e Frosch (2019) apontam como os espaços *maker*, instalados em universidades brasileiras, favorecem àqueles em cursos como engenharia,

arquitetura e design, tendo somente objetivos de ensino, ao invés de fomentar possibilidades de articulação da universidade com a sociedade. Woodson, Alcantara e Nascimento (2019) complementam ao mencionar que as impressoras 3D são subutilizadas em espaços *maker* brasileiros, e que o conhecimento está centralizado em poucas pessoas já experientes.

A proposta do movimento *maker* é a de que todos podem aprender e se beneficiar (REYNAGA-PEÑA et al., 2020), mas há ainda obstáculos na adoção de impressoras 3D como ferramenta inclusiva no ambiente escolar, seja na capacitação e inclusão das partes interessadas – educadores, estudantes com e sem deficiência, funcionários da escola, etc. -, no acesso a informações, no compartilhamento de projetos acessíveis existentes, no suporte de outros profissionais (tais como designers, engenheiros e programadores), ou mesmo acesso às impressoras e insumos (BUEHLER et al., 2016; WORSKEY; BAR-EL, 2020; WOODSON; ALCANTARA; NASCIMENTO, 2019).

Tendo conhecimento destas lacunas, esta tese busca contribuir com conhecimento e informação sobre o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Logo, é necessário explorar o estado da arte destes materiais.

5.2 ESTADO DA ARTE DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D

Como visto anteriormente, as imagens audiotáteis são um dos recursos possíveis de serem adotados na aprendizagem de estudantes cegos. São compostas por elementos táteis, acrescidas de interatividade através de gravações em áudio. Levando-se em consideração os princípios do design inclusivo e do design inclusivo para a aprendizagem, as impressoras 3D e o movimento *maker* se apresentam alinhados.

Desta forma, as imagens audiotáteis impressas em 3D são um nicho dentro de um universo inclusivo, fazendo a aliança da inclusão (e educação inclusiva) com uma produção descentralizada, em pequena escala, digital, compartilhada, cocriada e de acordo com as necessidades de cada um.

Por essas características, nota-se que as imagens audiotáteis, especificamente as impressas em 3D, possuem um caráter experimental. Neste sentido, não há ainda um consenso sobre a nomenclatura deste material.

Os autores Götzelmann (2016a) e Ghodke (2019) adotam o termo imagem audiotátil, mas é mencionado por outros autores como modelo interativo impresso em 3D (GIRAUD et al., 2017; SHI et al., 2017; ROSSETTI et al., 2018a; 2018b) ou ainda modelo tátil áudio-responsivo (KOLITSKY, 2019). Se a imagem é acrescida de outros estímulos sensoriais, além da interatividade por áudio e tato, pode ser chamada de imagem interativa

multissensorial (BRULE et al., 2016) ou ainda de imagens audiovisuotáteis (GÖTZELMANN, 2016b; 2018).

Entretanto, esta tese assume o nome imagens audiotáteis (do inglês, *audio-tactile graphics*) como principal. O nome modelo interativo impresso em 3D (dos originais em inglês *interactive 3D printed model*, ou *interactive 3D model*) aparece com maior frequência entre pesquisadores da área, mas não deixa em evidência a interação sensorial por audição, combinada com a exploração tátil. Pode, inclusive, abarcar outros sentidos, visão e olfato, como é o caso de modelos interativos apresentados por Brule et al. (2016) e Shi et al. (2018; 2019).

Ao contrário, adotar o nome imagens audiotáteis especifica que a forma de interação é através do tato e da audição. Além disso, se aproxima da nomenclatura usual das imagens táteis, já difundida como um material didático inclusivo na educação de cegos.

Para Götzelmann (2016a; 2018), as imagens audiotáteis são mais eficientes e satisfatórias do que imagens táteis. Para o autor, o áudio se combina ao tato como uma forma de interação, oferecendo informações extras ao mesmo tempo que diminui a complexidade tátil da imagem. Nas suas palavras, o objetivo é “fornecer informações adicionais armazenadas como conteúdo eletrônico a elementos gráficos nos quais o usuário está interessado” (GÖTZELMANN, 2018, p.4, tradução nossa).

Diminuir a complexidade de informações táteis e o tamanho físico da imagem sem perder qualidade (ou mesmo, aumentar a qualidade) é uma das principais vantagens apontadas por pesquisadores das imagens audiotáteis sobre as somente táteis.

A quantidade de informação tátil que pode ser representada em uma imagem é limitada ao seu espaço físico. Em uma imagem tátil, informações em Braille e outros elementos gráficos táteis competem no mesmo espaço, e podem ser até mesmo confundidos entre si (SHI; ZHAO; AZENKOT, 2017). Além disso, alguns estudantes cegos podem ainda não saber ler Braille (GÖTZELMANN, 2018; HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018).

Para Rossetti et al. (2018b) e Götzelmann (2016a; 2018), a junção da audição e tato no mesmo artefato auxilia a pessoa cega a criar imagens mentais do objeto real e ainda diminui o esforço cognitivo empregado na compreensão.

Optar pelo uso das impressoras 3D também é apontada como uma vantagem. Giraud e Jouffrais (2016) e Quero et al. (2018) mencionam como impressoras 3D e eletrônicas de baixo custo, assim como projetos de licença aberta, deixam as imagens audiotáteis acessíveis financeiramente de serem produzidas. A liberdade de construção de volumes tridimensionais (ao passo que outros processos como termoformagem e impressão em relevo são restritivos) é outra vantagem indicada (GHODKE, 2019; GHODKE et al., 2019; HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018).

Como Reinders, Butler e Marriott (2020) apontam, a maior parte das publicações sobre imagens audiotáteis impressas em 3D são centralizadas na tecnologia utilizada, com menos atenção para a usabilidade. Com isso em mente e, sabendo-se que possuem um caráter experimental, as formas de fabricação de uma imagem audiotátil são variadas. Não há regra ou consenso, entretanto, observa-se que, com maior frequência, as publicações focam o projeto no uso da impressão 3D (para o tato) combinada com placas eletrônicas, visão computacional ou telas sensíveis ao toque (para o áudio). A tabela 3 apresenta o panorama das publicações quanto as tecnologias usadas em conjunto com a impressão 3D. As publicações provêm da RBS e atualizações posteriores.

TABELA 3 – TECNOLOGIA USADA PARA ADICIONAR INTERAÇÃO POR ÁUDIO.

TECNOLOGIA USADA PARA ADICIONAR INTERAÇÃO POR ÁUDIO			
Tipo	Nº de publicações (total)	Nº de publicações (por grupo de autores)	Autores
Placas eletrônicas	10	6	Anagnostakis et al. (2016); Brito et al. (2016); Giraud et al. (2017); Giraud e Jouffrais (2016); Holloway, Marriott e Butler (2018); Leporini et al. (2020); Quero et al. (2018); Reinders, Butler e Marriott (2020); Rossetti et al. (2018a); Rossetti et al. (2018b)
Visão computacional	9	3	Götzelmann e Winkler (2015); Jafri et al. (2015); Jafri et al. (2017); Shi (2015); Shi et al. (2016a); Shi, Zhao e Azenkot (2017a); Shi, Zhao e Azenkot (2017b); Shi et al. (2018); Shi et al. (2019)
Telas sensíveis ao toque (touchscreen)	8	6	Brule et al. (2016); Davis et al. (2020); Götzelmann (2016a); Götzelmann (2016b); Götzelmann (2018); He et al. (2017); Kolitsky (2019); Taylor et al. (2016)
Captação sonora	2	2	Shi et al. (2016b); Tejada et al. (2018)
Caneta inteligente especializada	2	1	Ghodke (2019); Ghodke et al. (2019)
Tecnologia vestível (wearable)	1	1	D’Agnano et al. (2015)

FONTE: A autora (2023).

O uso de placas eletrônicas, apesar de se apresentar como um grupo único, manifesta-se em diferentes formas de interação da pessoa cega com a imagem audiotátil. Além disso, nota-se o uso de diferentes tipos de placas eletrônicas – Arduino UNO, Arduino

Nano, Bare Conductive TouchBoard, Raspberry Pi, Makey Makey. O pareamento entre impressão 3D e placas eletrônicas não é incomum, já que as duas tecnologias podem ser consideradas de baixo custo (GIRAUD et al., 2016) e parte da cultura *maker* (HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018).

A ideia principal deste conjunto é que a imagem audiotátil possua alguns pontos na superfície tátil (como um botão, um sensor ou pintura com tinta condutiva, por exemplo) que são ligados a uma placa eletrônica. Desta forma, quando há a interação tátil da pessoa cega com a imagem, esta pode tocar o ponto e desencadear a interação sonora.

Por exemplo, Anagnostakis et al. (2016) combinaram um aplicativo para celular, sensores capacitivos, uma placa Arduino UNO e uma réplica 3D para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual em exposições de museus. A réplica 3D é aumentada com sensores que, quando tocados, executam descrições em áudio sobre a obra. O aplicativo para celular auxilia a interação, com funções como categorias de informações sobre a exposição, pausar ou continuar o áudio.

Neste mesmo tópico, Quero et al. (2018) produziram um protótipo para a acessibilidade em obras de arte. Porém, ao invés de sensores, os autores utilizaram tinta condutiva e uma placa TouchBoard para criar a interação. A interação se inicia ao posicionar as mãos sobre a imagem audiotátil impressa em 3D, onde uma descrição geral é narrada. Depois disso, para ouvir explicações detalhadas sobre a obra durante a exploração tátil, os usuários realizam um toque duplo ou triplo sobre os elementos táteis pintados.

Gestos táteis também aparecem na pesquisa de Holloway, Marriott e Butler (2018), onde os áudios são tocados a partir de um toque único, toque duplo ou pressionar e segurar, em sensores capacitivos espalhados sobre a superfície tátil. Em oposição, Rossetti et al. (2018a; 2018b) fizeram uso de botões tangíveis impressos em 3D, conectados a uma placa Raspberry Pi. O usuário explora a imagem audiotátil com as mãos e, quando desejar, pressiona os botões para navegar as descrições em áudio. Os botões possuem formas distintas entre si, para diferenciar. Exemplos são apresentados na figura 24.

FIGURA 24 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE PLACAS ELETRÔNICAS.



FONTE: Holloway, Marriott e Butler (2018); Quero et al. (2018); Leporini et al. (2020); Reinders, Butler e Marriott (2020).

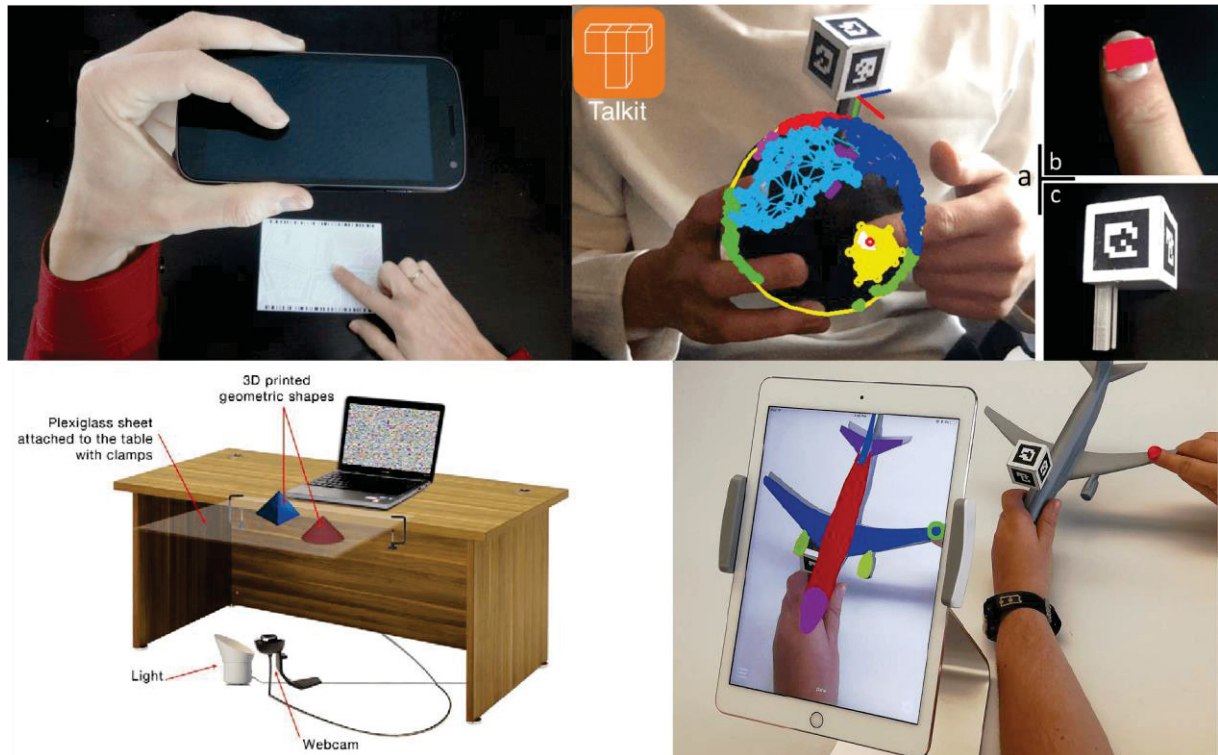
Outra tecnologia utilizada para adicionar áudio em imagens audiotáteis impressas em 3D é a visão computacional. Essa abordagem depende de uma câmera (externa a imagem audiotátil) e etiquetas (distintas visualmente da superfície tátil), que são rastreadas pela câmera. Assim, as etiquetas são reconhecidas pela câmera, e o sistema, então, aciona os arquivos em áudio correspondentes. A câmera pode ser de um celular, um tablet ou computador (GÖTZELMANN; WINKLER, 2015; JAFRI et al., 2015; SHI; ZHAO; AZENKOT, 2017b).

A exemplo, Jafri et al. (2015; 2017) desenvolveram um sistema rastreador tangível para ensinar formas tangíveis e conscientização espacial a crianças cegas. Para isso, os autores combinaram formas geométricas impressas em 3D com um sistema rastreador de código aberto (*open source*), chamado Trackmate. O sistema reconhece etiquetas visuais que são colocadas em cada superfície da impressão 3D e, como retorno, aciona áudio e informações sobre a posição do objeto no espaço. A câmera é colocada embaixo de uma mesa transparente e, assim, as crianças manipulam as formas geométricas por cima.

Outra forma de uso da visão computacional é apresentada por Shi, Zhao e Azenkot (2017b) e Shi et al. (2019). Os autores criaram um sistema único para o reconhecimento de imagens audiotáteis impressas em 3D. Este sistema também reconhece etiquetas, entretanto, a etiqueta é um cubo adicionado à imagem. A partir da exploração tátil, um

aplicativo chamado Talkit reconhece e interpreta a informação específica daquele cubo e daquela imagem. Para acionar áudio, o usuário pode tanto apontar o dedo para o elemento tátil ou usar comandos de voz. Exemplos são apresentados na figura 25.

FIGURA 25 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE VISÃO COMPUTACIONAL.



FONTE: Götzelmann e Winkler (2015); Shi, Zhao e Azenkot (2017b); Jafri et al. (2015); Shi et al. (2019).

O uso de telas sensíveis ao toque (como telas de celular e tablets) também é documentado nas publicações sobre o tema. Neste caso, as imagens audiotáteis impressas em 3D servem como uma superfície tátil sobreposta em um *display* eletrônico. Assim, a pessoa cega explora a imagem com as mãos, e acionam o feedback em áudio como se estivesse tocando a tela diretamente. Para que isso aconteça, é possível utilizar filamento 3D condutivo ou tinta condutiva, posicionar pequenos orifícios na superfície tátil ou fazer uma imagem fina o suficiente para que a tela reconheça o toque (GÖTZELMANN, 2016a; 2016b; TAYLOR et al., 2016; HE et al., 2017; KOLITSKY, 2019).

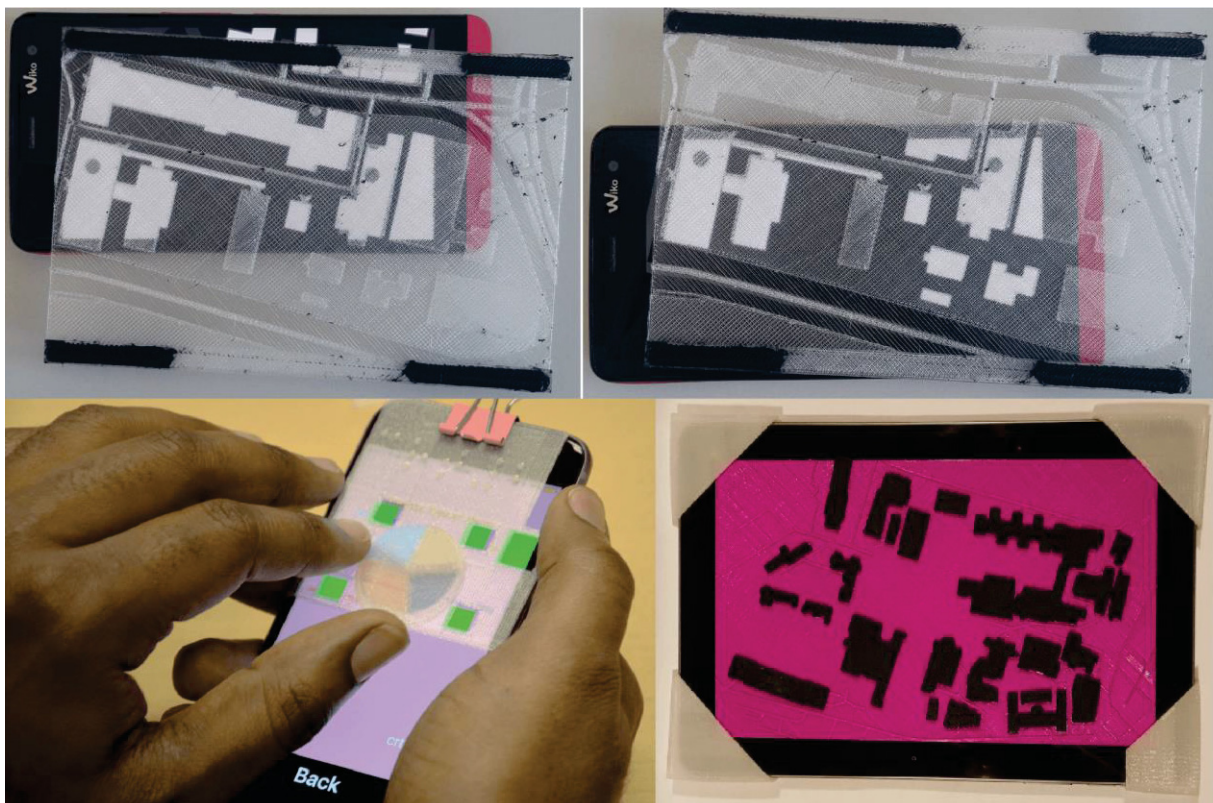
Como mencionado por Kolitsky (2019, p.2, tradução nossa), o desafio dessa abordagem é “criar uma maneira para que a atividade elétrica de um toque de dedo alcance a superfície [...] para que ela possa disparar e ler o áudio gravado”. O autor sugere que uma imagem tátil seja perfurada em determinados pontos e preenchidas com tinta condutiva. Em seus protótipos, produziu páginas HTML com botões virtuais que eram alinhados com os

furos preenchidos de tinta e, assim, os áudios eram acionados quando os dedos tocavam a superfície pintada.

Com uma técnica diferente, He et al. (2017) criou imagens impressas em 3D finas e com recortes vazados. Quando essa imagem é sobreposta em uma tela sensível ao toque, o usuário pode tocar a tela diretamente pelo recorte, sem a necessidade de um material condutivo, para ouvir a explicação sobre aquele elemento.

Já Götzelmann (2018) apresenta outra estratégia de produção. O autor propõe que imagens sejam impressas em 3D em uma altura de no máximo 1mm, com códigos impressos em filamento condutivo nos cantos. Quando essa imagem é sobreposta em uma tela, o código condutivo único é reconhecido por um aplicativo, que aí carrega todas as informações e áudios sobre aquela imagem. Os áudios são acionados por gestos táteis e comando de voz. Exemplos são apresentados na figura 26.

FIGURA 26 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE TELAS SENSÍVEIS AO TOQUE.



FONTE: Götzelmann (2018); He et al. (2017); Taylor et al. (2016).

Por fim, outras abordagens como captação sonora, uso de caneta inteligente especializada e tecnologia vestível são menos utilizadas. A exemplo, o trabalho de Tejada et al. (2018) insere orifícios acústicos únicos em diversos pontos de uma imagem tátil impressa

em 3D que, quando assopradas pelo usuário, tem o som reconhecido por um aplicativo. Após o reconhecimento, o aplicativo toca o áudio correspondente.

Já Ghodke et al. (2019) utilizaram uma caneta especializada para tocar áudios em um globo tátil com peças impressas em 3D. De acordo com os autores, a caneta serve como um gravador. As peças táteis são cobertas por pequenas etiquetas com códigos e, quando a caneta é apontada para um desses códigos, é possível gravar um áudio e o ouvir posteriormente sempre que a caneta reconhecer o mesmo código.

D'Agnano et al. (2015), por outro lado, desenvolveram um anel inteligente e um aplicativo para serem usados durante a exploração tátil da imagem, chamado Tooteko. A imagem audiotátil é impressa em 3D e recebe sensores NFC (*Near Field Communication*), que são captados pelo anel. Durante a exploração tátil, quando o anel passa por um sensor e este é captado, o aplicativo reconhece e toca o áudio relativo àquele sensor específico. Exemplos são apresentados na figura 27.

FIGURA 27 – EXEMPLOS DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS COM O USO DE CAPTAÇÃO SONORA, CANETA OU VESTÍVEIS.



FONTE: Tejada et al. (2018); Ghodke et al. (2019); D'Agnano et al. (2015); Shi et al. (2016b).

Quanto ao contexto de aplicação, as imagens audiotáteis impressas em 3D são projetadas, em boa parte, para serem usadas na educação de pessoas com deficiência

visual. Outra aplicação de relevância é para a orientação e mobilidade de pessoas cegas, através de mapas, e para uso em exposições de museus ou outros monumentos históricos. O panorama da finalidade de uso das imagens audiotáteis é apresentada na tabela 4.

TABELA 4 – CONTEXTO DE APLICAÇÃO DAS IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D.

CONTEXTO DE APLICAÇÃO			
Finalidade	Nº de publicações (total)	Nº de publicações (por grupo de autores)	Autores
Educação	19	9	Anagnostakis et al. (2016); Brule et al. (2016); Davis et al. (2020); Ghodke (2019); Ghodke et al. (2019); Giraud et al. (2017); Giraud e Jouffrais (2016); Jafri et al. (2015); Jafri et al. (2017); Kolitsky (2019); Reinders, Butler e Marriott (2020); Shi (2015); Shi et al. (2016a); Shi et al. (2016b); Shi, Zhao e Azenkot (2017a); Shi, Zhao e Azenkot (2017b); Shi et al. (2018); Shi et al. (2019); Tejada et al. (2018)
Orientação e mobilidade	6	3	Götzelmann (2016a); Götzelmann (2016b); Götzelmann (2018); Götzelmann e Winkler (2015); Holloway, Marriott e Butler (2018); Taylor et al. (2016)
Herança cultural (museus e monumentos)	5	3	D’Agnano et al. (2015); Leporini et al. (2020); Quero et al. (2018); Rossetti et al. (2018a); Rossetti et al. (2018b)
Livro infantil	1	1	Brito et al. (2016)
Navegação digital	1	1	He et al. (2017)

FONTE: A autora (2023).

A educação é a aplicação principal desta tese, assim como as das publicações mais recentes sobre imagens audiotáteis impressas em 3D. Além do aparato tecnológico, é relevante mapear a experiência sensorial das pessoas cegas com as imagens, ou seja, como é feita a interação tátil e auditiva do estudante cego diante do material.

5.3 INTERAÇÃO TÁTIL E AUDITIVA NAS IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D

Como Preece, Rogers e Sharp (2019, p.7) discorrem, “projetar produtos interativos exige considerar quem os usará, como eles serão usados, e onde eles serão usados”.

Assim, a interface e a interação estarão de acordo com as habilidades e necessidades sensoriais das pessoas farão uso dos artefatos. No caso de estudantes cegos, informações de entrada e saída com a interface não são feitas através da visão, mas sim, pelos outros sentidos – em especial, a audição e o tato.

O design de interação provê o conhecimento e os princípios para o desenvolvimento de produtos, serviços e sistemas baseados nas necessidades das pessoas (BENYON, 2019; PREECE; ROGERS; SHARP, 2019).

Para Preece, Rogers e Sharp (2019) os principais tipos de interface dos últimos 40 anos são: comando, gráfica, multimídia, realidade virtual, web, móvel, utensílio, voz, caneta, toque, gestual, háptico, multimodal, compartilhável, tangível, realidade aumentada, vestíveis, robôs e drones, interação humano-cérebro e, inteligentes. Não são excludentes, sendo possível um artefato possuir mais de um tipo de interface (PREECE; ROGERS; SHARP, 2019).

Em imagens audiotáteis impressas em 3D, as interfaces relevantes mencionadas nas publicações sobre o tema são as interfaces de voz, interfaces de toque e tangíveis, interfaces baseadas em gestos e, interfaces multimodais.

As interfaces de voz são aquelas onde há a entrada ou saída de informações faladas, onde a interação é feita por comandos ou conversação; a interface de toque é aquela que reconhece sobre uma tela ou display toques únicos, múltiplos ou outros gestos performados pelos dedos; as interfaces tangíveis usa uma interação baseada em sensores, em uma combinação de objetos físicos e informações digitais; as interfaces gestuais envolvem o movimento das mãos ou dos braços para realizar a comunicação e; as interfaces multimodais combinam dois ou mais modalidades sensoriais - toque, audição, visão, fala (BENYON, 2019; PREECE; ROGERS; SHARP, 2019), tais como as imagens audiotáteis.

As interações que envolvem o tato, nas imagens audiotáteis, são a exploração tátil para obter informações táteis ou aquelas em que gestos realizados pelos dedos ou mãos acionam uma resposta em áudio.

Alguns gestos mencionados por autores, para acionar respostas em áudio, são o toque único, duplo ou triplo, apontar para um elemento tátil, dedilhar, pressionar e segurar, pincelada, posicionar as mãos sobre a imagem ou pressionar um botão (DAVIS et al., 2020; GÖTZELMANN, 2016b; GÖTZELMANN; WINKLER, 2015; HE et al., 2017; HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018; LEPORINI et al., 2020; QUERO et al., 2018; REINDERS; BUTLER; MARRIOTT, 2020; ROSSETTI et al., 2018a; 2018b; SHI et al., 2016a; SHI et al., 2016b; SHI et al., 2019; SHI; ZHAO; AZENKOT, 2017b)

Já para a exploração tátil para obter respostas táteis, há o uso das duas mãos simultaneamente (HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018). A pesquisa de Shi, Zhao e

Azenkot (2017a) aponta para algumas posturas de mão e gestos típicos. As posturas de mão mencionadas são a de pegar, estabilizar, divergir e convergir; os gestos são apontar, bater, escanear com o indicador, escanear com o polegar, beliscar, pairar, seguir e esfregar (SHI; ZHAO; AZENKOT, 2017a). A figura 28 ilustra as posturas e gestos.

FIGURA 28 – POSTURAS E GESTOS TÍPICOS DA INTERAÇÃO TÁTIL PELO USUÁRIO CEGO.



FONTE: Shi, Zhao e Azenkot (2017a).

Comandos de voz também são explorados, ainda que em menor quantidade. São utilizados para auxiliar o tato no acionamento dos áudios, por exemplo, para confirmar uma informação ou pedir informações extras (GÖTZELMANN, 2016b; REINDERS; BUTLER; MARRIOTT, 2020). Alguns comandos utilizados pelos autores são “ouça” e “mais” (GÖTZELMANN; WINKLER, 2015; SHI; ZHANG; AZENKOT, 2018; SHI; ZHAO; AZENKOT, 2017b).

Nas imagens audiotáteis impressas em 3D, o áudio segue uma hierarquia equivalente em relação à superfície tátil, não sendo possível dissociar a imagem audiotátil desses elementos, ou perderia a característica de uma imagem audiotátil.

Porém, nos trabalhos de Shi et al. (2016b) e Tejada et al. (2018), a captação de sons acústicos é adicionado como uma camada extra de interação sonora. De forma geral, o áudio é o resultado (saída) de uma entrada gestual tátil ou voz.

Tipos de respostas sonoras variam de acordo com a aplicação, podendo ser instruções verbais, nomes/rótulos dos elementos táteis, descrições e informações detalhadas, efeitos sonoros, música (DAVIS et al., 2020; D'AGNANO et al., 2015; GHODKE et al., 2019; GIRAUD et al., 2017; GÖTZELMANN, 2018; JAFRI et al., 2015; QUERO et al., 2018; ROSSETTI et al., 2018a; 2018b; SHI, 2015; SHI et al., 2019; SHI; ZHANG; AZENKOT, 2018; SHI; ZHAO; AZENKOT, 2017b).

Importante notar que, independentemente da interação, é necessário garantir a independência da pessoa cega que utiliza a imagem audiotátil, tanto no controle de uso quanto na interpretação do conteúdo (REINDERS; BUTLER; MARRIOTT, 2020). Por exemplo, um ponto de acionamento de áudio deve ser distinto o suficiente para que seja percebido de forma autônoma (HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018). Os autores complementam, “acionar uma informação sonora deve ser o resultado de uma ação definitiva” (HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018, p.10, tradução nossa).

5.4 PROPOSTAS DE RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D

Nas publicações resultantes da RBS, a maior parte tem como foco a tecnologia de desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D. Porém, poucas são as publicações que propõem recomendações para o design deste tipo de material e, as que o fazem, as recomendações são provenientes dos resultados empíricos dos protótipos desenvolvidos – ou seja, atrelados somente a um tipo de interação e tecnologia.

A retirada de recomendações das pesquisas sobre imagens audiotáteis impressas em 3D é um dos objetivos desta tese, porém, convém também apresentar aqui àquelas especificamente propostas por outros autores.

Brule et al. (2016) apresentam quatro recomendações contextuais, traduzidas e dispostas no quadro 4.

QUADRO 4 – RECOMENDAÇÕES DE BRULE ET AL.

RECOMENDAÇÕES DE BRULE ET AL. (2016), TRADUZIDAS

- Cuidar muito bem da qualidade estética visual, sonora e tátil é benéfico para a inclusão e para o aprendizado reflexivo, pois evoca experiências passadas e desencadeia emoções positivas.
- Ao projetar para a sala de aula, deve-se projetar para inclusão e colaboração, usando interações multissensoriais, pois acomodam diferentes aspectos cognitivos e necessidades perceptivas. Os objetos tangíveis parecem ser particularmente benéficos, pois podem ser usados de várias maneiras.
- Os cenários de uso devem ser lúdicos e envolver as crianças em narrativa. Estimula o engajamento e a refletividade, portanto melhorando o acesso às representações simbólicas.
- Os métodos do tipo Faça Você Mesmo (Do-It-Yourself) permitem uma personalização de alto nível por crianças e cuidadores, o que reforça a satisfação e engajamento das primeiras, e facilita o trabalho destes últimos.

FONTE: Brule et al. (2016, p.10, tradução nossa).

Já Shi et al. (2016) fazem duas recomendações específicas aos rótulos sonoros de uma imagem audiotátil (quadro 5).

QUADRO 5 – RECOMENDAÇÕES DE SHI ET AL.

RECOMENDAÇÕES DE SHI ET AL. (2016), TRADUZIDAS

- Rótulos devem ser fáceis de adicionar.
- Rótulos devem ser fáceis de acessar.

FONTE: Shi et al. (2016, p.4899, tradução nossa).

Holloway, Marriott e Butler (2018) apresentam outras nove recomendações, desta vez para mapas audiotáteis, que são apresentadas no quadro 6.

QUADRO 6 – RECOMENDAÇÕES DE HOLLOWAY, MARRIOTT E BUTLER.

RECOMENDAÇÕES DE HOLLOWAY, MARRIOTT E BUTLER (2018), TRADUZIDAS

- Tal como acontece com as imagens táteis, explicações adicionais devem acompanhar modelos 3D para fornecer um contexto para entender o modelo.
- O modelo 3D deve permitir fisicamente que os dedos do leitor tenham espaço suficiente para explorar facilmente as características salientes. Deve ser permitido espaço adequado para os dedos explorarem todos os caminhos, incluindo acesso sob objetos pendentes. Isso pode exigir alargamento de ruas e vielas.
- A altura dos edifícios e paredes deve representar suas alturas relativas, mas a escala vertical pode diferir da escala horizontal. As alturas devem ser baixas o suficiente para os dedos alcançarem facilmente a base.
- Características como ruas ou caminhos que devem ser traçados pelo dedo podem ser facilmente entendidas e seguidas se um caminho recuado largo o suficiente para conter a ponta do dedo é usado em vez das linhas em relevo comumente usadas em imagens táteis.
- Sempre que possível, usar símbolos 3D icônicos para representar escadas, edifícios e outros pontos de referência tridimensionais.
- Ter cuidado para garantir que não haja pontos pontiagudos nos elementos do mapa que possam causar desconforto se o leitor mover os dedos sobre ele rapidamente ou colocar as mãos sobre o topo do mapa.
- Os pontos de acionamento de áudio não devem ser intrusivos ou distorcer a aparência do mapa 3D.
- O acionamento de informações auditivas deve ser o resultado de uma ação definida.
- O uso de diferentes gestos de interação para transmitir níveis de informações permitem que os usuários construam sua compreensão na profundidade que desejam.

FONTE: Holloway, Marriott e Butler (2018, p.10, tradução nossa).

Shi et al. (2019) trazem outras nove recomendações, divididas em três categorias, de acordo com o protótipo desenvolvido, que envolve não somente os sentidos tátil e auditivo, mas também o visual (quadro 7).

QUADRO 7 – RECOMENDAÇÕES DE SHI ET AL.

RECOMENDAÇÕES DE SHI ET AL. (2019), TRADUZIDAS

Modelos interativos impressos em 3D devem ter características táteis efetivas.

- Usar diferentes materiais de impressão para fazer a textura de um modelo semelhante ao seu objeto de referência.
- Ajustar as configurações de impressão (por exemplo, velocidade, temperatura, resolução) para evitar imperfeições de impressão que podem ser confundidas com texturas táteis ou componentes do modelo.
- Use padrões táteis para fazer os diferentes componentes de um modelo distintos entre si.
- Evitar adicionar recursos táteis redundantes a um modelo, manter as informações táteis simples, claras e salientes.
- Usar componentes removíveis para permitir que os usuários explorem as relações entre os diferentes componentes de um modelo.

Modelos interativos impressos em 3D devem ter conteúdo tanto sonoro quanto visual.

- Usar informações de vários níveis para indicar o nome de um elemento e sua descrição detalhada.
- Adicionar efeitos de áudio e animações para fornecer informação para estudantes.
- Para alunos com baixa visão, usar dicas visuais que direcionam seus atenção às partes salientes de um modelo e alto contraste de cores para ajudá-los a distinguir entre os componentes do modelo.

Modelos interativos impressos em 3D devem considerar métodos pedagógicos

- Fornecer uma visão geral de um modelo interativo 3D antes de fornecer detalhes.
- Ajustar o conteúdo de um modelo de acordo com o progresso do aluno.

FONTE: Shi et al. (2019, p.12, tradução nossa).

Por fim, Leporini et al. (2020) sugerem outras oito recomendações sobre o design de imagens audiotáteis impressas em 3D (quadro 8).

QUADRO 8 – RECOMENDAÇÕES DE LEPORINI ET AL.

RECOMENDAÇÕES DE LEPORINI ET AL. (2020), TRADUZIDAS
<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciar e processar a reprodução digital via computação gráfica antes de imprimir em 3D.
<ul style="list-style-type: none"> • Dividir o modelo 3D em várias pequenas partes e tornar as fontes digitais simplificadas disponíveis.
<ul style="list-style-type: none"> • Reproduzir componentes importantes e elementos conceituais em maior escala.
<ul style="list-style-type: none"> • Usar elementos distinguíveis entre si para fazer a distinção entre diferentes tipos de informação semântica.
<ul style="list-style-type: none"> • Manter o conteúdo e a consistência do leiaute através dos elementos.
<ul style="list-style-type: none"> • Adicionar conteúdo para melhorar a compreensão do modelo.
<ul style="list-style-type: none"> • Estruturar o conteúdo de áudio em diferentes níveis de detalhe.
<ul style="list-style-type: none"> • Produzir algumas instruções iniciais simples (faixa de boas-vindas).

FONTE: Leporini et al. (2020, p.29, tradução nossa).

Estas recomendações são consideradas no desenvolvimento desta tese, junto com a análise de todas as outras publicações encontradas na RBS e posteriores alertas. O resultado é descrito no capítulo 6.

5.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo encerra o referencial teórico desta tese. Por ser o último capítulo teórico, aborda o objeto mais específico da pesquisa, ou seja, imagens audiotáteis impressas em 3D.

Em um primeiro momento, conceitua-se a impressão 3D, com o foco nas impressoras FFF e o movimento *maker*, que é alinhado aos princípios da educação inclusiva e design inclusivo.

Depois, já tendo a conceituação sobre imagens audiotáteis sido feita no capítulo 3, a imersão é feita no estado da arte de imagens audiotáteis especificamente impressas em 3D. Também se discorre sobre a interação deste tipo de material e quais as recomendações encontradas na literatura sobre o design de imagens audiotáteis impressas em 3D.

O capítulo se encerra nas recomendações, pois serve de subsídio ao desenvolvimento da pesquisa, junto com outras análises descritas no capítulo 6. Ainda que sejam apresentadas algumas recomendações, nota-se que o número de publicações que as abordam é pequeno, 5 entre as 32 analisadas. Ainda assim, nenhuma dessas pretendeu

desenvolver um artigo informacional como forma de auxiliar outros projetos de imagens audiotáteis impressas em 3D (objetivo desta tese).

6 RESULTADOS DA FASE 1 – EXPLORAÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo apresenta os resultados referentes à **Fase 1** da pesquisa, “exploração do problema”. Nesta fase, quatro etapas foram estabelecidas: (1) identificação do problema; (2) conscientização do problema; (3) revisão bibliográfica sistemática e assistemática e; (4) síntese das recomendações para o design de imagens audiotáteis. A identificação do problema não será documentada neste capítulo. Nas etapas seguintes, os procedimentos e técnicas adotados foram as **entrevistas, RBS e Delphi**. Assim, estes são descritos aqui, em detalhes. Os dados de saída desta fase (e, conseqüentemente, deste capítulo) são as recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, validadas por especialistas. Por fim, estes resultados atendem ao segundo e terceiro objetivos específicos desta tese: **mapear recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D e sistematizar as recomendações em um conjunto**.

6.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica (tanto sistemática quanto assistemática) foi essencial para o aprofundamento do problema, para o estabelecimento do estado da arte sobre imagens audiotáteis impressas em 3D (descrito no capítulo 5) e, também, para a retirada de recomendações.

A RBS seguiu a estrutura de Conforto, Amaral e Silva (2011), conforme descrito no capítulo 2. Teve por objetivos compreender o estado da arte sobre imagens audiotáteis impressas em 3D acessíveis às pessoas com deficiência visual; descobrir lacunas de pesquisa; descobrir como ocorre o planejamento e/ou design de imagens audiotáteis impressas em 3D (para posterior retirada de recomendações).

Foram três bases de dados utilizadas, Science Direct, Scopus e Google Acadêmico. Inicialmente, a base Web of Science foi considerada, entretanto, os resultados foram iguais aos obtidos pela base Scopus. As buscas foram realizadas com *strings* em português e inglês, considerando palavras-chave como “áudio”, “tátil”, “imagem”, “deficiência visual”, “impressão 3D”, “acessibilidade” e similares entre elas.

Os resultados foram submetidos a três filtros de leituras, cada qual seguindo aos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. Para a organização dos dados, leitura e fichamento, o *software* Zotero foi utilizado. No primeiro filtro, foram realizadas as leituras de título, resumo e palavras-chave. No segundo filtro, a leitura foi de introdução e conclusão das obras. Por fim, no terceiro filtro, a leitura foi completa. O ciclo principal (não

considerando os alertas de atualização) se iniciou com a análise de 1102 obras, finalizando com 29 obras aceitas. O detalhamento da RBS se encontra no Apêndice 1.

Como resultado final da RBS, 32 publicações foram consideradas aprovadas: 29 a partir do ciclo principal, ocorrido em janeiro e fevereiro de 2020, e outras 3 provenientes de alertas aplicados às bases de dados (ou seja, das atualizações ao longo do ano – fevereiro a dezembro de 2020). O quadro 9 apresenta os resultados da RBS.

QUADRO 9 – PUBLICAÇÕES RESULTANTES DA RBS.

TÍTULO	AUTORES	ANO	TIPO
Accessible museum collections for the visually impaired: combining tactile exploration, audio descriptions and mobile gestures	Anagnostakis et al.	2016	Artigo de congresso
Multimodal augmentation of surfaces using conductive 3D printing	Brito et al.	2016	Artigo de congresso
MapSense: Design and Field Study of Interactive Maps for Children Living with Visual Impairments.	Brule et al.	2016	Artigo de congresso
TangibleCircuits: An Interactive 3D Printed Circuit Education Tool for People with Visual Impairments	Davis et al.	2020	Artigo de congresso
Tooteko: A case study of augmented reality for an accessible cultural heritage. Digitization, 3D printing and sensors for an audio-tactile experience	D’Agnano et al.	2015	Artigo de congresso
The cross-sensory globe: Co-Designing a 3D Audio-Tactile Globe Prototype for Blind and Low-Vision Users to Learn Geography	Ghodke	2019	Dissertação de mestrado
The Cross-Sensory Globe: Participatory Design of a 3D Audio-Tactile Globe Prototype for Blind and Low-Vision Users to Learn Geography	Ghodke et al.	2019	Artigo de congresso
Map learning with a 3D printed interactive small-scale model: Improvement of space and text memorization in visually impaired students	Giraud et al.	2017	Artigo de periódico
Empowering low-vision rehabilitation professionals with “do-it-yourself” methods	Giraud e Jouffrais	2016	Artigo de congresso
CapMaps: Capacitive sensing 3D printed audio-tactile maps	Götzelmann	2016	Artigo de congresso
LucentMaps: 3D printed audiovisual tactile maps for blind and visually impaired people	Götzelmann	2016	Artigo de congresso
Visually augmented audio-tactile graphics for visually im-paired people	Götzelmann	2018	Artigo de periódico
SmartTactMaps: a smartphone-based approach to support blind persons in exploring tactile maps	Götzelmann e Winkler	2015	Artigo de congresso

TÍTULO	AUTORES	ANO	TIPO
TacTILE: A preliminary toolchain for creating accessible graphics with 3D-printed overlays and auditory annotations	He et al.	2017	Artigo de congresso
Accessible maps for the blind: Comparing 3D printed models with tactile graphics	Holloway, Marriott e Butler	2018	Artigo de congresso
A Tangible Interface-based Application for Teaching Tactual Shape Perception and Spatial Awareness Sub-Concepts to Visually Impaired Children	Jafri, Aljuhani e Ali	2015	Artigo de periódico
A tangible user interface-based application utilizing 3D-printed manipulatives for teaching tactual shape perception and spatial awareness sub-concepts to visually impaired children	Jafri, Aljuhani e Ali	2017	Artigo de periódico
Making 3D Laser Cut Stratigraphic Audio-responsive Tactile Templates	Kolitsky	2019	Artigo de periódico
Design Guidelines for an Interactive 3D Model as a Supporting Tool for Exploring a Cultural Site by Visually Impaired and Sighted People	Leporini et al.	2020	Artigo de periódico
An Interactive Multimodal Guide to Improve Art Accessibility for Blind People	Quero et al.	2018	Artigo de congresso
“Hey Model!” – Natural User Interactions and Agency in Accessible Interactive 3D Models	Reinders, Butler e Marriott	2020	Artigo de congresso
Enabling Access to Cultural Heritage for the visually im-paired: An Interactive 3D model of a Cultural Site	Rossetti et al.	2018	Artigo de periódico
Smart Cultural Site: An Interactive 3d Model Accessible to People with Visual Impairment	Rossetti et al.	2018	Artigo de periódico
Talkabel: A Labeling Method for 3D Printed Models	Shi	2015	Artigo de congresso
Magic Touch: Interacting with 3d printed graphics	Shi et al.	2016	Artigo de congresso
Tickers and talker: An accessible labeling toolkit for 3D printed models	Shi et al.	2016	Artigo de congresso
Designing interactions for 3D printed models with blind people	Shi, Zhao e Azenkot	2017	Artigo de congresso
Markit and Talkit: a low-barrier toolkit to augment 3D printed models with audio annotations	Shi, Zhao e Azenkot	2017	Artigo de congresso
A demo of talkit++: Interacting with 3D printed models using an iOS device	Shi, Zhang e Akenzot	2018	Artigo de congresso
Designing Interactive 3D Printed Models with Teachers of the Visually Impaired	Shi et al.	2019	Artigo de congresso

TÍTULO	AUTORES	ANO	TIPO
Customizable 3D printed tactile maps as interactive overlays	Taylor et al.	2016	Artigo de congresso
Blowhole: Blowing-Activated Tags for Interactive 3D-Printed Models	Tejada et al.	2018	Artigo de congresso

FONTE: A autora (2023).

O período investigado pela RBS (2015-2020) demonstrou que o interesse pelo tema continua constante e recente, com obras publicadas em todos os anos. Em 2015, foram 4. Em 2016, 9 publicações. Em 2017, 5 publicações. Em 2018, foram outras 7. Em 2019, 4. Por fim, em 2020, outras 3 publicações. Nota-se também que, apesar das buscas em português, nenhuma obra aprovada foi redigida no idioma. Além disso, a obra de Brito et al. (2016) é a única localizada com autoria no Brasil. Entretanto, não foram feitas análises sobre as razões destes resultados.

