

## DESIGN DE IMAGENS AUDIOTÁTEIS IMPRESSAS EM 3D PARA UMA EDUCAÇÃO INCLUSIVA

### *3D PRINTED AUDIO-TACTILE GRAPHICS' DESIGN FOR INCLUSIVE EDUCATION*

Emilia Christie Picelli Sanches<sup>1</sup>

Juliana Bueno<sup>2</sup>

#### Resumo

Imagens audiotáteis são imagens interativas através de dois sentidos: o tato e a audição. São recursos que podem ser adotados para a acessibilidade de imagens visuais estáticas, traduzindo a informação visual para outros sentidos. Neste sentido, torna-se um potencial material didático que pode ser usado na educação inclusiva, particularmente interessante (mas não exclusivo) para estudantes cegos. Observada a lacuna de informações acessíveis sobre o tema e notado o potencial do uso de imagens audiotáteis impressas em 3D para a educação inclusiva de cegos, uma tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Design (PPGDesign) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) foi desenvolvida, gerando um artefato informacional para auxiliar no design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Assim, o objetivo deste artigo é relatar o processo de desenvolvimento do artefato informacional, que teve como aporte metodológico a *Design Science Research* (DSR), e apresentar seus resultados. O artefato informacional resultante, que foi devidamente testado, trata-se de um conjunto de cartões, contendo recomendações, que apresentam informações em três categorias: Planejamento, Materiais e Produção, Contexto, Uso e Inclusão.

**Palavras-chave:** design inclusivo, acessibilidade, educação inclusiva, imagens audiotáteis.

#### Abstract

Audio-tactile graphics are interactive images through two senses: touch and hearing. These are resources that can be adopted for the accessibility of static visual images, translating visual information to other senses. In this way, it becomes a potential teaching material that can be used in inclusive education, particularly interesting (but not exclusive) for blind students. Observing the gap in accessible information on the topic and noting the potential of using 3D printed audio-tactile graphics for the inclusive education of the blind, a doctoral thesis from the Postgraduate Program in Design (PPGDesign) at the Federal University of Paraná (UFPR) was developed, generating an informational artifact to assist in the design of 3D printed audio-tactile graphics. Thus, the objective of this article is to report the artifact development process, which had Design Science Research (DSR) as a methodological contribution, and present its results. The resulting informational artifact, which was duly tested, is a set of cards, containing recommendations, which present information in three categories: Planning, Materials and Production, Context, Use and Inclusion.

**Keywords:** inclusive design, accessibility, inclusive education, audio-tactile graphics.

---

<sup>1</sup> Professora Substituta Doutora, UTFPR – Departamento Acadêmico de Desenho Industrial, Curitiba, PR, Brasil, emilia.ecps@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0484-0723.

<sup>2</sup> Professora Doutora, UFPR - Departamento de Design, Curitiba, PR, Brasil. julianabueno.ufpr@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5922-7638.

## 1. Introdução

Imagens audiotáteis são imagens interativas através de dois sentidos: o tato e a audição. De uma forma geral, são compostas por elementos táteis, acrescidas de interatividade através de gravações de áudio (Sanches, 2023). São recursos que podem ser adotados para a acessibilidade de imagens visuais estáticas, traduzindo a informação visual para outros sentidos. Isso é especialmente importante para a acessibilidade informacional voltada para pessoas com deficiência visual, ainda que a experiência de tocar e ouvir uma imagem possa ser benéfica para outros públicos.

Neste sentido, torna-se um potencial material didático que pode ser usado na educação inclusiva, particularmente interessante (mas não exclusivo) para estudantes cegos. Em relação às imagens táteis mais tradicionais (ou seja, que não utilizam recursos sonoros em seu design), algumas vantagens são apontadas: a diminuição do tamanho da imagem, já que não é necessária a impressão em Braille; outros estudantes podem se beneficiar (cegos que não leem Braille, pessoas que enxergam); os áudios dos materiais podem ser reconfiguráveis, de acordo com o nível ou interesse do estudante (Holloway; Marriott; Butler, 2018; Thevin *et al.*, 2019).

Porém, ainda há obstáculos na criação deste tipo de material, uma vez que as informações são incipientes fora do ambiente acadêmico, e as habilidades exigidas são pouco triviais às partes interessadas - como educadores e designers (Sanches, 2023; Thevin *et al.*, 2019).

Desta forma, tendo conhecimento destes obstáculos e considerando o tema central “design de imagens audiotáteis impressas em 3D para a acessibilidade de pessoas cegas na Educação”, uma tese de doutorado foi desenvolvida pela primeira autora do artigo no Programa de Pós-Graduação em Design (PPGDesign) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), na linha de pesquisa de Design de Sistemas de Informação, entre 2019 e 2023, sob a orientação das professoras Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto e Juliana Bueno.

Neste contexto, este artigo tem como objetivo relatar o processo de desenvolvimento de um artefato informacional contendo recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com o foco na educação inclusiva, que utilizou a Design Science Research (DSR) como base metodológica. Por ser um recorte de uma pesquisa de doutorado, o artigo também aponta, de forma sintética, a problemática e a delimitação da pesquisa.

Frisa-se que a pesquisa está inserida nos campos do design da informação, design inclusivo, acessibilidade, educação e impressão 3D. Além disso, segue uma abordagem centrada no ser humano. Considerando estes campos e, fazendo-se a intersecção com o objeto “imagem audiotátil”, o resultado da tese foi um artefato informacional, a ser detalhado neste artigo.

