

Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais

Three-dimensional tactile images: a model for tactile translation from two-dimensional static images

Emilia Christie Picelli Sanches, Juliana Bueno,
Claudia Mara Scudelari de Macedo

imagem tátil, modelo de tradução, impressão 3D

A acessibilidade na educação de pessoas cegas é um direito que deve ser cumprido. Levando-se em consideração que o design da informação almeja transmitir uma informação de forma efetiva ao receptor, e que uma imagem estática precisa ser adaptada para que um aluno cego tenha acesso a esse conteúdo visual, propõe-se uma maneira de traduzir a informação visual para o tátil. O propósito deste artigo, então, é apresentar um modelo para tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis tridimensionais. Por isso, parte de uma breve revisão da literatura sobre cegueira, percepção tátil e imagens táteis. Na sequência, apresenta o modelo de tradução em três partes: (1) recomendações da literatura; (2) estrutura e (3) modelo preliminar para teste. Depois, descreve o teste do modelo realizado com dois designers com habilidades de modelagem digital (potenciais usuários). Como resultado dos testes, obtiveram-se duas modelagens distintas, uma utilizando da elevação e outra utilizando texturas, porém, os dois participantes realizaram com sucesso a tarefa pretendida. Ainda, a partir dos resultados dos obtidos, também, foi possível perceber falhas no modelo que necessitam ser ajustadas para as próximas etapas da pesquisa.

tactile image, translation model, 3D printing

Accessibility in education of blind people is a right that must be fulfilled. Considering that information design aims to transmit an information in an effective way to the receiver, and that a static image needs to be adapted so that a blind student can have access to this visual content, it is proposed a way to translate the visual information to the tactile sense. The purpose of this paper is to present a translating model of static two-dimensional images into three-dimensional tactile images. First, it starts from a brief literature review about blindness, tactile perception and tactile images. Second, it presents the translating model in three sections: (1) literature recommendations; (2) structure and (3) finished model for testing. Then, it describes the tests with the model and two designers with digital modelling abilities (potential users). As a result from the tests, two distinct models were obtained, one using elevation and other using textures, although, both participants successfully made the intended task. Also from the test results, it was possible to perceive flaws on the model that need to be adjusted for the next steps of the research.

1 Introdução

Conforme o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2010, considerando as seguintes deficiências: visual, auditiva, motora e mental/intelectual, a deficiência visual é a que tem maior recorrência dentre a população brasileira. Além disso, no Brasil, cerca de 500 mil pessoas não possuem a habilidade de enxergar, ou seja, são cegas (IBGE, 2010).

O Decreto nº 5.296 define a cegueira quando ‘a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica’ (Brasil, 2004, Cap. II, Art 5º). Ela pode ser adquirida ou congênita (cega desde o nascimento).

Para Amiralian (1997: 21), ‘pessoas cegas precisam utilizar-se de meios não usuais para estabelecerem relações com o mundo dos objetos, pessoas e coisas que as cercam’, ou seja, diante da limitação visual, pessoas cegas utilizam outras formas de aprendizagem, mobilidade e orientação. De acordo com Sacks (2010), o córtex visual dos cegos é realocado para percepções dos sentidos auditivos e táteis.

Diante disso, é preciso pensar em como a educação deveria se adaptar de forma a atender alunos cegos, seja na educação presencial, semipresencial, ou à distância. Mantoan (2003: 25) aponta que para a inclusão escolar, é necessário que se:

[...] eliminem barreiras arquitetônicas e adotem práticas de ensino adequadas às diferenças dos alunos em geral, oferecendo alternativas que contemplem a diversidade, além de recursos de ensino e equipamentos especializados que atendam a todas as necessidades educacionais dos educandos, com ou sem deficiências, mas sem discriminações’.

Para Garcia e Souza (2016), o maior bloqueio de alunos cegos no ensino é a própria aprendizagem, superando entraves como orientação e mobilidade. Desta forma, além da preparação dos espaços arquitetônicos, com instalação de pisos táteis, por exemplo, todo o material didático deve ser adaptado e preparado para receber alunos cegos. Informações visuais, tais como textos e imagens, são transformados para serem percebidos através do áudio ou do tato. A audiodescrição de imagens, os audiolivros (para serem utilizados com leitores de tela), os textos em Braille e as imagens táteis são alguns dos recursos que podem ser aplicados no âmbito escolar.