Dito isso, estava no escopo descobrir informações sobre como planejar e/ou desenvolver imagens audiotáteis impressas em 3D, e compilá-las em um conjunto de recomendações. Poucas publicações, 5 dentre as 32, fizeram proposições no formato de recomendação ou diretriz: Brule et al. (2016), Shi et al. (2016), Holloway, Marriott e Butler (2018), Shi et al. (2019) e Leporini et al. (2020). As proposições destes autores foram incorporadas ao conjunto de recomendações, que foi elaborado com todas as 32 publicações.

A partir da leitura minuciosa de cada obra, recomendações foram retiradas a partir da análise e interpretação da pesquisadora com o texto escrito, mesmo que a recomendação não estivesse descrita explicitamente. Nesta etapa, 51 recomendações foram retiradas de 29 publicações (os resultados iniciais da RBS) e outras 27 a partir dos 3 resultados provenientes dos alertas. O quadro 10 apresenta as recomendações da RBS inicial e o quadro 11 as recomendações dos alertas.

RECOMENDAÇÕES DA RBS INICIAL

D'Agnano et al. (2015)
Götzelmann, Winkler (2015)
Ja'fri, Aljuhani, AH (2015)
Shi (2015)
Anagnostakis et al. (2016)
Brito et al. (2016)
Brule et al. (2016)
Giraud, Joutfrats (2016)
Götzelmann (2016a)
Götzelmann (2016b)
Shi et al. (2016a)
Shi et al. (2016b)
Taylor et al. (2016)
Giraud et al. (2017)
He, et al. (2017)
Ja'fri, Aljuhani, AH (2017)
Shi, Zhao, Azenkot (2017a)
Shi, Zhao, Azenkot (2017b)
Götzelmann (2018)
Holloway, Martiott, Butler (2018)
Quero et al. (2018)
Rossetti et al. (2018a)
Rossetti et al. (2018b)
Shi, Zhang, Azenkot (2018)
Tejada et al. (2018)
Ghodke (2019)
Ghodke et al. (2019)
Koltitsky (2019)
Shi et al. (2019)

Sons acústicos podem ser usados como forma de desencadear áudios (exemplos: som do toque do dedo na imagem, dispositivos acústicos). X X

A interação deve permitir que a pessoa cega tenha controle da informação (exemplos: pause áudios, mova entre categorias de informação, selecione, volte ao áudio anterior, ligue e desligue). X

Material condutivo pode ser impresso em 3D onde há pontos de interação por áudio ou como forma de integrar um dispositivo eletrônico. Uma alternativa é o uso de tinta condutiva. X X X X X X

Qualidade estética visual, auditiva e tátil é benéfico para a inclusão social e cultural de crianças. X

Uso de cenários lúdicos e reflexivos em imagens para crianças, juntamente com as imagens audiotáteis, podem ser usadas para estimular engajamento e acesso às representações simbólicas. X

Uso de métodos faça-você-mesmo para proporcionar personalizações pelas crianças e cuidadores (exemplo: estudantes gravando os próprios áudios, professores aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D). X X

Envolver indivíduos cegos e professores no processo de desenvolvimento de imagens audiotáteis (como usuários, testadores, informantes ou colaboradores). Exemplos: observações, entrevistas, diários, prototipagem colaborativa, co-design. X X X X

RECOMENDAÇÕES DA RBS INICIAL

D'Agnano et al. (2015)
Götzelmann, Winkler (2015)
Jafrí, Aljuhani, Ali (2015)
Shi (2015)
Anagnostakis et al. (2016)
Brito et al. (2016)
Brule et al. (2016)
Giraud, Joffrais (2016)
Götzelmann (2016a)
Götzelmann (2016b)
Shi et al. (2016a)
Shi et al. (2016b)
Taylor et al. (2016)
Giraud et al. (2017)
He, et al. (2017)
Jafrí, Aljuhani, Ali (2017)
Shi, Zhao, Azenkot (2017a)
Shi, Zhao, Azenkot (2017b)
Götzelmann (2018)
Holloway, Martiott, Butler (2018)
Quero et al. (2018)
Rossetti et al. (2018a)
Rossetti et al. (2018b)
Shi, Zhang, Azenkot (2018)
Tejada et al. (2018)
Ghodke (2019)
Ghodke et al. (2019)
Koltitsky (2019)
Shi et al. (2019)

Pode-se fazer o uso de cores, como forma de incluir pessoas com baixa visão ou videntes, e também por terem significados simbólicos para pessoas cegas.

Além do tato e da audição, outros sentidos podem ser estimulados para interação extra complementar (olfato, paladar, visão).

Uso de peças tangíveis móveis para aumentar a interação da pessoa cega com a imagem audiotátil.

Pode-se usar plástico PLA ou ABS como material para impressão 3D.

As informações por áudio podem explorar níveis de complexidade ou tipo de informação, de acordo com o gesto aplicado ou botão pressionado (exemplo: um toque, nome; dois toques: explicação; comando de voz: informação mais detalhada), evitando a sobrecarga de informação de uma só vez.

Todos os elementos táteis devem ter tamanho/elevação compatível para serem compreendidos pelos dedos.

No uso de comando de voz, deve-se implementar uma palavra-chave ou um botão para ser pressionado que vá desencadear o reconhecimento do comando (exemplo: computador, [...]), para evitar comandos não intencionais.

Imagens audiotáteis podem variar desde apenas relevo até completamente tridimensionais (sem base plana).

QUADRO 11 – RECOMENDAÇÕES DOS ALERTAS.

Recomendação	Fonte	
É possível usar filamento condutivo na produção de imagens audiotáteis.	X	
Fazer uso da representação tridimensional dos elementos táteis, mais próximo do real.	X	
Desencadear áudio através do toque em um componente condutivo.	X	
O áudio descreve não somente o nome, mas também outras informações relevantes sobre o elemento tátil explorado.	X	X
Informações espaciais são retratadas através do tato, mas o áudio pode complementar,	X	
Cuidar com a qualidade dos elementos táteis.	X	
A solução deve ter um bom custo benefício.	X	
Pode-se fazer uso de múltiplos gestos táteis para desencadear áudios.	X	X
Na imagem audiotátil, se dá maior ênfase à informação tátil, sendo o áudio complementar para enriquecer a exploração tátil.	X	X
Uso de comando de voz para obter informações mais detalhadas.	X	
É preciso assegurar independência (de uso e de interpretação do conteúdo) ao estudante cego que usa a imagem audiotátil.	X	X
Uso de peças táteis móveis para aumentar a interação com a imagem.	X	
Trazer gestos táteis ou estratégias já familiares aos estudantes cegos (exemplo: gestos táteis de ativação em smartphones - um toque, dois toques).	X	
Se necessário, manter eventuais elementos em Braille, como complemento.	X	X
A imagem audiotátil deve prover intervenção sonora em caso de erros (por exemplo: peça móvel que foi encaixada no local errado).	X	
Necessário poder desligar ou ligar a função sonora.	X	
A hierarquia de interação da imagem audiotátil é (1) exploração tátil; (2) gestos táteis para ouvir áudios; (3) comando de voz para ouvir informações adicionais ou confirmar o entendimento.	X	
Uso de botões para obter informações por áudio.		X
Gravar faixas de áudio curtas ao invés de uma só longa, para que o usuário possa buscar a informação que quer ouvir, sem frustração.		X
Uso de Raspberry Pi.		X
Explorar diferentes texturas, materiais, cores e formas e tamanhos para distinguir tipos de informações diferentes.		X
Preparar o modelo digital antes de fazer a impressão 3D, tal como simplificação e escolha da escala.		X

Davis et al. (2020)

Reinders, Butler, Marriott (2020)

Leporini et al. (2020)

RECOMENDAÇÕES DOS ALERTAS DA RBS

	Davis et al. (2020)	Reinders, Butler, Marriott (2020)	Leporini et al. (2020)
Dividir o modelo 3D digital em diversas partes de acordo com a necessidade de impressão 3D, ou para facilitar a impressão simultânea em várias impressoras.			X
Reproduzir detalhes ou componentes importantes em uma escala maior.			X
Mantenha a consistência de leiaute e conteúdo na imagem ou em um conjunto de imagens. Exemplo: local e forma de elementos táteis, termos utilizados.			X
É necessário poder pausar, tocar, passar ou voltar o áudio.			X
Deixar disponível, a todo momento, instruções de como usar (tutorial).			X

FONTE: A autora (2023).

Complementarmente, outras três publicações foram utilizadas para retirar recomendações, desta vez a partir da revisão bibliográfica assistemática. A decisão foi tomada para complementar o conjunto de recomendações com informações sobre audiodescrição e desenvolvimento da superfície tátil. As três obras utilizadas são as de Sanches (2018), Vergara-Nunes (2016) e Lima (2019). 23 recomendações foram compiladas a partir destas publicações (quadro 12).

QUADRO 12 – RECOMENDAÇÕES DA REVISÃO ASSISTEMÁTICA.

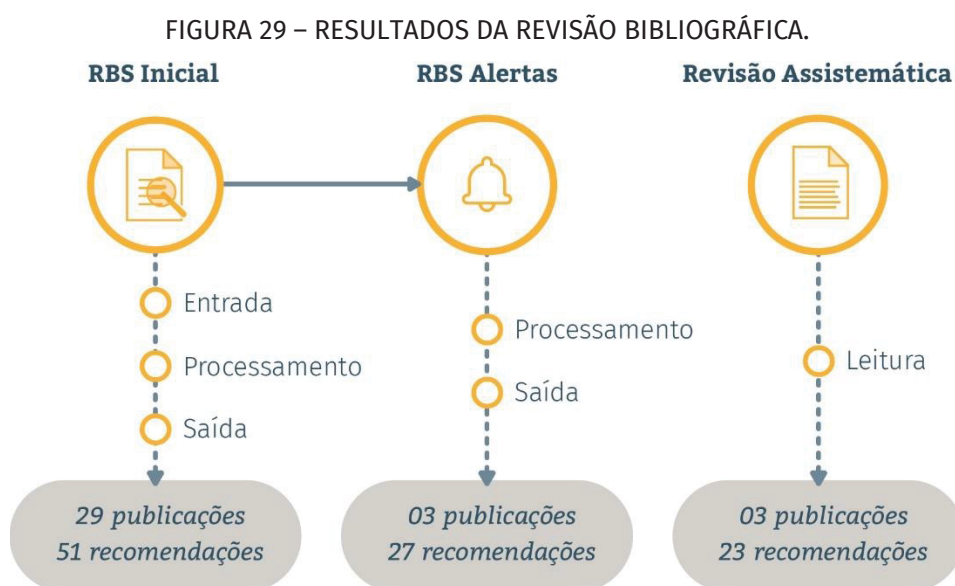
	Lima (2019)	Vergara-Nunes (2016)	Sanches (2018)
Recomendação			
Fonte			
Faça a descrição de maneira objetiva, buscando oferecer o máximo de informação, respeitando o momento de desenvolvimento da criança e seu potencial de compreensão.			X
Use palavras do cotidiano da criança e, quando perceber que não está conseguindo transmitir a informação, peça ajuda da própria criança.			X
Não se intimide ao descrever cores para crianças cegas congênicas. Além do conceito “visual”, cor também é um conceito social.			X
Habilite outras crianças a ajudarem nesta atividade. É muito enriquecedora a experiência da criança sem deficiência conhecer e usar este recurso de forma espontânea com seu colega com deficiência visual.			X

RECOMENDAÇÕES DA REVISÃO ASSISTEMÁTICA	Lima (2019)	Vergara-Nunes (2016)	Sanchez (2018)
As pessoas são diferentes: levar em conta as diferenças entre os alunos e adequar o trabalho ao seu perfil específico, com base em seus conhecimentos anteriores, seu contexto cultural e seu potencial de aprendizagem.		X	
Conhecimentos do usuário: reconhecer que cada aluno traz de casa sua bagagem de conhecimentos, que servem de base para a criação de novos conhecimentos. Os alunos cegos trazem suas experiências a partir da não visão e sob esta perspectiva, elaborar seus materiais audiodescritos e sua proposta de ensino.		X	
Carga cognitiva: oferecer ao aluno cego materiais didáticos audiodescritos de tal forma que possa acessar os mesmos conteúdos de que dispõem os colegas que enxergam, sem acrescentar-lhe carga cognitiva extra para o acesso aos conteúdos didáticos visuais.		X	
Subjetividade: considerar que não há linguagem neutra, nem tradução sem intermediação. Ter claro que o professor-audiodescritor é o intermediário entre o conteúdo visual e a audiodescrição que o aluno cego receberá. Estar ciente de que suas subjetividades estão presentes no material oferecido e cuidar para que o direito à interpretação do conteúdo visual seja do seu aluno.		X	
Emoções: audiodescrever uma imagem que contenha apelo emocional de tal forma que provoque o mesmo impacto ao ouvido do usuário da audiodescrição que a imagem provoca ao olhar de quem enxerga. A audiodescrição deve provocar emoções, se estas estiverem presentes na imagem.		X	
Inclusão: respeitar os direitos dos alunos cegos de estarem plenamente em sala de aula e aprender com os seus colegas. Oferecer-lhe uma audiodescrição que garanta acessibilidade a todos os conteúdos trabalhados em sala de aula e possibilidades de participação plena no compartilhamento de conhecimento com o seu grupo.		X	
Uso em sala de aula: tornar a audiodescrição em sala de aula uma prática comum, abrindo espaço para os próprios alunos sem deficiência visual descreverem o ambiente escolar para seus colegas cegos. Isto lhes dará melhor percepção do seu entorno, auxiliará em sua capacidade de concentração e motivará a cooperação.		X	
Levar em consideração as limitações da impressora 3D a ser utilizada (tamanho máximo de impressão, material disponível, necessidade de pós-processamento).			X
A imagem tátil pode ser modelada em estilos diferentes (exemplo: quebra-cabeça, globo, com uma base fixa).			X
Uma imagem tátil feita a partir de uma referência visual pode excluir ou simplificar alguns elementos, como itens decorativos, junção de áreas pequenas.			X
Podem ser utilizados na imagem tátil: pontos, símbolos, formas geométricas, linhas, linhas tracejadas, flechas, áreas, texturas, Braille, norte geográfico, escala, título, referências espaciais.			X
Elementos na imagem tátil impressa em 3D pode variar entre apenas relevo até completamente tridimensionais.			X
Para diferenciar o mesmo elemento tátil (ex: dois círculos com significados diferentes), pode-se usar tamanhos diferentes.			X
O tamanho da imagem tátil varia de acordo com o conteúdo, porém, considera-se a escala (se relevante) e o tamanho médio de 280x290mm.			X

RECOMENDAÇÕES DA REVISÃO ASSISTEMÁTICA	Lima (2019)	Vergara-Nunes (2016)	Sanchez (2018)
	Evitar fazer mudanças de leiaute, forma ou posição dos elementos táteis quando o objetivo for representar uma referência visual com medidas exatas.		
Se a referência visual (imagem estática) estiver em perspectiva, a imagem tátil deve ser modelada com vista frontal e/ou lateral.			X
Em caso de um conjunto de imagens táteis sobre o mesmo assunto, criar uma última, simplificada, que represente o todo.			X
Manter a consistência entre as imagens táteis de um mesmo conjunto (exemplo: mesma escala, mesmo leiaute).			X
Se for necessário utilizar pós-processamento, a impressão não deve ser nem muito áspera nem muito lisa. Deve ser suave ao toque.			X

FONTE: A autora (2023).

A figura 29 apresenta um sumário da revisão bibliográfica.



FONTE: A autora (2023).

Nas três fontes diferentes – RBS inicial, alertas e revisão assistemática -, informações convergiram, o que significa que algumas informações encontradas em uma fonte também foram encontradas em outra ou, ainda, informações em uma fonte complementaram a de outra. Entretanto, antes da união de todas as recomendações em

apenas um conjunto, uma última fonte foi consultada, a de especialistas (através de entrevistas).

6.2 ENTREVISTAS

Como forma de aprofundamento no tema de pesquisa (imagens audiotáteis impressas em 3D e aplicadas para a educação de cegos) e como forma de integrar novas recomendações ao conjunto iniciado pela revisão teórica, entrevistas semi estruturadas foram conduzidas com 5 especialistas-chave. Considerou-se especialista-chave aquele que estivesse envolvido em, pelo menos, uma área relacionada com a pesquisa – materiais didáticos acessíveis, cegueira, impressão 3D, audiodescrição, educação de estudantes cegos. A pessoa entrevistada poderia ter ou não deficiência visual, mas prezou-se pela inclusão de ao menos uma pessoa cega.

Antes do contato com os especialistas, o protocolo de entrevista (Apêndice 2) foi elaborado, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no Apêndice 3. O protocolo foi pensado a partir de informações já obtidas na revisão bibliográfica e consistiu em cinco etapas, para um tempo médio de 40 minutos por entrevista.

Primeiramente, perguntas para traçar o perfil do entrevistado, tal como nome, profissão atual, grau de percepção visual e grau de instrução. Em seguida, perguntas relativas à experiência pessoal e/ou profissional com o ensino de cegos e materiais didáticos acessíveis, como por exemplo “hoje, qual o seu contato com materiais didáticos acessíveis às pessoas cegas?”. A terceira etapa da entrevista previa perguntas sobre audiodescrição, imagens táteis e audiotáteis, conforme a experiência do entrevistado. Em seguida, perguntas relacionadas com o tema central da pesquisa, imagens audiotáteis impressas em 3D, a exemplo, “você já teve contato com a impressão 3D, ou imagens táteis impressas em 3D?”. Por fim, as últimas perguntas foram elaboradas para entender a opinião e experiência do entrevistado com o design de materiais acessíveis (em especial, audiotáteis) – por exemplo, “pensando em uma imagem tátil que tenha alguns pontos de interação com áudios pré-gravados (ou seja, imagem audiotátil), as informações seriam redundantes ou complementares entre os dois sentidos?”.

O protocolo passou por uma entrevista piloto com um participante, onde foi ajustado. Após esse planejamento, outros participantes foram convidados a realizar entrevista de forma virtual, via plataformas Microsoft Teams ou Google Meet. As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas. A figura 30 apresenta o perfil dos participantes, mantendo o anonimato.

FIGURA 30 – PERFIL DOS ESPECIALISTAS ENTREVISTADOS.



FONTE: A autora (2023).

O entrevistado A atua como professor universitário e é engajado com a cultura *maker* e acessibilidade, desenvolvendo imagens táteis impressas em 3D para pessoas com deficiência visual. Dentre os entrevistados, é o mais próximo ao tema desta pesquisa. Quando questionado sobre qual material, na sua própria experiência, possui o maior impacto positivo entre os estudantes cegos, mencionou materiais tridimensionais com recursos sonoros e táteis. Inclusive, compartilhou sua experiência ao desenvolver um material audiotátil impresso em 3D. Sobre a escolha da impressão 3D, comenta:

“o grande salto e o grande ganho do ponto de vista tanto científico como de prática de sala de aula, é o compartilhamento [...] a gente dá autonomia às professoras e aos professores, numa emancipação de produção [...] mais do que a fabricação, é estar via *open source*, né, estar com licenças alternativas, de *copy left*, do *Creative Commons* [...]” (Entrevistado A, 2020, transcrição).

Além disso, menciona como é imprescindível a coparticipação da pessoa com deficiência visual no desenvolvimento. A visão e a fala do entrevistado convergem com o apontado pela literatura, com a aproximação do design inclusivo e a cultura *maker*. Ainda no tema de um material aberto, comenta sobre ser importante que qualquer material, inclusive os que ensinam a desenvolver, sejam públicos e construídos coletivamente.

Por fim, destaca-se também a fala do entrevistado quanto ao que considera a informação tátil e sonora em uma imagem audiotátil:

“[...] a informação tátil, ela vai ajudar no aspecto da dimensão, o aspecto da forma, no aspecto da volumetria [...] o áudio, além de complementar a própria descrição de cores, ele pode ser complementar em outros aspectos, de história, em outros aspectos plásticos [...]” (Entrevistado A, 2020, transcrição).

O entrevistado B possui cegueira congênita. Comenta sobre sua experiência em época escolar e no uso de materiais didáticos. Com materiais táteis, suas maiores dificuldades eram em imagens com muito detalhes ou em perspectiva. Para ele, o uso do áudio funciona bem com informações não espaciais. Sua experiência com imagens audiotáteis foi apenas uma, na vida adulta e fora do ambiente escolar, entretanto, é um material que o agradou e resolveu o problema de uma superfície tátil carregada de informações. Sobre a impressão 3D, menciona ter contato com modelos impressos e que os prefere se comparados com imagens em papel. Comenta que é uma ferramenta que precisa ser explorada para a acessibilidade, mas deve-se ter o cuidado com os parâmetros de impressão.

A entrevistada C é audiodescriitora, com também alguma experiência em projetos táteis. Um dos pontos considerados importantes pela entrevistada ao desenvolver qualquer material para cegos, é a consultoria da pessoa cega. Comenta também como através do áudio é possível transmitir emoção, por exemplo, através do tom e intensidade da voz do descritor. Para a entrevistada, uma descrição por áudio precisa levar em consideração a finalidade, o contexto e o propósito, ajustando a linguagem e a mensagem de acordo com o público. Para ela, em uma imagem audiotátil, a informação tátil é aquela que é tangível e a informação sonora é a subjetiva.

O entrevistado D é professor e pesquisador da área do design inclusivo, com pesquisa voltada aos materiais didáticos acessíveis para pessoas com deficiência visual. Porém, não teve contato com imagens audiotáteis, somente táteis. Quando questionado sobre o material com maior impacto positivo entre crianças cegas, mencionou as réplicas táteis, pois “[...] todo material cuja representação fique mais próximo do objeto real funciona melhor, é imediato [...]” (Entrevistado D, 2020, transcrição). Por réplicas táteis, explica que são as representações tridimensionais, na medida do possível. Comenta:

[...] a imagem 3D ela proporciona o todo [...] a experiência completa de você contornar, sentir o relevo, você tem ali a capacidade de perceber uma forma global, você sentir o completo. A própria imagem quando impressa num suporte [...] ela embora seja rica, ela possa contribuir, que se entenda o que é aquele objeto, ela passa uma ideia conceitual mais limitada, do que a tridimensional” (Entrevistado D, 2020, transcrição).

Por fim, a entrevistada E é professora de desenho e pesquisadora sobre desenho para crianças cegas. Ela comenta que, para ensinar crianças cegas a desenhar, é importante se ter um objeto tridimensional representativo (ou o objeto real) sempre que possível, para depois utilizar imagens táteis bidimensionais; ensinar por partes, do mais simples ao mais complexo. Isso evita o excesso de informação e a confusão mental da criança, que assimila a informação aos poucos. Vislumbra a possibilidade de uso de

imagens audiotáteis para estudantes que estão longe de professores, como por exemplo, em lições de casa.

Os entrevistados, cada qual com a sua especialidade, contribuíram para um melhor entendimento do problema, reiterando e complementando o conhecimento adquirido anteriormente. Por exemplo, com o entrevistado A, por ser o entrevistado mais próximo ao tema da pesquisa, se considera positivo que sua fala esteja de acordo com os objetivos desta tese e com o descrito nos capítulos de referencial teórico.

Além dos destaques descritos nos parágrafos anteriores, os entrevistados forneceram informações que puderam ser transformadas em recomendações, assim, o conhecimento dos especialistas também foi incorporado ao conjunto preliminar. Através das transcrições das entrevistas, 45 recomendações foram identificadas (quadro 13), para serem depois comparadas e combinadas às outras recomendações coletadas.

QUADRO 13 – RECOMENDAÇÕES DAS ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS.

RECOMENDAÇÕES DE ESPECIALISTAS	Entrevistado A	Entrevistado B	Entrevistada C	Entrevistado D	Entrevistada E
	Fonte				
Capacitar e promover a autonomia dos professores para que possam desenvolver seus próprios materiais (tanto áudio quanto tato).	X		X		
Envolver pessoas com deficiência visual na produção, seja na consultoria ou construção conjunta.	X		X		
Promover o compartilhamento digital gratuito, público e livre entre professores, <i>makers</i> , repositórios, etc., como por exemplo, licenças <i>open source</i> , <i>creative commons</i> , <i>copy left</i> , REA.	X				
Gerar materiais/objetos, de preferência, tridimensionais (3D) e mais próximos ao real. A compreensão do bidimensional passa primeiro pelo tridimensional. Porém, uma imagem em relevo bidimensional pode ser interessante para materiais abstratos, sem um volume definido.	X			X	X
A imagem audiotátil deve ser segura para quem manipula, sem arestas pontiagudas nem pontos cortantes, não inflamável nem nocivo, resistente.	X		X		X
Buscar, se possível, atender outras deficiências também, como autistas e pessoas com baixa visão (exemplo, contraste de cores, contrastes táteis).	X				
Suprimir elementos decorativos na imagem audiotátil.	X				
Ao planejar o conteúdo para a imagem audiotátil, atentar para materiais que não são facilmente encontrados em 3D, são inacessíveis (arquitetura, por exemplo) ou que são pouco abordados no currículo (exemplos: mulheres ou pessoas negras).	X				X
Manter a linguagem falada simples, concisa e objetiva, mas usar termos corretos e linguagem técnica adequada, trazendo informações equivalentes aos dos estudantes videntes. Não suprimir informações nem subestimar a capacidade de compreensão do estudante cego.	X		X		X

RECOMENDAÇÕES DE ESPECIALISTAS	Entrevistado A	Entrevistado B	Entrevistada C	Entrevistado D	Entrevistada E
As informações táteis e auditivas são complementares entre si. O tato pode melhor representar informações espaciais - dimensão, forma, volumetria, texturas; e o áudio pode melhor retratar descrições - cores, expressões faciais, aspectos históricos ou outras informações onde relações espaciais não sejam importantes, além de sonoplastia e exemplos de formas similares.	X	X	X	X	
É essencial poder ligar e desligar o áudio.	X	X	X	X	X
É essencial poder repetir, avançar ou voltar o áudio. Para gravações pequenas, pode-se suprimir essa função.	X	X	X	X	X
Permitir que os usuários ajustem a velocidade do áudio.	X	X	X	X	X
É essencial poder ajustar o volume do áudio.	X	X	X	X	X
Permitir que a imagem audiotátil seja explorada com as duas mãos.	X	X	X	X	X
É essencial ter comandos de voz.	X				X
O tamanho da imagem audiotátil não deve ultrapassar ao alcance dos braços. Imagens muito grandes ou muito pequenas dificultam o aprendizado. Evitar imagens menores que a falange do dedo e atentar para o tamanho padrão da letra Braille.	X	X	X		X
Todos os pontos da imagem audiotátil deve ser alcançada pelos dedos na exploração tátil. Exceções para um objeto que tenha furos originalmente (exemplo: boca).	X	X	X	X	X
Pode-se usar o Braille como recurso extra, ou para complementar os áudios (exemplo: títulos).	X		X	X	X
É essencial que a imagem audiotátil seja de baixo custo, viabilizando que o próprio professor possa desenvolver.	X			X	X
Elementos táteis na imagem devem ser simplificados, mas a simplificação não deve descaracterizar o objeto representado. Manter características que remetam ao objeto real, em um balanço entre simplificação e detalhes.	X	X	X		X
Pode-se adaptar a mesma imagem audiotátil para outras disciplinas ou contextos.	X			X	X
Não fazer imagens audiotáteis que sejam uma representação em perspectiva, nem com sobreposições.		X	X	X	X
Evitar imagens audiotáteis com excesso de informação tátil. O áudio complementa as informações detalhadas.		X			
É interessante que a pessoa possa identificar a imagem audiotátil na sua posição correta, seja nas mãos ou na mesa, e encontrar um ponto de partida para a exploração tátil.		X	X	X	X
Uso de comandos por gestos táteis, cuidando para que não seja uma tarefa exaustiva ou difícil.		X	X	X	X
Trabalhar as imagens audiotáteis com escalas, para que traga comparações e contexto entre imagens e objetos diferentes.		X		X	X
Planejar para que o desenvolvimento das imagens audiotáteis aconteça antes do início das aulas/atividades, juntamente com o material dos videntes.		X			
Pode-se usar QR Code para acessar informações por áudio.			X		

RECOMENDAÇÕES DE ESPECIALISTAS	Entrevistado A	Entrevistado B	Entrevistada C	Entrevistado D	Entrevistada E
Na audiodescrição, pode-se passar emoções diferentes (tristeza, alegria, austeridade, etc.). Por exemplo, através do tom da voz ou tratamento de áudio posterior.			X	X	X
Um único áudio não deve passar de dois minutos, para não ser exaustivo. Deve-se selecionar quais são as informações mais relevantes sobre o elemento que se descreve.			X		
Explorar o lúdico com imagens audiotáteis para crianças. Exemplos: tom de voz, cheiros, brincadeiras, texturas, peças de encaixar.			X	X	X
Se necessário, ter um tutorial para que novos usuários saibam utilizar a imagem audiotátil.			X	X	X
Utilizar comandos de voz para desencadear áudios.			X		X
Se possível, ter entrada para fones de ouvido.			X	X	X
Estudantes poderem gravar os próprios áudios.			X	X	X
Pode-se fazer uso de peças móveis ou fixas.			X	X	X
Dar acabamento à impressão 3D. Exemplo: com texturas, aplicação de outros materiais, retirar rebarbas.				X	X
Ao planejar uma imagem audiotátil, selecionar quais são os elementos principais para que o conceito seja compreendido.				X	
Ter um professor ou tutor para auxiliar.				X	X
Pode-se começar com uma imagem simplificada, aumentar o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante ou, ainda, ensinar por partes (exemplo: cabeça, depois orelhas, depois olhos) e depois uma imagem com o todo.				X	X
Diversificar materiais para compreender o que melhor funciona no contexto.				X	
Para o ensino de desenho, começar pelo tridimensional, depois uma imagem planificada, e por fim, desenhar.					X
A imagem audiotátil deve ter espaço suficiente para a exploração pelos dedos (exemplo: ao explorar uma linha, outro elemento não pode estar no caminho atrapalhando a sequência de leitura).					X
Manter um banco de imagens ou elementos táteis normatizados que possam ser usados em diferentes materiais. Exemplo: formas de animais.					X

FONTE: A autora (2023).

A figura 31 ilustra o processo das entrevistas semi estruturadas com os especialistas.

FIGURA 31 – SUMARIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS.



FONTE: A autora (2023).

Assim, com recomendações originadas de 4 fontes diferentes, RBS inicial, alertas da RBS, revisão assistemática e entrevistas, um conjunto único de recomendações foi elaborado.

6.3 PROPOSIÇÃO INICIAL DO CONJUNTO DE RECOMENDAÇÕES

As recomendações das 4 fontes foram combinadas, passando a compor apenas um conjunto. Cada recomendação foi redigida como uma combinação de todas as fontes similares, complementando informações quando era possível. Logo, este conjunto de recomendações não é uma cópia das fontes originais, mas sim, a interpretação da pesquisadora a partir de fontes distintas. O quadro 14 apresenta o conjunto, que contém 62 recomendações. Estas foram organizadas e divididas em 5 categorias: (1) contexto e uso; (2) tato; (3) áudio; (4) interação e; (5) fabricação. Estas categorias foram criadas pela pesquisadora em caráter provisório apenas para organização inicial, visto que a técnica de *card sorting* foi conduzida posteriormente para criar categorias e subcategorias significativas junto aos participantes.

QUADRO 14 – PROPOSIÇÃO INICIAL DE RECOMENDAÇÕES.

RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D	RBS Inicial	RBS Alertas	Revisão Assistemática	Entrevistas
Categoria: Contexto e Uso	Fonte			
Em caso de um conjunto de imagens audiotáteis sobre o mesmo assunto, criar também uma única, simplificada, que represente o todo.			X	
Manter a consistência entre diferentes imagens, evitando fazer mudanças nos termos verbais utilizados, no leiaute, forma e posição dos elementos táteis, principalmente se forem parte de um mesmo conjunto. Exemplos: botões sempre na mesma posição, mesma escala.	X	X	X	
Usar métodos faça-você-mesmo (do-it-yourself, DIY), para proporcionar um conteúdo personalizado. Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D.	X			X
Explorar o lúdico e o reflexivo em imagens audiotáteis para crianças, estimulando o engajamento e acesso às representações simbólicas. Exemplos: tom de voz, cheiros, brincadeiras, peças de encaixar.	X			X
Prezar pela qualidade estética visual, auditiva e tátil, pois é benéfico para a inclusão social e cultural de crianças cegas.	X	X		
As imagens audiotáteis precisam ser portáteis.	X			
Ter um(a) educador(a) ou tutor(a) para auxiliar o estudante cego, contextualizando o conteúdo e tirando dúvidas sobre o uso da imagem audiotátil.	X			X
As informações táteis e sonoras são complementares entre si, entretanto, se dá maior ênfase à informação tátil. O tátil pode melhor representar informações espaciais - dimensão, forma, volumetria, texturas; e o áudio pode melhor retratar descrições - cores, expressões faciais, aspectos históricos, sonoplastia, exemplos de formas similares, ou outras informações onde relações espaciais não sejam importantes.		X		X
Ao planejar o conteúdo, priorizar o desenvolvimento de materiais que não são facilmente encontrados em 3D, são inacessíveis (arquitetura ou objetos grandes, por exemplo), ou que são pouco abordados no currículo (historicamente, mulheres ou pessoas negras, por exemplo).				X
Substituir toda ou a maior parte das informações em Braille por gravações em áudio. Braille pode ser utilizado para pequenas marcações ou como recurso extra. Exemplos: títulos, indicação de onde começar a exploração tátil.	X	X		X
Envolver indivíduos com deficiência visual (cegos, baixa visão) e educadores no processo de desenvolvimento de imagens audiotáteis (seja como usuários, testadores, consultores, informantes ou colaboradores). Exemplos de técnicas: observações, entrevistas, diários, prototipagem colaborativa, co-design.	X			X
Oferecer materiais que garantam acessibilidade a todos os conteúdos trabalhados em sala de aula, de forma equivalente aos dos colegas videntes, sem acrescentar carga cognitiva extra. Além disso, oferecer possibilidades de participação plena no compartilhamento de conhecimento com o seu grupo. Para isso, os materiais acessíveis, imagens audiotáteis ou não, devem estar prontos antes do início das atividades/aulas.			X	X

RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D

	RBS Inicial	RBS Alertas	Revisão Assistemática	Entrevistas
Ao planejar uma imagem audiotátil, selecionar quais são os elementos principais para que o conceito seja compreendido.				X
Começar o ensino com uma imagem simplificada, aumentando o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante ou, ainda, ensinar por partes, por exemplo, só a cabeça, depois as orelhas, depois os olhos, etc., finalizando com uma imagem do conteúdo completo.				X
Atender outras deficiências também, como autistas e pessoas com baixa visão. Exemplo: pode-se fazer descrição e uso de cores, é significativo para pessoas cegas e ainda inclui pessoas com baixa visão e videntes.	X		X	X
Instruir novos usuários em como ler uma imagem audiotátil, pois a dinâmica é diferente de imagens táteis comuns. Se necessário, ter um tutorial disponível a todo momento.	X	X		X
A imagem audiotátil pode ser reutilizada com outras pessoas, em outros contextos, ou de acordo com os objetivos pedagógicos, bastando trocar os áudios em cada ponto de interação tátil.	X			X
Assegurar independência (de uso e de interpretação do conteúdo) ao estudante cego.		X		
Reconhecer que cada estudante traz sua bagagem de conhecimentos, que servem de base para a criação de novos conhecimentos. Os estudantes cegos, por exemplo, trazem suas experiências a partir da não visão.			X	
Categoria: Tato				
Fonte				
Explorar diferentes elementos táteis para acomodar as necessidades do estudante cego (pontos, símbolos, formas geométricas, linhas, linhas tracejadas, flechas, áreas, texturas, norte geográfico, referências espaciais), mas priorizar símbolos 3D icônicos ou já bem estabelecidos. Quando for preciso diferenciar o mesmo elemento tátil (exemplo, dois círculos com significados diferentes), usar tamanhos diferentes. Levar em consideração que todos os pontos devem ter tamanho, elevação e espaço compatíveis para serem explorados e alcançados pelos dedos, exceto para objetos que tenham orifícios originalmente (exemplo, boca).	X	X	X	X
A informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados que possam confundir o usuário cego.	X			
Imagens audiotáteis podem variar desde apenas relevo até completamente tridimensionais (3D). Podem ser modeladas em estilos diferentes, por exemplo, quebra-cabeça, globo, com uma base fixa, etc. Entretanto, dar mais ênfase em gerar materiais/objetos tridimensionais e mais próximos ao real.	X	X	X	X
Não fazer imagens audiotáteis que sejam uma representação em perspectiva, nem com sobreposições. Se a referência visual (imagem estática) estiver em perspectiva, a imagem audiotátil deve ser modelada com vista frontal e/ou lateral.			X	X
O tamanho da imagem audiotátil varia de acordo com o conteúdo (em média, 280x290mm), porém, imagens muito grandes ou muito pequenas dificultam o aprendizado. Por isso, evitar imagens menores que a falange do dedo ou que ultrapassem ao alcance dos braços. Também atentar para o tamanho padrão da letra Braille. Ao invés de padronizar um tamanho específico, considerar trabalhar com escalas, trazendo comparações e contexto entre imagens e objetos diferentes.		X	X	X

RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D

	RBS Inicial	RBS Alertas	Revisão Assistemática	Entrevistas
O estudante deve identificar a imagem audiotátil na sua posição correta, seja nas mãos ou na mesa, e encontrar um ponto de partida para a exploração tátil.				X
Pequenos detalhes e decorações (do objeto real ou imagem de referência visual) devem ser eliminados ou simplificados na construção dos elementos táteis. Se necessário, fazer uma imagem audiotátil separada em maior escala para mostrar esses detalhes. A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, devendo-se manter características que remetam ao objeto real, em um balanço entre simplificação e detalhes.	X	X	X	X
Categoria: Áudio		Fonte		
Usar palavras do cotidiano, mas não deixar de usar termos corretos e linguagem técnica adequada. Em caso de dificuldade de transmitir a informação, pedir ajuda da própria pessoa cega.			X	X
Incentivar outras crianças a ajudarem na descrição verbal. É muito enriquecedora a experiência da criança sem deficiência conhecer e usar este recurso de forma espontânea com seu colega com deficiência visual. Isto lhes dará melhor percepção do seu entorno, auxiliará em sua capacidade de concentração e motivará a cooperação.			X	
Descrever uma imagem que contenha apelo emocional de tal forma que provoque o mesmo impacto à pessoa cega que a imagem provoca ao olhar de quem enxerga. Na audiodescrição, pode-se passar emoções diferentes (tristeza, alegria, austeridade, etc.), por exemplo, através do tom da voz ou tratamento de áudio posterior.			X	X
Considerar que não há linguagem neutra, nem tradução sem intermediação. Estar ciente de que suas subjetividades estão presentes no material oferecido e cuidar para que o direito à interpretação do conteúdo visual seja dos estudantes.			X	
Os recursos sonoros não são somente verbais. Fazer uso de música e outros sons não-verbais. Exemplos: som indicando erro ou acerto, sons lúdicos, sons ambientes, efeitos de som, sons de animais.	X			
Comentários em áudio podem ser adicionados para contextualizar o estudante cego. Exemplos: para posicionar a câmera no local correto, para instruir no uso da imagem, exemplificar comandos, posicionar a imagem no local correto, prover um contexto geral, etc.	X			
Evitar sobrecarga de informação sonora de uma só vez. Ao invés de um áudio longo, gravar várias faixas de áudio curtas, sem passar de dois minutos cada. Deve-se selecionar quais são as informações mais relevantes sobre o elemento que se descreve. As informações por áudio podem explorar níveis de complexidade ou tipo de informação, de acordo com o gesto aplicado ou botão pressionado (por exemplo, um toque: nome do elemento; dois toques: explicação breve; comando de voz: informação mais detalhada).	X	X		X

RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D

	RBS Inicial	RBS Alertas	Revisão Assistemática	Entrevistas
Fazer a descrição verbal de maneira simples, concisa e objetiva, buscando oferecer o máximo de informação, respeitando o momento de desenvolvimento de cada estudante e seu potencial de compreensão. Adequar o trabalho ao seu perfil específico, com base em seus conhecimentos anteriores, seu contexto cultural e seu potencial de aprendizagem (inclusive informações em outras línguas, se necessário). Não suprimir informações nem subestimar a capacidade de compreensão do estudante cego.	X		X	X
Categoria: Interação	Fonte			
A interação deve permitir que o estudante cego tenha controle da informação. Ou seja, permitir que o estudante possa ligar e desligar, repetir, avançar ou voltar o áudio (para gravações pequenas, pode-se suprimir essa função), ajustar a velocidade e o volume do áudio.	X	X		X
Usar peças tangíveis móveis para aumentar a interação da pessoa cega com a imagem audiotátil.	X	X		X
Inserir marcadores (facilmente detectáveis) para indicar pontos onde há respostas em áudio. Devem ser projetados para que não sejam confundidos com elementos táteis da imagem. Esses pontos não devem alterar nem distorcer significativamente a superfície tátil.	X			
Levar em consideração que a hierarquia de interação da imagem audiotátil segue: (1) exploração tátil; (2) gestos táteis para ouvir áudios; (3) comando de voz para ouvir informações adicionais ou confirmar o entendimento.			X	
Para evitar ativações acidentais de áudio pela exploração tátil, incluir uma ação específica para que o áudio seja liberado (exemplo: pressionar ou tocar por 1 segundo para que o áudio comece a tocar). Ativar um áudio deve ser resultado de uma ação definitiva.	X			
Além do tato e da audição, outros sentidos podem ser estimulados para interação extra complementar (olfato, paladar, visão).	X			
As informações sonoras devem ser fáceis de serem adicionadas ao modelo tátil, e devem ser intuitivas e fáceis de serem acessadas pelos estudantes cegos.	X			
Prover intervenção sonora em caso de erros. Exemplo: peça móvel que foi encaixada no local errado.			X	
Permitir que a pessoa cega use as duas mãos para a exploração tátil.	X			X
Fazer uso de gestos táteis/hápticos familiares aos cegos, para ativar informações sonoras. Podem ser similares aos utilizados em smartphones ou em gestos naturais da exploração tátil. Exemplos: apontar, bater com o dedo, escanear com o indicador, escanear com o dedão, beliscar, seguir a borda com o dedo, fricção com o dedo, um toque, dois toques, três toques, dois toques com dois dedos, manter toque pressionado, pincelada rápida, pincelada devagar.	X	X		X
Sons acústicos podem ser usados como forma de ativar informações sonoras. Exemplos: o eletrônico reconhece o som do toque do dedo na imagem e ativa um áudio, dispositivos acústicos.	X			

RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D	RBS Inicial	RBS Alertas	Revisão Assistemática	Entrevistas
Comando de voz pode ser usado como forma de ativar informações sonoras. No comando de voz, deve-se implementar uma palavra-chave ou um botão para ser pressionado que reconhecerá o comando, evitando assim ativações não intencionais. Exemplos: "mais informação", "distância", "o que é isso?", "salvar informação".	X	X		X
Botões (em diferentes formatos) podem ser usados como componente auxiliar para obter informações por áudio, ou para ter a função ligar/desligar.	X	X		
Levar em consideração posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil. Exemplos: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.	X			
Levar em consideração movimentos importantes da exploração tátil. Exemplos: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.	X			
Categoria Fabricação			Fonte	
Usar plástico PLA, ABS e/ou resina como materiais de impressão 3D. Além disso, a impressão 3D pode ser combinada com outros processos de fabricação digital, como corte a laser, ou mesmo outros materiais (criando diferentes texturas). Explorar o que funciona melhor no contexto de uso.	X			X
A impressão 3D pode ser combinada com eletrônicos de baixo custo. Exemplos: etiquetas NFC, sensores capacitivos, sensores PIR, placas Arduino, placa Touch Board, Raspberry Pi, Makey Makey, Lilypad, sensores de proximidade.	X	X		
Manter o processo simples ou prover as ferramentas necessárias para que mesmo pessoas não especialistas (em impressão 3D e eletrônicos) possam desenvolver suas próprias imagens audiotáteis. A tecnologia usada deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.	X	X		X
Imagens audiotáteis podem ser desenvolvidas a partir de modificações em modelos digitais 3D já existentes. Exemplos: encontrados em sites como Thingiverse, NIH 3D Print Exchange, Nasa 3D Resources, APH Tactile Image Library, National Library of Medicine Visible Human, globos terrestres. Ainda, algumas bases de dados podem servir como ferramenta para a modelagem. Exemplos: OpenStreetMap, Google Place, tactilemap.net, dados GIS.	X			
A visão computacional pode ser integrada no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Exemplos: para o reconhecimento de formas, posição do dedo.	X			
Tablets e smartphones são ferramentas que podem ser integradas no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Exemplos: uso de aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Codes.	X			X
O escaneamento 3D é uma maneira de se adquirir modelos fiéis e detalhados do objeto real.	X			

RECOMENDAÇÕES PARA O DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D	RBS Inicial	RBS Alertas	Revisão Assistemática	Entrevistas
Se for necessário utilizar pós-processamento, a impressão 3D não deve ser nem muito áspera nem muito lisa. Deve ser suave ao toque, sem pontas ou bordas afiadas, não inflamável nem nociva, ou seja, a imagem audiotátil deve ser segura para quem manipula.	X		X	X
Levar em consideração as limitações e características da impressora 3D a ser utilizada (por exemplo, tamanho máximo de impressão, material disponível, necessidade de pós-processamento). Se necessário, dividir o modelo digital 3D em diversas partes para serem impressas. Os parâmetros de impressão devem ser ajustados de forma a evitar que imperfeições sejam confundidas com texturas ou componentes da imagem.	X	X	X	
Material condutivo pode ser impresso em 3D onde há pontos de interação por áudio ou como forma de integrar um dispositivo eletrônico. Uma alternativa é o uso de tinta condutiva.	X	X		
Levar em consideração ter entrada para fones de ouvido, para que o estudante cego possa focar na informação.	X			X
Armazenar e compartilhar imagens audiotáteis prontas de forma online para outros educadores, makers, comunidades. De preferência, promover o compartilhamento digital gratuito, público e livre. Exemplo: licenças open source, creative commons, copy left, REA.	X			X
Desenvolver um banco de imagens ou elementos táteis normatizados que podem ser usados/reutilizados em diferentes materiais. Exemplo: formas de animais.				X

FONTE: A autora (2023).