Ainda, os tipos de imagens audiotáteis foram delimitadas àquelas produzidas por impressão 3D, pois estas oferecem “maior liberdade e fidelidade na criação de objetos bidimensionais e tridimensionais [...]”; é um recurso que atende a todos os estudantes, com ou sem deficiência; e há uma crescente rede online de compartilhamento de modelos digitais [...]” (Sanches, 2023, p.19).

Como problema a ser solucionado, a pergunta norteadora foi “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?” (Sanches, 2023, p.20).

O artefato em si tomou a forma de um conjunto de 45 cartões contendo recomendações escritas (em uma versão digital e outra para ser impressa), separados por categorias e subcategorias de informações, sendo as 3 principais: Planejamento; Materiais e Produção; Contexto, Uso e Inclusão.

O artigo segue a seguinte estrutura: a seguir, é apresentado o referencial teórico considerado fundamental (educação inclusiva, percepção no contexto da cegueira, imagens auditáveis impressas em 3D). Logo após, apresenta-se o método percorrido na pesquisa para, por fim, apresentar o artefato informacional.

## **2. Referencial Teórico Fundamental**

Neste capítulo é apresentada a teoria considerada fundamental para a compreensão do contexto e objeto da pesquisa.

### **2.1. Educação Inclusiva e o Papel do Design Inclusivo**

A Educação é uma das áreas mais prejudicadas pela falta de acessibilidade em seu ambiente e seus recursos, sobretudo pela falta de acessibilidade informacional. De acordo com 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”.

O conceito de educação inclusiva reconhece que cada estudante é individual em suas características e particularidades, e estas devem ser levadas em consideração. Busca também satisfazer as necessidades das pessoas com deficiência de forma equitativa, respeitosa e sem segregação (Mantoan, 2015; Ramos, 2016; Sasaki, 2010; Sonza, 2013). A educação inclusiva, surgida nos anos 1990, é o modelo mais atual e equitativo em relação às pessoas com deficiência, que já passou pelo histórico de exclusão, segregação e integração (Sasaki, 2010).

Reconhece-se, entretanto, que a inclusão ainda não é aplicada em todos os contextos educacionais existentes atualmente:

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).

As ações necessárias para alcançar, cada vez mais, a acessibilidade informacional e uma educação inclusiva são de responsabilidade coletiva, ou seja, não cabe somente ao corpo profissional das escolas. Designers, por exemplo, podem aplicar seus conhecimentos em prol da inclusão.

Fazer design com foco nas pessoas sejam elas com deficiência ou não, abrange entender suas necessidades, comportamentos, cultura e o contexto em que estão inseridas, colocando-as ao centro e envolvendo-as no processo de design (Lupton, 2014; O’Grady; O’Grady, 2017; Sanches, 2023). É possível falar de abordagens como as do design centrado no usuário, design centrado no humano e design inclusivo.

O design inclusivo se conceitua como 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). Busca operar sob três princípios essenciais: o reconhecimento da diversidade e singularidade das pessoas; o uso de processos e ferramentas inclusivas; e a busca pelo impacto benéfico mais amplo (Inclusive Design Research Centre, 2022).

Este último princípio traz a noção de que por mais que um projeto ou processo seja focado em pessoas com deficiência (ou em uma deficiência específica), o impacto inclusivo dos resultados pode (e deve) ser maior, com mais pessoas podendo utilizar destas soluções inclusivas (Gomes; Quaresma, 2018; Sanches; Bueno, 2022). O princípio também corrobora com o que Benyon (2019, p.105, tradução nossa) apresenta como premissa do design inclusivo: “se um design funciona bem para pessoas com deficiência, funciona melhor para todos”.

Há uma vertente educacional do design inclusivo, chamado de design inclusivo para a aprendizagem. Watkins, Treviranus e Roberts (2020, p.2, tradução nossa) definem: “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”. Em suma, objetiva criar sistemas e materiais que sejam flexíveis e adaptáveis aos estudantes.

## 2.2. Percepção no Contexto da Cegueira

A deficiência visual é considerada uma deficiência sensorial, com dois grupos distintos, que se distinguem pelos níveis de acuidade visual: a baixa visão e a cegueira (Lima, 2019). Considera-se cega a pessoa que possui valor igual ou menor do que 0,05 de acuidade visual (Ottaiano *et al.*, 2019). Entretanto, para além da dimensão médica, a deficiência visual também possui uma dimensão social e contextual, que abrange fatores ambientais e pessoais - seja no trabalho, na escola, na vida diária, artes, cultura, etc. (Sanches, 2023). Aqui se incluem barreiras enfrentadas, necessidade de uso de Tecnologia Assistiva, ações inclusivas, entre outros.

Ademais, compreender que a percepção da pessoa cega se difere das pessoas videntes é o caminho para projetos que sejam inclusivos. Loomis, Klatzky e Giudice (2013, p.182, tradução nossa) discorrem que:

Simplemente 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.

Na falta da visão (ou da sua diminuição significativa), a pessoa cega faz a compensação sensorial através do tato e da audição.