Como foco do artigo, a imagem tátil é recurso importante na transmissão de conceitos complexos de serem traduzidos unicamente através do áudio. Tem como principal objetivo permitir o acesso a imagens artísticas, pedagógicas e ilustrativas (Valente, 2009). A tradução acontece a partir de uma imagem estática, onde o conceito visual é transformado em elementos táteis e, para tanto, o uso de conceitos do design da informação se fazem pertinentes e necessários.

O *International Institute for Information Design* (IIID, 2017) define design da informação como uma área para manipular o conteúdo de uma mensagem para que a necessidade informacional do seu receptor seja cessada. Essa mensagem, geralmente, é

compreendida pelo design da informação como uma informação visual e bidimensional, porém, se levarmos em consideração o público cego com suas particularidades, a mensagem (visual) necessita extrapolar os níveis bidimensionais e chegar ao tridimensional.

Nesse caso, como argumentam Chicca Junior, Castillo e Coutinho (2015: 1356), ‘mesmo que o design da informação contemporâneo esteja mais relacionado à parte gráfica (impressa ou digital), ele pode também transmitir conteúdo além do visual e estimular outros sentidos’, ou seja, pode ser transmitido através do sentido tátil.

Levando-se em consideração, então, que o design da informação pode potencializar a adaptação efetiva de conteúdos visuais em táteis, este trabalho propõe a construção de um modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis tridimensionais (por processo de modelagem 3D), utilizando conceitos tanto do design da informação quanto de acessibilidade.

Assim, o artigo se estrutura da seguinte forma: apresentação de conceitos da percepção tátil e imagens táteis; apresenta, posteriormente, a construção do modelo preliminar de tradução baseado no trabalho de Engelhardt (2002) e recomendações de traduções de de imagens estáticas em imagens táteis extraídas da literatura. Na sequência, discorre sobre os resultados obtidos com a testagem do mesmo por dois designers com habilidades de modelagem digital (potenciais usuários). Por fim, finaliza com algumas considerações e proposição de trabalhos futuros.

2 Percepção pelo tato e imagens táteis

De acordo com Duarte (2011), a percepção tátil é utilizada, com frequência, por pessoas cegas no intuito de reconhecerem objetos. Esses objetos podem ser desde artefatos do cotidiano até imagens táteis inseridas no contexto educacional, por exemplo. A percepção tátil, de acordo com Kastrup (2007) e Duarte (2011), é denominada como uma percepção proximal, e realizada por partes - onde as mãos tocam o objeto -, de modo sequencial-temporal. O reconhecimento do objeto e suas características, como temperatura, textura, densidade, é limitado ao ‘tempo que as mãos gastam para percorrer a sua forma’ (Duarte, 2011: 76).

Nogueira (2007) descreve que ‘[...] a identificação de objetos por meio do tato não se realiza simplesmente pelo toque e pela exploração, é preciso desenvolver uma sensibilidade tátil para percebê-los e conhecê-los’. De forma similar, Liberto, Ribeiro e Simões (2017) indicam a existência de uma inteligência tátil, que é o desenvolvimento da percepção para que a pessoa cega possa organizar, abstrair e compreender conceitos. Desta forma, indica-se que a percepção tátil seja estimulada desde criança (Duarte, 2011), ou quando a pessoa tenha adquirido a cegueira.

Como visto, a imagem tátil permite o acesso da pessoa cega às imagens artísticas, pedagógicas e ilustrativas, mediado pela percepção tátil. Por definição, uma imagem tátil é a adaptação tátil de uma informação visual. Elas podem ser fabricadas por processos de impressão 3D, artesanais, por termoformagem ou impressão em relevo, por exemplo. Independente do processo, é imprescindível que se leve em consideração como a pessoa cega compreende a informação tátil.

Loch (2008) definiu quatro variáveis táteis que compõe uma imagem, que são utilizadas com os elementos gráficos ponto, linha e área. São elas:

- Tamanho: pontos e linhas possuem tamanho mínimo e máximo, por exemplo;
- Forma: um ponto pode se valer de formas como símbolos, formas geométricas simples ou complexas, linhas podem ser contínuas ou tracejadas, etc.;
- Padrão: as áreas podem ser representadas através de padrões de texturas para o reconhecimento tátil, por exemplo; e
- Volume: consiste na elevação dos elementos, que podem ser constantes ou variáveis (Gual, Puyuelo & Lloveras, 2014).