6.4 DELPHI

Com o intuito de validar o conjunto de recomendações elaborado anteriormente, propôs-se a realização de um Delphi. Desta forma, pessoas especialistas de diversas áreas, mas ainda tangentes à pesquisa, puderam avaliar cada recomendação e opinar sobre elas, modificando se necessário, até atingir o quase consenso entre elas.

Como explicitado pelo capítulo de método, foram convidados 10 participantes, com perfis heterogêneos. Fizeram parte deste grupo: professores, pesquisadores, designers, consultores de acessibilidade, audiodescritores, pessoas com deficiência visual, desenvolvedores de materiais didáticos acessíveis aos cegos.

A primeira rodada de consulta aos especialistas foi realizada através de questionário virtual elaborado na plataforma Google Forms. O questionário foi composto de 8 seções:

- Explicação sobre a pesquisa;

- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo modelo está no Apêndice 4;
- Recomendações da categoria Contexto e Uso;
- Recomendações da categoria Tato;
- Recomendações da categoria Áudio;
- Recomendações da categoria Interação;
- Recomendações da categoria Fabricação;
- Página de finalização caso o participante não aceitasse o TCLE.

A primeira página do formulário, explicação sobre a pesquisa, continha o seguinte texto:

Olá!

Meu nome é Emilia Christie Picelli Sanches e este questionário é parte da minha pesquisa de Doutorado em Design pela Universidade Federal do Paraná.

A pesquisa visa desenvolver um artefato de auxílio a educadores e outros profissionais a desenvolverem imagens audiotáteis impressas em 3D para a acessibilidade de estudantes cegos.

Nesta etapa, busca-se a validação de um conjunto de recomendações (retirado da literatura e entrevistas realizadas anteriormente), através da técnica Delphi. O objetivo desta técnica é obter consenso sobre esses dados a partir das análises críticas de especialistas na área. Para tanto, são realizadas rodadas de questionários até que haja consenso ou quase consenso entre as respostas dos participantes.

Esta é a primeira rodada, contendo 62 recomendações, divididas em 5 seções:

1. Contexto e uso: 19 recomendações;

2. Tato: 7 recomendações;

3. Áudio: 8 recomendações;

4. Interação: 15 recomendações;

5. Fabricação: 13 recomendações.

Como pequeno agradecimento pela sua valiosa contribuição, compartilharei contigo os resultados obtidos com a tese, caso assim o desejar. Os dados obtidos serão mantidos anônimos em qualquer publicação, embora sejam do conhecimento da doutoranda.

Em caso de dúvida ou necessidade de informações adicionais, não hesite em me contactar pelo email emilia.ecps@gmail.com ou (41) 99836-5990.

Nesta primeira rodada, será necessário assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, disponível na próxima página.

Cordialmente,

Emilia.

Após o texto de introdução, pedia-se o e-mail e o nome completo do participante. Na página seguinte, o TCLE foi apresentado. O participante selecionava sua concordância ou não com o Termo, e apontava pelo desejo ou não de receber uma cópia por e-mail. Em seguida, as próximas seções eram de recomendações.

A cada recomendação, uma escala de concordância de 5 pontos foi incluída: concordo totalmente; concordo parcialmente; nem discordo, nem concordo; discordo parcialmente; discordo totalmente. Além disso, a opção “não sei informar” também foi incluída. Ao final de cada seção com recomendações, foi solicitado que os participantes justificassem suas respostas e sugerissem alterações, exceto quando houvesse concordância total:

Caso tenha respondido, em uma ou mais opções, "discordo totalmente", "discordo parcialmente", "não concordo, nem concordo", "concordo parcialmente", justifique sua resposta ou sugira alterações.

Desta forma, os especialistas foram convidados a expressar seus comentários ou melhorias sobre cada recomendação discordante da sua experiência. Não foi possível precisar quanto tempo cada participante utilizou para finalizar o questionário, pois foi uma atividade assíncrona e sem supervisão. Porém, o tempo previsto era de 20 minutos. A partir disso, o próximo passo foi quantificar as respostas entre concordância-discordância e as avaliar quanto a necessidade de uma nova rodada (seguindo os critérios previstos no capítulo de método). Os critérios para uma recomendação ser considerada consenso entre os especialistas foram:

- Ao menos 90% de concordância (entre total e parcial);
- Pelo menos 70% dos votos em concordância total (relativo ao total de votos);
- Nenhum voto para discordância (total ou parcial).

Votos em “não sei informar” foram retirados do número de votos válidos. A tabela 5 apresenta a sumarização da avaliação e o Apêndice 5 apresenta a análise completa.

TABELA 5 – SUMARIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO.

CONSENSO NA PRIMEIRA RODADA DE QUESTIONÁRIOS DELPHI			
Categoria	Total de recomendações	Consenso	Não consenso
Contexto e uso	19	12	7
Tato	7	7	0
Áudio	8	7	1
Interação	15	9	6
Fabricação	13	10	3
Total	62	45	17

FONTE: A autora (2023).

A maior parte das recomendações, 45 entre 62, foram consideradas válidas pelos especialistas. Isso demonstra uma coerência entre a literatura e a aplicação prática. Contudo, uma segunda rodada foi necessária para avaliar as 17 recomendações que não atingiram consenso.

Conforme comentários dos próprios participantes na primeira avaliação, as recomendações foram reescritas e ajustadas. Nota-se que, dentre elas, 3 delas não foram reescritas e sim sugeridas sua exclusão total do conjunto, por não serem compatíveis com os comentários dos especialistas. Em seguida, um novo questionário foi elaborado e disponibilizado para os mesmos participantes.

Nesta segunda rodada, 7 dos 10 especialistas participaram. O segundo questionário foi analisado conforme os mesmos critérios adotados anteriormente. Os resultados são apresentados pela tabela 6, e o processo de reescrita e análise completa da segunda rodada se encontram no Apêndice 6.

TABELA 6 – SUMARIZAÇÃO DA SEGUNDA AVALIAÇÃO.

CONSENSO NA SEGUNDA RODADA DE QUESTIONÁRIOS DELPHI			
Categoria	Total de recomendações	Consenso	Não consenso
Contexto e uso	7	6	1
Tato	0	-	-
Áudio	1	0	1
Interação	6	3	3
Fabricação	3	3	0
Total	17	12	5

FONTE: A autora (2023).

Desta forma, após a segunda rodada de avaliação das recomendações, apenas 5 não atingiram um consenso entre os participantes. De acordo com os comentários, os ajustes a serem feitos não alterariam drasticamente a natureza da recomendação. Assim, não houve necessidade de retornar estas 5 recomendações para uma nova rodada, sendo o Delphi finalizado em um quase consenso, que é um resultado satisfatório para a técnica mesmo sem 100% de concordância entre os especialistas.

Após os ajustes finais, o conjunto passou a conter 60 recomendações (2 excluídas durante o Delphi), encerrando a Fase 1 desta pesquisa (figura 32).

FIGURA 32 – PROCESSO DA TÉCNICA DELPHI.



FONTE: A autora (2023).

6.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo apresenta os resultados iniciais da pesquisa, equivalentes à Fase 1. Além da exploração do problema, esta fase teve por objetivo levantar e avaliar as recomendações sobre o desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D. Foram quatro fontes principais de informações: RBS inicial, alertas da RBS, revisão assistemática e entrevistas. As recomendações resultantes de cada fonte foram tabuladas, organizadas e combinadas. A partir disso, um estudo Delphi foi proposto para que as recomendações fossem avaliadas por especialistas. Ao final desta fase, o conjunto continha 60 recomendações (figura 33).

FIGURA 33 – RESULTADOS DA FASE 1.



FONTE: A autora (2023).

7 RESULTADOS DAS FASES 2 E 3 – PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Este capítulo apresenta os resultados referentes às **Fases 2 e 3** da pesquisa, “proposição do artefato” e “avaliação do artefato”. Na Fase 2, as etapas estabelecidas foram: (1) organização do artefato a partir das recomendações geradas na Fase 1; e (2) design do artefato. A técnica de coleta de dados adotada nesta fase, que envolveu participantes externos, foi o **card sorting**. Além disso, também houve um processo de reescrita das recomendações utilizando os princípios da **linguagem simples** e, período sanduíche com o intuito de desenvolver o **projeto gráfico do artefato**, juntamente com outros designers inclusivos e programadores. A Fase 3 foi composta por uma única etapa, de avaliação com especialistas. A técnica adotada foi a de **workshop de design**. Assim, estes são descritos aqui, em detalhes. Os dados de saída destas fases (e, conseqüentemente, deste capítulo) são o artefato (e suas variações), avaliado, contendo as recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Por fim, estes resultados atendem ao quarto objetivo específico desta tese: **propor, para fins de avaliação com grupos de interesse, um artefato informacional contendo o conjunto de recomendações para o design de imagens audiotáteis utilizando impressão 3D**.

7.1 REESCRITA EM LINGUAGEM SIMPLES

Com a finalização do processo de avaliação do conteúdo das recomendações pela técnica Delphi, o conjunto passou por outras técnicas com o intuito de deixar as informações coesas, simples, mais acessíveis e diretas ao público. A sugestão de retrabalhar o conteúdo das recomendações foi proveniente dos integrantes da banca de qualificação que, inclusive, apresentaram o conceito de linguagem simples à pesquisadora. Os princípios da linguagem simples estão ligados aos do design inclusivo e do design da informação, tornando-os compatíveis com os objetivos e natureza desta pesquisa.

Desta forma, a etapa seguinte da avaliação por Delphi foi a reescrita de cada uma das recomendações utilizando as sete diretrizes de linguagem simples criadas por Fischer (2018) e disponibilizadas pelo ENAP (2022) em um curso gratuito. Além disso, também foi feita a simplificação no número de recomendações, agrupando-as quando possível.

Este processo contou com o auxílio de uma bolsista de iniciação científica do curso de Design Gráfico da UFPR. Após ambientação com as diretrizes (empatia, hierarquia, palavra

conhecida, palavra concreta, frase curta, frase na ordem direta e diagnóstico), as 60 recomendações foram reescritas.

Concretamente, as principais decisões neste processo foram:

- Definição de hierarquia dentro de cada recomendação. Frase principal seguida de complemento na informação, exemplos e/ou dicas;
- Recomendações mais curtas, com frases compostas por não mais do que 25 palavras cada;
- Padronização das recomendações em frases imperativas, gerando um diálogo direto com o leitor;
- Simplificação da informação, sem alteração da essência da recomendação.

A seguir este processo é ilustrado mostrando-se três exemplos do antes e depois da recomendação (quadro 15).

QUADRO 15 – EXEMPLOS DE REESCRITA EM LINGUAGEM SIMPLES.

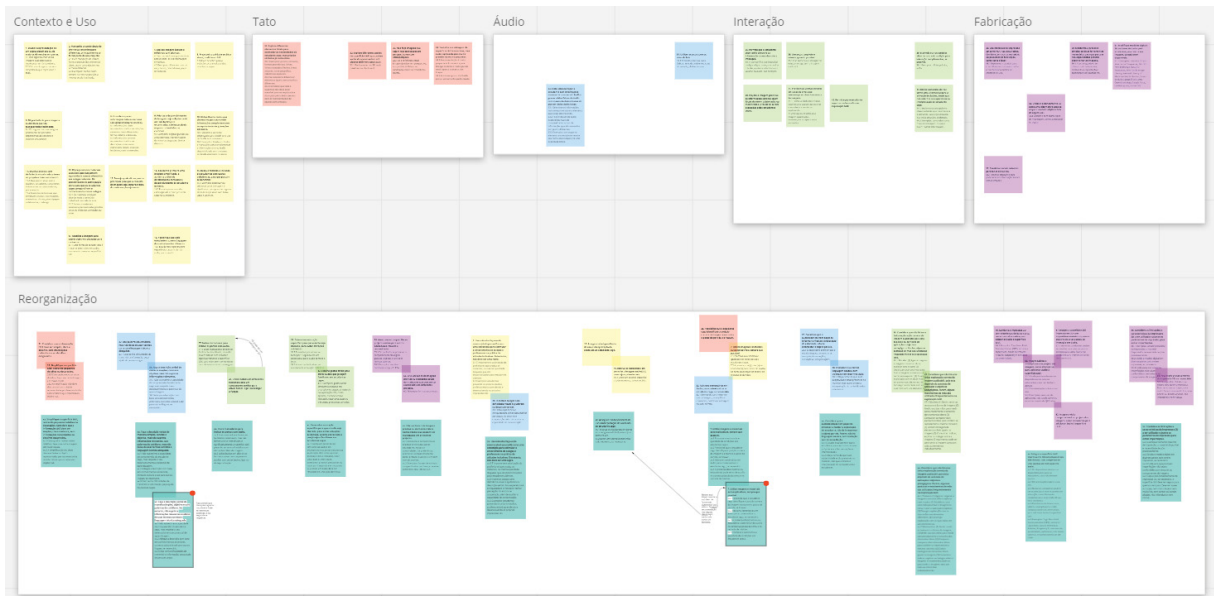
RECOMENDAÇÃO ANTERIOR	REESCRITA
Manter o processo simples ou prover as ferramentas necessárias para que mesmo pessoas não especialistas (em impressão 3D e eletrônicos) possam desenvolver suas próprias imagens audiotáteis. A tecnologia usada deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.	<p>Mantenha o processo simples ou dê as ferramentas necessárias para que pessoas não especialistas possam desenvolver as imagens.</p> <p>- A tecnologia deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.</p>
A interação deve permitir que o estudante cego tenha controle da informação. Ou seja, permitir que o estudante possa ligar e desligar, repetir, avançar ou voltar o áudio (para gravações pequenas, pode-se suprimir essa função), ajustar a velocidade e o volume do áudio.	<p>Permita que o estudante cego tenha controle da informação sonora durante a interação.</p> <p>- Isso significa que é possível desligar e ligar, avançar ou voltar o áudio, ajustar a velocidade e o volume do áudio, por exemplo.</p>
Os recursos sonoros não são somente verbais. Fazer uso de música e outros sons não-verbais. Exemplos: som indicando erro ou acerto, sons lúdicos, sons ambientes, efeitos de som, sons de animais.	<p>Utilize recursos sonoros além da fala.</p> <p>- Exemplos: música, sons lúdicos, sons de ambientes, sons de animais, efeitos de som.</p>

FONTE: A autora (2023).

Neste processo, ficou evidente que o volume de informações poderia ser simplificado, inclusive, pelo número de recomendações do conjunto. Assim, utilizando-se da [plataforma digital Miro](#) (figura 34), a pesquisadora e a estudante de iniciação científica propuseram a união de recomendações similares – sem que houvesse a perda de sentido

ou alteração significativa no teor do conteúdo. Ao final, o conjunto de 60 recomendações passou a ser constituído de apenas 45.

FIGURA 34 – UNIÃO DAS RECOMENDAÇÕES NA PLATAFORMA MIRO.



FONTE: A autora (2023).

O quadro 16 apresenta outros três exemplos de recomendações reescritas, mas que foram união de duas ou mais recomendações anteriores.

QUADRO 16 – EXEMPLOS DE UNIÃO DE RECOMENDAÇÕES.

RECOMENDAÇÕES ANTERIORES	REESCRITA
<p>1 - A informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados que possam confundir o usuário cego.</p>	<p>Simplifique a superfície tátil, retirando pequenos detalhes ou decorações. Considere que a informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados.</p>
<p>2 - Pequenos detalhes e decorações (do objeto real ou imagem de referência visual) devem ser eliminados ou simplificados na construção dos elementos táteis. Se necessário, fazer uma imagem audiotátil separada em maior escala para mostrar esses detalhes. A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, devendo-se manter características que remetam ao objeto real, em um balanço entre simplificação e detalhes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Caso queira mostrar esses detalhes, faça uma outra imagem em maior escala. - A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, por isso mantenha características que remetam ao objeto real.

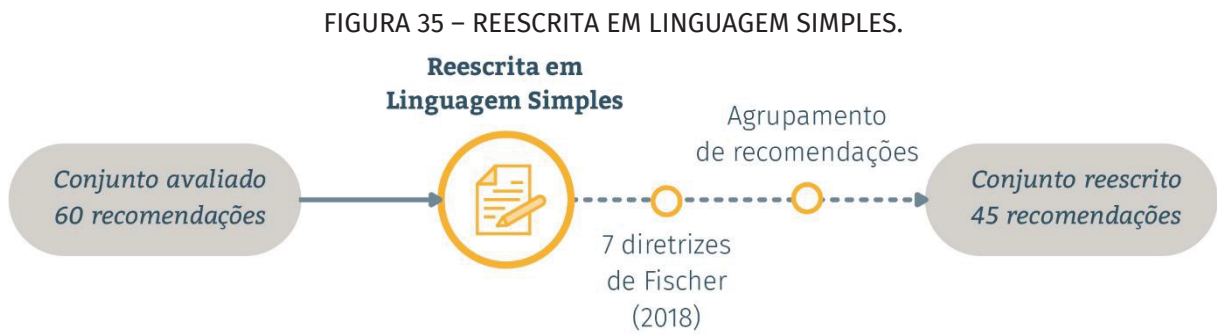
RECOMENDAÇÕES ANTERIORES	REESCRITA
<p>1 - A impressão 3D pode ser combinada com eletrônicos de baixo custo. Exemplos: etiquetas NFC, sensores capacitivos, sensores PIR, placas Arduino, placa Touch Board, Raspberry Pi, Makey Makey, Lilypad, sensores de proximidade.</p> <p>2 - A visão computacional pode ser integrada no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Exemplos: para o reconhecimento de formas, posição do dedo.</p> <p>3 - Tablets e smartphones são ferramentas que podem ser integradas no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Devem ser disponibilizados para os estudantes caso estes não tenham acesso, assim como orientações para o uso. Exemplos: uso de aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Codes.</p> <p>4 - A integração da superfície tátil com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação com o áudio, podem ser feitas através de material condutivo - tais como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva.</p>	<p>Integre a superfície tátil impressa em 3D com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação em áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os dispositivos devem ser disponibilizados para os estudantes, caso não tenham acesso. - Dê orientações sobre o seu uso. - Materiais condutivos podem ser usados para criar os pontos de interação, como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva. - Eletrônicos de baixo custo, tablets, smartphones e visão computacional são alternativas para adicionar áudio à superfície tátil. - Exemplos: Tags Near Field Communication (NFC), sensores capacitivos, placas eletrônicas Arduino, Raspberry P, sensores de proximidade, aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Code.
<p>1 - Assegurar independência (de uso e de interpretação do conteúdo) ao estudante cego.</p> <p>2 - Instruir novos usuários em como ler uma imagem audiotátil, pois a dinâmica é diferente de imagens táteis comuns. Se necessário, ter um tutorial disponível a todo momento.</p>	<p>Assegure a independência de uso e interpretação do conteúdo ao estudante cego.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instrua os estudantes em como ler a imagem audiotátil, caso seja a primeira vez. - Deixe um tutorial disponível a todo momento, se necessário.

FONTE: A autora (2023).

O quadro com todas as recomendações reescritas se encontra no Apêndice 7. Entende-se que a linguagem simples não é apenas uma técnica de escrita, mas também de organização visual (ou seja, faz parte da prática do design da informação). Entretanto, esta etapa compõe o que aqui se denomina como o projeto gráfico do artefato e, portanto, será descrita em outro tópico.

Ainda que a linguagem simples não tenha sido parte do primeiro planejamento metodológico desta pesquisa, destaca-se o papel crucial que esta cumpre na afirmação da abordagem centrada no humano e inclusiva desta pesquisa, pelo viés do design da informação.

A linguagem simples é estratégica ao ser utilizada para transformar um conteúdo de origem acadêmica (recomendações coletadas em publicações acadêmicas e através de entrevistas com especialistas) em informações mais concisas e diretas ao leitor potencial – designers, educadores, *makers*, etc. A figura 35 sumariza o processo de reescrita em linguagem simples das recomendações.



FONTE: A autora (2023).

7.2 CARD SORTING

Na sequência da reescrita das recomendações, o *card sorting* foi aplicado para a organização do conjunto em categorias e subcategorias significativas aos potenciais leitores e usuários. Com a técnica, foi possível cocriar categorias e subcategorias junto aos especialistas, para posterior compilação e identificação de padrões de categorias e/ou subcategorias similares.

A estudante e pesquisadora de iniciação científica também participou desta etapa, auxiliando na elaboração do protocolo, cronograma, convite para participação e, por fim, a coleta de dados.

Em um primeiro momento, o protocolo do *card sorting* foi elaborado (Apêndice 8), tomando como base os autores Nielsen (2004), Martin e Hanington (2012) e Spencer (2009). As principais características do planejamento foram: coleta virtual, através de *card sorting* remoto e síncrono; 16 participantes, separados em duplas; uso das ferramentas virtuais Microsoft Teams e Miro para coleta de dados; *card sorting* aberto, sem categorias pré-definidas.

O contato com especialistas foi feito através de e-mails enviados individualmente. Participantes de etapas anteriores, Delphi e entrevista, foram convidados novamente. O modelo de e-mail (adaptado para cada convidado) foi:

Olá, [Nome do convidado]! Tudo bem?

[Introdução personalizada]. Aproveito para te apresentar a aluna de IC de Design Gráfico Juliana de Oliveira, que está em cópia, pois participará dessa etapa comigo.

Gostaríamos de convidar você para participar de uma dinâmica virtual que integra a minha pesquisa de Doutorado “Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos”, orientada pelas professoras doutoras Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno. A pesquisa está situada no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

A pesquisa tem como objetivo propor um artefato informacional para auxiliar o desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D, com foco na educação inclusiva de estudantes cegos. A etapa atual envolve um momento de cocriação junto a designers, professores, pesquisadores, criadores de materiais inclusivos e *makers*.

Para tal, realizaremos uma dinâmica virtual de *card sorting*, com duração prevista de 1 hora. Utilizaremos a plataforma Miro, com rodadas em dupla. Também nos comunicaremos por videoconferência, utilizando o Microsoft Teams. O *card sorting* é uma técnica para organização da informação em categorias significativas para os usuários. Nessa dinâmica, nosso objetivo é compreender como vocês organizam e categorizam uma série de recomendações sobre criação de imagens audiotáteis impressas em 3D. Ressaltamos que não é necessário ter experiência prévia especificamente com imagens audiotáteis nem com a plataforma Miro!

Pedimos somente que acesse a dinâmica por um computador conectado à internet.

Caso aceite participar, por gentileza, pedimos que **retorne este e-mail com o melhor dia e horário para realização da dinâmica**. Criamos uma grade de horários para facilitar esta comunicação [Link]. Você pode deixar comentários na própria grade ou escrever aqui no e-mail, o que preferir. As duplas serão definidas de acordo com a disponibilidade de horários. Adoraríamos se pudesse participar dessa etapa!

Desde já, agradecemos sua atenção,
Emilia Picelli e Juliana de Oliveira

Os convites foram enviados até que se houvesse a confirmação de 16 participantes. Estes foram combinados em duplas, de acordo com os horários disponíveis. Não era requisito que os participantes conhecessem imagens audiotáteis, mas todos deveriam possuir algum grau de familiaridade com acessibilidade, seja através de pesquisa acadêmica, audiodescrição, impressão 3D, produção de materiais didáticos acessíveis, vivência com a deficiência visual, etc. Um dos participantes possuía baixa visão.

Um e-mail de confirmação de horário e apresentação da dupla foi enviado, juntamente com um link para assinatura do TCLE (Apêndice 9).

Como parte da técnica de *card sorting* virtual, um [painel digital interativo foi elaborado para guiar a execução da atividade](#), na plataforma Miro. Este painel foi separado em três partes: a primeira, com a contextualização sobre o que é uma imagem audiotátil impressa em 3D (figura 36); a segunda, com a explicação da dinâmica e apresentação de todos os cartões (figura 37); e, por fim, a terceira, com espaços pré-divididos para a criação de categorias e subcategorias (figura 38).

FIGURA 36 – CARD SORTING – O QUE É A IMAGEM AUDIOTÁTIL?

O que é a imagem audiotátil?

São imagens acessíveis às pessoas com deficiência visual através do tato e da audição. São um dos recursos possíveis de serem adotados na aprendizagem de estudantes cegos.

A impressão 3D aliada a dispositivos eletrônicos é uma das formas de produzir esse material inclusivo.

Veja alguns exemplos retirados da literatura acadêmica:

FONTE: A autora (2023).

FIGURA 37 – CARD SORTING – EXPLICAÇÃO E CARTÕES.

Olá!

Utilize subcategorias se quiser

Introdução
Dirigida por participar desta atividade de card sorting. O card sorting é uma técnica simples de organizar as informações em categorias, mas você ainda aprender. O objetivo é agrupar todas as cartões e dar um nome a cada grupo.

O que fazer?

1. Crie grupos. Leia as cartas, uma de cada vez, e as organize em diferentes grupos. Você pode criar quantas categorias quiser. Não há limite strito nas ideias.
2. Renomeie os grupos que você criou.
3. Imprima um grupo chamado "Não tenho certeza", caso você não saiba onde colocar certas cartas.

Tempo e ajuda

1. Não há nenhuma carta ou errata.
2. A sessão não tem limite de tempo, mas recomendamos gastar entre 60-90 minutos.
3. Modifique o template de Wire caso necessite de suas categorias.

Obrigada!

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Nome da subcategoria

Organize as cartões abaixo

<p>Utilize conceitos de uso como uma alternativa para a criação de ícones, desde que não interfira na experiência na interpretação do conteúdo tipo.</p>	<p>Mantenha a consistência de elementos entre imagens diferentes, principalmente se forem parte de um conjunto.</p>	<p>Simplifique a superfície útil, retirando elementos desnecessários das categorias. Considere que a informação útil deve ser simples, clara e suficiente, sem informações redundantes ou desnecessárias.</p>	<p>Utilize recursos sempre além da tela.</p>	<p>Preveja quais são os pontos críticos para que o conteúdo da imagem seja compreendido durante seu planejamento.</p>
<p>Use métodos de avaliação-usuário (usability) como uma estratégia para avaliar o desempenho de objetos e processos na prática de situações reais. Isso não deve ser uma regra.</p>	<p>Ofereça sensores materiais e visuais que estejam em equilíbrio com os desafios das situações. De possibilidades de participação para que os estudantes sejam participantes e não espectadores com as coisas.</p>	<p>Use materiais de impressão 3D como PLA, ABS e/ou outros. Combine com outros materiais ou processos de fabricação, como corte a laser.</p>	<p>Mostre a produção e o que se diz as pessoas das necessidades de para que pessoas não especializadas possam entender as imagens.</p>	<p>Envolve pessoas com deficiência visual e auditiva no projeto e desenvolvimento.</p>
<p>Utilize imagens e materiais autogerativos, sempre que possível.</p>	<p>Esquise diferentes elementos além para considerar os meios de ensino do estudante tipo, mas procure símbolos já conhecidos.</p>	<p>Apresente primeiro uma imagem simplificada, e a seguir o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante no tema.</p>	<p>Integre a superfície útil impressa em 3D com dispositivos móveis, com o objetivo de criar pontos de interação em áudio.</p>	<p>Procure pela qualidade estética visual, áudio e tátil.</p>
<p>Considere que não há uma única exploração correta de imagem (audió), pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Porém, algumas posturas e ações mais de não são utilizadas frequentemente na exploração tátil.</p>	<p>Use peças brancas e brancas, quando possível.</p>	<p>Utilize o escaneamento 3D como uma alternativa para se adquirir modelos digitais fora do objeto real.</p>	<p>Projete a imagem para que as informações possam ser acessadas de maneira tátil ou por meio de voz, e forneça descrições em áudio.</p>	<p>Faça a descrição verbal de maneira simples, objetiva e com palavras do cotidiano. No entanto, não suprima informações relevantes do texto de usar termos comuns e linguagem técnica adequada.</p>
<p>Busque também a inclusão de estudantes com outras dificuldades, para que possam se beneficiar.</p>	<p>Assegure a independência de uso e interpretação do conteúdo ao estudante tipo.</p>	<p>Considere as limitações e características do equipamento 3D a ser utilizado e opte os parâmetros de impressão para evitar imperfeições.</p>	<p>Dê as informações e associe com informações sonoras de uma vez só. Prefira frases curtas e frases de áudio com menos de dez segundos que um único áudio longo.</p>	<p>Permita que o estudante possa obter o conteúdo de informação sonora durante a interação.</p>
<p>Dê preferência para imagens audíveis que são interativas, táteis e visuais.</p>	<p>Permita que o estudante veja as suas mãos na exploração tátil.</p>	<p>Determine uma ação específica para que o áudio seja liberado, para evitar atropelos, acidentes. Escolha peças brancas que sejam familiares aos estudantes tipo.</p>	<p>Não faça imagens que sejam semelhantes em aparência ou cores das imagens.</p>	<p>Dê a representação de um objeto detalhado ou de muitos elementos em partes.</p>
<p>Mostre modelos digitais 3D no formato de áudio, permitindo que o usuário possa ouvir a sua imagem, se estiver disponível.</p>	<p>Problematize as imagens em casos de erros que interrompa o funcionamento da imagem.</p>	<p>Trabalhe a modelagem da superfície tátil em escaneamento, mas não em representação visual quando o objeto for pequeno.</p>	<p>Realize a imagem para outros objetivos pedagógicos e contextos.</p>	<p>Estimule outros sentidos além do tato e do áudio para interação complementar, se possível.</p>
<p>Considere que a audiodescrição tem papel de informar e auxiliar a exploração do objeto, não de interpretar o objeto por ele. Porém, não há linguagem neutra, nem tradução sem interpretação.</p>	<p>Recorreu que cada estudante traz uma bagagem de conhecimentos diferente.</p>	<p>Ofereça diferentes opções de superfície tátil, que possam variar do simples (retos, de objetos tridimensionais) 3D.</p>	<p>Utilize áudio como uma alternativa para transmitir informações complementares do desenvolvimento da interação em áudio.</p>	<p>Considere que as informações tátil e sonora são complementares entre si.</p>
<p>Considere incluir estímulos para todos os sentidos.</p>	<p>Crie um banco de imagens, imagens ou elementos tátil, tátil, tátil, que possam ser utilizadas em situações reais.</p>	<p>Explore imagens tátil e tátil com o usuário.</p>	<p>Mostre marcadores para indicar os pontos de áudio.</p>	<p>Preveja o desenvolvimento de imagens tátil, tátil, tátil, não são tátil de uso, são tátil, são tátil ou pouco tátil no conteúdo.</p>

FONTE: A autora (2023).

FIGURA 38 – CARD SORTING – ESPAÇO PARA CATEGORIZAÇÃO.



FONTE: A autora (2023).

Ainda, como o *card sorting* foi realizado de forma síncrona, o acompanhamento, explicação da tarefa e coleta de informações adicionais foram feitos através de reunião virtual pela plataforma Microsoft Teams, sendo seu conteúdo gravado para posterior consulta.

Seguindo o protocolo, a reunião síncrona se iniciou com a explicação da atividade e apresentação do painel no Miro. Em seguida, a atividade consistiu na leitura das recomendações por parte dos participantes e no agrupamento em categorias e/ou subcategorias. A criação de categorias era obrigatória, subcategorias eram opcionais. Não havia limites no número de categorias nem na quantidade de recomendações por categoria. Em caso de recomendações em que a dupla participante não soubesse categorizar ou não chegasse a um consenso, um espaço chamado “não tenho certeza” foi reservado para tal.

O espaço de tempo estimado para cada dupla era de 1 hora, com o tempo real variando entre 40 minutos e 1 hora e meia. O quadro 17 sumariza os resultados de cada *card sorting* individual em: quantidade das categorias e subcategorias, nomes e, se houve dúvida em relação a alguma recomendação.

QUADRO 17 – RESULTADOS INDIVIDUAIS DO CARD SORTING.

DUPLA	QUANTIDADE	NOMES DAS CATEGORIAS - SUBCATEGORIAS	CATEGORIA “NÃO TENHO CERTEZA”
1	6 categorias, 1 subcategoria	<ul style="list-style-type: none"> • Pessoas; • Planejamento; • Recursos; • Interação; • Material; • Representação – Suporte. 	Sim, 1 recomendação
2	5 categorias, 7 subcategorias	<ul style="list-style-type: none"> • Tátil – Impressão 3D; • Diretrizes gerais – Deve fazer, Deveria fazer; • Áudio – Comando de voz, Audiodescrição, Gerais; • Planejamento (obrigatório) – Transporte; • Audiotátil. 	Não
3	6 categorias	<ul style="list-style-type: none"> • Configuração; • Modelagem da superfície tátil; • Imagens; • Processos e materiais; • Áudio; • Uso/autonomia. 	Não
4	5 categorias, 6 subcategorias	<ul style="list-style-type: none"> • Áudio e som; • Desenvolvimento – Apresentação, Modelagem 3D, Projeto; • Consistência e objetividade; • Participação e uso; • Materiais e utilização – Materiais, Uso e exploração, Metodologia. 	Sim, 2 recomendações
5	7 categorias	<ul style="list-style-type: none"> • Áudio/som; • Representação; • Sensoriais; • Contexto; • Produção; • Materiais; • Coisas que ajudam. 	Não

DUPLA	QUANTIDADE	NOMES DAS CATEGORIAS - SUBCATEGORIAS	CATEGORIA “NÃO TENHO CERTEZA”
6	8 categorias	<ul style="list-style-type: none"> • Imagem; • Áudio; • Materiais e suporte; • Contexto; • Audiotátil; • Exploração tátil; • Audiodescrição; • Multissensorial. 	Não
7	4 categorias, 3 subcategorias	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento – Hardware/recursos; • Produção – Escala estratégica; • Validação; • Uso/interface/inclusão – Infraestrutura; 	Não
8	4 categorias	<ul style="list-style-type: none"> • Mediação específica DV; • Mediação geral; • Produção sonora; • Produção de imagens, formas e texturas 	Sim, 3 recomendações

FONTE: A autora (2023).

Ao fim da categorização, 5 perguntas encerraram a dinâmica, com o objetivo de entender se tiveram dificuldades na realização da tarefa, se acreditavam que algumas recomendações podiam ser encaixadas em múltiplas categorias e, se por ventura, categorias criadas pela dupla podiam ser combinadas ou transformadas em subcategorias de uma maior. Foram elas:

- Vocês já tinham experiência com *card sorting* antes?
- Vocês tiveram alguma dificuldade com a dinâmica?
- Algum cartão foi especialmente difícil de colocar em uma categoria?
- Algum cartão poderia ser colocado em mais de uma categoria?
- Você acredita que uma ou mais categorias criadas por você são similares ou poderiam ser subcategorias de uma categoria maior?

Eventuais dificuldades foram enfrentadas pelo uso da plataforma Miro, não pela execução da tarefa. Todas as duplas afirmaram que recomendações poderiam aparecer em múltiplas categorias, não se mantendo fechada a uma só. Por fim, todas as duplas, exceto a dupla 7, mencionaram a possibilidade da reconfiguração das categorias em combinações ou como subcategorias. Estas afirmações foram consideradas para o resultado final.

Após as 8 dinâmicas, os resultados foram tabelados e analisados utilizando o *template* disponibilizado por Spencer (2009). Neste *template*, disponibilizado para uso no Microsoft Excel, com os dados brutos inseridos, foi possível visualizar cada recomendação com sua categoria, de acordo com cada dupla. Em seguida, houve um processo de simplificação e agrupamento de categorias de nomes similares, para padronização. Por exemplo, “áudio”, “áudio/som” e “áudio e som” foram padronizados em “áudio”. 22 categorias únicas restaram ao fim da etapa. Nota-se que os nomes que surgiram como subcategorias foram padronizadas como categorias. Os 22 nomes únicos para categorias e subcategorias foram:

- Contexto, uso e inclusão;
- Planejamento;
- Recursos;
- Interação;
- Materiais e processos;
- Imagem;
- Não tenho certeza;
- Superfície tátil;
- Diretrizes gerais;
- Áudio;
- Audiotátil;
- Configuração;
- Desenvolvimento;
- Consistência e objetividade;
- Multissensorial;
- Produção;
- Coisas que ajudam;
- Exploração tátil;
- Áudiodescrição;
- Validação;
- Mediação específica para DV;
- Mediação geral.

O *software* automaticamente fez a correlação entre cada recomendação (45) com a frequência em que ela foi inserida em cada categoria (22). Isso possibilitou a visualização de categorias mais frequentes e, também, em qual categoria cada recomendação melhor se encaixava (figura 39).

FIGURA 39 – CARD SORTING – ANÁLISE.

Card no	Card name	Contexto, uso e inclusão	Planejamento	Recursos	Interação	Materiais e processos	Imagem	Não tenho certeza	Superfície tátil	Diretrizes gerais	Áudio	Audiotátil	Configuração	Desenvolvimento	Consistência e objetividade	Multissensores	Produção	Coisas que ajudam	Exploração tátil	Audiotátil	Validação	Mediação específica para	Mediação geral
1	Utilize comandos de voz como uma alternativa	13%		13%																			
2	Mantenha a consistência de elementos entre		38%				38%	13%							13%			13%					
3	Simplifique a superfície tátil, retirando pequenas		13%				38%		25%						13%								
4	Utilize recursos sonoros além da fala.			13%							75%												
5	Preveja quais são os pontos principais para cada		38%				25%							13%				13%					13%
6	Use métodos faça-você-mesmo (do-it-yourself)	25%	13%				13%			13%				13%							13%		13%
7	Ofereça sempre materiais acessíveis que estejam	25%	13%				38%	13%														13%	
8	Use materiais de impressão 3D como PLA, Al						63%																
9	Mantenha o processo simples ou dê as ferramentas	25%	25%				13%																
10	Envolva pessoas com deficiência visual e educadoras	25%								13%				13%	13%							13%	
11	Utilize imagens e materiais autoexplicativos, como						38%	25%															
12	Explore diferentes elementos táteis para apoiar		25%				13%	13%		13%													
13	Apresente primeiro uma imagem simplificada	25%					38%		13%						13%								13%
14	Integre a superfície tátil impressa em 3D com		13%	13%			25%						13%	13%				25%					
15	Preze pela qualidade estética visual, auditiva		13%				13%	13%					13%	13%			13%	13%					
16	Considere que não há uma única exploração	25%	13%				13%	13%					13%							13%			
17	Use peças tangíveis e móveis, quando possível		13%				38%			13%													13%
18	Utilize o escaneamento 3D como uma alternativa						25%	13%															
19	Projete a imagem para que as informações sejam	25%	13%								13%	25%											
20	Faça a descrição verbal de maneira simples, direta										13%	25%									13%	13%	13%
21	Busque também a inclusão de estudantes com	63%											13%										13%
22	Assegure a independência de uso e interpretação	63%	13%																				13%
23	Considere as limitações e características da interface		13%				25%			13%													
24	Evite sobrecarregar o estudante com informações	13%	13%																				
25	Permita que o estudante cego tenha controle			13%							63%	50%		13%									13%
26	Dê preferência para imagens audiotáteis que		25%				13%	13%															
27	Permita que o estudante cego use as duas mãos	50%	13%		13%																		13%
28	Determine uma ação específica para quem é		25%								50%	13%											13%
29	Não faça imagens que sejam representações		13%				50%	13%	13%														
30	Divida a representação de um objeto detalhe						38%		13%														
31	Modifique modelos digitais 3D ou bases de dados		13%				13%	13%	13%		13%												
32	Providencie alertas sonoros em caso de erro				13%						63%												13%
33	Trabalhe a modelagem da superfície tátil em						25%	13%	25%														
34	Reutilize a imagem para outros objetivos, como	13%		13%			13%	13%															
35	Estimule outros sentidos além do tato e da audição		13%				13%							13%									13%
36	Considere que as informações táteis e sonoras										25%												13%
37	Reconheça que cada estudante traz uma bagagem	38%	25%																				13%
38	Explore diferentes opções de superfície tátil, como						25%		25%						13%								13%
39	Utilize Braille como uma alternativa para transmitir																						
40	Considere que as informações táteis e sonoras		25%										13%	13%				13%	25%	13%			
41	Considere incluir entradas para fones de ouvido			13%			13%					50%											13%
42	Crie um banco de imagens prontas ou elementos						25%																
43	Explore imagens lúdicas e reflexivas com crianças	13%	13%				13%	38%			13%												13%
44	Inclua marcadores para indicar os pontos coloridos											63%	13%										
45	Priorize o desenvolvimento de imagens cujas		25%				13%	25%															

FONTE: A autora (2023).

As categorias que mais receberam recomendações, somando-se todos os grupos, foram “contexto, uso e inclusão”, “planejamento”, “materiais e processos”, “imagem”, “áudio” e “produção”. Desses nomes, foram retirados os nomes para as categorias. Para as subcategorias, outros nomes foram incorporados, assim como foram sugeridas alterações para que se criasse uma unidade para a organização final. Este é o caso do nome “superfície tátil” que foi simplificado para “tátil” em conformidade das categorias “áudio” e “audiotátil”, assim como “diretrizes gerais” que foi modificada para “geral”.

Por fim, o nome “imagem” foi desmembrado entre suas duas características principais, após análise das recomendações propostas nesta nomenclatura: modelagem 3D e a impressão 3D, evitando confusões do termo “imagem” com outros aspectos da imagem audiotátil.

Tomando isso como base e, considerando as percepções de cada *card sorting*, a autora propôs o resultado final, consistindo em 3 categorias e 8 subcategorias, sendo:

- Planejamento – Geral; Áudio; Tátil; Audiotátil;
- Materiais e produção – Geral; Áudio; Modelagem 3D; Impressão 3D;
- Contexto, uso e inclusão.

Para concluir, as 45 recomendações foram melhor organizadas nestas categorias e subcategorias, cada uma recebendo um código para sua identificação (quadro 18).

QUADRO 18 – DISTRIBUIÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES EM CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
1	Planejamento, Geral	PG.1	<p>Envolva pessoas com deficiência visual e educadores no projeto e desenvolvimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elas podem atuar como usuários, testadores, consultores, informantes ou colaboradores, por exemplo. - Exemplos de técnicas que envolvam pessoas: observações, entrevistas, diários, prototipagem colaborativa, co-design.
2	Planejamento, Geral	PG.2	<p>Priorize o desenvolvimento de imagens cujos objetos reais não são facilmente encontrados, são inacessíveis ou pouco abordados no currículo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: objetos grandes ou arquitetônicos, representações de minorias ou grupos étnicos diversos.
3	Planejamento, Geral	PG.3	<p>Preveja quais são os pontos principais para que o conceito da imagem seja compreendido, durante seu planejamento.</p>
4	Planejamento, Geral	PG.4	<p>Mantenha a consistência de elementos entre imagens diferentes, principalmente se forem parte de um conjunto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: evite mudanças de layout, forma e posição dos elementos táteis, assim como dos termos verbais utilizados. - Exemplos: botões ficam sempre na mesma posição, a mesma escala é utilizada.
5	Planejamento, Geral	PG.5	<p>Explore imagens lúdicas e reflexivas com crianças.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso estimula o engajamento e acesso delas às representações simbólicas. - Exemplos: diferentes tons de voz, cheiros, brincadeiras, peças de encaixar.
6	Planejamento, Geral	PG.6	<p>Dê preferência para imagens audiotáteis que são transportadas facilmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Em alguns casos as imagens podem não ser portáteis, dependendo do contexto e objetivo pedagógico.
7	Planejamento, Geral	PG.7	<p>Estimule outros sentidos além do tato e da audição para interação complementar, se possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: olfato, paladar, visão.
8	Planejamento, Áudio	PA.1	<p>Utilize recursos sonoros além da fala.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: música, sons lúdicos, sons de ambientes, sons de animais, efeitos de som.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
9	Planejamento, Áudio	PA.2	<p>Faça a descrição verbal de maneira simples, objetiva e com palavras do cotidiano. No entanto, não suprima informações relevantes ou deixe de usar termos corretos e linguagem técnica adequada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Não subestime a capacidade de compreensão do estudante cego, mas respeite o seu desenvolvimento e potencial de aprendizagem. - Dica: adeque a descrição com base em conhecimentos anteriores, contexto cultural e até para outras línguas, se necessário. - Dica: caso tenha dificuldades de transmitir a informação, peça ajuda de pessoas cegas.
10	Planejamento, Áudio	PA.3	<p>Considere que a audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Porém, não há linguagem neutra, nem tradução sem intermediação.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações. - Esteja ciente de que suas subjetividades estão presentes no material, mas que o direito à interpretação do conteúdo é dos estudantes.
11	Planejamento, Áudio	PA.4	<p>Permita que o estudante cego tenha controle da informação sonora durante a interação.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso significa que é possível desligar e ligar, avançar ou voltar o áudio, ajustar a velocidade e o volume do áudio, por exemplo.
12	Planejamento, Áudio	PA.5	<p>Providencie alertas sonoros em casos de erros que interrompam o funcionamento da imagem.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tenha cuidado pois muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando. - Dica: refaça ou modifique a imagem caso muitas intervenções estejam sendo acionadas.
13	Planejamento, Áudio	PA.6	<p>Utilize comandos de voz como uma alternativa para a ativação de áudios, desde que não interfira na experiência ou interpretação do estudante cego.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: implemente uma palavra-chave ou botão que reconhecerá o comando, caso seja utilizado. Isso evita ativações acidentais. - Exemplos: comandos como "mais informação", "o que é isso?", "salvar informação".