A percepção tátil é proximal e sequencial, o que significa que o reconhecimento tátil é feito daquilo que está ao alcance e em contato com os dedos, mãos e braços, por partes, enquanto a percepção visual permite reconhecer objetos à distância e em sua totalidade (Kastrup, 2007; Sanches, 2023). Desta forma, a capacidade de informações percebidas por vez, pelo tato, é menor do que a capacidade de percepção visual (Loomis; Klatzky; Giudice (2013). Em consequência disso, o tato possui menos sensibilidade ao princípio da figura-fundo e às leis da Gestalt (Kastrup, 2007).

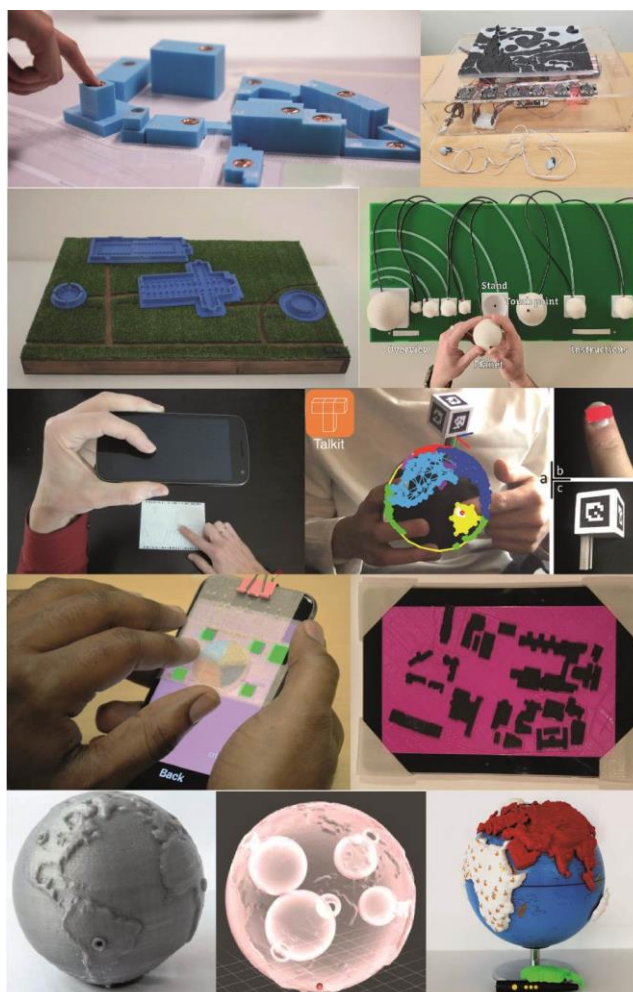
Já a percepção auditiva é percebida temporalmente. A audição tem percepção à distância, ao contrário do tato, mas dependem da ordem em que os estímulos são apresentados (Cook; Polgar, 2015; Kastrop, 2007). A audição é mais bem preparada para substituir a visão em informações de linguagem, mas também é utilizada para orientação espacial e mobilidade (Cook; Polgar, 2015; Mendonça *et al.*, 2008).

Desta forma, a combinação dos dois sentidos se complementa para a aquisição de informações sobre o mundo, os objetos, o espaço etc. Ainda, vale mencionar que, assim como qualquer sentido, o tato e a audição precisam ser estimulados e treinados para uma melhor discriminação das informações.

### 2.3. Imagens Audiotáteis Impressas em 3D

Utilizar uma imagem tátil e uma audiodescrição em uma aula, ou ler textos em Braille em conjunto com materiais digitais lidos por leitor de tela são exemplos de uso combinado da audição e do tato, pelos cegos, para obter informações. Quando imagens necessitam dos dois sentidos para serem compreendidas, adota-se o nome de imagens audiotáteis (Sanches, 2023). Alguns exemplos são apresentados na Figura 1.

Figura 1: Exemplos de Imagens Audiotáteis.



Fonte: Sanches (2023)



Podem ser similares às imagens táteis, com a principal diferença de que o áudio é integrado à imagem. Assim como às imagens táteis, podem ser fabricadas de formas e com materiais distintos (papel microencapsulado e impressão 3D, por exemplo). A informação sonora pode ser acrescentada de forma variada também, como por exemplo, através de eletrônicos embutidos, visão computacional e telas *touch* (Thevin *et al.*, 2019).

Seu uso tem um ótimo potencial de aprendizagem e, como mencionado anteriormente, possui vantagens em relação ao uso de imagens somente táteis. De acordo com Götzelmann (2016; 2018), as imagens audiotáteis são mais eficientes e satisfatórias do que imagens táteis - o áudio se combina ao tato, oferecendo informações extras ao mesmo tempo que diminui a complexidade tátil da imagem.

Porém, por exigir um conhecimento mais profundo e especializado do aparato tecnológico e/ou eletrônico, assim como da expertise necessária para o design de imagens audiotáteis, o processo pode se tornar excessivamente complicado ou impreciso, exigindo cuidado e atenção no planejamento, design e uso (Griffin; Picinali; Scase, 2020; Thevin *et al.*, 2019; Sanches, 2023).

Um dos processos que podem ser utilizados no design das imagens audiotáteis é o da impressão 3D. Inclusive, a educação é uma das áreas beneficiadas pela impressão 3D, assim como a acessibilidade. O uso da impressão 3D é apontado como uma vantagem pois, se aliadas à eletrônicos de baixo custo e projetos de licença aberta, as imagens audiotáteis podem ser, também, acessíveis financeiramente; além disso, a impressão 3D possui maior liberdade de construção de volumes tridimensionais, se comparada a outros processos de fabricação de superfícies táteis para imagens acessíveis (Ghodke, 2019; Ghodke *et al.*, 2019; Giraud; Jouffrais, 2016; Holloway; Marriott; Butler, 2018; Quero *et al.*, 2018).