Além disso, Gruenwald (2014) comenta sobre quando utilizar a imagem tátil. Para a autora, conceitos que são complexos de serem descritos apenas por áudio ou Braille, necessitam ser traduzidos para o tátil. Dentro esses conceitos, é possível destacar mapas, geometria, gráficos, corpo humano, obras de arte, etc.

Estas e outras informações para a transformação da informação visual em tátil foram levadas em consideração para a construção do modelo de tradução, que será apresentado e descrito a seguir.

3 Modelo de tradução

O modelo de tradução é proposto a partir da união de recomendações encontradas na literatura sobre planejamento e tradução de imagens estáticas em imagens táteis e de conceitos do design da informação, particularmente, do trabalho de Engelhardt (2002) que serviu de estrutura para o modelo.

3.1 Recomendações da literatura

Como o primeiro passo, a busca na literatura foi realizada através de uma Revisão Bibliográfica Sistemática aplicada no intuito de coletar recomendações de autores para a criação de imagens táteis, que visassem a acessibilidade de pessoas cegas. Também houve a proposição de que o processo de produção fosse o da impressão 3D, por ser uma tecnologia compatível com o propósito da acessibilidade e permitir, com maior liberdade, o uso de elementos tridimensionais

(Gual, Puyuelo & Lloveras, 2014; Chicca Junior, Coutinho & Castillo, 2015).

Desta forma, em um primeiro momento a RBS trouxe 22 trabalhos, os quais foram revisados permitindo ao final como resultado a coleta de recomendações de nove obras distintas, sendo duas sem o foco na impressão 3D - Loch (2008) e *Braille Authority of North America - BANA* (2011) -, e sete com a utilização de impressoras 3D - Voigt e Martens (2006), Celani e Milan (2007), Jovanović; Anđelković; Krstić (2014) Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla e Lloveras-Macia (2015), Araujo e Santos (2015), Urbas, Pivar e Elesini (2016), e Ramsamy-Iranah et al. (2016).

As recomendações foram compiladas, tabuladas e sobrepostas, e o resultado é apresentado nos Quadros 1, 2, 3 e 4 a seguir, nas categorias: variáveis táteis, composição da imagem tátil, simplificação e, aspectos físicos da imagem e usuários.

Quadro 1 Recomendações para a tradução tátil – Variáveis táteis

Variáveis táteis	Fonte
Evitar uso apenas de formas geométricas básicas.	Loch (2008), Jovanović; Anđelković; Krstić (2014)
Combinar elementos de ponto, linha e textura com informações tridimensionais (volume).	Loch (2008), Jovanović; Anđelković; Krstić (2014), Gual-Ortí; Puyuelo-Cazorla; Lloveras-Macia (2015); Ramsamy-Iranah et al. (2016)
Utilizar formas identificáveis e familiares para símbolos, cada símbolo diferente e de fácil identificação.	Ramsamy-Iranah et al. (2016)
Símbolos com tamanho mínimo de 10x10mm, em contorno ou forma sólida.	Ramsamy-Iranah et al. (2016)
Evitar o exagero de texturas.	Ramsamy-Iranah et al. (2016)
Utilizar diferentes orientações de forma para o grupo de símbolos.	Ramsamy-Iranah et al. (2016)
Em formas tridimensionais, obter elevação suficiente a partir da base.	Ramsamy-Iranah et al. (2016)
Utilizar até 3 tamanhos distintos para elementos.	Loch (2008)
Quando a área a ser representada for muito pequena/estreita, utilizar Braille para a identificação.	Loch (2008)
Em geral, a imagem não ultrapassa 5 texturas de área, 5 estilos de linha, e 5 símbolos de ponto.	BANA (2011)
Área mínima é 6mm quadrados. Pequenas áreas são elevadas além das outras áreas.	BANA (2011)
Mínimo de linha 12,5mm de comprimento. Linha pontilhada apresenta entre 6mm até 1cm de tracejado, com pelo menos metade do tamanho de espaço.	Loch (2008); BANA (2011)
Flechas deverão ser representadas com um triângulo fechado ou ponta de flecha aberta.	BANA (2011)
Mínimo tamanho de ponto é 2mm e o máximo de 13mm.	Loch (2008); BANA (2011)