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
14	Planejamento, Tátil	PT.1	<p>Considere que não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Porém, algumas posturas e movimentos de mão são utilizados frequentemente na exploração tátil.</p> <p>- Posturas: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.</p> <p>- Movimentos: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>
15	Planejamento, Tátil	PT.2	<p>Explore diferentes elementos táteis para acomodar as necessidades do estudante cego, mas priorize símbolos já conhecidos.</p> <p>- Considere que toda a superfície tátil deve estar acessível para ser explorada e alcançada pelos dedos (exceto para as representações de objetos com orifícios).</p> <p>- Dica: se necessário diferenciar elementos iguais, use tamanhos diferentes.</p> <p>- Exemplos: pontos, símbolos, formas geométricas, linhas, linhas tracejadas, flechas, áreas, texturas, norte geográfico, referências espaciais.</p>
16	Planejamento, Tátil	PT.3	<p>Simplifique a superfície tátil, retirando pequenos detalhes ou decorações. Considere que a informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados.</p> <p>- A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, por isso mantenha características que remetam ao objeto real.</p> <p>- Dica: caso queira mostrar esses detalhes, faça uma outra imagem em maior escala.</p>

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
17	Planejamento, Tátil	PT.4	<p>Não faça imagens que sejam representações em perspectiva ou com sobreposições.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se a referência visual (imagem) estiver em perspectiva, a superfície tátil deve ser modelada com vista frontal e/ou lateral. - Se a perspectiva faz parte do objeto ou contexto de aprendizagem (obras de arte, por exemplo), não altere a representação.
18	Planejamento, Tátil	PT.5	<p>Utilize Braille para transmitir informações complementares ou equivalentes às gravações em áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: observe o contexto empregado para decidir se o uso do Braille será necessário. - Exemplos: Braille em títulos e marcações para complementar a informação sonora; Braille disponibilizado com o mesmo conteúdo abordado no áudio.
19	Planejamento, Audiotátil	PAT.1	<p>Considere que as informações táteis e sonoras são complementares entre si.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informações táteis representam melhor as relações espaciais, como dimensões, forma, volume e texturas. - Informações sonoras representam melhor as descrições, como cores, expressões faciais, aspectos históricos, sons e exemplos.
20	Planejamento, Audiotátil	PAT.2	<p>Preze pela qualidade estética visual, auditiva e tátil.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso é benéfico para a inclusão social e cultural dos estudantes cegos.
21	Planejamento, Audiotátil	PAT.3	<p>Projete a imagem para que as informações sonoras sejam fáceis de serem adicionadas ou modificadas, e fáceis de serem acessadas pelos estudantes cegos.</p>
22	Planejamento, Audiotátil	PAT.4	<p>Insira marcadores para indicar os pontos com áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esses marcadores devem ser facilmente detectáveis, mas não devem alterar nem distorcer significativamente a superfície tátil, para não serem confundidos com elementos táteis da imagem. - Dica: utilize botões em diferentes formatos como um componente auxiliar para ativar áudios, ligar ou desligar a função.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
23	Planejamento, Audiotátil	PAT.5	<p>Determine uma ação específica para que o áudio seja liberado, para evitar ativações acidentais. Escolha gestos táteis que já sejam familiares aos estudantes cegos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ativar um áudio deve ser resultado de uma ação definitiva. - Exemplos: gestos táteis familiares utilizados em smartphones ou gestos naturais da exploração tátil, como apontar, escanear com o indicador, tocar uma, duas ou três vezes, pressionar, pincelar, pressionar ou tocar em um ponto por 1 segundo.
24	Materiais e produção, Geral	MPG.1	<p>Mantenha o processo simples ou dê as ferramentas necessárias para que pessoas não especialistas possam desenvolver as imagens.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A tecnologia deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.
25	Materiais e produção, Geral	MPG.2	<p>Divida a representação de um objeto detalhado ou de maiores dimensões em partes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso significa criar várias imagens audiotáteis para representar um único objeto. - Dica: crie uma imagem menor e simplificada que represente o todo.
26	Materiais e produção, Geral	MPG.3	<p>Use peças tangíveis e móveis, quando possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso aumenta a interação do estudante cego com a imagem audiotátil.
27	Materiais e produção, Geral	MPG.4	<p>Crie uma biblioteca virtual de imagens prontas ou elementos táteis normatizados que possam ser reutilizados em diferentes projetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: armazene e compartilhe os projetos online para outros educadores, makers e comunidades. De preferência, promova o compartilhamento digital gratuito, público e livre com licenças abertas. - Exemplos: formas de animais compartilhadas por licença creative commons, copyleft ou REA.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
28	Materiais e produção, Áudio	MPA.1	<p>Integre a superfície tátil impressa em 3D com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação em áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os dispositivos devem ser disponibilizados para os estudantes, caso não tenham acesso. - Dica: dê orientações sobre o seu uso. - Dica: materiais condutivos podem ser usados para criar os pontos de interação, como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva. - Dica: eletrônicos de baixo custo, tablets, smartphones e visão computacional são alternativas para adicionar áudio à superfície tátil. - Exemplos: Tags Near Field Communication (NFC), sensores capacitivos, placas eletrônicas Arduino, Raspberry Pi, sensores de proximidade, aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Code.
29	Materiais e produção, Áudio	MPA.2	<p>Evite sobrecarregar o estudante com informações sonoras de uma vez só. Prefira gravar várias faixas de áudio com menos de dois minutos do que um único áudio longo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: selecione as informações mais relevantes sobre o elemento que esteja descrevendo. - Dica: faça as faixas de áudio explorando níveis de complexidade ou tipo de informação, que são acessadas por gestos diferentes. - Exemplos: um toque no elemento e o estudante recebe seu nome. Dois toques, há uma explicação breve.
30	Materiais e produção, Áudio	MPA.3	<p>Considere incluir entradas para fones de ouvido.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Assim o estudante cego pode focar na informação sonora sem distrações.
31	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.1	<p>Explore diferentes opções de superfície tátil, que podem variar de apenas relevo até objetos tridimensionais (3D).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: prefira materiais 3D, mais próximos ao objeto real.
32	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.2	<p>Trabalhe a modelagem da superfície tátil em escalas, mas evite representações muito grandes ou muito pequenas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A representação é muito pequena se for menor que a falange do dedo e muito grande se ultrapassa o alcance dos braços. - Dica: atente-se que a cela Braille possui um tamanho padronizado.
Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO

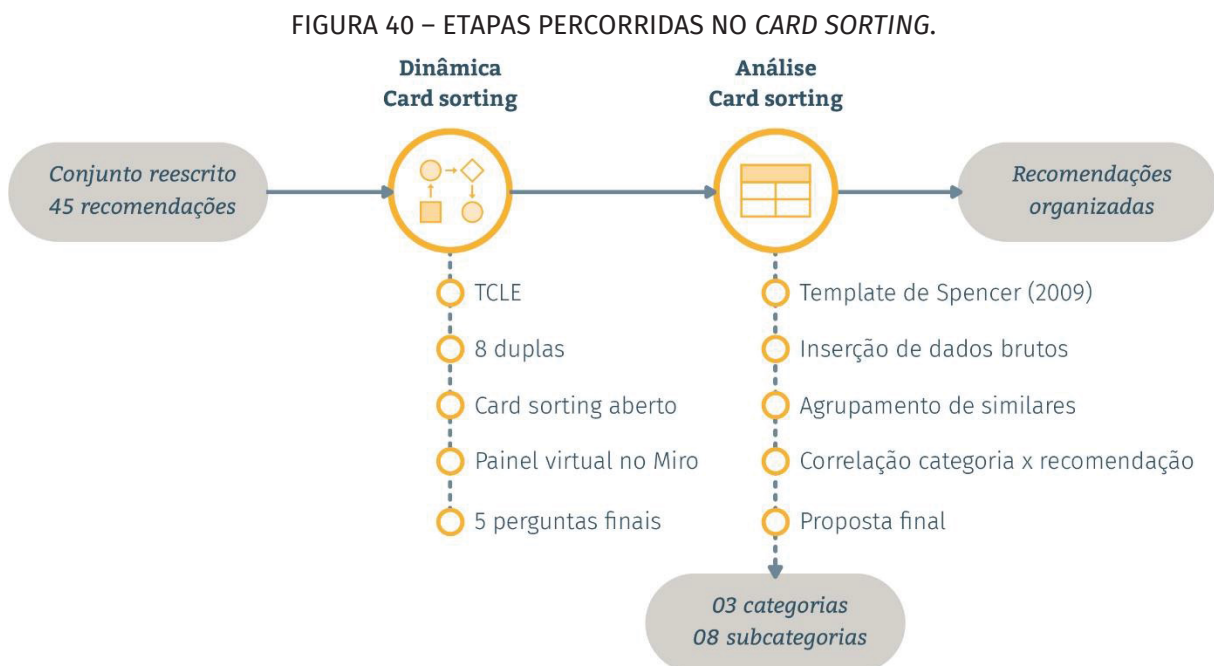
33	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.3	<p>Modifique modelos digitais 3D ou use bases de dados pré-existentes para criar a sua imagem, se estiverem disponíveis.</p> <p>- Exemplos: modelos 3D em sites como Thingiverse, NIH 3D Print Exchange, Nasa 3D Resources, APH Tactile Image Library, National Library of Medicine Visible Human, bases de dados geográficos como OpenStreetMap, dados GIS.</p>
34	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.4	<p>Utilize o escaneamento 3D como uma alternativa para se adquirir modelos digitais fiéis do objeto real.</p> <p>- Dica: combine com outros tipos de modelagem, como a artesanal ou digital.</p>
35	Materiais e produção, Impressão 3D	MPI.1	<p>Use materiais de impressão 3D como PLA, ABS e/ou resina. Combine com outros materiais ou processos de fabricação, como corte a laser.</p> <p>- Dica: explore os materiais para criar diferentes texturas e defina o que funciona melhor no contexto de uso.</p>
36	Materiais e produção, Impressão 3D	MPI.2	<p>Considere as limitações e características da impressora 3D a ser utilizada e ajustes os parâmetros de impressão para evitar imperfeições.</p> <p>- Dica: divida o modelo digital em diversas partes para serem impressas, se necessário.</p> <p>- Dica: cuide para que possíveis imperfeições não sejam confundidas com texturas ou componentes da imagem.</p> <p>- Dica: faça o pós-processamento da impressão 3D, se necessário. A superfície tátil deve ser segura para quem a manipula. Deve ser suave ao toque, nem muito áspera nem muito lisa, sem pontas ou bordas afiadas, não inflamável e nem nociva.</p> <p>- Exemplos: tamanho máximo de impressão, o material disponível e necessidade de pós-processamento.</p>
37	Contexto, uso e inclusão	CUI.1	<p>Ofereça sempre materiais acessíveis que estejam em equivalência com os oferecidos aos colegas videntes. Dê possibilidades de participação plena para que os estudantes cegos compartilhem o conhecimento com os colegas.</p> <p>- Os materiais precisam abordar todo o conteúdo trabalhado em sala de aula.</p> <p>- Todos os materiais acessíveis precisam estar prontos antes do início das atividades ou aulas.</p>
38	Contexto, uso e inclusão	CUI.2	<p>Busque também a inclusão de estudantes com outras deficiências, para que possam se beneficiar.</p> <p>- Exemplo: descrever ou adicionar cores à imagem é significativo para pessoas cegas e ainda inclui pessoas com baixa visão e videntes.</p>
Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO

39	Contexto, uso e inclusão	CUI.3	<p>Reconheça que cada estudante traz uma bagagem de conhecimentos diferente.</p> <p>- Estudantes cegos trazem experiências a partir da não visão, por exemplo.</p>
40	Contexto, uso e inclusão	CUI.4	<p>Assegure a independência de uso e interpretação do conteúdo ao estudante cego.</p> <p>- Dica: instrua os estudantes em como ler a imagem audiotátil, caso seja a primeira vez.</p> <p>- Dica: deixe um tutorial disponível a todo momento, se necessário.</p>
41	Contexto, uso e inclusão	CUI.5	<p>Utilize imagens e materiais autoexplicativos, sempre que possível.</p> <p>- A presença do(a) tutor(a) ou educador(a) pode servir de auxílio na contextualização do tema e na retirada de dúvidas.</p> <p>- Promova a autonomia e igualdade de condições aos estudantes cegos.</p> <p>- Dica: possibilite que o estudante cego identifique a posição correta da imagem e encontre o ponto de partida, se houver.</p> <p>- Dica: adicione comentários em áudio para contextualizar o estudante cego, se necessário.</p>
42	Contexto, uso e inclusão	CUI.6	<p>Apresente primeiro uma imagem simplificada, e aumente o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante no tema.</p> <p>- Dica: essa é apenas uma das estratégias de ensino possíveis. Observe o contexto.</p>
43	Contexto, uso e inclusão	CUI.7	<p>Permita que o estudante cego use as duas mãos na exploração tátil.</p>
44	Contexto, uso e inclusão	CUI.8	<p>Use métodos faça-você-mesmo (do-it-yourself) como uma estratégia para estimular o envolvimento de colegas e professores na prática de atitudes inclusivas. Entretanto, não deve ser uma regra.</p> <p>- É importante a valorização do profissional que produz os materiais, na mesma qualidade daqueles que são disponibilizados para estudantes videntes.</p> <p>- Dica: incentive colegas sem deficiência visual a ajudarem na descrição verbal. Essa experiência é enriquecedora e lhes dará melhor percepção do entorno e cooperação, além de auxiliar a capacidade de concentração.</p> <p>- Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D.</p>

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
45	Contexto, uso e inclusão	CUI.9	Reutilize a imagem para outros objetivos pedagógicos e contextos. - Dica: uma forma de se fazer isso é trocar as descrições em áudio, mas manter a mesma superfície tátil.

FONTE: A autora (2023).

A figura 40 resume as etapas percorridas na realização do *card sorting*.



FONTE: A autora (2023).

7.3 ARTEFATO GRÁFICO INFORMACIONAL E PERÍODO SANDUÍCHE

A etapa seguinte da estruturação do conteúdo foi a da proposição do artefato. Para isso, contou-se com a participação de outra instituição de ensino durante período de doutorado sanduíche no exterior.

Com a aprovação em edital de seleção para bolsa de doutorado sanduíche provida pela CAPES, durante o período de janeiro a junho de 2022, houve o alinhamento da pesquisa para que o design do artefato fosse realizado justamente neste período. A universidade estrangeira escolhida foi a OCAD University, em Toronto, no Canadá,

instituição que abrange o Inclusive Design Research Centre (IDRC), liderado pela professora Jutta Treviranus.

O período foi alinhado para o design do artefato gráfico informacional junto ao IDRC por possuir uma equipe especializada e com longa experiência em design inclusivo, acessibilidade digital e programação acessível, tornando-os referência na área. Assim, as decisões de design foram pautadas pelo conhecimento dos especialistas, ainda que esta etapa não fosse considerada uma coleta de dados com participantes.

Sabendo-se disso, após o conjunto de recomendações ter sido organizado e codificado, houve a tradução do conteúdo para a língua inglesa pela pesquisadora com auxílio da estudante de iniciação científica.

Logo ao chegar na instituição estrangeira, a pesquisadora foi ambientada ao local e à equipe e, em contrapartida, apresentou os resultados obtidos até então em reunião com a equipe. Desta forma, houve a decisão de incluir o conjunto de recomendações a um projeto existente e de autoria do IDRC, o FLOE Project, mais especificamente no FLOE *Inclusive Learning Design Handbook* (ILDH), um recurso educacional aberto em formato de website, criado para auxiliar o design de outros recursos educacionais inclusivos, voltado para educadores, desenvolvedores, criadores de conteúdo e aprendizes (ILDH, 2022).

A partir disso, foi constituído um grupo de trabalho para o desenvolvimento do artefato, composto pela pesquisadora, duas designers com foco em inclusão, um programador com foco em acessibilidade e uma outra programadora, atuando como coordenadora do grupo.

Os meses seguintes foram dedicados para reuniões de acompanhamento do projeto, iteração de design e implementação do resultado final. Concomitante à iteração das páginas que conteriam as recomendações, uma das designers do grupo de trabalho desenvolveu a nova identidade visual do website, que refletiu diretamente no resultado do artefato.

Durante as iterações de design entre o grupo, se deu grande foco para que o resultado seguisse princípios do design da informação e, principalmente, de acessibilidade e inclusão. Neste sentido, tipografia, cores, hierarquia, ordem lógica das informações, tipo de interação, explicações de ambientação, texto alternativo para imagens, links, etc. foram todos contemplados durante a etapa de design. Algumas características de design, como família tipográfica, cores e leiaute da página de artigo textual, seguiram o estilo definido para todo o website do projeto.

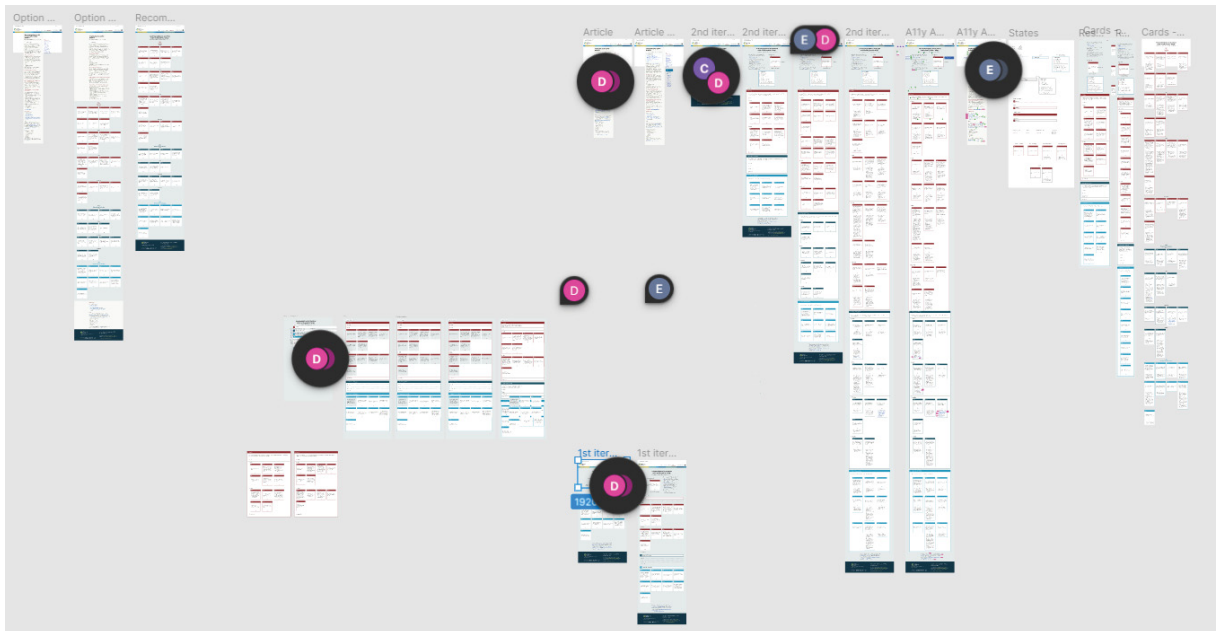
O design do artefato tomou forma como duas páginas web, a primeira como um artigo textual informativo e introdutório ao tema e, a segunda, contendo cartões digitais interativos – um para cada recomendação, seguindo a hierarquia de categorias e subcategorias definidas anteriormente. O resultado foi implementado pelo programador

responsável do grupo de trabalho. A escolha pelo formato em cartões foi proveniente das pesquisas de artefatos similares.

O artefato pode ser acessado pelos links para a [página do artigo informativo](#) e a [página contendo as 45 recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D](#). Entretanto, são destacadas algumas informações sobre artefato a seguir.

Todas as iterações de design foram feitas através do software Figma (figura 41), que é colaborativo e permitiu que a pesquisadora e as duas designers pudessem trabalhar simultaneamente no projeto. A solução de criar cartões interativos foi definida em reunião com o grupo, e aperfeiçoada pelas designers, buscando favorecer a hierarquia da informação e a acessibilidade, e seguir, ainda, a identidade visual do website.

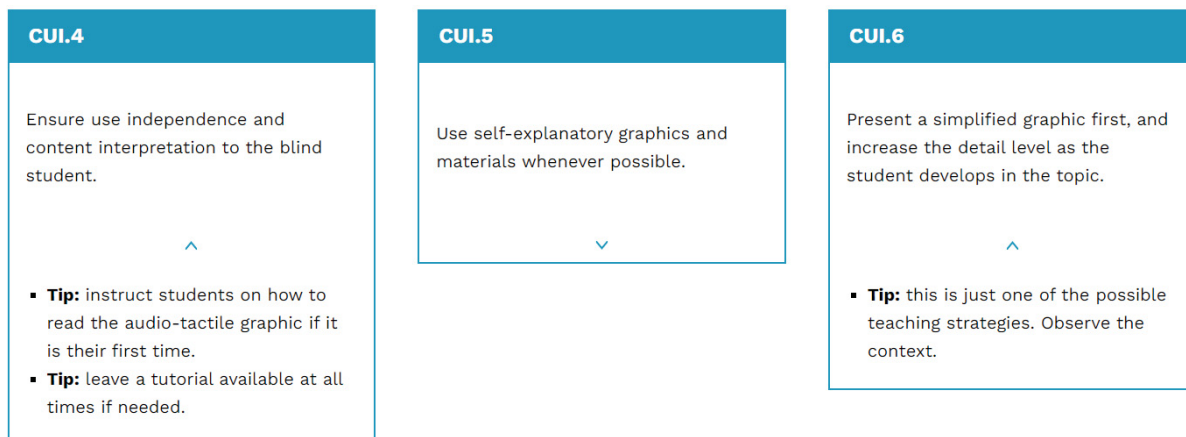
FIGURA 41 – ÁREA DE TRABALHO E ITERAÇÕES DE DESIGN - FIGMA.



FONTE: A autora (2023).

Os cartões possuem design simples, fundo branco com contornos coloridos, de acordo com a cor de cada categoria. Essas decisões foram feitas para que o design funcionasse em contrastes diferentes, como o preto e branco. A função de troca de contrastes é parte de todo o website. Além disso, possuem faixa colorida destacando o código da recomendação. O cartão se expande e retrai através de um botão em seta, caso haja informações adicionais para serem exibidas (figura 42). Dicas (*tips*) e exemplos (*examples*) se destacam nas informações complementares pela fonte em negrito.

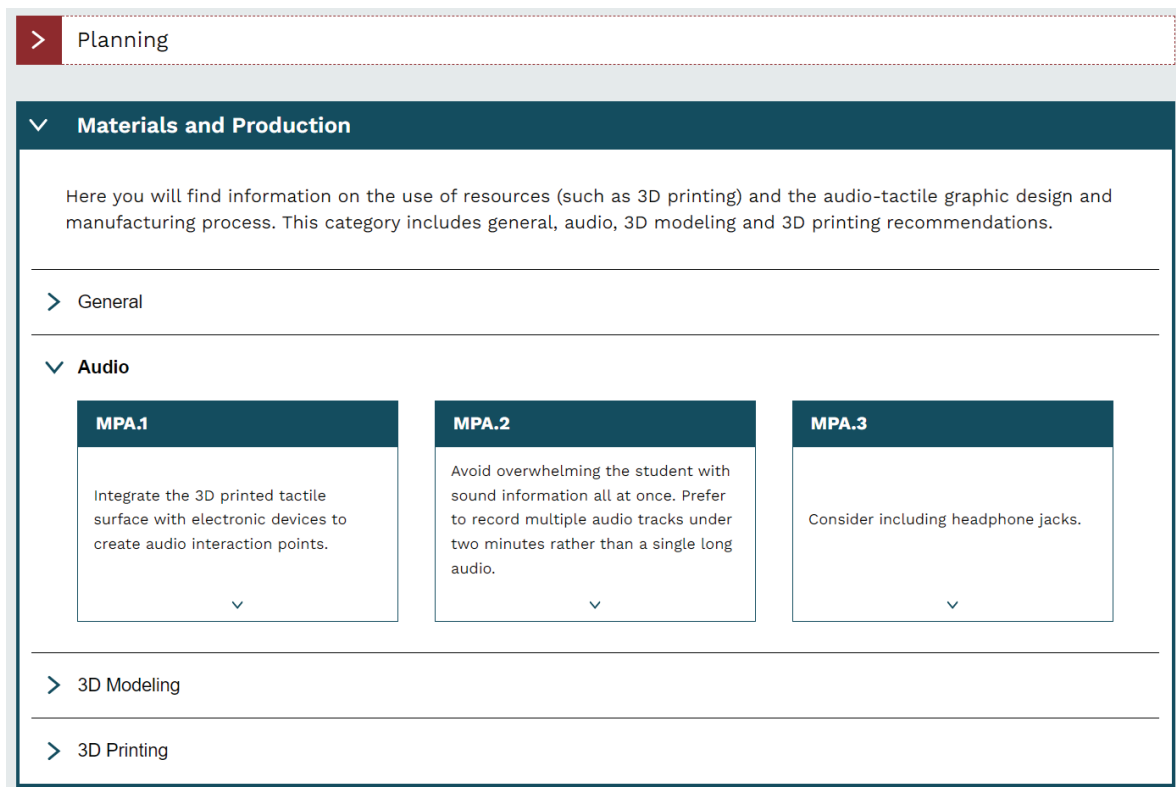
FIGURA 42 – DESIGN DOS CARTÕES INTERATIVOS - EXEMPLO.



FONTE: A autora (2023).

O mesmo padrão visual e de interação é seguido para subcategorias e categorias, onde categorias se expandem revelando as subcategorias e, subcategorias se expandem revelando as recomendações nelas contidas, ou seja, estão aninhadas. O mesmo estilo visual de contornos e linhas também é utilizado. A cor é usada como diferenciador de categorias, porém, como há o nome e descrição em texto, a interação se mantém acessível (figura 43).

FIGURA 43 – INTERAÇÃO DE CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS - EXEMPLO.



FONTE: A autora (2023).

Todas as anotações de acessibilidade, tais como indicação de links, texto alternativo, indicação da ordem de leitura por teclado, foco visível, aparência clicável, etc. foram definidas pela pesquisadora e o programador (figuras 44 e 45).

FIGURA 44 – INDICAÇÃO DE ORDEM DE LEITURA POR TECLADO - EXEMPLO.

3D printed audio-tactile graphics

1 Home > Techniques: Alternative Formats > 3D printed audio-tactile graphics

2

3 Article Contents

4 [What are audio-tactile graphics?](#)

5 [Why a 3D printed audio-tactile graphic?](#)

6 [What is the relation of the audio-tactile graphic to inclusive design and education?](#)

7 [Read more about the 45 recommendations](#)

8 [Related resources](#)

9 [Credits](#)

10 [Link to the cards](#)

4 to 9: Skip to topic

This article introduces [a set of recommendations](#), which is intended for educators, designers, makers, or others who want to create inclusive materials for a wider range of students, including and with a greater focus on blind students. Specifically, the recommendations are aimed at developing audio-tactile graphics that are 3D printed.

Related Resources

23 [Inclusive Design Principles](#)

24 [Achieving Inclusive Education](#)

25 [RepRap Project](#)

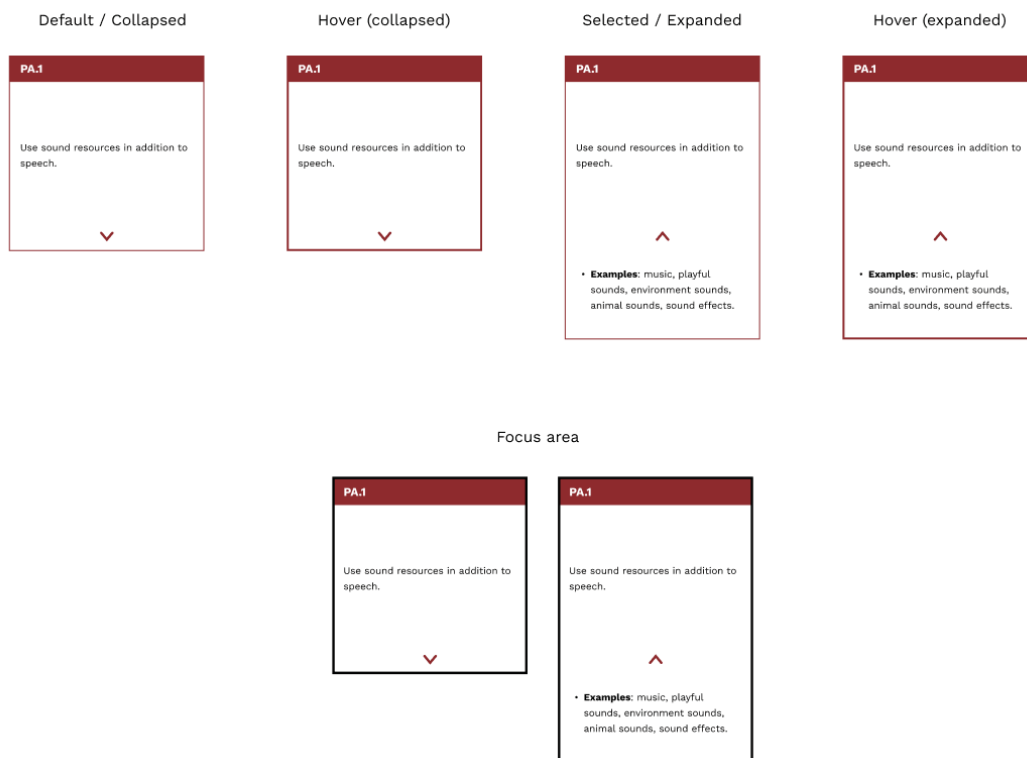
26 [The blind and the multimedia learning \(Portuguese\)](#)

27 [Interaction approaches in 3D printed audio-tactile graphics](#)

28 [Theoretical considerations about 3D printed audio-tactile graphics \(Portuguese\)](#)

FONTE: A autora (2023).

FIGURA 45 – FOCO VISÍVEL E APARÊNCIA CLICÁVEL - EXEMPLO.



FONTE: A autora (2023).

Para além dos 45 cartões interativos contendo as recomendações, outros elementos de apoio compõe o artefato, sendo eles: artigo textual informativo sobre o tema das imagens audiotáteis impressas em 3D, links extras relacionados, explicação breve sobre o uso dos cartões (figura 46) e, também, legenda com a codificação das recomendações. Esses elementos auxiliam na contextualização das recomendações, podendo ser também considerados elementos inclusivos. Por fim, também foi atribuída licença aberta Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, mesma licença utilizada pelo projeto ILDH, onde as recomendações se encontram.

FIGURA 46 – EXPLICAÇÃO BREVE SOBRE O USO DOS CARTÕES.

Here we present 45 recommendations for the design of 3D printed audio-tactile graphics, organized into three categories:

- Planning,
- Materials and Production, and
- Context, Use, and Inclusion.

The recommendations are arranged on interactive cards (see diagram) containing:

- The recommendation code (code legend),
- The recommendation,
- Additional information, tips and/or examples.

You can use these recommendations freely and at any order it suits you best.

Although audio-tactile graphics can be applied to many settings, these recommendations are aimed at inclusive education. Refer back to the main article for more information.

These recommendations are the result of the doctoral thesis by Emilia Christie Picelli Sanches, from the [Design Graduate Program \(PPGDesign\)](#), at the [Federal University of Paraná \(UFPR\)](#) and with the collaboration of the [Inclusive Design Research Center \(IDRC\)](#) at [OCAD University](#).

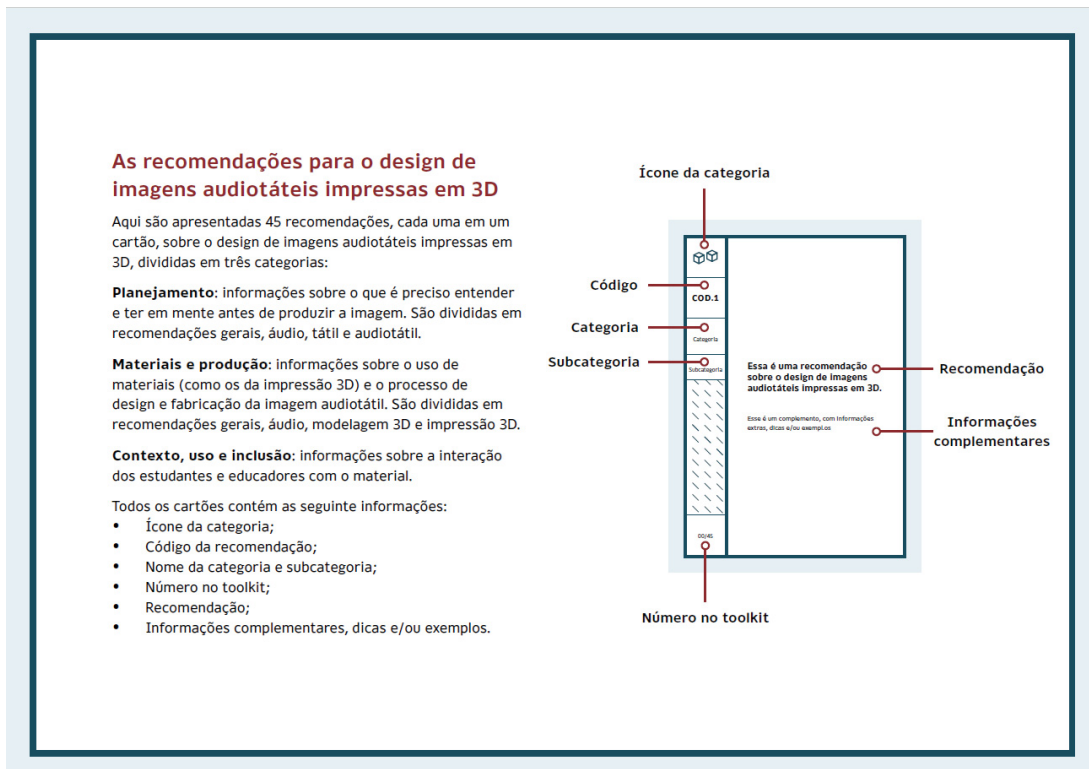
The research was funded by the [Brazilian Federal Foundation for Support and Evaluation of Graduate Education \(CAPES\)](#).

FONTE: A autora (2023).

Ainda, com o intuito de gerar uma forma alternativa de apresentação dos cartões, tanto em inglês quanto em português, uma versão para ser impressa e usada em configuração analógica foi desenvolvida. Buscou-se seguir uma identidade visual similar ao apresentado digitalmente, com a mesma licença aberta e, também, de fácil impressão e manuseio. [Os documentos para impressão podem ser acessados neste link](#).

Cada documento apresenta textos equivalentes ao apresentado na versão digital (tais como as instruções de configuração das recomendações – figura 47), entretanto, são acrescentadas informações sobre como fazer a impressão dos cartões (figura 48) e créditos de uso de tipografia, texturas e ícones.

FIGURA 47 – APRESENTAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES E CONFIGURAÇÃO DO CARTÃO.



FONTE: A autora (2023).

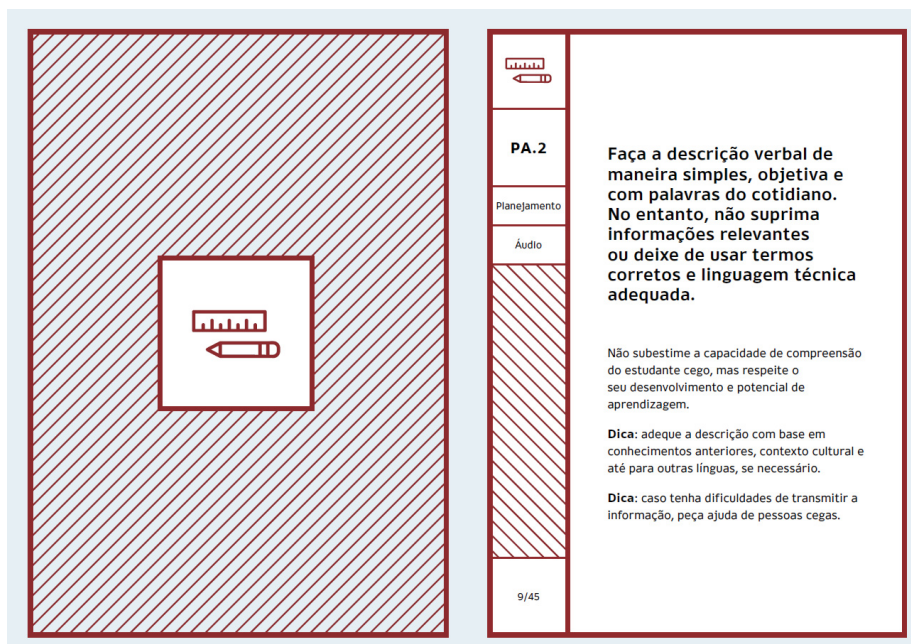
FIGURA 48 – INSTRUÇÕES DE IMPRESSÃO DOS CARTÕES.



FONTE: A autora (2023).

As figuras 49, 50 e 51 apresentam exemplos de cartões em cada categoria. Destaca-se o uso de texturas e ícones diferentes para cada categoria, reforçando a diferenciação.

FIGURA 49 – EXEMPLO DE CARTÃO DA CATEGORIA PLANEJAMENTO.



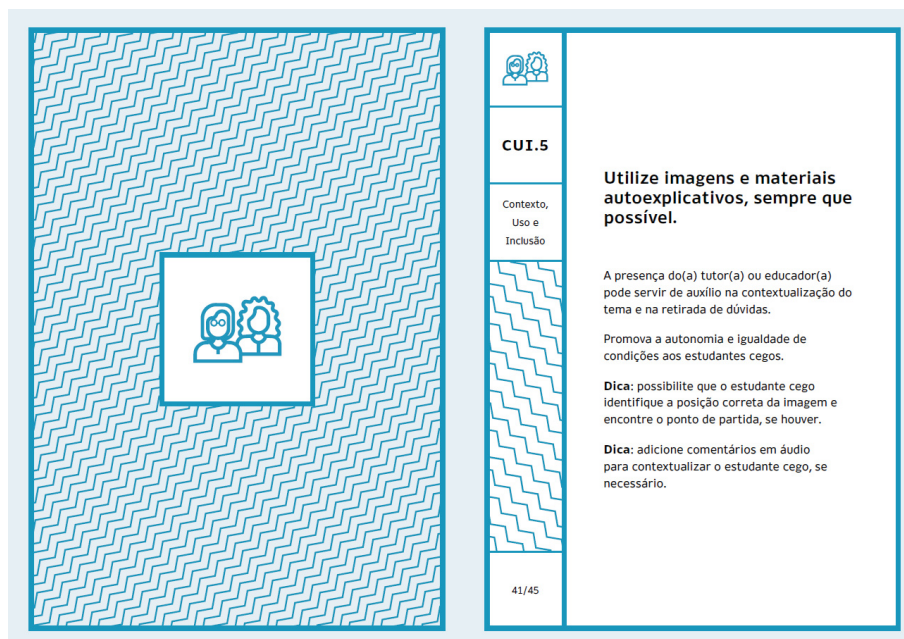
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 50 – EXEMPLO DE CARTÃO DA CATEGORIA MATERIAIS E PRODUÇÃO.



FONTE: A autora (2023).

FIGURA 51 – EXEMPLO DE CARTÃO DA CATEGORIA CONTEXTO, USO E INCLUSÃO.



FONTE: A autora (2023).

A figura 52 apresenta resumidamente os passos tomados durante a etapa de design do artefato.

FIGURA 52 – ETAPAS PERCORRIDAS NO DESIGN DO ARTEFATO.



FONTE: A autora (2023).

Com a etapa de design do artefato finalizada, e-mails de apresentação foram enviados a todos os participantes de etapas anteriores, como forma de divulgação e sondagem para a próxima e última etapa de avaliação.

7.4 WORKSHOP DE DESIGN

Como última etapa de coleta de dados antes da finalização da pesquisa, os *workshops* de design consistiram em uma etapa de avaliação do artefato proposto com grupos de interesse, ou seja, grupos com potenciais usuários do artefato e suas recomendações: designers, professores e especialistas em imagens audiotáteis ou ensino de pessoas cegas.

Após a elaboração do protocolo do *workshop* (Apêndice 10), um e-mail convite foi redigido e enviado aos convidados:

Olá, [Nome do convidado]! Tudo bem?

[Introdução personalizada]

Gostaria de convidar você para participar de uma dinâmica virtual que integra a minha pesquisa de Doutorado “Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos”, orientada pelas professoras doutoras Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno. A pesquisa está situada no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

A pesquisa tem como objetivo propor um artefato informacional para auxiliar o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com foco na educação inclusiva de estudantes cegos. O artefato é composto por 45 recomendações. A etapa atual envolve um momento de avaliação junto a designers, professores e especialistas no design de materiais didáticos para cegos.

Para tal, realizaremos uma dinâmica virtual de workshop de design, com duração prevista de 2 horas síncronas, mais a leitura de material informativo (individual e assíncrono). Utilizaremos a plataforma Miro, que permite a colaboração simultânea em grupo (o grupo será formado de, no máximo, 4 pessoas). Também nos comunicaremos por videoconferência, utilizando o Microsoft Teams. O workshop de design é uma atividade em grupo composta por tarefas para que seus participantes articulem ideias e soluções para um problema específico. Nesse workshop, nosso objetivo é avaliar o artefato e as recomendações propostas, através da tarefa de simular o design de uma imagem audiotátil impressa em 3D.

Ressalto que não é necessário ter experiência prévia especificamente com imagens audiotáteis nem com a plataforma Miro! Peço somente que acesse a dinâmica por um computador conectado à internet.

Também ressalto que o que está sendo avaliado são as recomendações e o artefato, não você nem o seu grupo!

Caso aceite participar, por gentileza, **peço que retorne este e-mail indicando se pode participar do workshop no dia [dia] às 18:30.** Caso não possa, peço que indique os melhores dias e horários para realização da dinâmica, entre os dias 18 e 28 de outubro.

Desde já agradeço a atenção,

Os convites foram enviados até que se houvesse o aceite de ao menos 9 participantes, 3 de cada grupo. Em seguida, cada grupo recebeu um e-mail com mais instruções sobre a dinâmica, o material para leitura, o link para a reunião virtual síncrona e, também, o TCLE (Apêndice 11).

O [material para leitura](#), em formato de *slides*, serviu para criar uma base de conhecimento entre os participantes que, por serem de áreas e especialidades diferentes, não tinham o mesmo conhecimento acerca de todas as áreas que permeiam a pesquisa. Assim, o participante que por ventura não tivesse conhecimento sobre acessibilidade, educação inclusiva, design inclusivo ou impressão 3D, foi ambientado com conceitos básicos.

Além disso, o material apresentou brevemente a pesquisa e o trajeto percorrido até a chegada nas recomendações e no artefato, momento em que também foi divulgado o artefato em si, possibilitando a livre exploração por cada participante, como quisesse. No e-mail, foi pedido para que a leitura ocorresse anteriormente ao *workshop* síncrono.

Os *workshops* foram realizados com cada grupo individualmente, em dias distintos, possibilitando a observação integral da pesquisadora para cada grupo e atividade. Vale notar que, dentre os 9 participantes, 2 são neurodivergentes.

O primeiro grupo foi formado por três estudantes de design, sendo uma estudante de design gráfico e dois estudantes de design de produto. Todos possuíam o interesse em se aprofundar no design inclusivo. A estudante de design gráfico realiza pesquisa de iniciação científica com o foco em design inclusivo, ainda que não seja voltado ao ensino de estudantes cegos. Já os dois estudantes de design de produto possuem experiência com modelagem digital e impressão 3D, mas sem experiência de aplicação em projetos acessíveis.

Já o segundo grupo foi formado por duas professoras do ensino regular e uma estudante de licenciatura. Uma das professoras, que atua no ensino infantil e fundamental, teve experiência em elaborar materiais didáticos e lecionar para estudantes neurodivergentes (Transtorno do Espectro Autista, Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade, Transtorno Opositivo-Desafiador) ou com deficiência auditiva. A outra professora, que atua no ensino médio, é especialista em acessibilidade, diversidade e inclusão. Por fim, a estudante de licenciatura teve experiência com elaboração de material didático para baixa visão.

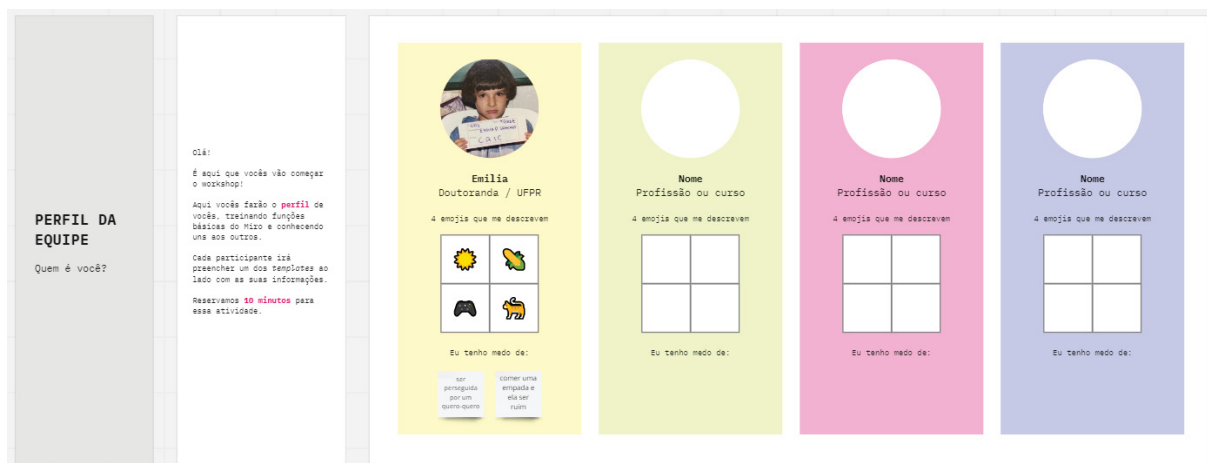
Por fim, o terceiro grupo foi formado por três profissionais considerados especialistas, seja na elaboração de imagens audiotáteis ou ensino de cegos. Os dois especialistas em imagens audiotáteis, uma mestra em design e um doutor em engenharia informática, participaram juntos da elaboração de imagens audiotáteis impressas em 3D como foco em obras de arte. A outra especialista é professora de desenho e leciona para

estudantes cegos, além de ser doutora em artes visuais, cuja pesquisa foi voltada para o ensino de crianças cegas.