### 3. Método da Pesquisa

A pesquisa se caracterizou pelo paradigma científico da fenomenologia, com abordagem qualitativa e lógica abductiva, além de natureza aplicada e objetivos exploratórios e propositivos. Isso se traduziu, efetivamente, “pelos 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” (Sanches, 2023, p.27).

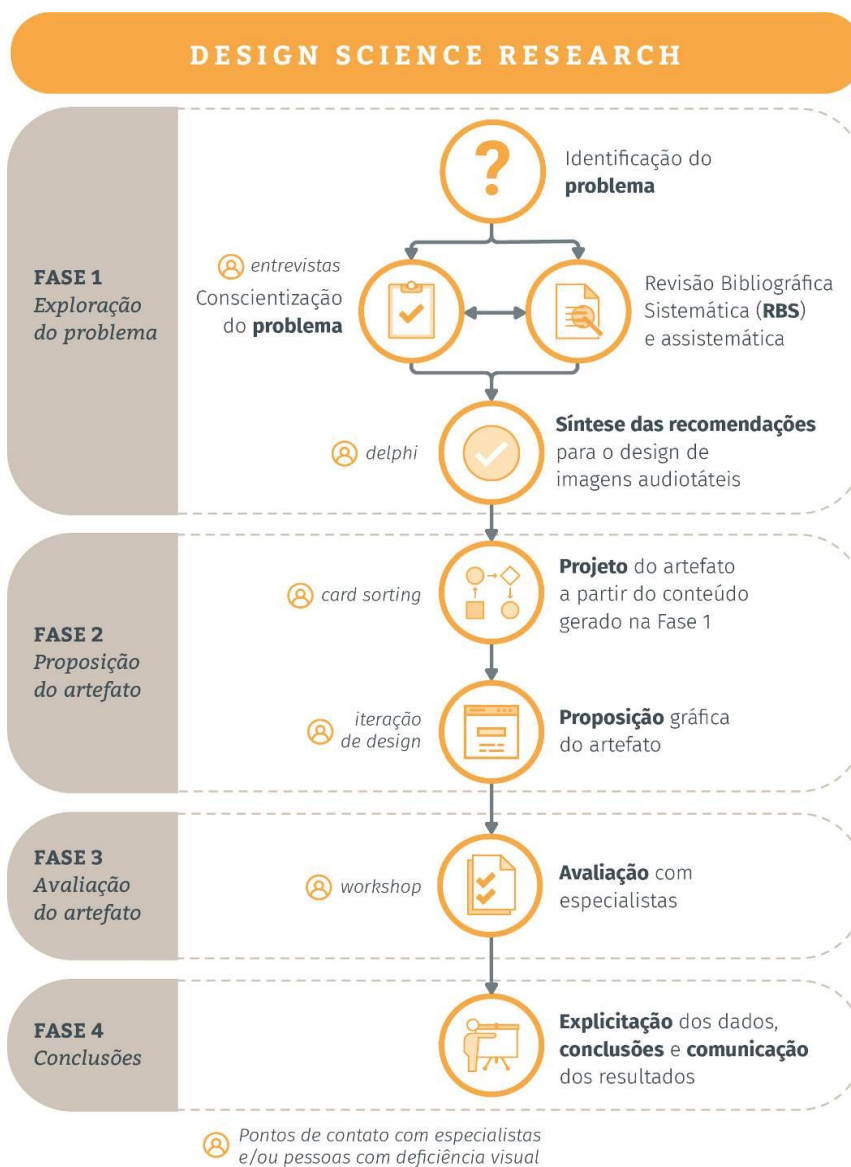
Para a organização das fases e dos procedimentos, foi utilizado o método da *Design Science Research*, de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), adaptado de acordo com as particularidades da pesquisa. Sendo assim, o método da pesquisa compreendeu 4 fases e 8 etapas (Figura 2).

- **Fase 1 – Exploração do Problema:** o objetivo foi imergir no tema de estudo e criar o conjunto inicial de recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D. Após a identificação do problema de pesquisa, foram conduzidas 5 entrevistas com especialistas, uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e uma revisão assistemática, gerando um conjunto de recomendações. Em seguida, este conjunto passou pela avaliação Delphi com 10 especialistas.
- **Fase 2 – Proposição do Artefato:** o objetivo desta fase foi gerar o artefato informacional contendo as recomendações criadas e avaliadas na Fase 1. Para isso, uma primeira etapa consistiu em um *card sorting*, com 16 participantes, para a organização da informação em categorias e subcategorias, além de reescrita das

recomendações em Linguagem Simples. Em seguida, foi feita a proposição do design gráfico do artefato, durante o período de doutorado sanduíche junto ao *Inclusive Design Research Centre (IDRC)*, na OCAD University, Toronto, Canadá.

- **Fase 3 – Avaliação do Artefato:** nesta fase, o objetivo foi avaliar e refinar o artefato informacional com especialistas e profissionais que fossem potenciais usuários. Como etapa única da fase, a avaliação foi feita por workshop de design, com 9 participantes (designers, professores e especialistas na educação de cegos). O artefato refinado foi finalizado e divulgado nesta fase.
- **Fase 4 – Conclusões:** o objetivo foi a documentação de todo o processo de pesquisa e, portanto, foi uma fase que aconteceu durante os 4 anos de doutorado. Resultados dessa fase são a tese escrita, artigos publicados, apresentações de trabalho etc.