Conforme protocolo, os *workshops* ocorreram de forma virtual, em videoconferência na plataforma Microsoft Teams para interação verbal. Também foi utilizado um [painel digital interativo na plataforma Miro](#) para a execução das atividades em grupo. O tempo total sugerido para o *workshop* foi de duas horas, divididas em quatro atividades distintas.

A primeira atividade foi um quebra gelo entre os participantes, para que se conhecessem e pudessem lembrar ou aprender funcionalidades do Miro. Consistiu na criação de um perfil individual (figura 53).

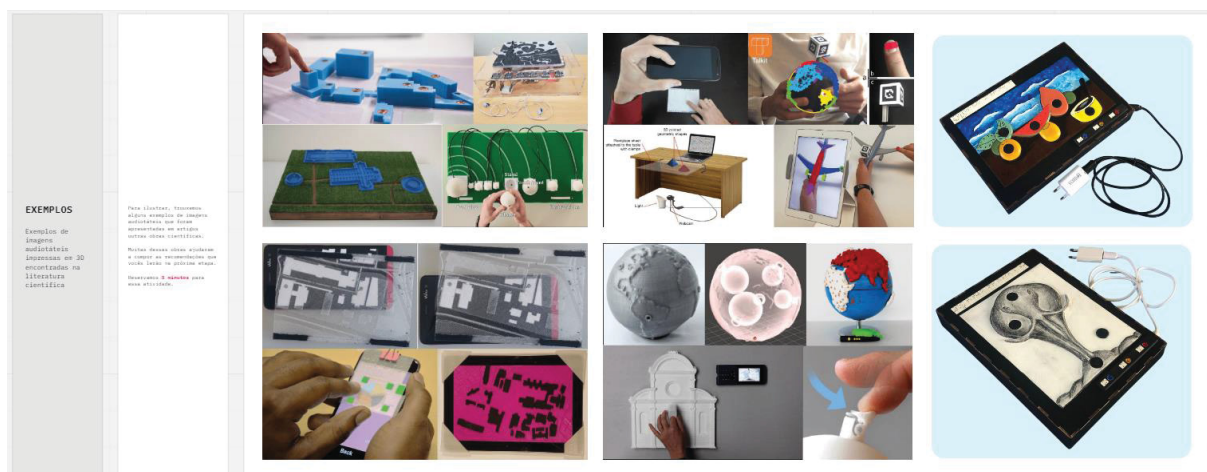
FIGURA 53 – ATIVIDADE 1 - WORKSHOP.



FONTE: A autora (2023).

A segunda atividade foi a de exploração visual de exemplos de imagens audiotáteis impressas em 3D, com a eventual retirada de dúvidas (figura 54).

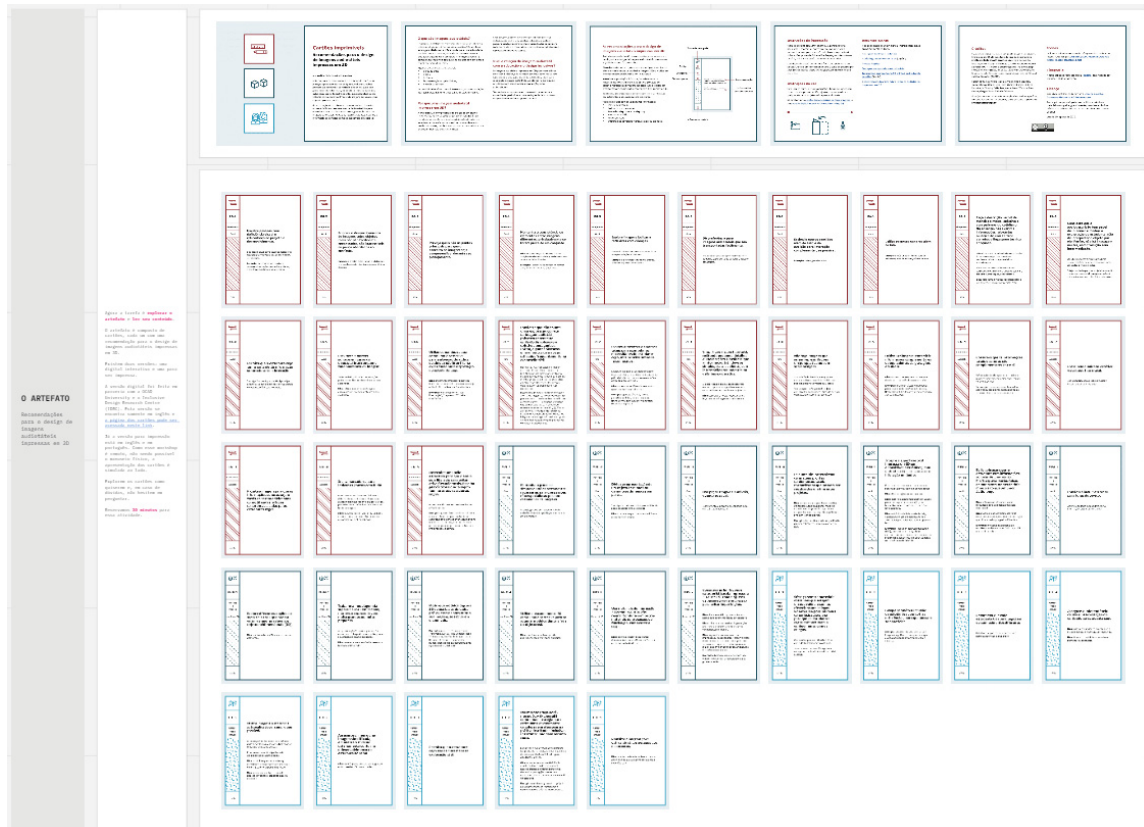
FIGURA 54 – ATIVIDADE 2 - WORKSHOP.



FONTE: A autora (2023).

A terceira atividade foi a exploração do artefato, tanto na versão digital interativa quanto dos cartões imprimíveis (que foram simulados dentro do Miro). Nesta atividade, foi estimulado que os participantes discutissem entre si sobre o conteúdo das recomendações e aspecto gráfico-visual do artefato (figura 55).

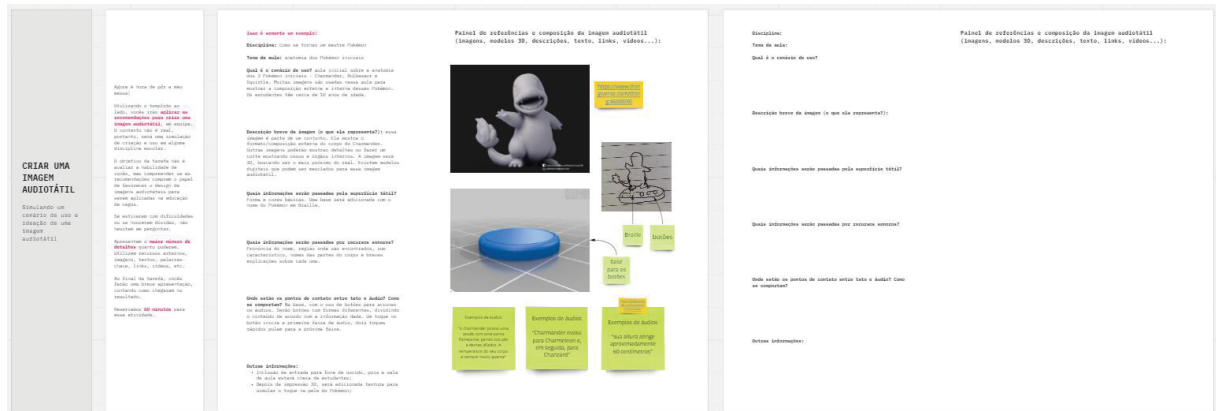
FIGURA 55 – ATIVIDADE 3 - WORKSHOP.



FONTE: A autora (2023).

Por fim, a quarta e última atividade consistiu na simulação de design de uma imagem audiotátil para ser impressa em 3D, utilizando o artefato e experiências prévias dos participantes. Foi pedido para que o grupo discutisse entre si e, juntos, chegassem a um único projeto. Um *template* de painel textual e visual foi disponibilizado para esta atividade (figura 56).

FIGURA 56 – ATIVIDADE 4 - WORKSHOP.



FONTE: A autora (2023).

Em geral, as 3 experiências dos *workshops* foram positivas. Todos os grupos conseguiram finalizar as atividades entre 2 horas e 2 horas e meia. Para aqueles que nunca tinham utilizado a plataforma Miro antes, a primeira atividade de quebra gelo foi suficiente para adquirirem o conhecimento necessário para dar prosseguimento ao *workshop*. Cada grupo deu enfoque a aspectos diferentes das imagens audiotáteis, condizentes com suas experiências e especialidades.

Algumas limitações do *workshop* também foram notadas, tais como pouco tempo para elaboração de mais detalhes do projeto da imagem e menor exploração do artefato virtual interativo (possivelmente por estar escrito em inglês e pelos cartões imprimíveis estarem dispostos simulados na própria plataforma Miro).

O grupo de designers criou o projeto para uma aula de Geografia, com o tema de biomas brasileiros. Especificamente, planejaram uma imagem audiotátil representativa do pantanal, com o uso de texturas táteis para indicar diferenças da vegetação e paisagem (figura 57), que faria parte de um conjunto maior de todos os biomas brasileiros (quebra-cabeça).

FIGURA 57 – RESULTADO – GRUPO DE DESIGNERS.

Disciplina: Geografia

Tema da aula: Biomas Brasileiros

Qual é o cenário de uso?
Aula sobre biomas brasileiros, mais especificamente sobre o bioma do Pantanal. Como foco na vegetação.

Descrição breve da imagem (o que ela representa?):
Pequena parte do mapa do Brasil, diferenciando biomas por texturas

Quais informações serão passadas pela superfície tátil?
Disposição da vegetação (simplificada)

Quais informações serão passadas por recursos sonoros?
Informações quando a flora, fauna, clima da região e curiosidades sobre a mesma

Onde estão os pontos de contato entre tato e áudio? Como se comportam?
O áudio explicará a superfície tátil (diferenciação de texturas)

Outras informações:

- entrada de som para fone de ouvidos, pensando que será utilizado em sala de aula.
- possibilidade de expansão e agrupamento com outros biomas do Brasil por meio de ímãs.

Painel de referências e composição da imagem audiotátil (imagens, modelos 3D, descrições, texto, links, vídeos...):

Em Braille, uma pequena tag indicando o nome do Bioma

Exemplos de áudios
"por um período do ano, o pantanal fica com um volume de água maior, ficando com áreas alagadas ou submersas"

Exemplos de áudios
"as diferentes texturas remetem ao tipo do local, liso sendo corpos d'água, ásperos lugares que possam inundar e rugoso para áreas que não inundam"

Exemplos de áudios
"o pantanal faz fronteira com os biomas do cerrado e com a amazônia, e é o menor bioma brasileiro"

Imagens 3D de paisagens naturais: Pantanal, Amazônia e Cordilheiras.

FONTE: A autora (2023).

Dentre os três grupos, foi o que mais deu enfoque em aspectos táteis e de impressão 3D, indicando, inclusive, quais as texturas táteis para cada elemento da imagem. Informações em áudio, acionadas por dois botões gerais e três específicos (um para cada textura), seriam descrições da flora, fauna, clima da região e curiosidades do pantanal. O uso do Braille foi usado somente para indicar o nome do bioma, localizado ao centro da imagem e ao lado dos botões gerais.

O grupo das professoras criou um projeto voltado para uma aula de Língua Inglesa, ambientado para estudantes do Fundamental 1 (por volta dos 7 anos de idade), com o tema de partes do corpo humano. A imagem audiotátil é a representação 3D de uma criança vestida e sorridente, com indicações da composição externa do corpo humano, com cerca de 30 centímetros (figura 58).

FIGURA 58 – RESULTADO – GRUPO DE PROFESSORAS.

Disciplina: Língua inglesa

Tema da aula: Body parts

Qual é o cenário de uso?

Apresentação de vocabulário. Imagem áudio-tátil de um corpo humano. Faixa etária dos alunos de Fundamental 1: por volta dos 7 anos.

Descrição breve da imagem (o que ela representa?):

Representação de um corpo humano de uma criança. Será apresentada apenas a composição externa do corpo humano.

Quais informações serão passadas pela superfície tátil?

Na base do corpo haverá uma descrição em Braille do objeto e botões de controle do volume. A textura das roupas, do cabelo e da pele serão diferentes. Cada parte do corpo a ser trabalhada terá um botão.

Quais informações serão passadas por recursos sonoros?

Vocabulário básico das partes do corpo: nome das partes e frases em contextos.

Onde estão os pontos de contato entre tato e áudio? Como se comportam?

Botões estarão localizados nas partes do corpo correspondente. Com um toque no botão é possível ouvir a palavra. Com dois toques é possível ouvir uma frase na qual a palavra é utilizada em contexto. Com três toques é possível que o estudante grave sua própria frase.

Outras informações:

- Opção de entrada de fone de ouvido pois a sala estará cheia de alunos;
- Os botões devem ficar sempre em uma posição padronizada. Por exemplo, os botões nas pernas devem ficar na mesma posição;
- O som sairá pela base.

Painel de referências e composição da imagem audiotátil (imagens, modelos 3D, descrições, texto, links, vídeos...):

FONTE: A autora (2023).

Este grupo deu mais enfoque ao planejamento de aula e da imagem com aspectos lúdicos, de inclusão e que criassem uma identificação nas crianças. Tais como uso de estratégias de deixa-las nomear a personagem, uso de áudio em primeira pessoa, possibilidade de o estudante gravar frases e, também, pela própria representação de uma criança próxima à sua faixa etária.

Os botões, identificando as partes do corpo, descreveriam o nome (um toque no botão), uma frase em contexto (dois toques no botão) e possibilitariam o estudante gravar sua própria frase (três toques no botão). Além disso, botões de outros formatos foram incluídos na base da imagem, com as funções de ligar e desligar, audiodescrição geral da personagem e controle de volume. Texturas táteis foram utilizadas para diferenciar roupas, cabelo e pele. Braille foi utilizado como equivalência da audiodescrição da personagem, também localizado na base.

Por fim, o grupo dos especialistas criou uma imagem que pudesse ser utilizada em disciplinas como Artes, História e Geografia, para ensino da proporção e escala através de edificações, a partir de uma faixa etária de 11 anos. A imagem audiotátil planejada foi uma representação do Museu Oscar Niemeyer (MON), localizado em Curitiba, Paraná (figura 59).

FIGURA 59 – RESULTADO – GRUPO DE ESPECIALISTAS.

Disciplina: Artes, História, Geografia

Tema da aula: Ensino de proporção e escala através de edificações

Qual é o cenário de uso?

Utilização dentro de ambientes educativos, museus e ambientes que envolvam o estudo de grande construções. Direcionado para pessoas acima de 11 anos.

Descrição breve da imagem (o que ela representa?):
A imagem irá representar de forma "bidimensional" a vista frontal e superior da edificação em forma de olho do Museu Oscar Niemeyer (MON), localizado em Curitiba - Paraná. Nela, será representada além desta edificação, lago artificial, a rampa e visitantes, com o objetivo de mostrar a relação de escala e proporção entre os visitantes e o edifício.

Quais informações serão passadas pela superfície tátil?

- Relação de escala e proporção através da comparação entre os tamanhos das figuras representadas.
- Formas particulares da arquitetura da edificação (ex: formato do olho e janela)
- Texturas diferentes, como por exemplo a própria textura da impressão para representar o concreto do olho; textura quadriculada, para representar o azulejo amarelo da base; e textura lisa para representar água.
- Informações como o título e identificação das partes principais da construção, através do Braille.


Quais informações serão passadas por recursos sonoros?

- Audiodescrição da imagem contendo informações como por exemplo, formato, itens que compõe a obra, cores presentes na edificação, etc, a partir do ponto de vista do observador.
- História do Museu.
- Recursos sonoros, como por exemplo, o barulho da água.

Onde estão os pontos de contato entre tato e áudio? Como se comportam?
Fazer um menu com botões mecânicos que contêm as informações relativas à descrição completa da obra e história do museu. Em pontos específicos da obra (ex: parte superior em formato de olho, base de apoio, rampa de acesso, espelho de água, etc), ter áreas de contato (botão touch), que ative áudios que identifiquem estas partes.


Outras informações:

Painel de referências e composição da imagem audiotátil (imagens, modelos 3D, descrições, texto, links, vídeos...):




Título visual e braille

Vista superior e braille



Vista frontal e braille



O O O ←

botão touch

sons pa1

botões mecânicos menu

FONTE: A autora (2023).

O grupo deu mais enfoque a aspectos técnicos da imagem audiotátil e, também, de especificidades da educação de cegos. A imagem é composta por uma base e duas vistas do museu: uma superior e outra frontal, visando o ensino da proporção entre visitantes e o edifício em si. O uso de texturas táteis foi empregado para diferenciar os materiais do edifício (concreto, vidro, azulejo) e a água. Para informações sonoras, tanto botões mecânicos como *touch* foram utilizados para acionar audiodescrição sobre formato, história, cores, itens que compõe o edifício, etc. e recursos não verbais, tais como sons ambientes

do museu (barulho da água, barulho de pessoas conversando). O Braille foi utilizado como identificador das partes principais da construção e como título da imagem.

Durante a atividade de leitura do artefato, pontos positivos, sugestões e problemas surgiram da discussão entre os participantes. Dentre os pontos positivos destacados pelos grupos:

- A linguagem utilizada é fácil de entender, mesmo para aqueles que tinham pouca ou nenhuma experiência com educação de cegos;
- Bom uso de dicas e exemplos que ajudam na compreensão da recomendação;
- Texto introdutório apresenta o artefato de forma objetiva e fácil de compreender;
- Emprego de esquema visual para explicar os elementos dos cartões foi destacado como positivo;
- Disposição gráfica do cartão é fácil de entender, o uso de espaço em branco ajuda na leitura e foco. Também foi destacado como positivo o uso de texturas e ícone para reforço na diferenciação de categorias;
- Quanto ao conteúdo das recomendações, foram elogiadas pela aproximação com princípios do design inclusivo, colaboração e educação aberta.

Como sugestões, tem-se:

- Uso de filamento flexível como um material possível para a impressão 3D;
- Uso de tintas texturizadas no pós-processamento e, também, o emprego de tinta spray para eliminar a textura natural da impressão 3D;
- Uso de Kinect como alternativa barata e acessível de escaneamento 3D;
- Inclusão dos ícones das categorias na explicação inicial do artefato;
- Inserção de mais exemplos nas recomendações;
- Troca do verbo “projete” para “faça”;
- Inclusão de sugestão para evitar fones de ouvido auriculares ou intra-auriculares e necessidade de higienização dos fones de ouvido;
- Destaque maior na inclusão de outras deficiências ou pessoas que possam se beneficiar da imagem audiotátil (por exemplo, cuidado na pintura em cores significativas ou inclusão de alfabeto latino junto ao Braille);
- Destaque, na recomendação CUI.3, de que há diferenças entre cegueira congênita e adquirida.

Por fim, alguns problemas destacados foram:

- A recomendação PT.1, sobre posturas e movimentos de mão, é longa se comparada às outras;
- A recomendação PA.6, sobre emprego de comando de voz, foi considerada de difícil execução;
- Possível compreensão e confusão de que o termo “imagem” de imagem audiotátil signifique apenas uma tradução de imagens visuais bidimensionais, e não, também, a possibilidade de modelos escalonados tridimensionais de outros objetos;
- Dúvidas se as imagens seriam bem recebidas por estudantes cegos que possuem outras deficiências ou neurodivergências associadas.

Após a finalização de cada *workshop* síncrono, um questionário foi enviado aos participantes, para obtenção de mais alguns dados que pudessem corroborar com o observado durante a dinâmica (todas as questões constam no protocolo do *workshop* apresentado no Apêndice 10). Neste questionário, os participantes responderam, por escala Likert de 5 pontos, o quanto concordavam ou discordavam das seguintes frases:

- As cartas interativas no site são fáceis de navegar;
- As cartas imprimíveis são fáceis de manusear (nota: cartões simulados no Miro);
- É interessante ter mais de um formato de cartões;
- O formato em cartões é a melhor forma de apresentar as recomendações;
- Eu senti falta de mais informações de como usar os cartões;
- O conteúdo é fácil de entender;
- Tive dificuldade de entender uma ou mais recomendações;
- A escrita das recomendações é simples;
- O conteúdo é apropriado para leigos em acessibilidade e inclusão;
- O conteúdo é apropriado para designers;
- O conteúdo é apropriado para professores de estudantes cegos;
- O conteúdo é apropriado para quem trabalha com materiais didáticos acessíveis;
- Precisei pesquisar ou tirar dúvidas com alguém para entender uma recomendação.

Em semelhança com comentários e observações, as três frases que tiveram total concordância dos participantes foi sobre o artefato ser fácil de interagir e manusear, assim como ser escrito em linguagem simples. Quanto a ter mais de um formato de cartões e estes serem a melhor forma de apresentação, as opiniões foram divididas, mas com tendência à concordância. A maioria dos participantes não sentiu falta de ter mais

informações sobre como usar os cartões (7 entre 8), o que também corrobora com o observado.

O conteúdo foi considerado fácil de entender, com todas as 8 respostas entre “concordo parcialmente” e “concordo totalmente”. Além disso, o conteúdo também foi considerado apropriado para todos os grupos (leigos, designers, professores, quem trabalha com materiais didáticos), exceto por um participante que comentou não ter experiência suficiente com a área do design para opinar sobre.

Por fim, a maior parte dos participantes não sentiu necessidade de tirar dúvidas (5 entre 8) ou teve dificuldade de entender recomendações (6 entre 8). Aos que declararam ter dúvidas, estas foram sanadas pontualmente durante a atividade de leitura do *workshop*.

Em suma, o observado durante as atividades do *workshop* foi reforçado pelas opiniões do questionário. Ainda que haja melhorias, o artefato foi considerado adequado para o uso a que foi desenvolvido, tanto em sua configuração gráfica quanto ao conteúdo das recomendações.

Assim, de acordo com o que foi pontuado como sugestão, o artefato foi modificado e atualizado. Não houve mudanças de estrutura gráfica significativa (apenas a inserção de ícones no texto introdutório). As mudanças textuais foram feitas com cautela, a fim de não alterar o sentido da recomendação ou incluir informações extras sem o crivo de especialistas (caso da sugestão de aumentar o número de exemplos, sem especificar o tipo de informação a ser incluída).

Os quatro problemas levantados pelo *workshop* indicam que há melhorias e possíveis investigações a serem feitas no artefato. Entretanto, não foram feitas modificações diretas para o resultado final desta tese a partir deles. Os motivos são explanados a seguir.

O primeiro problema, sobre a recomendação PT.1 ser considerada longa, poderia ser solucionada pela divisão em duas recomendações, porém, a semelhança entre as duas poderia causar confusão ou dúvidas nos leitores. O segundo problema, da complexidade do emprego de comando de voz, não foi possível afirmar um melhor curso de ação sem a testagem em cenário real – assim, manteve-se a recomendação para uma investigação futura.

Os outros dois últimos problemas apontados, sobre a confusão com o termo “imagem” e se as recomendações são pertinentes a alunos cegos com outras deficiências associadas, também foram considerados fora do escopo atual da pesquisa, mantendo-os como possibilidades de investigação futura.

O quadro 19 mostra o conjunto final das recomendações, com 7 recomendações atualizadas (21, 30, 34, 35, 36, 38 e 39). As modificações são destacadas em itálico.

QUADRO 19 – CONJUNTO FINAL DAS RECOMENDAÇÕES.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
1	Planejamento, Geral	PG.1	<p>Envolva pessoas com deficiência visual e educadores no projeto e desenvolvimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elas podem atuar como usuários, testadores, consultores, informantes ou colaboradores, por exemplo. - Exemplos de técnicas que envolvam pessoas: observações, entrevistas, diários, prototipagem colaborativa, co-design.
2	Planejamento, Geral	PG.2	<p>Priorize o desenvolvimento de imagens cujos objetos reais não são facilmente encontrados, são inacessíveis ou pouco abordados no currículo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: objetos grandes ou arquitetônicos, representações de minorias ou grupos étnicos diversos.
3	Planejamento, Geral	PG.3	<p>Preveja quais são os pontos principais para que o conceito da imagem seja compreendido, durante seu planejamento.</p>
4	Planejamento, Geral	PG.4	<p>Mantenha a consistência de elementos entre imagens diferentes, principalmente se forem parte de um conjunto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: evite mudanças de layout, forma e posição dos elementos táteis, assim como dos termos verbais utilizados. - Exemplos: botões ficam sempre na mesma posição, a mesma escala é utilizada.
5	Planejamento, Geral	PG.5	<p>Explore imagens lúdicas e reflexivas com crianças.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso estimula o engajamento e acesso delas às representações simbólicas. - Exemplos: diferentes tons de voz, cheiros, brincadeiras, peças de encaixar.
6	Planejamento, Geral	PG.6	<p>Dê preferência para imagens audiotáteis que são transportadas facilmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Em alguns casos as imagens podem não ser portáteis, dependendo do contexto e objetivo pedagógico.
7	Planejamento, Geral	PG.7	<p>Estimule outros sentidos além do tato e da audição para interação complementar, se possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: olfato, paladar, visão.
8	Planejamento, Áudio	PA.1	<p>Utilize recursos sonoros além da fala.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: música, sons lúdicos, sons de ambientes, sons de animais, efeitos de som.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
9	Planejamento, Áudio	PA.2	<p>Faça a descrição verbal de maneira simples, objetiva e com palavras do cotidiano. No entanto, não suprima informações relevantes ou deixe de usar termos corretos e linguagem técnica adequada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Não subestime a capacidade de compreensão do estudante cego, mas respeite o seu desenvolvimento e potencial de aprendizagem. - Dica: adeque a descrição com base em conhecimentos anteriores, contexto cultural e até para outras línguas, se necessário. - Dica: caso tenha dificuldades de transmitir a informação, peça ajuda de pessoas cegas.
10	Planejamento, Áudio	PA.3	<p>Considere que a audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Porém, não há linguagem neutra, nem tradução sem intermediação.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações. - Esteja ciente de que suas subjetividades estão presentes no material, mas que o direito à interpretação do conteúdo é dos estudantes.
11	Planejamento, Áudio	PA.4	<p>Permita que o estudante cego tenha controle da informação sonora durante a interação.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso significa que é possível desligar e ligar, avançar ou voltar o áudio, ajustar a velocidade e o volume do áudio, por exemplo.
12	Planejamento, Áudio	PA.5	<p>Providencie alertas sonoros em casos de erros que interrompam o funcionamento da imagem.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tenha cuidado pois muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando. - Dica: refaça ou modifique a imagem caso muitas intervenções estejam sendo acionadas.
13	Planejamento, Áudio	PA.6	<p>Utilize comandos de voz como uma alternativa para a ativação de áudios, desde que não interfira na experiência ou interpretação do estudante cego.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: implemente uma palavra-chave ou botão que reconhecerá o comando, caso seja utilizado. Isso evita ativações acidentais. - Exemplos: comandos como "mais informação", "o que é isso?", "salvar informação".

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
14	Planejamento, Tátil	PT.1	<p>Considere que não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Porém, algumas posturas e movimentos de mão são utilizados frequentemente na exploração tátil.</p> <p>- Posturas: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.</p> <p>- Movimentos: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>
15	Planejamento, Tátil	PT.2	<p>Explore diferentes elementos táteis para acomodar as necessidades do estudante cego, mas priorize símbolos já conhecidos.</p> <p>- Considere que toda a superfície tátil deve estar acessível para ser explorada e alcançada pelos dedos (exceto para as representações de objetos com orifícios).</p> <p>- Dica: se necessário diferenciar elementos iguais, use tamanhos diferentes.</p> <p>- Exemplos: pontos, símbolos, formas geométricas, linhas, linhas tracejadas, flechas, áreas, texturas, norte geográfico, referências espaciais.</p>
16	Planejamento, Tátil	PT.3	<p>Simplifique a superfície tátil, retirando pequenos detalhes ou decorações. Considere que a informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados.</p> <p>- A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, por isso mantenha características que remetam ao objeto real.</p> <p>- Dica: caso queira mostrar esses detalhes, faça uma outra imagem em maior escala.</p>

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
17	Planejamento, Tátil	PT.4	<p>Não faça imagens que sejam representações em perspectiva ou com sobreposições.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se a referência visual (imagem) estiver em perspectiva, a superfície tátil deve ser modelada com vista frontal e/ou lateral. - Se a perspectiva faz parte do objeto ou contexto de aprendizagem (obras de arte, por exemplo), não altere a representação.
18	Planejamento, Tátil	PT.5	<p>Utilize Braille para transmitir informações complementares ou equivalentes às gravações em áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: observe o contexto empregado para decidir se o uso do Braille será necessário. - Exemplos: Braille em títulos e marcações para complementar a informação sonora; Braille disponibilizado com o mesmo conteúdo abordado no áudio.
19	Planejamento, Audiotátil	PAT.1	<p>Considere que as informações táteis e sonoras são complementares entre si.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informações táteis representam melhor as relações espaciais, como dimensões, forma, volume e texturas. - Informações sonoras representam melhor as descrições, como cores, expressões faciais, aspectos históricos, sons e exemplos.
20	Planejamento, Audiotátil	PAT.2	<p>Preze pela qualidade estética visual, auditiva e tátil.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso é benéfico para a inclusão social e cultural dos estudantes cegos.
21	Planejamento, Audiotátil	PAT.3	<p>Faça a imagem para que as informações sonoras sejam fáceis de serem adicionadas ou modificadas, e fáceis de serem acessadas pelos estudantes cegos.</p>
22	Planejamento, Audiotátil	PAT.4	<p>Insira marcadores para indicar os pontos com áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esses marcadores devem ser facilmente detectáveis, mas não devem alterar nem distorcer significativamente a superfície tátil, para não serem confundidos com elementos táteis da imagem. - Dica: utilize botões em diferentes formatos como um componente auxiliar para ativar áudios, ligar ou desligar a função.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
23	Planejamento, Audiotátil	PAT.5	<p>Determine uma ação específica para que o áudio seja liberado, para evitar ativações acidentais. Escolha gestos táteis que já sejam familiares aos estudantes cegos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ativar um áudio deve ser resultado de uma ação definitiva. - Exemplos: gestos táteis familiares utilizados em smartphones ou gestos naturais da exploração tátil, como apontar, escanear com o indicador, tocar uma, duas ou três vezes, pressionar, pincelar, pressionar ou tocar em um ponto por 1 segundo.
24	Materiais e produção, Geral	MPG.1	<p>Mantenha o processo simples ou dê as ferramentas necessárias para que pessoas não especialistas possam desenvolver as imagens.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A tecnologia deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.
25	Materiais e produção, Geral	MPG.2	<p>Divida a representação de um objeto detalhado ou de maiores dimensões em partes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso significa criar várias imagens audiotáteis para representar um único objeto. - Dica: crie uma imagem menor e simplificada que represente o todo.
26	Materiais e produção, Geral	MPG.3	<p>Use peças tangíveis e móveis, quando possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso aumenta a interação do estudante cego com a imagem audiotátil.
27	Materiais e produção, Geral	MPG.4	<p>Crie uma biblioteca virtual de imagens prontas ou elementos táteis normatizados que possam ser reutilizados em diferentes projetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: armazene e compartilhe os projetos online para outros educadores, makers e comunidades. De preferência, promova o compartilhamento digital gratuito, público e livre com licenças abertas. - Exemplos: formas de animais compartilhadas por licença creative commons, copyleft ou REA.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
28	Materiais e produção, Áudio	MPA.1	<p>Integre a superfície tátil impressa em 3D com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação em áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os dispositivos devem ser disponibilizados para os estudantes, caso não tenham acesso. - Dica: dê orientações sobre o seu uso. - Dica: materiais condutivos podem ser usados para criar os pontos de interação, como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva. - Dica: eletrônicos de baixo custo, tablets, smartphones e visão computacional são alternativas para adicionar áudio à superfície tátil. - Exemplos: Tags Near Field Communication (NFC), sensores capacitivos, placas eletrônicas Arduino, Raspberry Pi, sensores de proximidade, aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Code.
29	Materiais e produção, Áudio	MPA.2	<p>Evite sobrecarregar o estudante com informações sonoras de uma vez só. Prefira gravar várias faixas de áudio com menos de dois minutos do que um único áudio longo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: selecione as informações mais relevantes sobre o elemento que esteja descrevendo. - Dica: faça as faixas de áudio explorando níveis de complexidade ou tipo de informação, que são acessadas por gestos diferentes. - Exemplos: um toque no elemento e o estudante recebe seu nome. Dois toques, há uma explicação breve.
30	Materiais e produção, Áudio	MPA.3	<p>Considere incluir entradas para fones de ouvido.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Assim o estudante cego pode focar na informação sonora sem distrações. - Dica: evite fones auriculares ou intra-auriculares se forem compartilhados, ou tenha um plano de higienização dos mesmos para um compartilhamento seguro.
31	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.1	<p>Explore diferentes opções de superfície tátil, que podem variar de apenas relevo até objetos tridimensionais (3D).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: prefira materiais 3D, mais próximos ao objeto real.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
32	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.2	<p>Trabalhe a modelagem da superfície tátil em escalas, mas evite representações muito grandes ou muito pequenas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A representação é muito pequena se for menor que a falange do dedo e muito grande se ultrapassa o alcance dos braços. - Dica: atente-se que a cela Braille possui um tamanho padronizado.
33	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.3	<p>Modifique modelos digitais 3D ou use bases de dados pré-existentis para criar a sua imagem, se estiverem disponíveis.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: modelos 3D em sites como Thingiverse, NIH 3D Print Exchange, Nasa 3D Resources, APH Tactile Image Library, National Library of Medicine Visible Human, bases de dados geográficos como OpenStreetMap, dados GIS.
34	Materiais e produção, Modelagem 3D	MPM.4	<p>Utilize o escaneamento 3D como uma alternativa para se adquirir modelos digitais fiéis do objeto real.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: combine com outros tipos de modelagem, como a artesanal ou digital. - Dica: use um Kinect como alternativa mais barata e acessível de escaneamento 3D.
35	Materiais e produção, Impressão 3D	MPI.1	<p>Use materiais de impressão 3D como PLA, ABS, <i>filamento flexível</i> e/ou resina. Combine com outros materiais ou processos de fabricação, como corte a laser.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: explore os materiais para criar diferentes texturas e defina o que funciona melhor no contexto de uso.
36	Materiais e produção, Impressão 3D	MPI.2	<p>Considere as limitações e características da impressora 3D a ser utilizada e ajustes os parâmetros de impressão para evitar imperfeições.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: divida o modelo digital em diversas partes para serem impressas, se necessário. - Dica: cuide para que possíveis imperfeições não sejam confundidas com texturas ou componentes da imagem. - Dica: faça o pós-processamento da impressão 3D, se necessário. A superfície tátil deve ser segura para quem a manipula. Deve ser suave ao toque, nem muito áspera nem muito lisa, sem pontas ou bordas afiadas, não inflamável e nem nociva. - Exemplos: tamanho máximo de impressão, o material disponível e necessidade de pós-processamento, <i>uso de tintas spray ou texturizadas para alterar a superfície da impressão.</i>

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
37	Contexto, uso e inclusão	CUI.1	<p>Ofereça sempre materiais acessíveis que estejam em equivalência com os oferecidos aos colegas videntes. Dê possibilidades de participação plena para que os estudantes cegos compartilhem o conhecimento com os colegas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os materiais precisam abordar todo o conteúdo trabalhado em sala de aula. - Todos os materiais acessíveis precisam estar prontos antes do início das atividades ou aulas.
38	Contexto, uso e inclusão	CUI.2	<p>Busque também a inclusão de estudantes com outras deficiências, para que possam se beneficiar.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplo: <i>incluir texto em alfabeto latino junto ao Braille</i>, descrever ou adicionar cores à imagem é significativo para pessoas cegas e ainda inclui pessoas com baixa visão e videntes.
39	Contexto, uso e inclusão	CUI.3	<p>Reconheça que cada estudante traz uma bagagem de conhecimentos diferente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudantes cegos trazem experiências a partir da não visão, por exemplo. <i>Também há diferenças entre a cegueira congênita e a adquirida.</i>
40	Contexto, uso e inclusão	CUI.4	<p>Assegure a independência de uso e interpretação do conteúdo ao estudante cego.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: instrua os estudantes em como ler a imagem audiotátil, caso seja a primeira vez. - Dica: deixe um tutorial disponível a todo momento, se necessário.
41	Contexto, uso e inclusão	CUI.5	<p>Utilize imagens e materiais autoexplicativos, sempre que possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A presença do(a) tutor(a) ou educador(a) pode servir de auxílio na contextualização do tema e na retirada de dúvidas. - Promova a autonomia e igualdade de condições aos estudantes cegos. - Dica: possibilite que o estudante cego identifique a posição correta da imagem e encontre o ponto de partida, se houver. - Dica: adicione comentários em áudio para contextualizar o estudante cego, se necessário.
42	Contexto, uso e inclusão	CUI.6	<p>Apresente primeiro uma imagem simplificada, e aumente o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante no tema.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dica: essa é apenas uma das estratégias de ensino possíveis. Observe o contexto.

Nº	CATEGORIA, SUBCATEGORIA	CÓDIGO	RECOMENDAÇÃO
43	Contexto, uso e inclusão	CUI.7	Permita que o estudante cego use as duas mãos na exploração tátil.
44	Contexto, uso e inclusão	CUI.8	Use métodos faça-você-mesmo (do-it-yourself) como uma estratégia para estimular o envolvimento de colegas e professores na prática de atitudes inclusivas. Entretanto, não deve ser uma regra. - É importante a valorização do profissional que produz os materiais, na mesma qualidade daqueles que são disponibilizados para estudantes videntes. - Dica: incentive colegas sem deficiência visual a ajudarem na descrição verbal. Essa experiência é enriquecedora e lhes dará melhor percepção do entorno e cooperação, além de auxiliar a capacidade de concentração. - Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D.
45	Contexto, uso e inclusão	CUI.9	Reutilize a imagem para outros objetivos pedagógicos e contextos. - Dica: uma forma de se fazer isso é trocar as descrições em áudio, mas manter a mesma superfície tátil.

FONTE: A autora (2023).

Nota-se que o artefato digital interativo em inglês (site) não pôde ser atualizado até a finalização deste documento, visto que há a dependência de uma equipe externa para sua modificação.

As outras versões (cartões imprimíveis em inglês e português, e versão interativa em português) foram atualizadas e podem ser [acessadas nesta pasta pública](#). Esta etapa conclui os resultados propositivos desta tese. A figura 60 apresenta uma sumarização das etapas do workshop.



FONTE: A autora (2023).

7.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS

A introdução aponta, logo no início deste trabalho, que a pesquisa visou ser pautada por uma abordagem centrada no humano, dentro da área do design inclusivo e design inclusivo para a aprendizagem, com aplicação educacional e situada, também, no campo de estudos do design da informação.

Tinha por afirmação de que o design da informação pode contribuir com o design de imagens audiotáteis, onde há o planejamento, arranjo de informações e a proposta de interação entre o tato e a audição, com o propósito de compor uma imagem com fins educacionais.

Crê-se que as técnicas aplicadas e os resultados obtidos estejam de acordo com o proposto e confirmam que, de fato, a área do design da informação contribuiu com o design de imagens audiotáteis. O artefato desenvolvido passou pela construção coletiva (ainda que guiada por etapas fechadas do método) com especialistas e potenciais usuários e, dentre eles, pessoas com deficiência ou neurodivergentes. Além disso, por sua licença aberta, o material é de disseminação gratuita, passível de modificações por terceiros e adaptações em outros contextos, não pretendendo ser um material finalizado e estático.

É uma resposta viável ao problema apresentado, dentro dos princípios que permearam a pesquisa. Visa ser um material cujo foco é a inclusão de estudantes cegos através do uso de imagens audiotáteis impressas em 3D, mas com potencial de se expandir para outros estudantes, com deficiência ou não.

Desde os primeiros resultados de avaliação das recomendações (Delphi), os participantes teceram elogios quanto a temática da inclusão e relevância do projeto. Entretanto, foi somente com os *workshops* de design que o artefato foi avaliado por completo, tanto pelas 45 recomendações quanto pelos aspectos gráficos.

Três comentários registrados no questionário do *workshop* chamam a atenção por fortalecerem o argumento, cada qual por ângulos diferentes, de que o resultado é um material inclusivo, pautado pelos princípios do design inclusivo, design inclusivo para a aprendizagem e design da informação.

O primeiro comentário versa sobre o formato do artefato e sua licença aberta, de uma participante do grupo de professoras:

Acredito que os cartões figuram um formato efetivo para o objetivo do projeto. [...]. De modo geral, o material parece bem pensado, bem executado e bem desenhado para ser aplicado. Partindo da minha área de atuação, acredito que ajustes poderiam ser necessários conforme a utilização nos diferentes contextos de sala de aula; mas creio que essa possibilidade de ajuste e adequação foi contemplada na explicação do projeto (viva os REA!). [...]

Os outros dois comentários, também por uma professora, atentam para o uso não excludente das imagens audiotáteis impressas em 3D para o ensino de cegos, princípio inclusivo reforçado nas recomendações:

Dois pontos me chamam muito a atenção no desenvolvimento do projeto. Primeiramente, o interesse em oferecer uma educação mais inclusiva para alunos cegos a partir do uso de materiais acessíveis e interativos que possam expandir a aquisição de conhecimento dos mesmos. Em segundo lugar, a possibilidade de fornecer uma experiência de empatia dos alunos videntes em relação à experiência dos alunos cegos, uma vez que ao utilizarem um material acessível, idealizado para a aquisição de conhecimento de alunos cegos, mas não restrito a eles, podemos oferecer uma experiência reflexiva, incentivando a inclusão de alunos cegos e propiciando a criação de um ambiente escolar mais democrático.

O workshop foi bastante interessante pois me proporcionou a possibilidade de refletir a respeito da aquisição de conhecimentos dos alunos cegos por meio de materiais acessíveis e inclusivos. Por nunca ter lecionado para um grupo de alunos cegos ou um grupo inclusivo em que alunos cegos estivessem presentes, meus conhecimentos específicos sobre os materiais e metodologias utilizadas são bastante limitados. Contudo, é interessante pensar na forma como podemos utilizar materiais inclusivos em sala de aula que possam auxiliar o processo de aquisição de outros alunos com deficiências ou alunos neurodivergentes. Acredito que não apenas alunos cegos se beneficiam da disponibilidade de materiais inclusivos, mas também toda a comunidade escolar pode se beneficiar de formas mais acessíveis de transmissão de conhecimentos.

Para além da identificação com o tema, todos os participantes fizeram parte da construção do resultado final e, mesmo que por questões éticas não possam ser nomeados, são tanto autores quanto a pesquisadora, as orientadoras e, também, os professores que compuseram a banca de qualificação. Um projeto de pesquisa centrado nas pessoas e construído com as pessoas.

Destaca-se a banca de qualificação pois foi por meio desta que os princípios da linguagem simples foram acrescentados ao percurso de desenvolvimento do artefato. Considera-se que a linguagem simples reafirmou o elo entre design da informação e design inclusivo desta pesquisa, além de elevar o nível de qualidade do artefato final – não somente recomendações que falem de acessibilidade e inclusão, mas também um artefato por si só acessível aos leitores e usuários.

Por fim, resguardadas as devidas proporções de aplicação, pesquisa e alcance, o artefato apresenta contribuições válidas para a área de acessibilidade e inclusão em estruturas semelhantes a outros materiais consolidados. A exemplo, as diretrizes de acessibilidade para conteúdo web (WCAG 2.1) criadas pela W3C e as diretrizes do design universal para a aprendizagem.

As diretrizes da W3C (2022) operam por diferentes camadas hierárquicas de informação textual: princípios, seguidos por diretrizes, seguidas por critérios de sucesso (em três níveis – A, AA e AAA). Por exemplo:

- Terceiro princípio: compreensível;
 - Diretriz 3.1: legível;
 - Critério de sucesso 3.1.1: idioma da página;
 - Critério de sucesso 3.1.2: idioma das partes;
 - Diretriz 3.2: previsível.

Semelhantemente, o design universal para a aprendizagem também oferece suas diretrizes em uma escala hierárquica da informação: princípios, seguidos por diretrizes, seguidas por *checkpoints*:

- Princípio: representação;

- Diretriz 1: percepção;
 - Checkpoint 1.1;
 - Checkpoint 1.2;
- Diretriz 2: linguagem e símbolos;
 - Checkpoint 2.1;
 - Checkpoint 2.2;

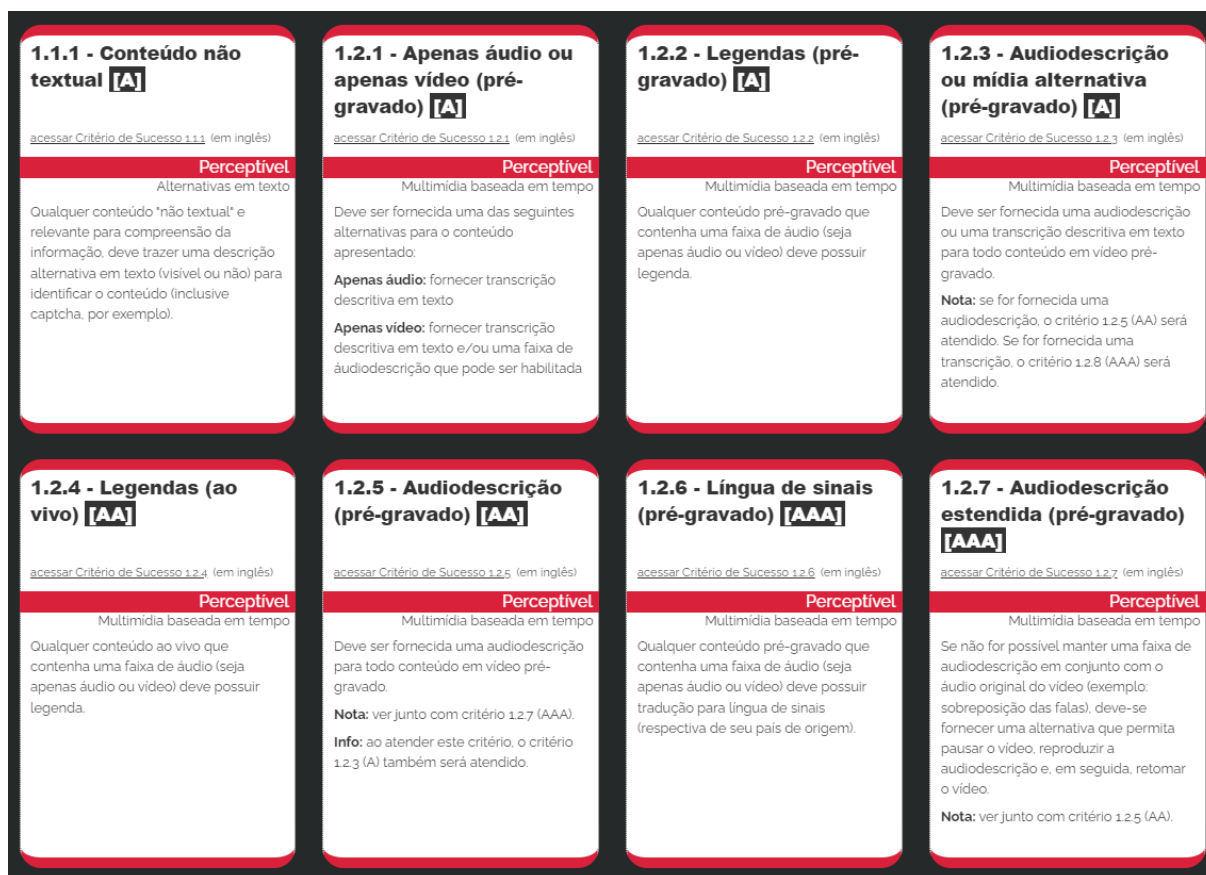
Também operando em estrutura hierárquica da informação, o artefato apresenta as recomendações como categorias, seguidas por subcategorias, seguidas por recomendações, seguidas por informações complementares, dicas e/ou exemplos. Por exemplo:

- Categoria: planejamento (P);
 - Subcategoria: geral (G);
 - Recomendação PG.1;
 - Recomendação PG.2;
 - Exemplos;
 - Subcategoria: áudio (A);
 - Recomendação PA.1;
 - Exemplos;
 - Recomendação PA.2;
 - Dicas.

Outra semelhança entre as diretrizes da W3C e do design universal para a aprendizagem que foi adotada nas recomendações foi o uso da frase em ordem direta (verbo de ação seguido pelo resto da frase). Essa mudança ocorreu após a reescrita utilizando a linguagem simples, momento em que todas as recomendações passaram a ter a mesma estrutura de frase.

Outro ponto destacado é o uso de cartões interativos por Sales (2022) para apresentar as diretrizes da W3C (figura 61).

FIGURA 61 – CARTÕES WCAG.



FONTE: Sales (2022).

Entretanto, nenhuma dessas semelhanças são meras coincidências, já que são materiais consolidados que foram levados em consideração como referência para o desenvolvimento do artefato. Ainda assim, considera-se uma ação positiva que haja pontos afins entre o resultado desta tese e que, configurado desta maneira, tenha sido bem aceito entre os participantes da pesquisa. O artefato demonstra robustez e potencial para aplicações reais.

Enquanto conteúdo, recomendações apresentadas no artefato se assemelham ao apresentado pelas diretrizes do design universal para aprendizagem (em complemento ao design inclusivo para a aprendizagem, que norteou a pesquisa), demonstrando estarem, de fato, próximas ao que se espera de uma educação inclusiva.

Por exemplo, o *checkpoint* 4.1 (varie os métodos de resposta e navegação) da diretriz 4 (ofereça opções para ação física), indica o uso de alternativas para que os aprendizes tenham controle da interação sobre o material (CAST, 2018, tradução nossa). No artefato, a recomendação PA.4 (permita que o estudante cego tenha controle da informação sonora durante a interação) pode ser considerada análoga.

Outro exemplo é o *checkpoint* 7.1 (otimize a autonomia e a escolha individual) da diretriz 7 (ofereça opções para recrutamento de interesse) (CAST, 2018, tradução nossa), que dialoga com a recomendação CUI.4 (assegure a independência de uso e interpretação do conteúdo ao estudante cego).

O próprio uso de imagens audiotáteis impressas em 3D para a educação inclusiva de cegos é desdobramento direto da diretriz número 1 e seu *checkpoint* 1.3: ofereça opções para percepção – ofereça alternativas para a informação visual (CAST, 2018, tradução nossa).

7.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os resultados finais da pesquisa, equivalentes às Fases 2 e 3. A Fase 2 teve por objetivo a proposição do artefato, que consistiu em etapas de reescrita do conjunto de recomendações utilizando linguagem simples, organização de categorias e subcategorias através da técnica de *card sorting* e design do artefato com ajuda de especialistas em período de doutorado sanduíche. A Fase 3 consistiu na avaliação do artefato por grupos de interesse em *workshops* de design e, conseqüentemente, na atualização do artefato com os resultados, finalizando a pesquisa. Neste sentido, este capítulo apresentou os resultados que atendem aos últimos dois objetivos específicos da pesquisa. A figura 62 ilustra o resumo dos resultados das Fases 2 e 3.

FIGURA 62 – RESULTADOS DAS FASES 2 E 3.



FONTE: A autora (2023).

Por último, o capítulo também apresenta algumas considerações feitas acerca dos resultados finais obtidos, retomando e refletindo sobre os princípios nos quais a pesquisa se pautou. Também faz correlações do artefato com outros materiais de natureza semelhante – diretrizes da W3C e diretrizes do design universal para a aprendizagem.

8 CONCLUSÕES

Este capítulo busca retomar os aspectos apresentados na introdução desta tese, tais como problema e objetivos, e relaciona-los com o executado durante o processo de doutoramento, relatado no decorrer do documento. Além disso, o capítulo apresenta reflexões acerca do método escolhido e, por fim, apresenta as limitações da pesquisa, assim como os desdobramentos e oportunidades de pesquisas futuras.

O problema de pesquisa apresentado (**como auxiliar educadores, designers, makers e demais profissionais da educação inclusiva no design de imagens audiotáteis impressas em 3D, para que sejam acessíveis aos estudantes cegos?**), surgiu após uma RBS sobre o tema. Constatada a lacuna e levantado o problema, o objetivo geral da pesquisa foi o de **propor um artefato informacional para auxiliar o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com foco na educação inclusiva de estudantes cegos.**

Este objetivo foi desdobrado em quatro objetivos específicos, sendo estes atingidos ao decorrer da execução do método, dividido em quatro fases distintas. O primeiro objetivo específico foi o de **identificar as relações da percepção auditiva e tátil para o aprendizado do estudante cego.** Este objetivo foi contemplado na Fase 1 – Exploração do problema, durante as etapas de Identificação do problema e Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e assistemática. Este primeiro objetivo é refletido nos capítulos de revisão teórica, onde foram explorados temas como acessibilidade informacional, design inclusivo, educação inclusiva, percepção tátil e auditiva, dentre outros temas relevantes e necessários para a compreensão do panorama teórico desta tese.

O segundo e terceiro objetivos específicos, **mapear recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D e sistematizar as recomendações em um conjunto**, também foram contemplados durante a Fase 1 – Exploração do problema. O mapeamento das recomendações foi feito a partir das revisões teóricas, em conjunto com as entrevistas com especialistas. Este primeiro compilado continha 62 recomendações divididas em categorias provisórias. Entretanto, o conjunto era uma versão crua, de fragmentos de informações de fontes distintas, ainda sem avaliação ou coesão entre as recomendações.

Este cenário começou a mudar a partir da técnica Delphi aplicada com especialistas, etapa final da Fase 1 e que contempla o terceiro objetivo específico. O Delphi serviu como uma primeira triagem e avaliação das recomendações, confrontando a experiência dos especialistas com as recomendações. Ao final desta etapa, o conjunto continha 60 recomendações avaliadas em um quase consenso.

Na transição entre o terceiro objetivo específico e o quarto (**propor, para fins de avaliação com grupos de interesse, um artefato informacional contendo o conjunto de recomendações para o design de imagens audiotáteis utilizando impressão 3D**), a reescrita em linguagem simples tanto aprimorou o conjunto de recomendações quanto fez parte do projeto do artefato final. Esta etapa foi a primeira realizada na Fase 2 – Proposição do artefato. A reescrita das recomendações em linguagem simples solucionou um problema apontado pela banca de qualificação, que era, de fato, a falta de coesão gramatical e hierarquia das informações. Desta forma, o conjunto passou a ser composto por 45 recomendações em linguagem simples, seguindo uma estrutura de recomendação principal e informações complementares.

O quarto objetivo específico ainda foi contemplado pela técnica de *card sorting* e pelo período de doutorado sanduíche na OCAD University, no Canadá. O *card sorting* realizado com especialistas foi necessário para a criação de categorias e subcategorias de recomendações que fossem significativas aos potenciais leitores e usuários do artefato informacional. As categorias e subcategorias geradas após análise contrastam com as categorias provisórias criadas inicialmente pela pesquisadora, sendo elas mais “humanizadas” e próximas ao pensamento do usuário.

Já o design do artefato em seus aspectos gráfico-informacionais gerou mais uma camada de aproximação com os possíveis leitores, pois além do conteúdo escrito de forma simples e de divisões em categorias significativas, os aspectos visuais, hierárquicos e de interação também foram adicionados. O design do artefato finalizou a Fase 2, também composta pela técnica de *card sorting* e pela reescrita em linguagem simples.

A Fase 3 – Avaliação do artefato foi composta por etapa única onde o *workshop* de design foi realizado. Nessa fase, o quarto objetivo específico também foi contemplado. Os *workshops* foram realizados com três grupos diferentes, onde foi possível coletar *feedback* sobre o artefato informacional. Nessa avaliação do artefato, foi possível perceber que todo o percurso de modificação e aprimoramento das recomendações/artefato foi significativo, principalmente pela disposição hierárquica da informação, linguagem simples e aplicação de projeto gráfico (ícones, texturas, formato).

Pelo cumprimento de todos os objetivos específicos e, considerando que o artefato informacional foi bem aceito pelos participantes na última etapa de avaliação, considera-se que o objetivo geral de propor o artefato foi atingido com sucesso e de maneira satisfatória, respondendo também à pergunta de pesquisa.

Além disso, o conhecimento aqui disposto e refletido no artefato final contribui para a sociedade em dimensões educacionais, sociais e políticas, ofertando um material que dissemina, gratuitamente, informações para uma educação mais equitativa e inclusiva para

estudantes cegos. Material este pautado pelo design inclusivo e por uma abordagem centrada no humano.

Pelo percurso e os resultados aqui descritos, também, há a contribuição com o avanço científico na área do design, gerando conhecimento inédito, ainda que específico e contextualizado, da aliança entre design da informação, design inclusivo, design inclusivo para aprendizagem, design centrado no humano, linguagem simples, acessibilidade e educação inclusiva. Destaca-se a proximidade do design inclusivo com o design da informação, que por vezes se apresentam com objetivos tão semelhantes que se tornam indissociáveis – como é o caso desta tese.

8.1 REFLEXÕES SOBRE O MÉTODO ESCOLHIDO

A pesquisa foi caracterizada dentro do paradigma científico da fenomenologia, de natureza aplicada, com objetivos exploratórios e propositivos, abordagem qualitativa e utilizando procedimentos de pesquisa bibliográfica e de campo. Para tal, utilizou o método adaptado da *design science research*, em quatro fases.

De acordo com a caracterização e os resultados alcançados de forma satisfatória a responder ao problema e atingir o objetivo geral, considera-se que o método adotado foi condizente e adequado. Como destacam Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015, p.57):

[...] a *design science* tem como finalidade conceber um conhecimento sobre como projetar, e não apenas aplica-lo. Ou seja, a *design science* é a ciência que se ocupa do projeto [...]. Acima de tudo, a *design science* é a ciência que procura desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas ou, ainda, criar novos artefatos que contribuam para uma melhor atuação humana, seja na sociedade, seja nas organizações.

Crê-se, então, que não somente o método tenha sido adequado, mas que os resultados alcançados estejam de acordo com a que se propõe o método.

Em relação a necessidade de adaptação do método em 12 passos propostos por Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015), o que se buscou não foi uma descaracterização do método, mas um ajuste à natureza da pesquisa em design e da especificidade deste projeto de pesquisa. Outras teses e dissertações do mesmo Programa de Pós-Graduação também foram desenvolvidas utilizando o mesmo método, igualmente adaptados às particularidades de cada pesquisa.

Outro ponto que se destaca nestas reflexões foi a execução de todas as etapas com participantes externos de forma virtual – portanto, entrevistas, Delphi, *card sorting*,

design do artefato, *workshop*. A adaptação de todas as técnicas de coleta com participantes para o virtual ocorreu em razão da pandemia. Mesmo com vacinação e controle de casos, manteve-se o plano do método virtual pela segurança de todos.

Não é possível prever se os resultados seriam diferentes caso alguma técnica tivesse sido executada com participantes de forma presencial, mas, refletindo sobre os resultados alcançados, o formato virtual não gerou prejuízos. Inclusive, a execução virtual eliminou a barreira geográfica para a participação das pessoas nos momentos de coleta, síncronos ou assíncronos.

8.2 LIMITAÇÕES, DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA E OPORTUNIDADES DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Durante a execução da pesquisa, algumas limitações foram enfrentadas. Em primeiro lugar, enquanto uma pesquisa inclusiva centrada no humano, em colaboração com participantes, acredita-se que o número de envolvidos com deficiência, sobretudo participantes cegos, poderia ter sido maior. Mesmo assim, em todas as coletas de dados com participantes, ao menos uma pessoa com deficiência ou neurodivergente esteve presente.

A pesquisa, adaptada para o virtual devido à pandemia, não foi sentida como uma limitação durante as coletas de dados com participantes. Entretanto, acredita-se que o doutorado sanduíche teria sido melhor aproveitado junto ao IDRC em um formato totalmente presencial – enquanto a realidade foi a de trocas de experiências híbridas, virtuais e presenciais.

Por fim, outra limitação sentida foi a do tempo hábil para uma avaliação completa do artefato – do projeto até a produção final de uma imagem audiotátil impressa em 3D por parte dos participantes. Sabendo-se da limitação de uma pesquisa de doutorado em 4 anos, fez-se a escolha de avaliar o artefato em um *workshop* de design através de uma simulação de projeto, deixando uma avaliação mais profunda como desdobramento de pesquisa.

Desta forma, são desdobramentos da pesquisa:

- Avaliação do artefato informacional na versão atual com novos participantes, com o efetivo design de uma imagem audiotátil impressa em 3D – do projeto até sua finalização em um protótipo;
- Estudo de comparação entre o artefato virtual e o analógico;

- Avaliação de imagens audiotáteis impressas em 3D que foram desenvolvidas a partir das recomendações do artefato informacional, de preferência, em um ambiente real escolar;
- Inclusão de mais deficiências no escopo das recomendações, como a baixa visão.

Além de desdobramentos diretos deste trabalho de tese, existem outras oportunidades de investigações futuras que podem contribuir com a pesquisa aqui iniciada:

- Investigar os problemas apontados pelo *workshop* de design, mais especificamente, como a palavra “imagem” do termo “imagem audiotátil” é compreendida pelo público (somente traduções de imagens visuais bidimensionais? Um modelo tridimensional pode ser considerado uma imagem?); e como as recomendações atuais se comportam com estudantes cegos que possuam outras deficiências associadas;
- Inserção do artefato em um ambiente real e investigação à longo prazo;
- Desdobramento do artefato para outros tipos de materiais didáticos;
- Desdobramento do artefato para outras aplicações além da educação inclusiva – museus ou orientação e mobilidade, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- ABD HAMID, N. N.; EDWARDS, A. D. N. Facilitating route learning using interactive audio-tactile maps for blind and visually impaired people. *In: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SCIENCE, 2013, Paris, França. Anais...* Nova Iorque: ACM, 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16452: Acessibilidade na comunicação – audiodescrição**. Rio de Janeiro, 2016.
- ALMEIDA, A. M. Design inclusivo. *In: SOUSA, A.; PROVIDÊNCIA, F.; PEREIRA, C. (orgs.). Ergotrip design 2015: textos dos palestrantes*. Aveiro: Createspace Independent Publishing Platform, 2016.
- ALMEIDA, T. S.; ARAÚJO, F. V. Diferenças experienciais entre pessoas com cegueira congênita e adquirida: uma breve apreciação. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, v.1, n.3, pp.1-21, 2013.
- AMIRALIAN, M. L. T. M. **Deficiência visual: perspectivas na contemporaneidade**. São Paulo: Vetor, 2009.
- ANAGNOSTAKIS, G.; ANTONIOU, M.; KARDAMITSI, E.; SACHINIDIS, T.; KOUTSABASIS, P. Accessible museum collections for the visually impaired: combining tactile exploration, audio descriptions and mobile gestures. *In: 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION WITH MOBILE DEVICES AND SERVICES, 2016, Florença, Itália. Anais...* Nova Iorque: ACM, 2016.
- ANTUN, R. P. A dialética inclusão/exclusão na escola do novo milênio. *In: MANTOAN, M. T.E. Para uma escola do século XXI*. Campinas: UNICAMP/BCCL, 2013.
- BANA - THE BRAILLE AUTHORITY OF NORTH AMERICA. **Guidelines and standards for tactile graphics**. 2010. Disponível em: <<http://www.brailleauthority.org/tg/index.html>>. Acesso em: 04 dez. 2020.
- BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação humano-computador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- BENDIXEN, K.; BENKTZON, M. Design for all in Scandinavia – a strong concept. **Applied Ergonomics**, v. 46, part B, pp. 248-257, 2015.
- BENYON, D. **Designing user experience: a guide to HCI, UX and interaction design**. Harlow: Person, 2019. 4ª ed.
- BLAZIE, D. B.; CRANMER, T. V. An audio-tactile display. **Behavior Research Methods & Instrumentation**, v.8, n.6, pp.491-494, 1976.
- BRASIL. **Decreto Nº 6.949, de 25 de agosto de 2009**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm. Acesso em: 09 nov. 2020.
- _____. **Lei Nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 15 mai. 2020.

_____. **Decreto Nº 9.522, de 8 de outubro de 2018.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9522.htm. Acesso em: 09 nov. 2020.

_____. **Decreto Nº 10.502, de 30 de setembro de 2020.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10502.htm. Acesso em: 30 de nov. 2020.

BRITO, C.; BARROS, G.; CORREIA, W. TEICHRIB, V.; TEIXEIRA, J. Multimodal augmentation of surfaces using conductive 3D printing. *In: SPECIAL INTEREST GROUP ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES CONFERENCE*, 2016, Anaheim, EUA. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2016.

BRULE, E.; BAILLY, G.; BROCK, A.; VALENTIN, F.; DENIS, G; JOUFFRAIS, C. MapSense: Design and Field Study of Interactive Maps for Children Living with Visual Impairments. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE FOR HUMAN-COMPUTER INTERACTION*, 2016, San Jose, EUA. **Anais...** San Jose, 2016.

BUEHLER, E.; BRANHAM, S.; ALI, A.; CHANG, J. J.; HOFMANN, M. K.; HURST, A.; KANE, S. K. Sharing Is caring: assistive technology designs on thingiverse. *In: 33RD ANNUAL ACM CONFERENCE ON HUMAN FACTOR IN COMPUTING SYSTEMS*, 2015, Seoul, Coréia. **Anais...** New York: Association for Computing Machinery, 2015.

BUEHLER, E.; COMRIE, N.; HOFMANN, M.; MCDONALD, S.; HURST, A. Investigating the implications of 3D printing in special education. **ACM Transactions on Accessible Computing**, v.8, n.3, a.11, 2016.

CARVALHO, J.; VOLPATO, N. Protipagem rápida como processo de fabricação. *In: VOLPATO, N. Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações.* São Paulo: Blucher, 2006.

CAST. **Universal design for learning guidelines version 2.2.** 2018. Disponível em: <http://udlguidelines.cast.org>. Acesso em: 01 dez. 2020.

CHARLTON, J. I. **Nothing about us without us:** disability, oppression and empowerment. Los Angeles: University of California Press, 1998.

CHICCA JUNIOR, N.; CASTILLO, L. G.; COUTINHO, S. G. A impressão 3D contribuindo em projetos de design da informação. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 7º*, 2015, Brasília, DF. **Anais do 7º CIDI.** Brasília: Blucher, 2015, p. 1355-1360.

CONFORTO, E C.; AMARAL, D.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8º*, 2011, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

COOK, A. M.; POLGAR, J. M. **Assistive technologies:** principles and practice. St. Louis: Elsevier, 2015. 4ª ed.

CUNICO, M. W. M. **Impressoras 3D:** o novo meio produtivo. Curitiba: Concep3D, 2015.

CYBIS, W.; BETIOL, A.; FAUST, R. **Ergonomia e usabilidade:** conhecimentos, métodos e aplicações. São Paulo: Novatec Editora, 2010.

D'AGNANO, F.; BALLETTI, C.; GUERRA, F.; VERNIER, P. Tooteko: a case study of augmented reality for an accessible cultural heritage. Digitization, 3d printing and sensors for an audio-tactile experience. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v.XL-5/W4, p.207-213, 2015.

DAVIS, J. U.; WU, T.; SHI, B.; LU, H.; PANOTOPOULOU, A.; WHITING, E.; YANG, X. TangibleCircuits: An Interactive 3D Printed Circuit Education Tool for People with Visual Impairments. In: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2020, Honolulu, EUA. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2020.

DESIGN FOR ALL EUROPE. **The EIDD Stockholm Declaration 2004**. 2004. Disponível em: <https://dfa.europa.eu/what-is-dfa/dfa-documents/the-eidd-stockholm-declaration-2004/>. Acesso em: 02 dez. 2020.

DIAGRAM CENTER. **3D printing for education**: quick start guide. Disponível em: <http://diagramcenter.org/wp-content/uploads/2017/09/3D-Printing-In-Education-Quick-Start-Guide.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Design Science Research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUARTE, M. L. B. **Desenho infantil e seu ensino a crianças cegas**: razões e métodos. Curitiba: Insight, 2011. 204 p.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA – ENAP. **Curso Primeiros passos para uso de Linguagem Simples**. 2022. Disponível em: <https://www.escolavirtual.gov.br/curso/315>. Acesso em: 21 de jan. 2022.

ERICKSSON, Y. Tactile reading: tactile understanding. In: MANDUCHI, R.; KURNIAWAN, S. (eds.). **Assistive Technology for blindness and low vision**. Boca Raton: CRC Press, 2013.

FISCHER, H. **Clareza em textos de e-gov, uma questão de cidadania**. Rio de Janeiro: Com Clareza, 2018.

FISCHER, H.; MONT'ALVÃO, C.; RODRIGUES, E. S. Fator facilitador ou barreira para cidadãos acessarem e-serviços: o papel do texto em governo eletrônico. In: Congresso internacional de ergonomia e usabilidade de interfaces humano-tecnologia e Congresso internacional de ergonomia e usabilidade de interfaces e interação humano-computador, 17º, 2019, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. São Paulo: Blucher, 2019. p. 250-265.

FORD, S.; MINSHALL, T. Where and how 3D printing is used in teaching and education. **Additive Manufacturing**, v.25, pp.131-150, 2019.

FRANCO, E. P. C.; SILVA, M. C. C. Audiodescrição: breve passeio histórico. In: MOTTA, L. M. V. M.; ROMEU FILHO, P. (orgs.). **Audiodescrição**: transformando imagens em palavras. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

FRASCARA, J. Data, information, design, and traffic injuries. In: OVEN, P. Č.; POŽAR, C. (orgs.). **On information design**. Liubliana: The Museum of Architecture and Design, 2016.

FROSCHE, R. Impressão 3D na sala de recursos: viabilidade prática. In: GUIMARÃES, D. N.; MELO, D. C. F.; MÓL, G. S. (orgs.). **Práticas inclusivas**: saberes e experiências. Campos dos Goytacazes: Brasil Multicultural, 2020.

GARCIA, F. A.; SOUZA, S. R. C. de. Intervenções pedagógicas frente às necessidades educacionais especiais no ensino regular. *In*: NOGUEIRA, R. E. **Geografia e inclusão escolar: teoria e práticas**. Florianópolis: Edições do Bosque/CFH/UFSC, 2016.

GHODKE, U. **The Cross-Sensory Globe**: Co-Designing a 3D Audio-Tactile Globe Prototype for Blind and Low-Vision Users to Learn Geography. 2019. 62p. Dissertação (Mestrado em Design Inclusivo). OCAD University, Toronto, 2019.

GHODKE, U.; YUSIM, L.; SOMANATH, S.; COPPIN, P. The Cross-Sensory Globe: Participatory Design of a 3D Audio-Tactile Globe Prototype for Blind and Low-Vision Users to Learn Geography. *In*: DESIGNING INTERACTIVE SYSTEMS CONFERENCE, 2019, San Diego, EUA. **Anais...** San Diego: Canadian Human-Computer Communications Society, 2019.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive manufacturing technologies**: 3D printing, rapid prototyping and direct digital manufacturing. Nova Iorque: Springer, 2015. 2ª ed.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. 4ª ed.

GIL, A. C. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Barueri: Atlas, 2021.

GILBERT, R. M. **Inclusive design for a digital world**: designing with accessibility in mind. Nova Iorque: Apress, 2019.

GIRAUD, S.; BROCK, A.; MACÉ, M.; JOUFFRAIS, C. Map learning with a 3D printed interactive small-scale model: Improvement of space and text memorization in visually impaired students. **Frontiers in Psychology**, v.8, a.930, jun., 2017.

GIRAUD, S.; JOUFFRAIS, C. Empowering low-vision rehabilitation professionals with “do-it-yourself” methods. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS HELPING PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS, 2016, Linz, Áustria. **Anais...** Cham: Springer, 2016.

GIVEN, L. M. **The SAGE encyclopedia of qualitative research methods**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2008.

GOMES, D.; QUARESMA, M. **Introdução ao design inclusivo**. Curitiba: Appris, 2018.

GORI, M.; VERCILLO, T.; SANDINI, G.; BURR, D. Tactile feedback improves auditory spatial localization. **Frontiers in Psychology**, v.5, a.1121, pp.1-7, 2014.

GÖTZELMANN, T. CapMaps: Capacitive sensing 3D printed audio-tactile maps. *In*: Miesenberger, K.; Penaz, P. (eds.). **Computer Helping People with Special Needs**. ICCHP 2016. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2016a.

GÖTZELMANN, T. LucentMaps: 3D printed audiovisual tactile maps for blind and visually impaired people. *In*: ASSETS 2016 - 18TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 2016, Reno, EUA. **Anais...** Reno, 2016b.

GÖTZELMANN, T. Visually augmented audio-tactile graphics for visually impaired people. **ACM Transactions on Accessible Computing**, v.11, n.2, a.8, 2018.

GÖTZELMANN, T.; WINKLER, K. SmartTactMaps: a smartphone-based approach to support blind persons in exploring tactile maps. *In*: 8TH ACM INTERNATIONAL

CONFERENCE ON PERVASIVE TECHNOLOGIES RELATED TO ASSISTIVE ENVIRONMENTS, 2015, Corfu, Grécia. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2015.

GRIFFIN, E.; PICINALI, L.; SCASE, M. The effectiveness of an interactive audio-tactile map for the process of cognitive mapping and recall among people with visual impairments. **Brain Behavior**, v.10, n.7, e01650, 2020.

GRONDIN, S. **Psychology of perception**. Cham: Springer, 2016.

GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. Three-dimensional tactile symbols produced by 3D Printing: improving the process of memorizing a tactile map key. **British Journal of Visual Impairment**, v. 32, n. 3, p. 263-278, 2014.

HATCH, M. **The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers**. Nova Iorque: McGraw Hill Education, 2013.

HE, L.; WAN, Z.; FINDLATER, L.; FROEHLICH, J. TacTILE: A preliminary toolchain for creating accessible graphics with 3D-printed overlays and auditory annotations. *In*: 19TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 2017, Baltimore, EUA. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2017.

HERSH, M. A.; JOHNSON, M. A. **Assistive technology for visually impaired and blind people**. Londres: Springer-Verlag, 2008.

HITCHCOCK, C.; STAHL, S. Assistive Technology, universal design, universal design for learning: improved learning opportunities. **Journal of Special Education Technology**, v.18, n.4, pp.45-52, 2003.

HOLLOWAY, L.; MARRIOTT, K.; BUTLER, M. Accessible maps for the blind: Comparing 3D printed models with tactile graphics. *In*: 2018 CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2018, Montreal, Canadá. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2018.

HORVATH, J.; CAMERON, R. **Mastering 3D printing: a guide to modelling, printing, and prototyping**. Nova Iorque: Springer, 2020. 2ª ed.

HÖTTING, K.; RÖDER, B. Auditory and auditory-tactile processing in congenitally blind humans. **Hearing Research**, v. 258, pp. 165-174, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IDEO. **The field guide to human-centered design**. São Francisco e Nova Iorque: IDEO, 2015.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Blucher, 2016. 3ª ed.

INCLUSIVE DESIGN RESEARCH CENTRE. **What is inclusive design?**. 2022. Disponível em: <https://idrc.ocadu.ca/about/philosophy/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

INCLUSIVE DESIGN TOOLKIT. **What is inclusive design?**. 2020. Disponível em: <http://www.inclusivedesigntoolkit.com/whatis/whatis.html>. Acesso em: 02 dez. 2020.

INCLUSIVE LEARNING DESIGN HANDBOOK – ILDH. **About**. 2022. Disponível em: <https://handbook.floeproject.org>. Acesso em: 20 set. 2022.

JAFRI, R.; ALJUHANI, A. M.; ALI, S. A. A tangible interface-based application for teaching tactual shape perception and spatial awareness sub-concepts to visually impaired children. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 5562–5569, 2015.

JAFRI, R.; ALJUHANI, A.; ALI, S. A tangible user interface-based application utilizing 3D-printed manipulatives for teaching tactual shape perception and spatial awareness sub-concepts to visually impaired children. **International Journal of Child-Computer Interaction**, v. 11, p. 3–11, jan., 2017.

JORDAN, J. **3D printing**. Cambridge: The MIT Press, 2019.

KASTRUP, V. A invenção na ponta dos dedos: a reversão da atenção em pessoas com deficiência visual. **Psicologia em Revista**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 69-90, 2007.

KOLITSKY, M. Making 3D Laser Cut Stratigraphic Audio-responsive Tactile Templates. **Journal of Science Education for Students with Disabilities**, v.22, n.1, 2019.

LANDAU, S.; GOURGEY, K. Development of talking tactile tablet. **Information Technology and Disabilities**, v.7, n.2, 2001.

LAWSON, A. **Accessibility of information, technologies and communication for persons with disabilities**: Contribution to the Council of Europe Strategy on the Rights of Persons with Disabilities. Estrasburgo: Council of Europe, 2017.

LEPORINI, B.; ROSSETTI, V.; FURFARI, F.; PELAGATTI, D.; QUARTA, A. Design Guidelines for an Interactive 3D Model as a Supporting Tool for Exploring a Cultural Site by Visually Impaired and Sighted People. **ACM Transactions on Accessible Computing**, v. 13, n. 3, p. 1–39, 2020.

LIDWELL, W.; HOLDEN, K.; BUTLER, J. **Universal principles of design**. Beverly: Rockport, 2010.

LIMA, E. C. **O aluno com deficiência visual**. São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 2019.

LOCH, R. E. N. Cartografia tátil: mapas para deficientes visuais. **Portal da Cartografia**, Londrina, v.1, n.1, p. 35-58, 2008.

LOOMIS, J. M.; KLATZKY, R. L.; GIUDICE, N. A. Sensory substitution of vision: importance of perceptual and cognitive processing. *In*: MANDUCHI, R.; KURNIAWAN, S. (eds.). **Assistive Technology for blindness and low vision**. Boca Raton: CRC Press, 2013.

LUPTON, E. **Beautiful users**: designing for people. Nova Iorque: Princeton Architectural Press, 2014.

LUPTON, E.; LIPPS, A. **The senses**: design beyond vision. Nova Iorque: Princeton Architectural Press, 2018.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar – o que é? Por quê? Como fazer?**. São Paulo: Summus, 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003. 5ª ed.

MARTIN, B.; HANINGTON, B. **Universal methods of design**. Beverly: Rockport Publishers, 2012.

MAYER, R. E. **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

MEC – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Normas técnicas para a produção de textos em Braille**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. 3ª ed.

MENDONÇA, A.; MIGUEL, C.; NEVES, G.; MICAEL, M.; REINO, V. **Alunos cegos e com baixa visão: orientações curriculares**. Lisboa: Ministério da Educação (Portugal), 2008.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, J. **Qualitative data analysis: a methods sourcebook**. Thousand Oaks: SAGE Publications. 3ª ed.

MONFREDINI, I.; FROSCHE, R. O espaço maker em universidades: possibilidades e limites. **Eccos**, n.49, pp.1-20, 2019.

MONT'ALVÃO, C. Inovação e ergodesign com o foco na acessibilidade. *In*: ULBRICHT, V. R.; FADEL, L. M.; BATISTA, C. R (orgs.). **Design para acessibilidade e inclusão**. São Paulo: Blucher, 2017.

MOTTA, L. M. V. M.; ROMEU FILHO, P. **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010.

MULLEN, P. M. Delphi: myths and reality. **Journal of Health Organization and Management**, v.17, n.1, pp.37-52, 2003.

NCSU – NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. **The principles of universal design**. 1997. Disponível em: https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciplestext.htm. Acesso em: 02 dez. 2020.

NCSU – NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. **About universal design**. 2008. Disponível em: https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/about_ud.htm. Acesso em: 02 dez. 2020.

NIELSEN, J. **Card sorting: how many users to test**. Nielsen Norman Group, 2004. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/card-sorting-how-many-users-to-test/>. Acesso em: 30 mai. 2020.

NUNES, E. V.; MACHADO, F. O.; VANZIN, T. Audiodescrição como Tecnologia Assistiva para acesso ao conhecimento por pessoas cegas. *In*: ULBRICHT, V. R.; VANZIN, T.; VILLAROUÇO, V. (Orgs.). **Ambiente virtual de aprendizagem inclusivo**. Florianópolis: Pandion, 2011.

O'GRADY, J. V.; O'GRADY, K. V. **A designer's research manual**. Beverly: Rockport Publishers, 2017. 2ª ed.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **World report on disability**. Malta: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2011.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **WHO global disability action plan 2014-2021: better health for all people with disability**. Genebra: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2014.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD)**. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>. Acesso em: 16 de jun. de 2020.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 16 de jun. de 2020.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Disability and development report: realizing the sustainable development goals by, for and with people with disabilities 2018**. New York: United Nations Publications, 2019.

OTTAIANO, J. A. A.; ÁVILA, M. P.; UMBELINO, C. C.; TALEB, A. C. **As condições de saúde ocular no Brasil**. São Paulo: Conselho Brasileiro de Oftalmologia, 2019.

PAPADOULOS, K.; BAROUTI, M.; KOUSTRIVA, E. The improvement of cognitive maps of individuals with blindness through the use of an audio-tactile map. *In*: ANTONA, M.; STEPHANIDIS, C. (eds.). **Universal Access in Human-Computer Interaction. Interaction Techniques and Environments**. UAHCI 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9738. Cham: Springer, 2016.

PERSSON, H.; AHMAN, H.; YNGLING, A. A.; GULLIKSEN, J. Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts - one goal? On the concept of accessibility - historical, methodological and philosophical aspects. **Universal Access in the Information Society**, v. 14, p.505-526, 2015.

PLAIN LANGUAGE ASSOCIATION INTERNATIONAL. **PLAIN. What is plain language?** 2022. Disponível em: <https://plainlanguagenetwork.org/plain-language/what-is-plain-language/>. Acesso em: 29 nov. 2022.

PONTIS, S. **Making sense of field research: a practical guide for information designers**. New York: Routledge, 2019.

PORTUGAL, C. Questões complexas do design da informação e interação. **Revista Brasileira de Design da Informação - InfoDesign**, v.7, n.2, p.1-6, 2010.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction design: beyond human-computer interaction**. Indianapolis: Wiley, 2019. 5ª ed.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. [e-book]

QUERO, L. C.; BARTOLOMÉ, J. I.; CHO, J. Accessible visual artworks for blind and visually impaired people: comparing a multimodal approach with tactile graphics. **Electronics**, v.10, n.3, pp.1-19, 2021.

QUERO, L. C.; BARTOLOMÉ, J. I.; LEE, S.; HAN, E.; KIM, S.; CHO, J. An interactive multimodal guide to improve art accessibility for blind people. *In*: 20TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 2018, Galway, Irlanda. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2018.

QUEVEDO, S. R. P de; ULBRICHT, V. R. Como os cegos aprendem. *In*: ULBRICHT, V. R.; VANZIN, T.; VILLAROUÇO, V (orgs.). **Ambiente virtual de aprendizagem inclusivo**. Florianópolis: Pandion, 2011.

RAMOS, R. **Inclusão na prática**: estratégias eficazes para a educação inclusiva. São Paulo: Summus, 2016.

RAVNEBERG, B.; SÖDERSTRÖM, S. **Disability, Society and assistive technology**. Oxon e Nova Iorque: Routledge, 2017.

REDE LINGUAGEM SIMPLES BRASIL. **O que é linguagem simples?** 2022. Disponível em: <https://redelinguagensimpl.editorx.io/rede-linguagem-br>. Acesso em: 05 out. 2022.

REINDERS, S.; BUTLER, M.; MARRIOTT, K. "Hey Model!" – Natural User Interactions and Agency in Accessible Interactive 3D Models. *In*: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2020, Honolulu, EUA. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2020.

REYNAGA-PEÑA, C. G.; MYERS, C.; FERNÁNDEZ-CÁRDENAS, J. M.; CORTÉS-CAPETILLO, A. J.; GLASSEMAN-MORALES, L. D.; PAULOS, E. Makerspaces for inclusive education. *In*: 22nd HCI INTERNATIONAL CONFERENCE, 2020, Copenhagen, Dinamarca. **Anais...** Copenhagen: Springer, 2020.

ROSE, D. Universal design for learning. **Journal of Special Education Technology**, v.15, n.2, pp. 56-60, 2000.

ROSSETTI, V.; FURFARI, F.; LEPORINI, B.; PELAGATTI, S.; QUARTA, A. Enabling Access to Cultural Heritage for the visually impaired: An Interactive 3D model of a Cultural Site. **Procedia Computer Science**, v. 130, p. 383-391, 2018a.

ROSSETTI, V.; FURFARI, F.; LEPORINI, B.; PELAGATTI, S.; QUARTA, A. Smart Cultural Site: An Interactive 3d Model Accessible to People with Visual Impairment. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v.364, n.1, jun., 2018b.

RUDOLPH, M. Cognitive theory of multimedia learning. **Journal of Online Higher Education**, v.1, n.2, pp.1-15, 2017.

SALES, M. **Guia WCAG**. 2022. Disponível em: <https://guia-wcag.com>. Acesso em: 03 nov. 2022.

SANCHES, E. C. P. **Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem através de impressão tridimensional**. 2018, 193p. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SANCHES, E. C. P.; BUENO, J. Uso da linguagem simples como prática no design da informação e design inclusivo. *In*: SPINILLO, C. G.; BUENO, J.; CATAPAN, M. F.; CORRÊA, R. O. **Coletânea de estudos do PPGDesign/UFPR**: Novos horizontes da pesquisa em design. São Paulo: Blucher, 2022.

SANCHES, E. C. P.; BUENO, J.; OKIMOTO, M. L. R. Os cegos e o aprendizado multimídia. **Revista Brasileira de Design da Informação - InfoDesign**, v.18, n.1, pp.1-15, 2021.

SANTOS, A. dos. **Seleção do método de pesquisa**: guia para pós-graduandos em design e áreas afins. Curitiba: Insight, 2018.

SANTOS, A. dos; DAROS, C.; DUDERSTADT, A.; OLIVEIRA, A. A.; SCHULENBURG, R.; QUINTAS, R. K. Revisão bibliográfica sistemática. *In*: SANTOS, A. **Seleção do método de pesquisa**: guia para pós-graduandos em design e áreas afins. Curitiba: Insight, 2018.

SASSAKI, R. K. **Inclusão**: construindo uma sociedade para todos. Rio de Janeiro: WVA, 2010. 8ª ed.

SASSAKI, R. K. **Nada sobre nós, sem nós**: da integração à inclusão. Bengala Legal, 2011. Disponível em: <http://www.bengalalegal.com/nada-sobre-nos>. Acesso em: 24 de jun. de 2020.

SCHRIVER, K. Plain language in the US gains momentum: 1940-2015. **IEEE Transactions in Professional Communication**, v. 60, n. 4, p. 343-383, 2017.

SERRASQUEIRO, V. B.; DOMICIANO, C. L. C. Design da informação para aprendizagem: uma análise metodológica sob o olhar da inclusão. *In*: 8º CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 2017, Natal, Rio Grande do Norte. **Anais do 8º CIDI**. Natal: Sociedade Brasileira de Design da Informação, 2017.

SHAH RUBUDIN, N.; LEE, T. C.; RAMLAN, R. An overview on 3D printing technology: technological, materials, and applications. **Procedia Manufacturing**, v.35, pp.1286-1296, 2019.

SHI, L. Talkabel: A labeling method for 3D printed models. *In*: 17TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS & ACCESSIBILITY, 2015, Lisboa, Portugal. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2015.

SHI, L.; LAWSON, H.; ZHANG, Z.; AZENKOT, S. Designing Interactive 3D Printed Models with Teachers of the Visually Impaired. *In*: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SCIENCE, 2019, Glasgow, Escócia. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2019.

SHI, L.; MCLACHLAN, R.; ZHAO, Y.; AZENKOT, S. Magic Touch: Interacting with 3d printed graphics. *In*: 18TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY ASSETS, 2016, Reno, EUA. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2016a.

SHI, L.; ZELZER, I.; FENG, C.; AZENKOT, S. Tickers and talker: An accessible labeling toolkit for 3D printed models. *In*: 34TH ANNUAL CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2016, San Jose, EUA. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2016b.

SHI, L.; ZHANG, Z.; AZENKOT, S. A demo of talkit++: Interacting with 3D printed models using an iOS device. *In*: 20TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 2018, Galway, Irlanda. **Anais...** Nova Iorque: Association for Computing Machinery, 2018.

SHI, L.; ZHAO, Y.; AZENKOT, S. Designing interactions for 3D printed models with blind people. *In*: 19TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 2017, Baltimore, USA. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2017a.

SHI, L.; ZHAO, Y.; AZENKOT, S. Markit and Talkit: a low-barrier toolkit to augment 3D printed models with audio annotations. *In*: ACM SYMPOSIUM ON USER INTERFACE SOFTWARE AND TECHNOLOGY, 2017, Quebec, Canadá. **Anais...** Nova Iorque: ACM, 2017b.

SILVA, M. Audiodescrição: ferramenta de acessibilidade a serviço da inclusão escolar. *In*: MIRANDA, T. G.; GALVÃO FILHO, T. A (orgs.). **O professor e a educação inclusiva: formação, práticas e lugares**. Salvador: EDUFBA, 2012.

SILVA, R. C. M.; MÓL, G. S.; CAIXETA, J. E. Argumentação dos professores: competências docentes e educação inclusiva. *In*: GUIMARÃES, D. N.; MELO, D. C. F.; MÓL, G. S. (orgs.). **Práticas inclusivas: saberes e experiências**. Campos dos Goytacazes: Brasil Multicultural, 2020.

SINGER, J. **NeuroDiversity: the birth of an idea**. Lexington: Judy Singer, 2016.

SKUMOLSKI, G. J; HARTMAN, F. T.; KRAHN, J. The delphi method for graduate research. **Journal of Information Technology Education**, v.6, n.1, p. 1-21, 2007.

SLAMECKA, V.; JENSEN, A. P.; VALACH, M.; ZUNDE, P. A computer-aided multisensory instruction system for the blind. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v.BME-19, n.2, pp.157-160, 1972.

SPENCER, D. **Card sorting: designing usable categories**. New York: Rosenfeld Media, 2009.

SONZA, A. P. 2013. **Acessibilidade e Tecnologia Assistiva: pensando a inclusão sociodigital de pessoas com necessidades especiais**. Bento Gonçalves: IFRS, 2013.

SORDEN, S. D. The cognitive theory of multimedia learning. *In*: IRBY, B.; BROWN, G. H.; LARAAIECIO, R.; JACKSON, S. A. **The handbook of educational theories**. Charlotte: Information Age Publishing, 2013.

STEFFAN, I. Sustainability and accessibility: the design for all approach. **Work**, v.41, n 1, pp. 3888-3891, 2012.

TAYLOR, B.; DEY, A.; SIEWIOREK, D.; SMILAGIC, A. Customizable 3D printed tactile maps as interactive overlays. *In*: THE 18TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY, 2016, Reno, USA. **Anais...** Nova lorque: ACM, 2016.

TEJADA, C.; FUJIMOTO, O.; LI, Z.; ASHBROOK, D. Blowhole: Blowing-Activated Tags for Interactive 3D-Printed Models. *In*: 44TH GRAPHICS INTERFACE CONFERENCE, 2018, Toronto, Canadá. **Anais...** Nova lorque: ACM, 2018.

THEVIN, L.; JOUFFRAIS, C.; RODIER, N.; PALARD, N.; HACHET, M.; BROCK, A. Creating accessible interactive audio-tactile drawings using spatial augmented reality. *In*: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE SURFACES AND SPACES, 2019, Daejeon, Coréia do Sul. **Anais...** Nova lorque: Association for Computing Machinery, 2019.