Figura 2: Método da Pesquisa.



Fonte: Sanches (2023)

Vale ressaltar que todos os procedimentos adotados para a condução do método foram realizados de forma digital e remota, utilizando recursos como Microsoft Teams, Miro e Figma. Para maior detalhamento do método, das estratégias de tratamento e análise de dados, recomenda-se a consulta do documento integral da tese, em Sanches (2023).

#### **4. O Artefato Informacional**

O Artefato Informacional foi fruto da construção gradual de todas as etapas do método. Passou inicialmente pela coleta das informações (as recomendações sobre o design de imagens auditáveis impressas em 3D), pela avaliação destas informações, pela categorização e simplificação da linguagem, pelo projeto gráfico e, por fim, avaliação final. Aqui, são apresentadas estas etapas da construção do artefato até a sua forma final.

Como forma de apresentação neste artigo, optou-se por demonstrar os resultados em quatro partes: construção das recomendações iniciais; adequação da linguagem e categorização das recomendações; construção do projeto gráfico; avaliação final.

##### **4.1. Construção das Recomendações Iniciais**

As recomendações sobre o design de imagens auditáveis impressas em 3D são consideradas o elemento mais importante do artefato e, portanto, foram organizadas e refinadas rigorosamente.

O primeiro passo, descrito como parte da Fase 1 do método, foi, efetivamente, a coleta de informações para subsidiar o conteúdo destas recomendações. Para tal, os procedimentos de entrevista e revisão bibliográfica (sistemática e assistemática) foram os adotados. A RBS foi desenvolvida com base na estrutura de Conforto, Amaral e Silva (2011), resultando na tabulação de 78 recomendações. Em complemento, uma revisão assistemática gerou mais 23 recomendações.

Em seguida, foram conduzidas 5 entrevistas com especialistas – um professor universitário, *maker* e produtor de imagens táteis; um cego congênito e consumidor de materiais acessíveis; uma audiodescritora profissional; um professor universitário e pesquisador de materiais acessíveis; e, por fim, uma professora e pesquisadora de desenho para crianças cegas. Após transcrição e análise, foram tabuladas outras 45 recomendações.

Após estes procedimentos, as recomendações de todas as fontes foram combinadas, resultando no conjunto inicial de 62 recomendações, ainda não avaliadas. Para mais detalhes desta etapa, ver Sanches, Bueno e Okimoto (2021).

Assim, com o intuito de validar este conjunto, um Delphi foi realizado. Foram 10 participantes especialistas, de perfis heterogêneos, dentre eles: designers, professores, pesquisadores, consultores de acessibilidade, audiodescritores, pessoas com baixa visão, pessoas cegas, desenvolvedores de materiais didáticos acessíveis. Foram necessárias duas rodadas de questionário para alcançar um quase consenso entre os participantes. Na primeira rodada, das 62 recomendações, 45 obtiveram consenso e 17 precisaram ser reescritas. Na segunda rodada, destas 17 recomendações reescritas, 12 obtiveram consenso. 2 recomendações foram excluídas, por consenso dos participantes.

Desta forma, ao final das duas rodadas de questionários no Delphi, o conjunto inicial, agora validado, passou a ser constituído de 60 recomendações. A Figura 3 resume este primeiro processo da construção das recomendações iniciais.



Figura 3: Processo de Construção das Recomendações Iniciais.



Fonte: Sanches (2023)

#### 4.2. Adequação da Linguagem e Categorização das Recomendações

Após a validação das recomendações pela técnica Delphi, optou-se por um processo de adequação da linguagem, com o intuito de deixar as informações coesas, simples, mais acessíveis e diretas ao público-alvo do artefato. Para isso, foram utilizadas diretrizes da técnica de Linguagem Simples, criadas por Fischer (2018). Em complemento, recomendações similares foram unidas, diminuindo o número do conjunto sem perder o conteúdo.

O uso da técnica de Linguagem Simples causou impacto benéfico no conjunto de recomendações. As principais mudanças foram: definição de hierarquia da informação escrita, com informação principal e secundária; frases mais curtas e diretas; padronização em frases imperativas; e a simplificação das palavras sem perda de conteúdo. Esta reescrita, somada à simplificação do número de recomendações, gerou um novo conjunto de 45 recomendações (Figura 4).

Figura 4: Reescrita em Linguagem Simples.