TOUCH GRAPHICS. **Talking Tactile Tablet 2 (TTT)**. 2015. Disponível em: <http://touchgraphics.com/portfolio/ttt/>. Acesso em: 08 dez. 2020.

VALENTE, D. Os diferentes dispositivos de fabricação de imagens e ilustrações táteis e as possibilidades de produção de sentido no contexto perceptivo dos cegos. **Revista Educação, Arte e Inclusão**, v.2, pp.59-82, 2009.

VELÁZQUEZ, R. Wearable assistive devices for the blind. *In*: LAY-EKUAKILLE, A.; MUKHOPADHYAY, S. C. (eds.). **Wearable and autonomous biomedical devices and**

systems for smart environment. Lecture notes in electrical engineering, v. 75. Berlin: Springer, 2010.

VERGARA-NUNES, E. **Audiodescrição didática.** 2016, 411p. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

VOLPATO, N. **Prototipagem rápida:** tecnologias e aplicações. São Paulo: Blucher, 2006.

W3C – WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **Diretrizes de acessibilidade para conteúdo web (WCAG) 2.1.** 2018. Disponível em: <https://www.w3c.br/traducoes/wcag/wcag21-pt-BR/>. Acesso em: 05 out. 2022.

WATKINS, C.; TREVIRANUS, J.; ROBERTS, V. **Inclusive design for learning:** creating flexible and adaptable content with learners. Burnaby: Commonwealth of Learning, 2020.

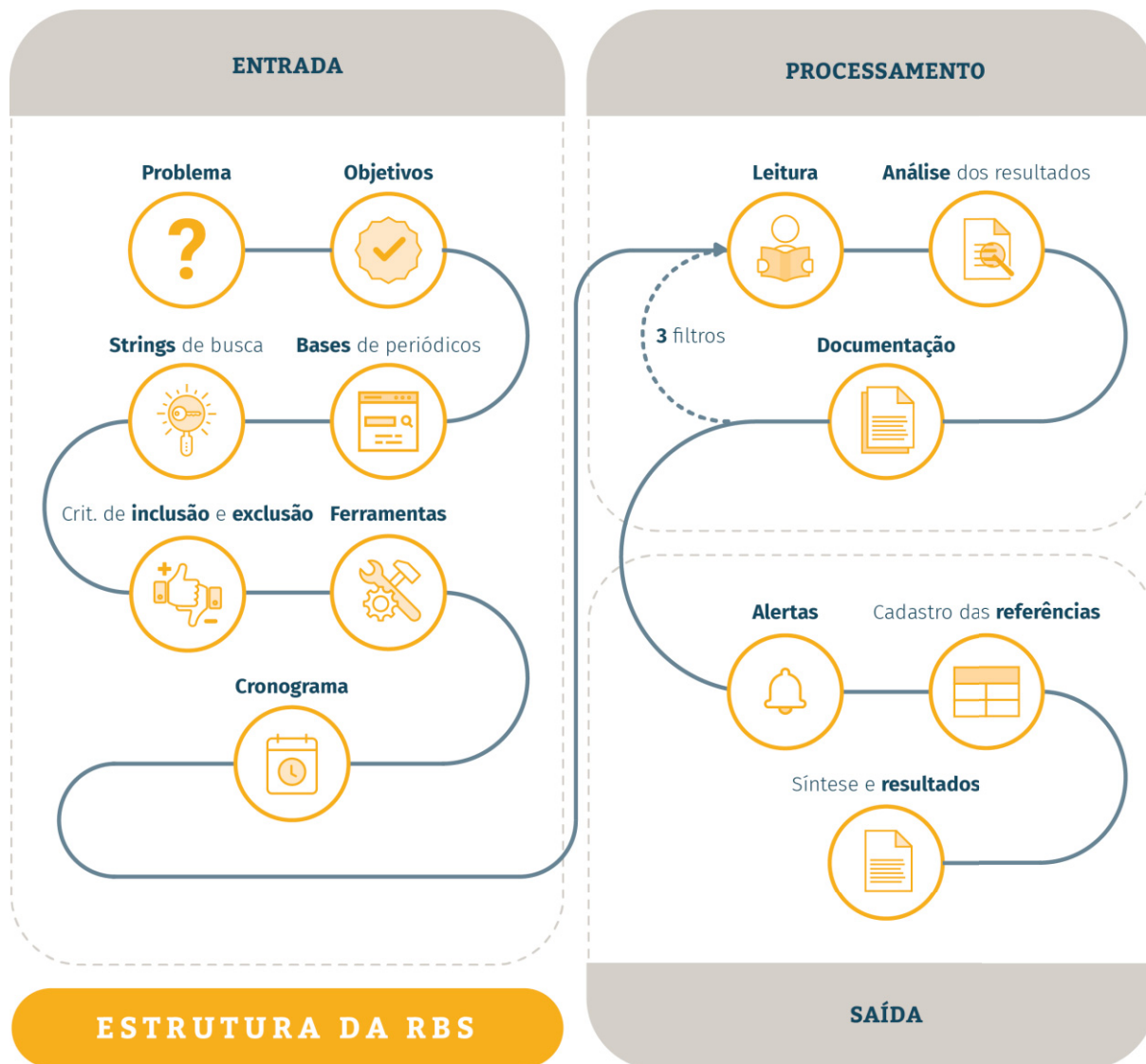
WOODSON, T.; ALCANTARA, J. T.; NASCIMENTO, M. S. Is 3D printing an inclusive innovation? an examination of 3D printing in Brazil. **Technovation**, v.80-81, pp.54-62, 2019.

WORSLEY, M.; BAR-EL, D. Inclusive making: designing tools and experiences to promote accessibility and redefine making. **Computer Science Education**, 2020.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v.1, n.12, p.54-65, 2000.

APÊNDICE A – PROCEDIMENTO DA RBS

FIGURA 63 – ESTRUTURA DA RBS.



FONTE: A autora (2023).

ENTRADA

Para o desenvolvimento da RBS, três perguntas foram definidas:

- Qual a tecnologia utilizada para desenvolver imagens audiotáteis, além da impressão 3D?
- Como ocorre a integração entre o áudio e o tato?
- Onde as imagens audiotáteis estão sendo utilizadas?

A partir das perguntas, os objetivos norteadores foram:

- Compreender o estado da arte sobre imagens audiotáteis, impressas em 3D, para pessoas com deficiência visual;
- Descobrir como ocorre o planejamento, e/ou desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D;
- Descobrir lacunas de pesquisa no âmbito da acessibilidade de pessoas cegas através das imagens audiotáteis.

As bases de dados definidas para a busca foram: Google acadêmico, Scopus e Science Direct. A base Web of Science foi inicialmente utilizada, entretanto, os resultados foram iguais ao da base Scopus. Assim, esta foi excluída, mantendo somente as três primeiras citadas. Nestas bases, as buscas foram feitas em inglês e português.

Para as *strings* de busca, as palavras-chave foram definidas com base no conhecimento prévio sobre o assunto. São elas:

- (áudio OR auditivo) AND (tátil OR háptico) AND (imagem OR mapa OR gráfico OR modelo) AND ("deficiência visual" OR cegueira OR cego OR "baixa visão") AND ("impressão 3D" OR "manufatura aditiva") AND acessibilidade.
- (audio OR auditory) AND (tactile OR haptic) AND (image OR map OR graphic OR model) AND ("visual impairment" OR blindness OR blind OR "low vision") AND ("3D printing" OR "additive manufacturing") AND accessibility.

Após a definição das *strings* de busca, os critérios de inclusão e exclusão foram estabelecidos (quadro 20).

QUADRO 20 – CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO
Publicado entre os anos 2015-2020.
Artigos em inglês, português ou espanhol.
Artigos de revisões bibliográficas sobre imagens audiotáteis.
Diretrizes, recomendações ou requisitos para criação de imagens audiotáteis impressas em 3D.
Experimentações com imagens audiotáteis impressas em 3D.
Métodos qualitativos e/ou quantitativos.
Texto completo disponível online.
CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
Artigos publicados antes de 2015.
O tátil é mencionado apenas em relação ao Braille.
Tradução das imagens envolve apenas a audiodescrição.
Não tem relação com a pessoa com deficiência visual.

Comparações entre percepção de cegos e videntes.

Imagens audiotáteis não são fabricadas com impressão 3D.

Artigos não acadêmicos, revisões de livros, artigos de opinião, resumos, TCCs.

FONTE: A autora (2023).

A ferramenta selecionada para a RBS foi o software Zotero, gerenciador de referências que permitiu a organização de todos os dados, seleção, leitura das publicações e fichamentos. Por fim, finalizando a etapa de entrada, o cronograma da RBS foi definido para se iniciar e finalizar em janeiro e fevereiro de 2020, desde o planejamento até os fichamentos sintetizados.

PROCESSAMENTO

Com a etapa de entrada estabelecida, iniciou-se o processo de busca, leitura e seleção das publicações. A partir da busca e catalogação desses dados, três fases de leitura foram realizadas: (1) leitura do título, resumo e palavras-chave; (2) leitura da introdução e conclusão; (3) leitura completa. Isso permitiu uma filtragem das publicações não relevantes para o tema. A tabela 7 apresenta os números de publicações a cada fase do processamento.

TABELA 7 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES A CADA ETAPA DO PROCESSAMENTO.

PROCESSAMENTO		
Etapa	Entrada	Saída
Pesquisa nas bases de dados	-	1102
Exclusão de resultados duplicados	1102	1058
Leitura de título, resumo e palavras-chave	1058	179
Leitura de introdução e conclusão	179	47
Leitura completa da publicação	47	29

FONTE: A autora (2023).

Desta forma, 29 publicações foram aceitas e consideradas relevantes ao tema da pesquisa.

SAÍDA

Após a finalização do processo da RBS, alertas foram definidos em cada base de dado. Assim, a cada nova publicação relevante às *strings* de busca anteriormente utilizadas, a base de dado emite um alerta por e-mail para a pesquisadora. Isso permite a

constante atualização da RBS. De fevereiro a dezembro de 2020, outras 3 publicações foram incorporadas na RBS, totalizando 32.

Todas as publicações finais foram fichadas e mantidas no organizador de referências Zotero. A descrição das 32 publicações e os resultados obtidos estão descritos no **item 6.1** desta tese.

APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ENTREVISTA PARCIALMENTE ESTRUTURADA

[Nome], lhe agradeço por participar desta entrevista, como forma de colaborar com a minha pesquisa de doutorado intitulada: “Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos”. Meu nome é Emilia Christie Picelli Sanches, sou orientada pelas professoras doutoras Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno. A pesquisa está situada no Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Paraná – UFPR, em Curitiba, Paraná.

O objetivo desta entrevista é compreender sua realidade enquanto produtor(a) ou consumidor(a) de materiais didáticos acessíveis às pessoas com deficiência visual pelo tato e/ou audição. Portanto, reitero que não há resposta certa ou errada para cada pergunta, mas sim, opiniões e experiências profissionais/pessoais. Não hesite em fazer perguntas durante a entrevista caso esteja com dúvidas.

Podemos começar?

Perfil

1. Nome completo:
2. Idade:
3. Gênero:
 - Feminino
 - Masculino
 - Outro
4. Cidade, estado, país:
5. Grau de instrução:
 - Ensino fundamental
 - Ensino médio
 - Ensino técnico
 - Ensino superior
 - Especialização
 - Mestrado
 - Doutorado
6. Se possui ensino superior, qual curso ou área de formação?
7. Profissão atual:
8. Percepção visual:

- Cegueira adquirida
- Cegueira congênita
- Baixa visão
- Daltonismo
- Visão normal
- Outro. Qual?

Contexto e cegueira

1. Como foi seu primeiro contato com o ensino de cegos?
2. Se é cego, como foi sua experiência escolar? E universitária?
3. Hoje, utiliza materiais didáticos de alguma forma? Como eles são?
4. Hoje, qual o seu contato com materiais didáticos acessíveis às pessoas cegas?
5. Na sua experiência, qual o material de maior impacto positivo entre os estudantes cegos? E qual causa maior impacto negativo entre os estudantes cegos? Por quê?

Audiodescrição, imagens táteis e audiotáteis

1. Você produz ou supervisiona a produção de imagens táteis? Se sim, como é a rotina?
2. Você produz ou supervisiona audiodescrições (ou explicações verbais didáticas)? Se sim, como é a rotina?
3. Se não é você quem produz, quem faz ou de onde vem os materiais?
4. Como é a aceitação das imagens táteis por você e pelos cegos/colegas que você tem contato? Os estudantes, ou você, sentem alguma dificuldade?
5. Como é a aceitação da audiodescrição (ou explicações verbais didáticas) por você e pelos cegos/colegas que você tem contato? Os estudantes, ou você, sentem alguma dificuldade?
6. Você já teve contato com materiais que utilizam tanto os sentidos tátil quanto o auditivo? Se sim, poderia compartilhar a experiência? Se não, na sua opinião de especialista, como você imagina um material assim?

Imagens táteis e audiotáteis impressas em 3D

A minha pesquisa busca uma maneira de auxiliar os profissionais de materiais didáticos acessíveis aos cegos a desenvolverem imagens que são percebidas tanto pelo tato quanto pela audição, mais especificamente àquelas impressas por impressora 3D. A esses materiais eu os chamo de imagens audiotáteis impressas em 3D. Em linhas gerais, a

imagem audiotátil funciona de forma similar a uma imagem tátil, porém, durante a exploração tátil, o estudante cego pode tocar certos pontos que estão conectados a gravações em áudio e ouvir explicações sobre aquele elemento tátil.

Você tem alguma dúvida? Podemos continuar?

1. Você já teve contato com a impressão 3D, ou imagens táteis impressas em 3D?
2. Se já teve contato, de maneira breve, qual sua opinião sobre elas? Quais são as diferenças entre uma imagem impressa em 3D e outras imagens [relevo em papel, termoformagem, etc]?
3. Você conhece imagens audiotáteis impressas em 3D? Se sim, como foi essa experiência?

Como fazer

1. Em uma audiodescrição, você segue um protocolo, diretrizes, um guia ou algum material informativo sobre como fazer, se portar, como melhor descrever? Se não segue, por quê?
2. Se segue, como é esse material? Quem fez? É um material de acesso público?
3. Há alguma formação ou certificação específica para se trabalhar com audiodescrição?
4. Para fazer imagens táteis, você segue um protocolo, diretrizes, um guia ou algum material informativo sobre como fazer ou sobre como melhor traduzir a informação visual para o tato? Se não segue, por quê?
5. Se segue, como é esse material? Quem fez? É um material de acesso público?
6. Há alguma formação ou certificação específica para se trabalhar com imagens táteis?
7. O que se considera importante para criar uma audiodescrição (ou explicação verbal didática) de uma imagem estática? Há diferenças entre tipos de imagens diferentes? Exemplo: mapas, fotografia, gráficos, ilustração...
8. O que se considera importante para criar uma imagem tátil? Há diferenças entre tipos de imagens diferentes? Exemplo: mapas, fotografia, gráficos, ilustração...
9. Pensando em uma imagem tátil que tenha alguns pontos de interação com áudios pré-gravados (ou seja, imagem audiotátil), as informações seriam redundantes ou complementares entre os dois sentidos?
10. Se complementares, que tipo de informação é melhor retratada pelo tato e qual tipo de informação é melhor retratada pelo áudio?

11. Dentre essas opções, quais você considera essenciais para a autonomia e interação do estudante cego no uso de uma imagem audiotátil? Se quiser, também pode indicar quando uma opção é interessante, mas não essencial.

- Tutorial ou explicação para novos usuários
- Poder ligar e desligar o áudio
- Poder repetir, avançar ou voltar o áudio
- Poder ajustar a velocidade do áudio
- Poder ajustar o volume do áudio
- Saber posicionar a imagem de forma correta na mesa ou nas mãos
- Encontrar um ponto de partida para a exploração tátil
- Exploração tátil com as duas mãos, sem restrição
- Comandos de voz
- Comandos por gestos táteis (por exemplo, toques similares ao usado em smartphones)
- Todos os pontos devem ser alcançados pelos dedos na exploração tátil
- Entradas para fones de ouvido
- Gravar os próprios áudios
- Braille para complementar áudios
- Explicação do(a) professor(a) ou tutor(a)
- Outros

12. Dentre essas opções, quais você considera essenciais para a produção de uma imagem audiotátil? Se quiser, também pode indicar quando uma opção é interessante, mas não essencial.

- Baixo custo
- Elementos táteis simplificados
- Elementos táteis detalhados
- Poder ser adaptável para diferentes contextos ou disciplinas (ou seja, reutilizar a mesma imagem)
- Atender estudantes diferentes com áudios personalizados de acordo com o seu nível de conhecimento
- Tamanho ou formato pré-definido
- Peças táteis móveis
- Peças táteis fixas
- Outros

Gostaria de acrescentar mais alguma informação?

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ENTREVISTA

Nós, Prof.^a Dra. Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto | Departamento de Engenharia Mecânica, Prof.^a Dra. | Departamento de Design e Emilia Christie Picelli Sanches | Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, maior de 18 anos de idade, com deficiência visual e/ou especialista em acessibilidade, educação, audiodescrição, imagens táteis ou materiais didáticos acessíveis, a participar de um estudo intitulado “Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos”. Essa pesquisa visa auxiliar profissionais envolvidos na produção de materiais didáticos acessíveis aos cegos a desenvolverem imagens que são percebidas tanto pelo tato quanto pela audição, mais especificamente àquelas impressas por impressora 3D.

- a) O objetivo desta pesquisa é sondar a experiência de pessoas com deficiência visual e/ou especialistas para, posteriormente, elaborar um artefato que auxilie no desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D, para uso de qualquer pessoa interessada em criar materiais didáticos acessíveis a estudantes cegos – incluindo profissionais especialistas e professores. Para tanto, também é necessário estipular quais são as recomendações necessárias para desenvolver este tipo de material.
- b) Caso você concorde em participar da pesquisa, será necessário participar individualmente de uma entrevista parcialmente estruturada, de forma não presencial, respondendo questões sobre a sua experiência pessoal e/ou profissional relacionadas com o tema desta pesquisa. A entrevista será registrada por meio de anotações escritas e gravação de áudio e vídeo, tendo a presença apenas do entrevistado e uma pesquisadora responsável. Será necessário que você possua computador equipado com microfone, câmera e com acesso à internet.
- c) Para tanto você deverá comparecer à reunião virtual previamente marcada entre as partes, na plataforma Microsoft Teams ou Google Meet, para responder as questões do protocolo de entrevista, o que levará cerca de 40 minutos, acessando o endereço previamente enviado por e-mail.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado ao constrangimento referente às perguntas do protocolo e ao entendimento dos questionamentos.
- e) O estudo envolve riscos relacionados ao teor das questões, fadiga mental pela duração da entrevista ou dificuldades tecnológicas – caso algum momento lhe cause desconforto ou constrangimento, você poderá desistir da participação ou omitir a resposta. Não serão tratados assuntos confidenciais.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são compreender a experiência de pessoas envolvidas no processo de produção e/ou uso de materiais acessíveis aos cegos e retirar recomendações para o desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D.
- g) As pesquisadoras Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno, responsáveis por este estudo, poderão ser localizadas no Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná, Rua General Carneiro, 460 - Ed. D. Pedro I, 8º andar, Curitiba, Paraná, e-mail <emilia.ecps@gmail.com>, <julianabueno.ufpr@gmail.com>, <lucia.demec@ufpr.br>, ou pelos telefones celulares (41) 99836-5990 (Emilia Christie Picelli Sanches) e (41) 99738-1593 (Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto), no horário das 14h00 às 17h30 para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.

RUBRICAS

Participante da pesquisa: _____ Pesquisadora responsável: _____ Orientadora: _____

- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) O material obtido – por áudio, vídeo e transcrição textual – será utilizado unicamente para essa pesquisa e será descartado ao término do estudo, dentro de 5 anos.
- j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas, as pesquisadoras (Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno), sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida a confidencialidade.
- k) Você terá a garantia de que quando os dados/resultados obtidos com este estudo forem publicados, não aparecerá seu nome, a menos que seja seu desejo ter sua identidade revelada.
- l) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.
- n) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo e-mail cometica.saude@ufpr.br e/ou telefone 41 -3360-7259, das 08:30h às 11:00h e das 14:00h às 16:00h. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

_____, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Pesquisadora Responsável

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - DELPHI

Nós, Prof.^a Dra. Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto | Departamento de Engenharia Mecânica, Prof.^a Dra. | Departamento de Design e Emilia Christie Picelli Sanches | Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, maior de 18 anos de idade, com deficiência visual e/ou especialista em acessibilidade, educação, audiodescrição, imagens táteis ou materiais didáticos acessíveis, a participar da pesquisa intitulada “Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos”. Essa pesquisa visa auxiliar profissionais envolvidos na produção de materiais didáticos acessíveis aos cegos a desenvolverem imagens que são percebidas tanto pelo tato quanto pela audição, mais especificamente àquelas impressas por impressora 3D.

- a) O objetivo desta pesquisa é sondar a experiência de pessoas com deficiência visual e/ou especialistas para, posteriormente, elaborar um artefato que auxilie no desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D, para uso de qualquer pessoa interessada em criar materiais didáticos acessíveis a estudantes cegos – incluindo profissionais especialistas e professores. Para tanto, também é necessário estipular quais são as recomendações necessárias para desenvolver este tipo de material.
- b) Caso você concorde em participar da pesquisa, será necessário participar individualmente da técnica Delphi, de forma não presencial, respondendo questionários estruturados sobre sua concordância ou discordância das recomendações apresentadas durante o questionário. Serão feitas rodadas de questionários até que se atinja um consenso ou quase consenso entre os participantes. As respostas serão registradas por meio eletrônico, na plataforma Google Drive, automaticamente após o envio das respostas. Será necessário que você possua computador com acesso à internet.
- c) Para tanto você deverá responder a cada questionário enviado via e-mail, estruturados na plataforma Google Forms, o que levará cerca de 20 minutos.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado à extensão do questionário e ao entendimento das recomendações propostas.
- e) O estudo envolve riscos relacionados à quantidade e ao teor das questões, fadiga mental pela duração da entrevista ou dificuldades tecnológicas – caso algum momento lhe cause desconforto ou constrangimento, você poderá desistir da participação ou omitir a resposta. Não serão tratados assuntos confidenciais.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são compreender as diversas visões de especialistas acerca do conjunto de recomendações proposto sobre o desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D, e chegar a um conjunto de recomendações validado por consenso.
- g) As pesquisadoras Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno, responsáveis por este estudo, poderão ser localizadas no Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná, Rua General Carneiro, 460 - Ed. D. Pedro I, 8º andar, Curitiba, Paraná, e-mail <emilia.ecps@gmail.com>, <julianabueno.ufpr@gmail.com>, <lucia.demec@ufpr.br>, ou pelos telefones celulares (41) 99836-5990 (Emilia Christie Picelli Sanches) e (41) 99738-1593 (Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto), no horário das 14h00 às 17h30 para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo..

RUBRICAS

Participante da pesquisa: _____ Pesquisadora responsável: _____ Orientadora: _____

- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) O material obtido – submissões das respostas nos questionários – será utilizado unicamente para essa pesquisa. pesquisa e será descartado ao término do estudo, dentro de 5 anos.
- j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas, as pesquisadoras (Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno), sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida a confidencialidade.
- k) Você terá a garantia de que quando os dados/resultados obtidos com este estudo forem publicados, não aparecerá seu nome, a menos que seja seu desejo ter sua identidade revelada.
- l) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.
- n) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo e-mail cometica.saude@ufpr.br e/ou telefone 41 -3360-7259, das 08:30h às 11:00h e das 14:00h.às 16:00h. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

_____, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Pesquisadora Responsável

CAAE: 46417521.4.0000.0102 / Parecer nº: 4.766.129

**APÊNDICE E – ANÁLISE DE RECOMENDAÇÕES NA PRIMEIRA RODADA
DELPHI**

TABELA 8 – AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DE CADA RECOMENDAÇÃO.

CONSENSO NA PRIMEIRA RODADA DE QUESTIONÁRIOS DELPHI				
Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Em caso de um conjunto de imagens audiotáteis sobre o mesmo assunto, criar também uma única, simplificada, que represente o todo.	x		x	Não
Manter a consistência entre diferentes imagens, evitando fazer mudanças nos termos verbais utilizados, no leiaute, forma e posição dos elementos táteis, principalmente se forem parte de um mesmo conjunto. Exemplos: botões sempre na mesma posição, mesma escala.	x	x	x	Sim
Usar métodos faça-você-mesmo (do-it-yourself, DIY), para proporcionar um conteúdo personalizado. Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D.				Não
Explorar o lúdico e o reflexivo em imagens audiotáteis para crianças, estimulando o engajamento e acesso às representações simbólicas. Exemplos: tom de voz, cheiros, brincadeiras, peças de encaixar.	x	x	x	Sim
Prezar pela qualidade estética visual, auditiva e tátil, pois é benéfico para a inclusão social e cultural de crianças cegas.	x	x	x	Sim
As imagens audiotáteis precisam ser portáteis.				Não
Ter um(a) educador(a) ou tutor(a) para auxiliar o estudante cego, contextualizando o conteúdo e tirando dúvidas sobre o uso da imagem audiotátil.	x		x	Não

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
As informações táteis e sonoras são complementares entre si, entretanto, se dá maior ênfase à informação tátil. O tátil pode melhor representar informações espaciais - dimensão, forma, volumetria, texturas; e o áudio pode melhor retratar descrições - cores, expressões faciais, aspectos históricos, sonoplastia, exemplos de formas similares, ou outras informações onde relações espaciais não sejam importantes.	x	x	x	Sim
Ao planejar o conteúdo, priorizar o desenvolvimento de materiais que não são facilmente encontrados em 3D, são inacessíveis (arquitetura ou objetos grandes, por exemplo), ou que são pouco abordados no currículo (historicamente, mulheres ou pessoas negras, por exemplo).	x	x	x	Sim
Substituir toda ou a maior parte das informações em Braille por gravações em áudio. Braille pode ser utilizado para pequenas marcações ou como recurso extra. Exemplos: títulos, indicação de onde começar a exploração tátil.	x			Não
Envolver indivíduos com deficiência visual (cegos, baixa visão) e educadores no processo de desenvolvimento de imagens audiotáteis (seja como usuários, testadores, consultores, informantes ou colaboradores). Exemplos de técnicas: observações, entrevistas, diários, prototipagem colaborativa, co-design.	x	x	x	Sim
Oferecer materiais que garantam acessibilidade a todos os conteúdos trabalhados em sala de aula, de forma equivalente aos dos colegas videntes, sem acrescentar carga cognitiva extra. Além disso, oferecer possibilidades de participação plena no compartilhamento de conhecimento com o seu grupo. Para isso, os materiais acessíveis, imagens audiotáteis ou não, devem estar prontos antes do início das atividades/aulas.	x	x	x	Sim
Ao planejar uma imagem audiotátil, selecionar quais são os elementos principais para que o conceito seja compreendido.	x	x		Não

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Começar o ensino com uma imagem simplificada, aumentando o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante ou, ainda, ensinar por partes, por exemplo, só a cabeça, depois as orelhas, depois os olhos, etc., finalizando com uma imagem do conteúdo completo.				Não
Atender outras deficiências também, como autistas e pessoas com baixa visão. Exemplo: pode-se fazer descrição e uso de cores, é significativo para pessoas cegas e ainda inclui pessoas com baixa visão e videntes.	x	x	x	Sim
Instruir novos usuários em como ler uma imagem audiotátil, pois a dinâmica é diferente de imagens táteis comuns. Se necessário, ter um tutorial disponível a todo momento.	x	x	x	Sim
A imagem audiotátil pode ser reutilizada com outras pessoas, em outros contextos, ou de acordo com os objetivos pedagógicos, bastando trocar os áudios em cada ponto de interação tátil.	x	x	x	Sim
Assegurar independência (de uso e de interpretação do conteúdo) ao estudante cego.	x	x	x	Sim
Reconhecer que cada estudante traz sua bagagem de conhecimentos, que servem de base para a criação de novos conhecimentos. Os estudantes cegos, por exemplo, trazem suas experiências a partir da não visão.	x	x	x	Sim
Explorar diferentes elementos táteis para acomodar as necessidades do estudante cego (pontos, símbolos, formas geométricas, linhas, linhas tracejadas, flechas, áreas, texturas, norte geográfico, referências espaciais), mas priorizar símbolos 3D icônicos ou já bem estabelecidos. Quando for preciso diferenciar o mesmo elemento tátil (exemplo, dois círculos com significados diferentes), usar tamanhos diferentes. Levar em consideração que todos os pontos devem ter tamanho, elevação e espaço compatíveis para serem explorados e alcançados pelos dedos, exceto para objetos que tenham orifícios originalmente (exemplo, boca).	x	x	x	Sim

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
A informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados que possam confundir o usuário cego.	x	x	x	Sim
Imagens audiotáteis podem variar desde apenas relevo até completamente tridimensionais (3D). Podem ser modeladas em estilos diferentes, por exemplo, quebra-cabeça, globo, com uma base fixa, etc. Entretanto, dar mais ênfase em gerar materiais/objetos tridimensionais e mais próximos ao real.	x	x	x	Sim
Não fazer imagens audiotáteis que sejam uma representação em perspectiva, nem com sobreposições. Se a referência visual (imagem estática) estiver em perspectiva, a imagem audiotátil deve ser modelada com vista frontal e/ou lateral.	x	x	x	Sim
O tamanho da imagem audiotátil varia de acordo com o conteúdo (em média, 280x290mm), porém, imagens muito grandes ou muito pequenas dificultam o aprendizado. Por isso, evitar imagens menores que a falange do dedo ou que ultrapassem ao alcance dos braços. Também atentar para o tamanho padrão da letra Braille. Ao invés de padronizar um tamanho específico, considerar trabalhar com escalas, trazendo comparações e contexto entre imagens e objetos diferentes.	x	x	x	Sim
O estudante deve identificar a imagem audiotátil na sua posição correta, seja nas mãos ou na mesa, e encontrar um ponto de partida para a exploração tátil.	x	x	x	Sim
Pequenos detalhes e decorações (do objeto real ou imagem de referência visual) devem ser eliminados ou simplificados na construção dos elementos táteis. Se necessário, fazer uma imagem audiotátil separada em maior escala para mostrar esses detalhes. A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, devendo-se manter características que remetam ao objeto real, em um balanço entre simplificação e detalhes.	x	x	x	Sim
Usar palavras do cotidiano, mas não deixar de usar termos corretos e linguagem técnica adequada. Em caso de dificuldade de transmitir a informação, pedir ajuda da própria pessoa cega.	x	x	x	Sim

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Incentivar outras crianças a ajudarem na descrição verbal. É muito enriquecedora a experiência da criança sem deficiência conhecer e usar este recurso de forma espontânea com seu colega com deficiência visual. Isto lhes dará melhor percepção do seu entorno, auxiliará em sua capacidade de concentração e motivará a cooperação.	x	x	x	Sim
Descrever uma imagem que contenha apelo emocional de tal forma que provoque o mesmo impacto à pessoa cega que a imagem provoca ao olhar de quem enxerga. Na audiodescrição, pode-se passar emoções diferentes (tristeza, alegria, austeridade, etc.), por exemplo, através do tom da voz ou tratamento de áudio posterior.	x			Não
Considerar que não há linguagem neutra, nem tradução sem intermediação. Estar ciente de que suas subjetividades estão presentes no material oferecido e cuidar para que o direito à interpretação do conteúdo visual seja dos estudantes.	x	x	x	Sim
Os recursos sonoros não são somente verbais. Fazer uso de música e outros sons não-verbais. Exemplos: som indicando erro ou acerto, sons lúdicos, sons ambientes, efeitos de som, sons de animais.	x	x	x	Sim
Comentários em áudio podem ser adicionados para contextualizar o estudante cego. Exemplos: para posicionar a câmera no local correto, para instruir no uso da imagem, exemplificar comandos, posicionar a imagem no local correto, prover um contexto geral, etc.	x	x	x	Sim
Evitar sobrecarga de informação sonora de uma só vez. Ao invés de um áudio longo, gravar várias faixas de áudio curtas, sem passar de dois minutos cada. Deve-se selecionar quais são as informações mais relevantes sobre o elemento que se descreve. As informações por áudio podem explorar níveis de complexidade ou tipo de informação, de acordo com o gesto aplicado ou botão pressionado (por exemplo, um toque: nome do elemento; dois toques: explicação breve; comando de voz: informação mais detalhada).	x	x	x	Sim

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Fazer a descrição verbal de maneira simples, concisa e objetiva, buscando oferecer o máximo de informação, respeitando o momento de desenvolvimento de cada estudante e seu potencial de compreensão. Adequar o trabalho ao seu perfil específico, com base em seus conhecimentos anteriores, seu contexto cultural e seu potencial de aprendizagem (inclusive informações em outras línguas, se necessário). Não suprimir informações nem subestimar a capacidade de compreensão do estudante cego.	x	x	x	Sim
A interação deve permitir que o estudante cego tenha controle da informação. Ou seja, permitir que o estudante possa ligar e desligar, repetir, avançar ou voltar o áudio (para gravações pequenas, pode-se suprimir essa função), ajustar a velocidade e o volume do áudio.	x	x	x	Sim
Usar peças tangíveis móveis para aumentar a interação da pessoa cega com a imagem audiotátil.	x	x	x	Sim
Inserir marcadores (facilmente detectáveis) para indicar pontos onde há respostas em áudio. Devem ser projetados para que não sejam confundidos com elementos táteis da imagem. Esses pontos não devem alterar nem distorcer significativamente a superfície tátil.	x	x	x	Sim
Levar em consideração que a hierarquia de interação da imagem audiotátil segue: (1) exploração tátil; (2) gestos táteis para ouvir áudios; (3) comando de voz para ouvir informações adicionais ou confirmar o entendimento.				Não
Para evitar ativações acidentais de áudio pela exploração tátil, incluir uma ação específica para que o áudio seja liberado (exemplo: pressionar ou tocar por 1 segundo para que o áudio comece a tocar). Ativar um áudio deve ser resultado de uma ação definitiva.	x	x	x	Sim
Além do tato e da audição, outros sentidos podem ser estimulados para interação extra complementar (olfato, paladar, visão).	x	x	x	Sim
As informações sonoras devem ser fáceis de serem adicionadas ao modelo tátil, e devem ser intuitivas e fáceis de serem acessadas pelos estudantes cegos.	x	x	x	Sim

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Prover intervenção sonora em caso de erros. Exemplo: peça móvel que foi encaixada no local errado.				Não
Permitir que a pessoa cega use as duas mãos para a exploração tátil.	x	x	x	Sim
Fazer uso de gestos táteis/hápticos familiares aos cegos, para ativar informações sonoras. Podem ser similares aos utilizados em smartphones ou em gestos naturais da exploração tátil. Exemplos: apontar, bater com o dedo, escanear com o indicador, escanear com o dedão, beliscar, seguir a borda com o dedo, fricção com o dedo, um toque, dois toques, três toques, dois toques com dois dedos, manter toque pressionado, pincelada rápida, pincelada devagar.	x	x	x	Sim
Sons acústicos podem ser usados como forma de ativar informações sonoras. Exemplos: o eletrônico reconhece o som do toque do dedo na imagem e ativa um áudio, dispositivos acústicos.			x	Não
Comando de voz pode ser usado como forma de ativar informações sonoras. No comando de voz, deve-se implementar uma palavra-chave ou um botão para ser pressionado que reconhecerá o comando, evitando assim ativações não intencionais. Exemplos: "mais informação", "distância", "o que é isso?", "salvar informação".		x	x	Não
Botões (em diferentes formatos) podem ser usados como componente auxiliar para obter informações por áudio, ou para ter a função ligar/desligar.	x	x	x	Sim
Levar em consideração posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil. Exemplos: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.			x	Não

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Levar em consideração movimentos importantes da exploração tátil. Exemplos: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.		x	x	Não
Usar plástico PLA, ABS e/ou resina como materiais de impressão 3D. Além disso, a impressão 3D pode ser combinada com outros processos de fabricação digital, como corte a laser, ou mesmo outros materiais (criando diferentes texturas). Explorar o que funciona melhor no contexto de uso.	x	x	x	Sim
A impressão 3D pode ser combinada com eletrônicos de baixo custo. Exemplos: etiquetas NFC, sensores capacitivos, sensores PIR, placas Arduino, placa Touch Board, Raspberry Pi, Makey Makey, Lilypad, sensores de proximidade.	x	x	x	Sim
Manter o processo simples ou prover as ferramentas necessárias para que mesmo pessoas não especialistas (em impressão 3D e eletrônicos) possam desenvolver suas próprias imagens audiotáteis. A tecnologia usada deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.	x	x	x	Sim
Imagens audiotáteis podem ser desenvolvidas a partir de modificações em modelos digitais 3D já existentes. Exemplos: encontrados em sites como Thingiverse, NIH 3D Print Exchange, Nasa 3D Resources, APH Tactile Image Library, National Library of Medicine Visible Human, globos terrestres. Ainda, algumas bases de dados podem servir como ferramenta para a modelagem. Exemplos: OpenStreetMap, Google Place, tactilemap.net, dados GIS.	x	x	x	Sim
A visão computacional pode ser integrada no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Exemplos: para o reconhecimento de formas, posição do dedo.	x	x	x	Sim

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Tablets e smartphones são ferramentas que podem ser integradas no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Exemplos: uso de aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Codes.	x	x		Não
O escaneamento 3D é uma maneira de se adquirir modelos fiéis e detalhados do objeto real.	x		x	Não
Se for necessário utilizar pós-processamento, a impressão 3D não deve ser nem muito áspera nem muito lisa. Deve ser suave ao toque, sem pontas ou bordas afiadas, não inflamável nem nociva, ou seja, a imagem audiotátil deve ser segura para quem manipula.	x	x	x	Sim
Levar em consideração as limitações e características da impressora 3D a ser utilizada (por exemplo, tamanho máximo de impressão, material disponível, necessidade de pós-processamento). Se necessário, dividir o modelo digital 3D em diversas partes para serem impressas. Os parâmetros de impressão devem ser ajustados de forma a evitar que imperfeições sejam confundidas com texturas ou componentes da imagem.	x	x	x	Sim
Material condutivo pode ser impresso em 3D onde há pontos de interação por áudio ou como forma de integrar um dispositivo eletrônico. Uma alternativa é o uso de tinta condutiva.	x		x	Não
Levar em consideração ter entrada para fones de ouvido, para que o estudante cego possa focar na informação.	x	x	x	Sim
Armazenar e compartilhar imagens audiotáteis prontas de forma online para outros educadores, makers, comunidades. De preferência, promover o compartilhamento digital gratuito, público e livre. Exemplo: licenças open source, creative commons, copy left, REA.	x	x	x	Sim
Desenvolver um banco de imagens ou elementos táteis normatizados que podem ser usados/reutilizados em diferentes materiais. Exemplo: formas de animais.	x	x	x	Sim

FONTE: A autora (2023).

APÊNDICE F - ANÁLISE DE RECOMENDAÇÕES NA SEGUNDA RODADA DELPHI

TABELA 9 – REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES.

REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES QUE NÃO ALCANÇARAM CONSENSO – RODADA 1	
Recomendação anterior	Nova proposta
Em caso de um conjunto de imagens audiotáteis sobre o mesmo assunto, criar também uma única, simplificada, que represente o todo.	Imagens audiotáteis que sejam representações de maiores dimensões e/ou detalhadas requerem a apresentação em partes, acompanhadas de uma imagem menor e simplificada do todo.
Usar métodos faça-você-mesmo (<i>do-it-yourself</i> , DIY), para proporcionar um conteúdo personalizado. Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D.	Usar métodos faça-você-mesmo (<i>do-it-yourself</i>) é uma estratégia para estimular o envolvimento de colegas e professores na produção de imagens audiotáteis, como uma prática de atitudes inclusivas. Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D. Entretanto, não deve ser uma regra. É importante a valorização do profissional que produz os materiais, na mesma qualidade daqueles que são disponibilizados para estudantes videntes.
As imagens audiotáteis precisam ser portáteis.	Deve se dar preferência por imagens audiotáteis que são portáteis. Entretanto, em alguns casos, dependendo do contexto e objetivo pedagógico, as imagens podem não ser facilmente transportáveis.
Ter um(a) educador(a) ou tutor(a) para auxiliar o estudante cego, contextualizando o conteúdo e tirando dúvidas sobre o uso da imagem audiotátil.	Sempre que possível, o material deve ser autoexplicativo, garantindo ao estudante plena autonomia e igualdade de condições em relação aos colegas videntes. A presença do(a) tutor(a) ou educador(a) pode servir de auxílio, na contextualização do tema, na retirada de dúvidas, sempre visando a promoção da autonomia do estudante cego.
Substituir toda ou a maior parte das informações em Braille por gravações em áudio. Braille pode ser utilizado para pequenas marcações ou como recurso extra. Exemplos: títulos, indicação de onde começar a exploração tátil.	As imagens audiotáteis utilizam gravações em áudio para prover informações equivalentes à escrita Braille. Entretanto, de acordo com o contexto empregado, pode-se utilizar Braille para complementar a informação sonora, tais como títulos e marcações, ou como mais uma alternativa de se acessar a mesma informação (ou seja, o mesmo conteúdo do áudio é também disponibilizado em Braille).
Ao planejar uma imagem audiotátil, selecionar quais são os elementos principais para que o conceito seja compreendido.	Exclusão da recomendação.
Começar o ensino com uma imagem simplificada, aumentando o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante ou, ainda, ensinar por partes, por exemplo, só a cabeça, depois as orelhas, depois os olhos, etc., finalizando com uma imagem do conteúdo completo.	Uma das estratégias de ensino possíveis é a de se começar com uma imagem simplificada, aumentando o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante.

Recomendação anterior	Nova proposta
<p>Descrever uma imagem que contenha apelo emocional de tal forma que provoque o mesmo impacto à pessoa cega que a imagem provoca ao olhar de quem enxerga. Na audiodescrição, pode-se passar emoções diferentes (tristeza, alegria, austeridade, etc.), por exemplo, através do tom da voz ou tratamento de áudio posterior.</p>	<p>A audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Desta forma, em imagens que carregam apelo emocional, o áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações.</p>
<p>Levar em consideração que a hierarquia de interação da imagem audiotátil segue: (1) exploração tátil; (2) gestos táteis para ouvir áudios; (3) comando de voz para ouvir informações adicionais ou confirmar o entendimento.</p>	<p>Exclusão da recomendação.</p>
<p>Prover intervenção sonora em caso de erros. Exemplo: peça móvel que foi encaixada no local errado.</p>	<p>Prover intervenção sonora em caso de erros que interrompam o funcionamento da imagem. Muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando.</p>
<p>Sons acústicos podem ser usados como forma de ativar informações sonoras. Exemplos: o eletrônico reconhece o som do toque do dedo na imagem e ativa um áudio, dispositivos acústicos.</p>	<p>Exclusão da recomendação.</p>
<p>Comando de voz pode ser usado como forma de ativar informações sonoras. No comando de voz, deve-se implementar uma palavra-chave ou um botão para ser pressionado que reconhecerá o comando, evitando assim ativações não intencionais. Exemplos: "mais informação", "distância", "o que é isso?", "salvar informação".</p>	<p>Comandos de voz podem ser usados como alternativa de ativação das informações sonoras, desde que não interfira na experiência do estudante com a imagem audiotátil e a interpretação do seu conteúdo. Caso seja utilizado, deve-se implementar uma palavra-chave ou botão que reconhecerá o comando, evitando assim ativações não intencionais. Exemplos: "mais informação", "distância", "o que é isso?", "salvar informação".</p>
<p>Levar em consideração posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil. Exemplos: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.</p>	<p>Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Algumas posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.</p>
<p>Levar em consideração movimentos importantes da exploração tátil. Exemplos: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>	<p>Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Alguns movimentos de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>

Tablets e smartphones são ferramentas que podem ser integradas no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Exemplos: uso de aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Codes.	Tablets e smartphones são ferramentas que podem ser integradas no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Devem ser disponibilizados para os estudantes caso estes não tenham acesso, assim como orientações para o uso. Exemplos: uso de aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Codes.
O escaneamento 3D é uma maneira de se adquirir modelos fiéis e detalhados do objeto real.	O escaneamento 3D é uma maneira de se adquirir modelos fiéis e detalhados do objeto real e pode ser utilizado como alternativa junto a outros tipos de modelagem, como a artesanal ou digital.
Material condutivo pode ser impresso em 3D onde há pontos de interação por áudio ou como forma de integrar um dispositivo eletrônico. Uma alternativa é o uso de tinta condutiva.	A integração da superfície tátil com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação com o áudio, podem ser feitas através de material condutivo - tais como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva.

FONTE: A autora (2023).

TABELA 10 – AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DE CADA RECOMENDAÇÃO.

CONSENSO NA SEGUNDA RODADA DE QUESTIONÁRIOS DELPHI				
Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Imagens audiotáteis que sejam representações de maiores dimensões e/ou detalhadas requerem a apresentação em partes, acompanhadas de uma imagem menor e simplificada do todo.	x	x	x	Sim
Usar métodos faça-você-mesmo (<i>do-it-yourself</i>) é uma estratégia para estimular o envolvimento de colegas e professores na produção de imagens audiotáteis, como uma prática de atitudes inclusivas. Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D. Entretanto, não deve ser uma regra. É importante a valorização do profissional que produz os materiais, na mesma qualidade daqueles que são disponibilizados para estudantes videntes.	x	x	x	Sim
Deve se dar preferência por imagens audiotáteis que são portáteis. Entretanto, em alguns casos, dependendo do contexto e objetivo pedagógico, as imagens podem não ser facilmente transportáveis.	x	x	x	Sim

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
<p>Sempre que possível, o material deve ser autoexplicativo, garantindo ao estudante plena autonomia e igualdade de condições em relação aos colegas videntes. A presença do(a) tutor(a) ou educador(a) pode servir de auxílio, na contextualização do tema, na retirada de dúvidas, sempre visando a promoção da autonomia do estudante cego.</p>	x	x	x	Sim
<p>As imagens audiotáteis utilizam gravações em áudio para prover informações equivalentes à escrita Braille. Entretanto, de acordo com o contexto empregado, pode-se utilizar Braille para complementar a informação sonora, tais como títulos e marcações, ou como mais uma alternativa de se acessar a mesma informação (ou seja, o mesmo conteúdo do áudio é também disponibilizado em Braille).</p>	x	x	x	Sim
<p>Exclusão da recomendação “ao planejar uma imagem audiotátil, selecionar quais são os elementos principais para que o conceito seja compreendido.”.</p>				Não
<p>Uma das estratégias de ensino possíveis é a de se começar com uma imagem simplificada, aumentando o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante.</p>	x	x	x	Sim
<p>A audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Desta forma, em imagens que carregam apelo emocional, o áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações.</p>		x		Não
<p>Exclusão da recomendação “levar em consideração que a hierarquia de interação da imagem audiotátil segue: (1) exploração tátil; (2) gestos táteis para ouvir áudios; (3) comando de voz para ouvir informações adicionais ou confirmar o entendimento”.</p>	x	x	x	Sim
<p>Prover intervenção sonora em caso de erros que interrompam o funcionamento da imagem. Muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando.</p>		x		Não

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Exclusão da recomendação “sons acústicos podem ser usados como forma de ativar informações sonoras. Exemplos: o eletrônico reconhece o som do toque do dedo na imagem e ativa um áudio, dispositivos acústicos”.	x	x	x	Sim
Comandos de voz podem ser usados como alternativa de ativação das informações sonoras, desde que não interfira na experiência do estudante com a imagem audiotátil e a interpretação do seu conteúdo. Caso seja utilizado, deve-se implementar uma palavra-chave ou botão que reconhecerá o comando, evitando assim ativações não intencionais. Exemplos: "mais informação", "distância", "o que é isso?", "salvar informação".	x	x	x	Sim
Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Algumas posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.		x		Não
Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Alguns movimentos de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.		x		Não

Recomendação	90% de concordância (total e parcial)	Mínimo de 70% de concordância total	Sem discordância	Consenso?
Tablets e smartphones são ferramentas que podem ser integradas no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Devem ser disponibilizados para os estudantes caso estes não tenham acesso, assim como orientações para o uso. Exemplos: uso de aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Codes.	x	x	x	Sim
O escaneamento 3D é uma maneira de se adquirir modelos fiéis e detalhados do objeto real e pode ser utilizado como alternativa junto à outros tipos de modelagem, como a artesanal ou digital.	x	x	x	Sim
A integração da superfície tátil com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação com o áudio, podem ser feitas através de material condutivo - tais como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva.	x	x	x	Sim

FONTE: A autora (2023).

TABELA 11 – REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES - FINAL.

REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES QUE NÃO ALCANÇARAM CONSENSO – RODADA 2	
Recomendação anterior	Nova proposta
Exclusão da recomendação “ao planejar uma imagem audiotátil, selecionar quais são os elementos principais para que o conceito seja compreendido”.	No planejamento de uma imagem audiotátil, prever quais são os pontos principais para que o conceito seja compreendido.
A audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Desta forma, em imagens que carregam apelo emocional, o áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações.	A audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Desta forma, em imagens que carregam apelo emocional, o áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações.
Prover intervenção sonora em caso de erros que interrompam o funcionamento da imagem. Muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando.	Prover alertas sonoros em caso de erros que interrompam o funcionamento da imagem. Muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando e, também, podem indicar que a imagem precisa ser refeita ou modificada.
Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Algumas posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.	Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Entretanto, algumas posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.

Recomendação anterior	Nova proposta
<p>Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Alguns movimentos de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>	<p>Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Entretanto, alguns movimentos de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>

FONTE: A autora (2023).

APÊNDICE G – REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES EM LINGUAGEM SIMPLES

QUADRO 21 – REESCRITA EM LINGUAGEM SIMPLES.

REESCRITA DAS RECOMENDAÇÕES EM LINGUAGEM SIMPLES		
Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
1	Imagens audiotáteis que sejam representações de maiores dimensões e/ou detalhadas requerem a apresentação em partes, acompanhadas de uma imagem menor e simplificada do todo.	<p>Divida a representação de um objeto detalhado ou de maiores dimensões em partes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso significa criar várias imagens audiotáteis para representar um único objeto. - Crie uma imagem menor e simplificada que represente o todo.
2	Manter a consistência entre diferentes imagens, evitando fazer mudanças nos termos verbais utilizados, no leiaute, forma e posição dos elementos táteis, principalmente se forem parte de um mesmo conjunto. Exemplos: botões sempre na mesma posição, mesma escala.	<p>Mantenha a consistência de elementos entre imagens diferentes, principalmente se forem parte de um conjunto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evite mudanças de leiaute, forma e posição dos elementos táteis, assim como dos termos verbais utilizados. - Exemplos: botões ficam sempre na mesma posição, a mesma escala é utilizada.
3	Explorar o lúdico e o reflexivo em imagens audiotáteis para crianças, estimulando o engajamento e acesso às representações simbólicas. Exemplos: tom de voz, cheiros, brincadeiras, peças de encaixar.	<p>Explore imagens lúdicas e reflexivas com crianças.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso estimula o engajamento e acesso delas às representações simbólicas. - Exemplos: diferentes tons de voz, cheiros, brincadeiras, peças de encaixar.
4	Prezar pela qualidade estética visual, auditiva e tátil, pois é benéfico para a inclusão social e cultural de crianças cegas.	<p>Preze pela qualidade estética visual, auditiva e tátil.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso é benéfico para a inclusão social e cultural dos estudantes cegos.
5	Deve se dar preferência por imagens audiotáteis que são portáteis. Entretanto, em alguns casos, dependendo do contexto e objetivo pedagógico, as imagens podem não ser facilmente transportáveis.	<p>Dê preferência para imagens audiotáteis que são transportadas facilmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Em alguns casos as imagens podem não ser portáteis, dependendo do contexto e objetivo pedagógico.
6	As informações táteis e sonoras são complementares entre si, entretanto, se dá maior ênfase à informação tátil. O tátil pode melhor representar informações espaciais - dimensão, forma, volumetria, texturas; e o áudio pode melhor retratar descrições - cores, expressões faciais, aspectos históricos, sonoplastia, exemplos de formas similares, ou outras informações onde relações espaciais não sejam importantes.	<p>Considere que as informações táteis e sonoras são complementares entre si.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informações táteis representam melhor as relações espaciais, como dimensões, forma, volume e texturas. - Informações sonoras representam melhor as descrições, como cores, expressões faciais, aspectos históricos, sons e exemplos.

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
7	Ao planejar o conteúdo, priorizar o desenvolvimento de materiais que não são facilmente encontrados em 3D, são inacessíveis (arquitetura ou objetos grandes, por exemplo), ou que são pouco abordados no currículo (historicamente, mulheres ou pessoas negras, por exemplo).	<p>Priorize o desenvolvimento de imagens cujos objetos reais não são facilmente encontrados, são inacessíveis ou pouco abordados no currículo.</p> <p>- Exemplos: objetos grandes ou arquitetônicos, representações de minorias ou grupos étnicos diversos.</p>
8	As imagens audiotáteis utilizam gravações em áudio para prover informações equivalentes à escrita Braille. Entretanto, de acordo com o contexto empregado, pode-se utilizar Braille para complementar a informação sonora, tais como títulos e marcações, ou como mais uma alternativa de se acessar a mesma informação (ou seja, o mesmo conteúdo do áudio é também disponibilizado em Braille).	<p>Utilize Braille como uma alternativa para transmitir informações complementares ou equivalentes às gravações em áudio.</p> <p>- Observe o contexto empregado para decidir se o uso do Braille será necessário.</p> <p>- Exemplos: Braille em títulos e marcações para complementar a informação sonora; Braille disponibilizado com o mesmo conteúdo abordado no áudio.</p>
9	Envolver indivíduos com deficiência visual (cegos, baixa visão) e educadores no processo de desenvolvimento de imagens audiotáteis (seja como usuários, testadores, consultores, informantes ou colaboradores). Exemplos de técnicas: observações, entrevistas, diários, prototipagem colaborativa, co-design.	<p>Envolva pessoas com deficiência visual e educadores no projeto e desenvolvimento.</p> <p>- Elas podem atuar como usuários, testadores, consultores, informantes ou colaboradores, por exemplo.</p> <p>- Exemplos de técnicas que envolvam pessoas: observações, entrevistas, diários, prototipagem colaborativa, co-design.</p>
10	Oferecer materiais que garantam acessibilidade a todos os conteúdos trabalhados em sala de aula, de forma equivalente aos dos colegas videntes, sem acrescentar carga cognitiva extra. Além disso, oferecer possibilidades de participação plena no compartilhamento de conhecimento com o seu grupo. Para isso, os materiais acessíveis, imagens audiotáteis ou não, devem estar prontos antes do início das atividades/aulas.	<p>Ofereça sempre materiais acessíveis que estejam em equivalência com os oferecidos aos colegas videntes. Dê possibilidades de participação plena para que os estudantes cegos compartilhem o conhecimento com os colegas.</p> <p>- Os materiais precisam abordar todo o conteúdo trabalhado em sala de aula.</p> <p>- Todos os materiais acessíveis precisam estar prontos antes do início das atividades ou aulas.</p>
11	No planejamento de uma imagem audiotátil, prever quais são os pontos principais para que o conceito seja compreendido.	<p>Preveja quais são os pontos principais para que o conceito da imagem seja compreendido, durante seu planejamento.</p>
12	Uma das estratégias de ensino possíveis é a de se começar com uma imagem simplificada, aumentando o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante.	<p>Apresente primeiro uma imagem simplificada, e aumente o nível de detalhamento conforme o desenvolvimento do estudante no tema.</p> <p>- Essa é apenas uma das estratégias de ensino possíveis. Observe o contexto.</p>
13	Atender outras deficiências também, como autistas e pessoas com baixa visão. Exemplo: pode-se fazer descrição e uso de cores, é significativo para pessoas cegas e ainda inclui pessoas com baixa visão e videntes.	<p>Busque também a inclusão de estudantes com outras deficiências, para que possam se beneficiar.</p> <p>- Exemplo: descrever ou adicionar cores à imagem é significativo para pessoas cegas e ainda inclui pessoas com baixa visão e videntes.</p>

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
14	A imagem audiotátil pode ser reutilizada com outras pessoas, em outros contextos, ou de acordo com os objetivos pedagógicos, bastando trocar os áudios em cada ponto de interação tátil.	<p>Reutilize a imagem para outros objetivos pedagógicos e contextos.</p> <p>- Uma forma de se fazer isso é trocar as descrições em áudio, mas manter a mesma superfície tátil.</p>
15	Reconhecer que cada estudante traz sua bagagem de conhecimentos, que servem de base para a criação de novos conhecimentos. Os estudantes cegos, por exemplo, trazem suas experiências a partir da não visão.	<p>Reconheça que cada estudante traz uma bagagem de conhecimentos diferente.</p> <p>- Estudantes cegos trazem experiências a partir da não visão, por exemplo.</p>
16	Explorar diferentes elementos táteis para acomodar as necessidades do estudante cego (pontos, símbolos, formas geométricas, linhas, linhas tracejadas, flechas, áreas, texturas, norte geográfico, referências espaciais), mas priorizar símbolos 3D icônicos ou já bem estabelecidos. Quando for preciso diferenciar o mesmo elemento tátil (exemplo, dois círculos com significados diferentes), usar tamanhos diferentes. Levar em consideração que todos os pontos devem ter tamanho, elevação e espaço compatíveis para serem explorados e alcançados pelos dedos, exceto para objetos que tenham orifícios originalmente (exemplo, boca).	<p>Explore diferentes elementos táteis para acomodar as necessidades do estudante cego, mas priorize símbolos já conhecidos.</p> <p>- Exemplos: pontos, símbolos, formas geométricas, linhas, linhas tracejadas, flechas, áreas, texturas, norte geográfico, referências espaciais.</p> <p>- Se necessário diferenciar elementos iguais, use tamanhos diferentes.</p> <p>- Considere que toda a superfície tátil deve estar acessível para ser explorada e alcançada pelos dedos (exceto para as representações de objetos com orifícios).</p>
17	Imagens audiotáteis podem variar desde apenas relevo até completamente tridimensionais (3D). Podem ser modeladas em estilos diferentes, por exemplo, quebra-cabeça, globo, com uma base fixa, etc. Entretanto, dar mais ênfase em gerar materiais/objetos tridimensionais e mais próximos ao real.	<p>Explore diferentes opções de superfície tátil, que podem variar de apenas relevo até objetos tridimensionais (3D).</p> <p>- Prefira materiais 3D, mais próximos ao objeto real.</p>
18	Não fazer imagens audiotáteis que sejam uma representação em perspectiva, nem com sobreposições. Se a referência visual (imagem estática) estiver em perspectiva, a imagem audiotátil deve ser modelada com vista frontal e/ou lateral.	<p>Não faça imagens que sejam representações em perspectiva ou com sobreposições.</p> <p>- Se a referência visual (imagem) estiver em perspectiva, a superfície tátil deve ser modelada com vista frontal e/ou lateral.</p>
19	O tamanho da imagem audiotátil varia de acordo com o conteúdo (em média, 280x290mm), porém, imagens muito grandes ou muito pequenas dificultam o aprendizado. Por isso, evitar imagens menores que a falange do dedo ou que ultrapassem ao alcance dos braços. Também atentar para o tamanho padrão da letra Braille. Ao invés de padronizar um tamanho específico, considerar trabalhar com escalas, trazendo comparações e contexto entre imagens e objetos diferentes.	<p>Trabalhe a modelagem da superfície tátil em escalas, mas evite representações muito grandes ou muito pequenas.</p> <p>- A representação é muito pequena se for menor que a falange do dedo e muito grande se ultrapassa o alcance dos braços.</p> <p>- Atente-se que a cela Braille possui um tamanho padronizado.</p>
20	Os recursos sonoros não são somente verbais. Fazer uso de música e outro sons não-verbais. Exemplos: som indicando erro ou acerto, sons lúdicos, sons ambientes, efeitos de som, sons de animais.	<p>Utilize recursos sonoros além da fala.</p> <p>- Exemplos: música, sons lúdicos, sons de ambientes, sons de animais, efeitos de som.</p>

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
21	Evitar sobrecarga de informação sonora de uma só vez. Ao invés de um áudio longo, gravar várias faixas de áudio curtas, sem passar de dois minutos cada. Deve-se selecionar quais são as informações mais relevantes sobre o elemento que se descreve. As informações por áudio podem explorar níveis de complexidade ou tipo de informação, de acordo com o gesto aplicado ou botão pressionado (por exemplo, um toque: nome do elemento; dois toques: explicação breve; comando de voz: informação mais detalhada).	<p>Evite sobrecarregar o estudante com informações sonoras de uma vez só. Prefira gravar várias faixas de áudio com menos de dois minutos do que um único áudio longo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selecione as informações mais relevantes sobre o elemento que esteja descrevendo. - Faça as faixas de áudio explorando níveis de complexidade ou tipo de informação, que são acessadas por gestos diferentes. - Exemplos: um toque no elemento e o estudante recebe seu nome. Dois toques, há uma explicação breve.
22	A interação deve permitir que o estudante cego tenha controle da informação. Ou seja, permitir que o estudante possa ligar e desligar, repetir, avançar ou voltar o áudio (para gravações pequenas, pode-se suprimir essa função), ajustar a velocidade e o volume do áudio.	<p>Permita que o estudante cego tenha controle da informação sonora durante a interação.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso significa que é possível desligar e ligar, avançar ou voltar o áudio, ajustar a velocidade e o volume do áudio, por exemplo.
23	Usar peças tangíveis móveis para aumentar a interação da pessoa cega com a imagem audiotátil.	<p>Use peças tangíveis e móveis, quando possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isso aumenta a interação do estudante cego com a imagem audiotátil.
24	Além do tato e da audição, outros sentidos podem ser estimulados para interação extra complementar (olfato, paladar, visão).	<p>Estimule outros sentidos além do tato e da audição para interação complementar, se possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: olfato, paladar, visão.
25	As informações sonoras devem ser fáceis de serem adicionadas ao modelo tátil, e devem ser intuitivas e fáceis de serem acessadas pelos estudantes cegos.	<p>Projete a imagem para que as informações sonoras sejam fáceis de serem adicionadas ou modificadas, e fáceis de serem acessadas pelos estudantes cegos.</p>
26	Prover alertas sonoros em caso de erros que interrompam o funcionamento da imagem. Muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando e, também, podem indicar que a imagem precisa ser refeita ou modificada.	<p>Providencie alertas sonoros em casos de erros que interrompam o funcionamento da imagem.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tenha cuidado pois muitas intervenções podem desmotivar o estudante a continuar explorando. - Refaça ou modifique a imagem caso muitas intervenções estejam sendo acionadas.
27	Permitir que a pessoa cega use as duas mãos para a exploração tátil.	<p>Permita que o estudante cego use as duas mãos na exploração tátil.</p>
28	Comandos de voz podem ser usados como alternativa de ativação das informações sonoras, desde que não interfira na experiência do estudante com a imagem audiotátil e a interpretação do seu conteúdo. Caso seja utilizado, deve-se implementar uma palavra-chave ou botão que reconhecerá o comando, evitando assim ativações não intencionais. Exemplos: "mais informação", "distância", "o que é isso?", "salvar informação".	<p>Utilize comandos de voz como uma alternativa para a ativação de áudios, desde que não interfira na experiência ou interpretação do estudante cego.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implemente uma palavra-chave ou botão que reconhecerá o comando, caso seja utilizado. Isso evita ativações acidentais. - Exemplos: comandos como "mais informação", "o que é isso?", "salvar informação".

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
29	Usar plástico PLA, ABS e/ou resina como materiais de impressão 3D. Além disso, a impressão 3D pode ser combinada com outros processos de fabricação digital, como corte a laser, ou mesmo outros materiais (criando diferentes texturas). Explorar o que funciona melhor no contexto de uso.	Use materiais de impressão 3D como PLA, ABS e/ou resina. Combine com outros materiais ou processos de fabricação, como corte a laser. - Explore os materiais para criar diferentes texturas e defina o que funciona melhor no contexto de uso.
30	Manter o processo simples ou prover as ferramentas necessárias para que mesmo pessoas não especialistas (em impressão 3D e eletrônicos) possam desenvolver suas próprias imagens audiotáteis. A tecnologia usada deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.	Mantenha o processo simples ou dê as ferramentas necessárias para que pessoas não especialistas possam desenvolver as imagens. - A tecnologia deve ser robusta e de baixo custo, facilitando a capacitação e autonomia dos educadores.
31	Imagens audiotáteis podem ser desenvolvidas a partir de modificações em modelos digitais 3D já existentes. Exemplos: encontrados em sites como Thingiverse, NIH 3D Print Exchange, Nasa 3D Resources, APH Tactile Image Library, National Library of Medicine Visible Human, globos terrestres. Ainda, algumas bases de dados podem servir como ferramenta para a modelagem. Exemplos: OpenStreetMap, Google Place, tactilemap.net, dados GIS.	Modifique modelos digitais 3D ou bases de dados pré-existentes para criar a sua imagem, se estiverem disponíveis. - Exemplos: modelos 3D em sites como Thingiverse, NIH 3D Print Exchange, Nasa 3D Resources, APH Tactile Image Library, National Library of Medicine Visible Human, bases de dados geográficos como OpenStreetMap, Google Place, tactilemap.net, dados GIS.
32	O escaneamento 3D é uma maneira de se adquirir modelos fiéis e detalhados do objeto real e pode ser utilizado como alternativa junto a outros tipos de modelagem, como a artesanal ou digital.	Utilize o escaneamento 3D como uma alternativa para se adquirir modelos digitais fiéis do objeto real. - Combine com outros tipos de modelagem, como a artesanal ou digital.
33	Levar em consideração ter entrada para fones de ouvido, para que o estudante cego possa focar na informação.	Considere incluir entradas para fones de ouvido. - Assim o estudante cego pode focar na informação sonora sem distrações.
34	A informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados que possam confundir o usuário cego. Pequenos detalhes e decorações (do objeto real ou imagem de referência visual) devem ser eliminados ou simplificados na construção dos elementos táteis. Se necessário, fazer uma imagem audiotátil separada em maior escala para mostrar esses detalhes. A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, devendo-se manter características que remetam ao objeto real, em um balanço entre simplificação e detalhes.	Simplifique a superfície tátil, retirando pequenos detalhes ou decorações. Considere que a informação tátil deve ser simples, clara e saliente, sem informações redundantes ou detalhes exagerados. - Caso queira mostrar esses detalhes, faça uma outra imagem em maior escala. - A simplificação não deve descaracterizar o objeto representado, por isso mantenha características que remetam ao objeto real.

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
35	<p>Usar palavras do cotidiano, mas não deixar de usar termos corretos e linguagem técnica adequada. Em caso de dificuldade de transmitir a informação, pedir ajuda da própria pessoa cega.</p> <p>Fazer a descrição verbal de maneira simples, concisa e objetiva, buscando oferecer o máximo de informação, respeitando o momento de desenvolvimento de cada estudante e seu potencial de compreensão. Adequar o trabalho ao seu perfil específico, com base em seus conhecimentos anteriores, seu contexto cultural e seu potencial de aprendizagem (inclusive informações em outras línguas, se necessário). Não suprimir informações nem subestimar a capacidade de compreensão do estudante cego.</p>	<p>Faça a descrição verbal de maneira simples, objetiva e com palavras do cotidiano. No entanto, não suprima informações relevantes ou deixe de usar termos corretos e linguagem técnica adequada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Não subestime a capacidade de compreensão do estudante cego, mas respeite o seu desenvolvimento e potencial de aprendizagem. - Adeque a descrição com base em conhecimentos anteriores, contexto cultural e até para outras línguas, se necessário. - Caso tenha dificuldades de transmitir a informação, peça ajuda de pessoas cegas.
36	<p>Inserir marcadores (facilmente detectáveis) para indicar pontos onde há respostas em áudio. Devem ser projetados para que não sejam confundidos com elementos táteis da imagem. Esses pontos não devem alterar nem distorcer significativamente a superfície tátil.</p> <p>Botões (em diferentes formatos) podem ser usados como componente auxiliar para obter informações por áudio, ou para ter a função ligar/desligar.</p>	<p>Insira marcadores para indicar os pontos com áudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esses marcadores devem ser facilmente detectáveis, mas não devem alterar nem distorcer significativamente a superfície tátil, para não serem confundidos com elementos táteis da imagem. - Utilize botões em diferentes formatos como um componente auxiliar para ativar áudios, ligar ou desligar a função.
37	<p>Para evitar ativações acidentais de áudio pela exploração tátil, incluir uma ação específica para que o áudio seja liberado (exemplo: pressionar ou tocar por 1 segundo para que o áudio comece a tocar). Ativar um áudio deve ser resultado de uma ação definitiva.</p> <p>Fazer uso de gestos táteis/hápticos familiares aos cegos, para ativar informações sonoras. Podem ser similares aos utilizados em smartphones ou em gestos naturais da exploração tátil. Exemplos: apontar, bater com o dedo, escanear com o indicador, escanear com o dedão, beliscar, seguir a borda com o dedo, fricção com o dedo, um toque, dois toques, três toques, dois toques com dois dedos, manter toque pressionado, pincelada rápida, pincelada devagar.</p>	<p>Determine uma ação específica para que o áudio seja liberado, para evitar ativações acidentais. Escolha gestos táteis que já sejam familiares aos estudantes cegos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: gestos táteis familiares utilizados em smartphones ou gestos naturais da exploração tátil, como apontar, escanear com o indicador, tocar uma, duas ou três vezes, pressionar, pincelar, pressionar ou tocar por 1 segundo em um ponto. - Ativar um áudio deve ser resultado de uma ação definitiva.

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
38	<p>Armazenar e compartilhar imagens audiotáteis prontas de forma online para outros educadores, makers, comunidades. De preferência, promover o compartilhamento digital gratuito, público e livre. Exemplo: licenças open source, creative commons, copy left, REA.</p> <p>Desenvolver um banco de imagens ou elementos táteis normatizados que podem ser usados/reutilizados em diferentes materiais. Exemplo: formas de animais.</p>	<p>Crie um banco de imagens prontas ou elementos táteis normatizados que possam ser reutilizados em diferentes projetos.</p> <p>- Armazene e compartilhe os projetos online para outros educadores, makers e comunidades. De preferência, promova o compartilhamento digital gratuito, público e livre com licenças abertas.</p> <p>- Exemplos: formas de animais compartilhadas por licença creative commons, copy left ou REA.</p>
39	<p>Usar métodos faça-você-mesmo (do-it-yourself) é uma estratégia para estimular o envolvimento de colegas e professores na produção de imagens audiotáteis, como uma prática de atitudes inclusivas. Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D. Entretanto, não deve ser uma regra. É importante a valorização do profissional que produz os materiais, na mesma qualidade daqueles que são disponibilizados para estudantes videntes.</p> <p>Incentivar outras crianças a ajudarem na descrição verbal. É muito enriquecedora a experiência da criança sem deficiência conhecer e usar este recurso de forma espontânea com seu colega com deficiência visual. Isto lhes dará melhor percepção do seu entorno, auxiliará em sua capacidade de concentração e motivará a cooperação.</p>	<p>Use métodos faça-você-mesmo (do-it-yourself) como uma estratégia para estimular o envolvimento de colegas e professores na prática de atitudes inclusivas. Entretanto, não deve ser uma regra.</p> <p>- É importante a valorização do profissional que produz os materiais, na mesma qualidade daqueles que são disponibilizados para estudantes videntes.</p> <p>- Incentive colegas sem deficiência visual a ajudarem na descrição verbal. Essa experiência é enriquecedora e lhes dará melhor percepção do entorno e cooperação, além de auxiliar a capacidade de concentração.</p> <p>- Exemplos: estudantes gravando os próprios áudios, professores(as) aprendendo e desenvolvendo as próprias impressões 3D.</p>
40	<p>Assegurar independência (de uso e de interpretação do conteúdo) ao estudante cego.</p> <p>Instruir novos usuários em como ler uma imagem audiotátil, pois a dinâmica é diferente de imagens táteis comuns. Se necessário, ter um tutorial disponível a todo momento.</p>	<p>Assegure a independência de uso e interpretação do conteúdo ao estudante cego.</p> <p>- Instrua os estudantes em como ler a imagem audiotátil, caso seja a primeira vez.</p> <p>- Deixe um tutorial disponível a todo momento, se necessário.</p>

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
41	<p>O estudante deve identificar a imagem audiotátil na sua posição correta, seja nas mãos ou na mesa, e encontrar um ponto de partida para a exploração tátil.</p> <p>Sempre que possível, o material deve ser autoexplicativo, garantindo ao estudante plena autonomia e igualdade de condições em relação aos colegas videntes. A presença do(a) tutor(a) ou educador(a) pode servir de auxílio, na contextualização do tema, na retirada de dúvidas, sempre visando a promoção da autonomia do estudante cego.</p> <p>Comentários em áudio podem ser adicionados para contextualizar o estudante cego. Exemplos: para posicionar a câmera no local correto, para instruir no uso da imagem, exemplificar comandos, posicionar a imagem no local correto, prover um contexto geral, etc.</p>	<p>Utilize imagens e materiais autoexplicativos, sempre que possível.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possibilite que o estudante cego identifique a posição correta da imagem e encontre o ponto de partida, se houver. - Adicione comentários em áudio para contextualizar o estudante cego, se necessário. - A presença do(a) tutor(a) ou educador(a) pode servir de auxílio na contextualização do tema e na retirada de dúvidas. - Promova a autonomia e igualdade de condições aos estudantes cegos.
42	<p>A audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Desta forma, em imagens que carregam apelo emocional, o áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações.</p> <p>Considerar que não há linguagem neutra, nem tradução sem intermediação. Estar ciente de que suas subjetividades estão presentes no material oferecido e cuidar para que o direito à interpretação do conteúdo visual seja dos estudantes.</p>	<p>Considere que a audiodescrição tem papel de informar e mediar a exploração do estudante, não de interpretar o objeto por ele. Porém, não há linguagem neutra, nem tradução sem intermediação.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O áudio deve permitir que o estudante possa encontrar as suas próprias emoções, sensações e interpretações. - Esteja ciente de que suas subjetividades estão presentes no material, mas que o direito à interpretação do conteúdo é dos estudantes.

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
43	<p>Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Entretanto, algumas posturas de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.</p> <p>Não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Entretanto, alguns movimentos de mão frequentemente utilizadas na exploração tátil são: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>	<p>Considere que não há uma única exploração correta da imagem audiotátil, pois esta depende do contexto de aplicação e objetivos pedagógicos. Porém, algumas posturas e movimentos de mão são utilizados frequentemente na exploração tátil.</p> <p>- Posturas: (1) Agarrar: segurar a imagem com uma mão e explorar com a outra; (2) Estabilizar: usar uma mão para fixar a imagem na mesa e usar a outra para explorar; (3) Divergir: exploração com as duas mãos em elementos diferentes; (4) Convergir: exploração com as suas mãos em um elemento só.</p> <p>- Movimentos: (1) Sentir: sentir as texturas e a forma da imagem; (2) Medir: uso das mãos para medir aproximadamente o tamanho dos elementos táteis; (3) Comparar: comparar dois elementos táteis para conferir se representam o mesmo conceito; (4) Contar: contagem de elementos táteis iguais na imagem; (5) Comunicar: indicar, explicar ou indagar sobre a imagem. O movimento pode ser para sentir a imagem como um todo ou elementos individualmente.</p>
44	<p>A impressão 3D pode ser combinada com eletrônicos de baixo custo. Exemplos: etiquetas NFC, sensores capacitivos, sensores PIR, placas Arduíno, placa Touch Board, Raspberry Pi, Makey Makey, Lilypad, sensores de proximidade.</p> <p>A visão computacional pode ser integrada no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Exemplos: para o reconhecimento de formas, posição do dedo.</p> <p>Tablets e smartphones são ferramentas que podem ser integradas no desenvolvimento de imagens audiotáteis. Devem ser disponibilizados para os estudantes caso estes não tenham acesso, assim como orientações para o uso. Exemplos: uso de aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Codes.</p> <p>A integração da superfície tátil com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação com o áudio, podem ser feitas através de material condutivo - tais como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva.</p>	<p>Integre a superfície tátil impressa em 3D com dispositivos eletrônicos, com o objetivo de criar pontos de interação em áudio.</p> <p>- Os dispositivos devem ser disponibilizados para os estudantes, caso não tenham acesso.</p> <p>- Dê orientações sobre o seu uso.</p> <p>- Materiais condutivos podem ser usados para criar os pontos de interação, como filamento condutivo para impressão 3D ou tinta condutiva.</p> <p>- Eletrônicos de baixo custo, tablets, smartphones e visão computacional são alternativas para adicionar áudio à superfície tátil.</p> <p>- Exemplos: Tags Near Field Communication (NFC), sensores capacitivos, placas eletrônicas Arduíno, Raspberry P, sensores de proximidade, aplicativos, tela touch, câmeras, reconhecimento de QR Code.</p>

Nº	Recomendações anteriores	Reescrita
45	<p>Se for necessário utilizar pós-processamento, a impressão 3D não deve ser nem muito áspera nem muito lisa. Deve ser suave ao toque, sem pontas ou bordas afiadas, não inflamável nem nociva, ou seja, a imagem audiotátil deve ser segura para quem manipula.</p> <p>Levar em consideração as limitações e características da impressora 3D a ser utilizada (por exemplo, tamanho máximo de impressão, material disponível, necessidade de pós-processamento). Se necessário, dividir o modelo digital 3D em diversas partes para serem impressas. Os parâmetros de impressão devem ser ajustados de forma a evitar que imperfeições sejam confundidas com texturas ou componentes da imagem.</p>	<p>Considere as limitações e características da impressora 3D a ser utilizada e ajustes os parâmetros de impressão para evitar imperfeições.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemplos: tamanho máximo de impressão, o material disponível e necessidade de pós-processamento. - Divida o modelo digital em diversas partes para serem impressas, se necessário. - Cuide para que possíveis imperfeições não sejam confundidas com texturas ou componentes da imagem. - Faça o pós-processamento da impressão 3D, se necessário. A superfície tátil deve ser segura para quem a manipula. Deve ser suave ao toque, nem muito áspera nem muito lisa, sem pontas ou bordas afiadas, não inflamável e nem nociva.

FONTE: A autora (2023).

APÊNDICE H – PROTOCOLO DE *CARD SORTING*

Objetivo: observar a organização das recomendações em categorias lógicas feitas por especialistas e/ou possíveis usuários do artefato informacional; analisar o surgimento de padrões de categorias a partir de múltiplas rodadas e propor um resultado a partir dos dados.

Ferramentas: Miro e Microsoft Teams. Computadores com acesso à internet.

Número de participantes: 16. As dinâmicas serão feitas em duplas, totalizando 8 rodadas de *cards sortings* abertos.

Visão geral do card sorting:

- Seleção, contato e convite para os participantes;
- Explicação da dinâmica, instruções para uso das ferramentas digitais;
- Assinatura do TCLE;
- Videoconferência entre as pesquisadoras e duplas de participantes, com gravação;
- Discussão entre a dupla de participantes e organização das recomendações;
- Ao mesmo tempo, técnica de *think aloud* e retirada de dúvidas;
- Questionamentos finais;
- Finalização do *card sorting* e encerramento da chamada.

Roteiro para *card sorting* aberto:

[Nome 1 e 2], agradecemos por participarem dessa etapa da pesquisa que está intitulada: “Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos”. Nos apresentando, somos [nossos nomes / doutorado e ic] e essa pesquisa é orientada pelas professoras doutoras Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno. A pesquisa está situada no Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Paraná – UFPR, em Curitiba, Paraná.

Hoje faremos um card sorting com vocês. É uma técnica para organização de informações em categorias significativas para os usuários. O objetivo desse nosso card sorting é compreender como vocês organizam e categorizam uma série de recomendações sobre o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Imagens audiotáteis são imagens acessíveis aos cegos que são percebidas tanto pelo tato quanto pela audição. Funcionam de forma similar a uma imagem tátil, mas durante a exploração tátil alguns pontos desencadeiam gravações em áudio.

Vocês podem discutir entre si como organizar, podem propor quantas categorias e subcategorias quiserem, assim como nomeá-las conforme acharem relevante. Reiteramos

que não há resposta certa ou errada. Pedimos que eventualmente verbalizem suas decisões. Caso tenham dúvidas, fiquem à vontade para nos perguntar.

Vocês já utilizaram o Miro antes? Gostariam de uma revisão da plataforma e das funções que vamos usar? [explicar]

Vamos repassar as tarefas que vocês farão no Miro.

Primeiro, vocês terão tempo para ler todos os cartões. Cada cartão contém uma recomendação sobre o design de imagens audiotáteis impressas em 3D;

Caso queiram ver alguns exemplos, deixamos algumas figuras de imagens audiotáteis no canto esquerdo da prancha;

Depois, farão grupos de recomendações e os nomearão, criando categorias ou subcategorias conforme achem relevante. Fiquem livres para modificarem ou discutirem outras alternativas. Já configuramos a organização visual no Miro [explicar];

Quando finalizarem, faremos algumas perguntas finais e finalizaremos nossa dinâmica.

Organizamos a dinâmica em um tempo de 1 hora, mas caso precisem de mais tempo, não há problema algum. Reforçamos que não há certo ou errado, o que está sendo avaliado é o conjunto de recomendações, não vocês. Podemos começar? Fiquem à vontade!

Perguntas para os participantes ao final:

- Vocês já tinham experiência com *card sorting* antes?
- Vocês tiveram alguma dificuldade com a dinâmica?
- Algum cartão foi especialmente difícil de colocar em uma categoria?
- Algum cartão poderia ser colocado em mais de uma categoria?
- Você acredita que uma ou mais categorias criadas por você são similares ou poderiam ser subcategorias de uma categoria maior?

Gostariam de acrescentar mais alguma informação?

Agradecemos novamente a participação de vocês. Até mais!

APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – CARD***SORTING***

Nós, Prof.ª Dra. Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto | Departamento de Engenharia Mecânica, Prof.ª Dra. | Departamento de Design e Emilia Christie Picelli Sanches | Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, maior de 18 anos de idade, especialista em acessibilidade, educação, audiodescrição, imagens táteis, materiais didáticos acessíveis ou design, a participar de um estudo intitulado “**Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos**”. Essa pesquisa visa auxiliar profissionais envolvidos na produção de materiais didáticos acessíveis aos cegos a desenvolverem imagens que são percebidas tanto pelo tato quanto pela audição, mais especificamente àquelas impressas por impressora 3D.

- a) O objetivo desta pesquisa é sondar a experiência de pessoas com deficiência visual e/ou especialistas para, posteriormente, elaborar um artefato que auxilie no desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D, para uso de qualquer pessoa interessada em criar materiais didáticos acessíveis a estudantes cegos – incluindo profissionais especialistas e professores. Para tanto, também é necessário estipular quais são as recomendações necessárias para desenvolver este tipo de material.
- b) Caso você concorde em participar da pesquisa, será necessário participar em dupla da técnica de card sorting, de forma não presencial, organizando cartões virtuais (contendo recomendações sobre o desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D), em grupos de conteúdo e sequência lógica. O card sorting será registrado digitalmente por meio da plataforma Miro e por vídeo por meio da plataforma Microsoft Teams. Será necessário que você possua computador com acesso à internet.
- c) Para tanto você deverá acessar o endereço para a plataforma Miro, previamente enviado por e-mail, participar de videoconferência, ler as instruções de uso da plataforma (se necessário) e organizar os cartões virtuais, o que levará cerca de 60 minutos ao todo.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado ao constrangimento referente ao uso da plataforma e ao entendimento do conteúdo dos cartões.
- e) O estudo envolve riscos relacionados ao conteúdo dos cartões, fadiga mental pela duração da tarefa ou dificuldades tecnológicas – caso algum momento lhe cause desconforto ou constrangimento, você poderá desistir da participação. Não serão tratados assuntos confidenciais.

RUBRICAS

Participante da pesquisa: _____ Pesquisadora responsável: _____ Orientadora: _____

- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são compreender como especialistas organizam as recomendações para o desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D.
- g) As pesquisadoras Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno, responsáveis por este estudo, poderão ser localizadas no Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná, Rua General Carneiro, 460 - Ed. D. Pedro I, 8º andar, Curitiba, Paraná, e-mail <emilia.ecps@gmail.com>, <julianabueno.ufpr@gmail.com>, <lucia.demec@ufpr.br>, ou pelos telefones celulares (41) 99836-5990 (Emilia Christie Picelli Sanches) e (41) 99738-1593 (Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto), no horário das 14h00 às 17h30 para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) O material obtido – por registro visual e digital na plataforma Miro – será utilizado unicamente para essa pesquisa e será descartado ao término do estudo, dentro de 5 anos.
- j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas, as pesquisadoras (Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno), sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida a confidencialidade.
- k) Você terá a garantia de que quando os dados/resultados obtidos com este estudo forem publicados, não aparecerá seu nome, a menos que seja seu desejo ter sua identidade revelada.
- l) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

RUBRICAS

Participante da pesquisa: _____ Pesquisadora responsável: _____ Orientadora: _____

- n) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo e-mail cometica.saude@ufpr.br e/ou telefone 41 -3360-7259, das 08:30h às 11:00h e das 14:00h às 16:00h. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

_____, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Pesquisadora Responsável

CAAE: 46417521.4.0000.0102 / Parecer nº: 4.766.129

APÊNDICE J – PROTOCOLO DO *WORKSHOP*

Objetivo: avaliar e observar o uso dos artefatos informacionais (cartões com recomendações sobre o design de imagens audiotáteis impressas em 3D – digitais e imprimíveis).

Ferramentas: Miro e Microsoft Teams. Computadores com acesso à internet.

Número de participantes: 3 grupos, 3 participantes cada. Primeiro grupo com estudantes de design gráfico e de produto, segundo grupo de professores, terceiro grupo com especialistas.

Duração: Encontros de no máximo 2 horas cada. Dias separados por grupo.

Visão geral do workshop de design:

1. Assinatura dos TCLEs, envio por e-mail
2. Leitura de material – assíncrono e individual
3. Workshop
 - a. Quebra gelo
 - b. Exemplos de imagens audiotáteis impressas em 3D
 - c. Leitura das recomendações em equipe
 - d. Criação de um cenário de uso e um esboço de imagem audiotátil
4. Questionário final – assíncrono e individual

Tempo

- 10 minutos – Entrada de todos e quebra-gelo no Miro.
- 5 minutos – Exploração de exemplos de imagens audiotáteis impressas em 3D.
- 30 minutos – Leitura e exploração das recomendações.
- 60 minutos – Esboço de uma imagem audiotátil com contexto, com uso de template disponibilizado no Miro.

Questionário final

1. Nome (opcional, poderá se manter anônimo)
2. Você já tinha participado de algum projeto ou atividade envolvendo acessibilidade e/ou pessoas com deficiência? () Sim () Não
3. Se sim, poderia nos explicar brevemente o projeto e sua responsabilidade nele?
4. Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 “discordo totalmente” e 5 “concordo totalmente”, o quanto você concorda com as frases:
 - a. As cartas interativas no site são fáceis de navegar

- b. As cartas imprimíveis são fáceis de manusear (nota: cartões simulados no Miro)
 - c. É interessante ter mais de um formato de cartões
 - d. O formato em cartões é a melhor forma de apresentar as recomendações
 - e. Eu senti falta de mais informações de como usar os cartões
 - f. O conteúdo é fácil de entender
 - g. Tive dificuldade de entender uma ou mais recomendações
 - h. A escrita das recomendações é simples
 - i. O conteúdo é apropriado para leigos em acessibilidade
 - j. O conteúdo é apropriado para designers
 - k. O conteúdo é apropriado para professores de estudantes cegos
 - l. O conteúdo é apropriado para quem trabalha com materiais didáticos acessíveis
 - m. Precisei pesquisar ou tirar dúvidas com alguém para entender uma recomendação
5. Você gostaria de complementar suas respostas da pergunta anterior?
 6. Qual foi a sua principal motivação para participar deste workshop?
 7. O que você achou do workshop?
 8. Gostaria de acrescentar mais alguma informação?

APÊNDICE K – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – WORKSHOP

Nós, Prof.ª Dra. Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto | Departamento de Engenharia Mecânica, Prof.ª Dra. | Departamento de Design e Emilia Christie Picelli Sanches | Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, maior de 18 anos de idade, especialista em acessibilidade, educação, audiodescrição, imagens táteis, materiais didáticos acessíveis ou design, a participar de um estudo intitulado “**Artefato de auxílio ao desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D para estudantes cegos**”. Essa pesquisa visa auxiliar profissionais envolvidos na produção de materiais didáticos acessíveis aos cegos a desenvolverem imagens que são percebidas tanto pelo tato quanto pela audição, mais especificamente àquelas impressas por impressora 3D.

- a) O objetivo desta pesquisa é sondar a experiência de pessoas com deficiência visual e/ou especialistas para, posteriormente, elaborar um artefato que auxilie no desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D, para uso de qualquer pessoa interessada em criar materiais didáticos acessíveis a estudantes cegos – incluindo profissionais especialistas e professores. Para tanto, também é necessário estipular quais são as recomendações necessárias para desenvolver este tipo de material.
- b) Caso você concorde em participar da pesquisa, será necessário participar de um workshop coletivo, junto a outros 2 ou 3 participantes, de forma não presencial, realizando uma atividade que consiste em simular o uso do artefato informacional para o desenvolvimento de imagens audiotáteis impressas em 3D. O workshop será registrado digitalmente por meio da plataforma Miro. Será necessário que você possua computador com acesso à internet.
- c) Para tanto você deverá acessar o endereço para a plataforma Miro, previamente enviado por e-mail, ler as instruções de uso da plataforma (se necessário), interagir com os outros participantes e realizar a atividade, o que levará cerca de 120 minutos.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado ao constrangimento referente ao uso da plataforma e ao entendimento da tarefa.
- e) O estudo envolve riscos relacionados ao conteúdo da atividade proposta, fadiga mental pela duração da tarefa ou dificuldades tecnológicas – caso algum momento lhe cause desconforto ou constrangimento, você poderá desistir da participação. Não serão tratados assuntos confidenciais.

RUBRICAS

Participante da pesquisa: _____ Pesquisadora responsável: _____ Orientadora: _____

- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são compreender como especialistas utilizariam o artefato informacional, identificar dificuldades no uso e coletar sugestões de melhoria.
- g) As pesquisadoras Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno, responsáveis por este estudo, poderão ser localizadas no Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná, Rua General Carneiro, 460 - Ed. D. Pedro I, 8º andar, Curitiba, Paraná, e-mail <emilia.ecps@gmail.com>, <julianabueno.ufpr@gmail.com>, <lucia.demec@ufpr.br>, ou pelos telefones celulares (41) 99836-5990 (Emilia Christie Picelli Sanches) e (41) 99738-1593 (Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto), no horário das 14h00 às 17h30 para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- i) O material obtido – por registro visual e digital na plataforma Miro – será utilizado unicamente para essa pesquisa e será descartado ao término do estudo, dentro de 5 anos.
- j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas, as pesquisadoras (Emilia Christie Picelli Sanches, Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno), sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida a confidencialidade.
- k) Você terá a garantia de que quando os dados/resultados obtidos com este estudo forem publicados, não aparecerá seu nome, a menos que seja seu desejo ter sua identidade revelada.
- l) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.
- m) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

RUBRICAS

Participante da pesquisa: _____ Pesquisadora responsável: _____ Orientadora: _____

- n) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo e-mail cometica.saude@ufpr.br e/ou telefone 41 -3360-7259, das 08:30h às 11:00h e das 14:00h às 16:00h. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

_____, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Pesquisadora Responsável

CAAE: 46417521.4.0000.0102 / Parecer nº: 4.766.129