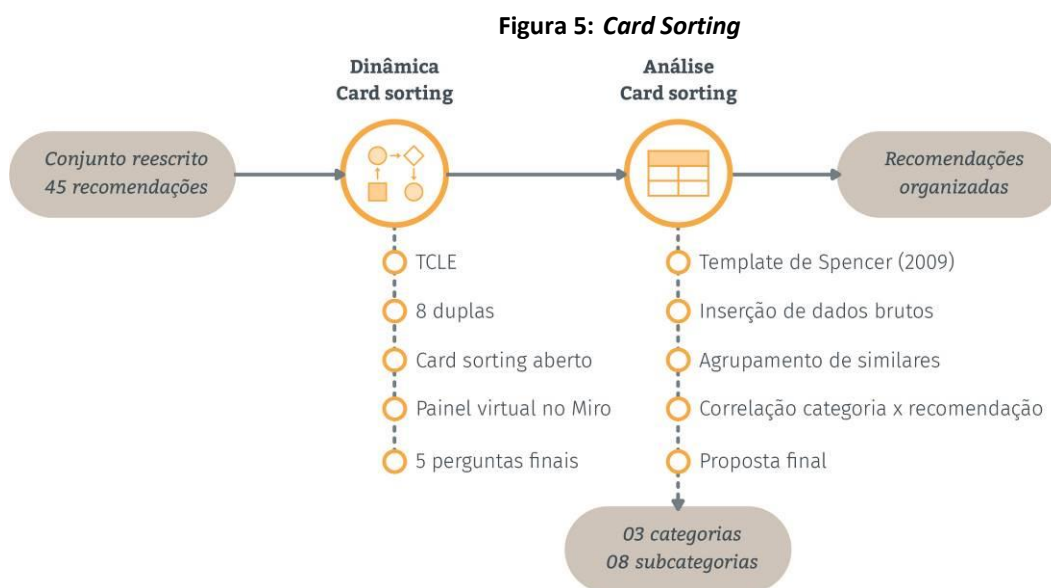
Fonte: Sanches (2023)

Nota-se que a Linguagem Simples é uma técnica que alia a escrita com a organização visual (tais como hierarquia visual e layout). A organização visual foi contemplada posteriormente, no projeto gráfico. Para mais informações desta etapa, ver Sanches e Bueno (2024).

Com as recomendações já avaliadas e reescritas, a técnica de *card sorting* foi aplicada com 16 participantes, divididos em duplas, para a criação de categorias e subcategorias de informações. Não era requisitos que todos os participantes fossem especialistas em materiais didáticos para cegos, mas era necessária a familiaridade com acessibilidade. Ao final da coleta de dados das 8 rodadas de *card sorting*, os nomes foram tabulados e analisados seguindo o *template* de Spencer (2009). Como resultado, as 45 recomendações foram distribuídas nas seguintes categorias e subcategorias:

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

A Figura 5 ilustra as etapas percorridas durante o *card sorting*.



Fonte: Sanches (2023)

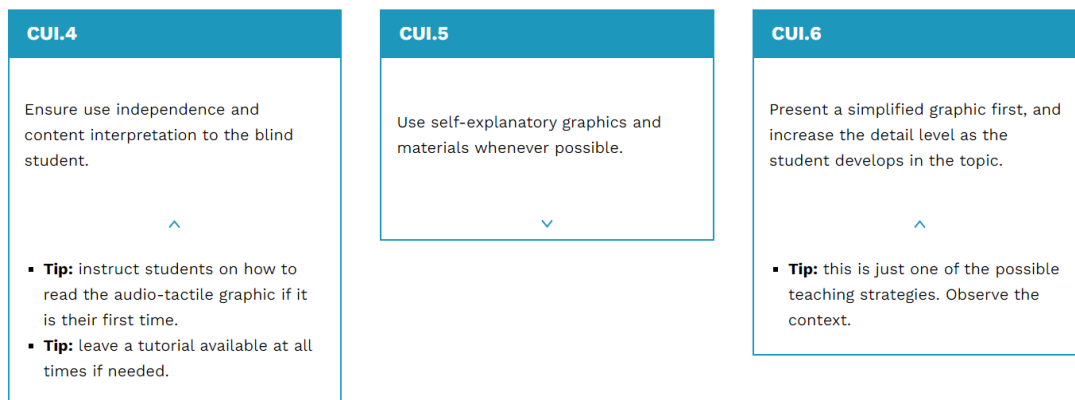
### 4.3. Construção do Projeto Gráfico

Conforme descrito anteriormente, esta etapa foi desenvolvida durante período de doutorado sanduíche, junto aos designers e desenvolvedores inclusivos do *Inclusive Design Research Centre*, da OCAD University, Toronto, Canadá. As principais decisões deste período foram: tradução das recomendações para língua inglesa; definição de duas versões de artefato – digital e para impressão; definição pelo uso de licença aberta *Creative Commons*; uso de cartões para a apresentação individual de cada recomendação.

Após uma série de iterações entre a equipe de design, a versão digital foi incorporada ao projeto *Inclusive Learning Design Handbook* (ILDH), somente em inglês, e pode ser [acessada](#)

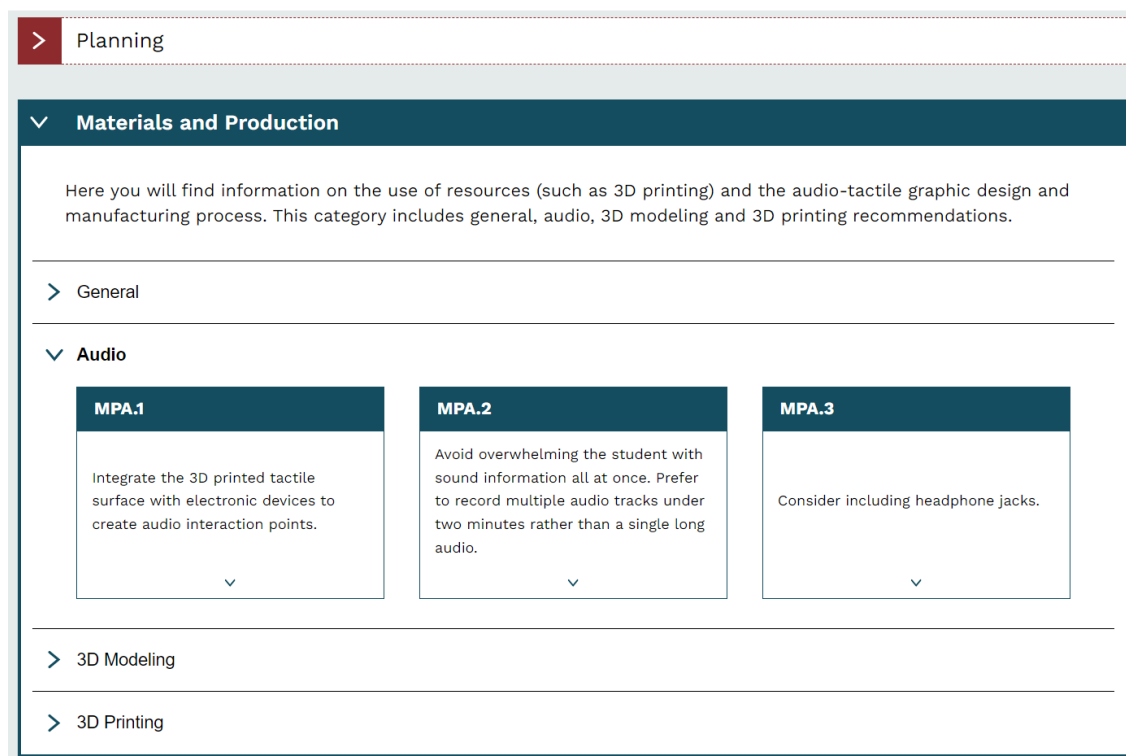
[por este link](#). A Figura 6 apresenta o design dos cartões e sua interatividade. A Figura 7 demonstra a interação de categorias e subcategorias.

Figura 6: Design dos Cartões Digitais Interativos.



Fonte: Sanches (2023)

Figura 7: Design dos Cartões Digitais Interativos.



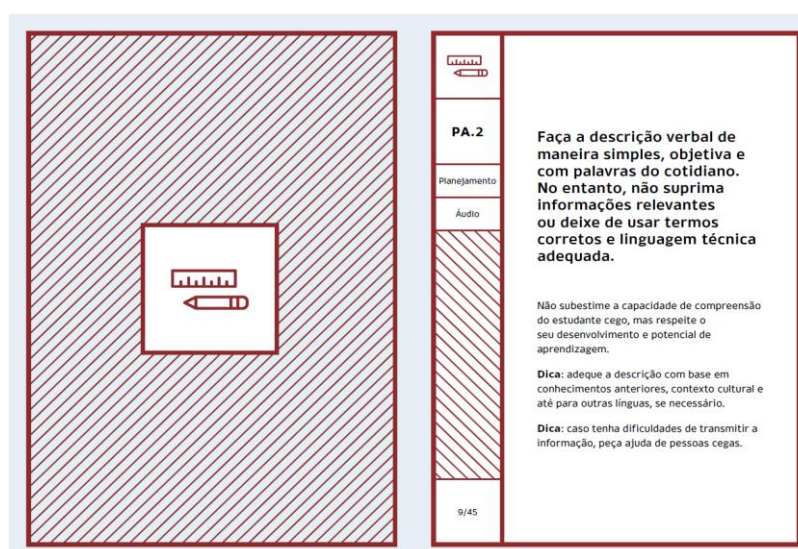
Fonte: Sanches (2023)

A implementação digital seguiu critérios e diretrizes de acessibilidade da WCAG e, além dos cartões de recomendações, um texto explicativo acompanha e contextualiza. Depois disso, a versão para impressão foi desdobramento da versão digital, mantendo uma unidade

visual e informacional.

Esta nova versão foi pensada para uso analógico e com baixo custo de impressão. Há versões em português e inglês. Os documentos disponibilizados para impressão são documentos PDF e podem ser acessados e baixados por este link. A Figura 8 mostra a página de apresentação das recomendações e configuração do cartão; a Figura 9 mostra um exemplo de cartão da categoria Planejamento; a Figura 10 apresenta um exemplo de cartão da categoria Materiais e Produção; e a Figura 11 apresenta um exemplo de cartão da categoria Contexto, Uso e Inclusão.

Figura 8: Cartão da Categoria Planejamento.



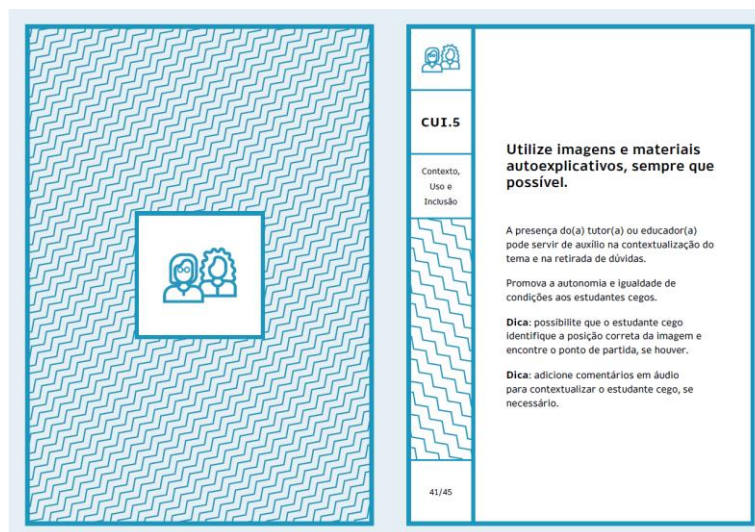
Fonte: Sanches (2023)

Figura 9: Cartão da Categoria Materiais e Produção.



Fonte: Sanches (2023)

Figura 10: Cartão da Categoria Contexto, Uso e Inclusão.



Fonte: Sanches (2023)

#### 4.4. Avaliação Final

Com o artefato informacional pronto, 3 *workshops* de design foram conduzidos com especialistas, como forma de avaliar seu potencial uso em um ambiente real. Foram 9 participantes, de 3 grupos: 3 designers, 3 professoras, 3 especialistas no design de imagens audiotáteis e ensino para cegos.

Os participantes puderam explorar livremente os artefatos, tanto para impressão quanto a sua versão digital. Também simularam seu uso na criação de um projeto de imagem audiotátil fictício, usando os cartões. As avaliações foram positivas e as considerações foram acatadas, gerando a última versão do artefato informacional. A Figura 11 mostra as etapas realizadas nos *workshops*.

Figura 11: Etapas do Workshop



Fonte: Sanches (2023)



## 5. Considerações Finais

Este artigo teve como objetivo relatar o processo de desenvolvimento de um artefato informacional contendo recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, com o foco na educação inclusiva. Este processo fez parte da pesquisa de uma tese de doutorado do PPGDesign da UFPR. Desta forma, apresentou referencial teórico primordial, descreveu o método de pesquisa utilizado e descreveu, brevemente, o processo para a criação de um artefato informacional para auxiliar o design de imagens audiotáteis impressas em 3D, para a educação inclusiva de cegos.

Este artefato é composto por 45 recomendações em forma de cartões (nas versões digital e para impressão), que auxiliam os usuários a pensar sobre o design de imagens audiotáteis nas categorias de Planejamento; Materiais e Produção; Contexto, Uso e Inclusão. Também foram disponibilizados links para acesso completo e gratuito ao artefato, que possui licença aberta.

Para a criação deste artefato, adotou-se uma abordagem inclusiva e centrada no humano. Desta forma, sempre que possível, pessoas especialistas e pessoas com deficiência visual participaram como agentes cocriadores. Os procedimentos adotados que tiveram a participação de outras pessoas foram: entrevistas, Delphi, *card sorting*, design do artefato, *workshop* de design.

Espera-se que, com este artigo, a difusão do artefato seja ainda maior, gerando não só uma discussão acadêmica sobre os assuntos abordados, mas também seu pleno uso em contextos reais. Por fim, recomenda-se que o documento da tese completa seja consultado, em Sanches (2023).

## Referências

BENYON, D. **Designing user experience**: a guide to HCI, UX and interaction design. Harlow: Person, 2019. 4ª ed.

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.

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.

FISCHER, H. **Clareza em textos de e-gov, uma questão de cidadania**. Rio de Janeiro: Com Clareza, 2018.

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.

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.

GOMES, D.; QUARESMA, M. **Introdução ao design inclusivo**. Curitiba: Appris, 2018.

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, 2016.

GÖTZELMANN, T. Visually augmented audio-tactile graphics for visually impaired people. **ACM Transactions on Accessible Computing**, v.11, n.2, a.8, 2018.

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.

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.

INCLUSIVE DESIGN RESEARCH CENTRE. **What is inclusive design?**. 2022. Disponível em: <https://idrc.ocadu.ca/about/philosophy/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

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.

LIMA, E. C. **O aluno com deficiência visual**. São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 2019.

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.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar – o que é? Por quê? Como fazer?**. São Paulo: Summus, 2015.

MENDONÇA, A.; MIGUEL, C.; NEVES, G.; MICAEL, M.; REINO, V. **Alunos cegos e com baixa visão**: orientações curriculares. Lisboa: Ministério da Educação (Portugal), 2008.

O’GRADY, J. V.; O’GRADY, K. V. **A designer’s research manual**. Beverly: Rockport Publishers, 2017. 2ª ed.

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.

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.

RAMOS, R. **Inclusão na prática**: estratégias eficazes para a educação inclusiva. São Paulo: Summus, 2016.

SANCHES, E. C. P. **Artefato de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D para a educação inclusiva de cegos**. 2023, 261p. Tese (Doutorado em Design). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

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. A Linguagem Simples: perspectiva de uso e importância no contexto acadêmico de design. In: 11º CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 2023, Caruaru, Pernambuco, Brasil. **Anais...** São Paulo: Blucher Proceedings, 2024.

SANCHES, E. C. P.; BUENO, J.; OKIMOTO, M. L. L. R. Recomendações para o design de imagens audiotáteis impressas em 3D com foco na educação inclusiva de cegos. In: 10º CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 2021, Curitiba, Paraná, Brasil. **Anais...** São Paulo: Blucher Proceedings, 2021.

SASSAKI, R. K. **Inclusão**: construindo uma sociedade para todos. Rio de Janeiro: WVA, 2010. 8ª ed.

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.

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 Iorque: Association for Computing Machinery, 2019.

WATKINS, C.; TREVIRANUS, J.; ROBERTS, V. **Inclusive design for learning**: creating flexible and adaptable content with learners. Burnaby: Commonwealth of Learning, 2020.