Quadro 2 Recomendações para a tradução tátil – Composição da imagem tátil

Composição da imagem tátil	Fonte
Definir leiaute para o conjunto de imagens táteis.	Loch (2008), Celani; Milan (2007)
Manter a mesma escala para o conjunto de imagens táteis, além de manter consistência nos elementos.	Celani; Milan (2007); BANA (2011), Jovanović; Anđelković; Krstić (2014)
Criar uma imagem tátil que faça a relação entre o conjunto de outras imagens.	Jovanović; Anđelković; Krstić (2014)
Norte geográfico, escala e título são localizados no canto superior esquerdo.	Loch (2008)
Não deve haver mais de dois temas para cada mapa temático físico, e se necessário fazer 2 vistas de uma mesma imagem.	Loch (2008); BANA (2011)
Se o intuito não for apresentação de medidas, podem ocorrer mudanças em leiaute, forma ou posição.	BANA (2011)
3D utilizado para apresentar profundidade e elevação.	BANA (2011)
Documentar e listar o conteúdo a ser traduzido, como linhas, áreas...	BANA (2011)
Tamanho médio de imagens táteis em papel é 28x29 cm, mas pode variar de acordo com a clareza de cada imagem.	BANA (2011)
Rótulos são apresentados entre 3 e 6 mm de distância do componente, ou acompanhar linha de 2cm até o componente.	BANA (2011)
Manter 3mm de margem entre um rótulo e textura.	BANA (2011)
Quando uma imagem contém escala, aumentar a escala proporcionalmente caso seja necessário.	BANA (2011)
Informações secundárias podem ser incluídas como pequenos textos.	BANA (2011)

Quadro 3 Recomendações para a tradução tátil – Simplificação

Simplificação	Fonte
Simplificar elementos para compreensão tátil, porém manter detalhes essenciais.	Celani; Milan (2007), BANA (2011), Jovanović; Anđelković; Krstić (2014) Araujo; Santos (2015); Ramsamy-Iranah et al (2016)
Itens decorativos devem ser excluídos das imagens táteis	BANA (2011)
Na simplificação de mapas, elementos como pequenas ilhas, rios, cidades menores poderão ser excluídas na imagem tátil, desde que não comprometam o significado	BANA (2011)
Bordas são eliminadas a não ser pela borda de referência e de limites	Loch (2008), BANA (2011)
Áreas similares ou áreas muito pequenas juntas podem ser agrupadas em uma área só	BANA (2011)
Imagens muito complexas devem ser divididas em várias imagens, e neste caso deve ser feita uma imagem simplificada do todo para referência. Exemplo no mapa é separar elementos: cidades, recursos minerais, rios e lagos...	BANA (2011)

Quadro 4 Recomendações para a tradução tátil – Aspectos físicos da imagem e usuários

Aspectos físicos da imagem e usuários	Fonte
Levar em consideração limitações técnicas da impressora 3D, recursos financeiros, portabilidade e possibilidade de impressão em outros lugares	Voigt; Martens (2006), Loch (2008)
Utilizar pós-processamento para que a impressão não fique áspera ou muito lisa	Jovanović; Anđelković; Krstić (2014), Urbas; Pivar; Elesini (2016)
Levar em consideração o usuário - tipo de cegueira, experiências prévias, idade	Celani; Milan (2007), BANA (2011)
Pode acompanhar notas do tradutor, caso necessário	BANA (2011)

3.2 Estrutura

Com as recomendações tabuladas, uma estrutura de modelo foi proposta utilizando o *framework* de análise de representações gráficas de Engelhardt (2002).

Engelhardt (2002), autor da área do design da informação, propôs em sua tese um *framework* de análise da sintaxe e do significado de mapas, gráficos e diagramas. O *framework* analisa e classifica a representação gráfica da imagem, o espaço gráfico, os objetos gráficos que compõem a imagem, a relação entre esses objetos e o espaço, além de analisar o significado de cada representação gráfica.

Este *framework* foi escolhido como estrutura por propor uma análise para mapas, gráficos e diagramas, que, como visto anteriormente, são imagens com conceitos utilizados em imagens táteis. Além disso, traz subsídios que complementam as recomendações da literatura, tais como os tipos de representações gráficas.

Assim, os elementos de Engelhardt (2002) adotados como estrutura são:

Três níveis de análise: 1 - Representação Gráfica; 2 - Objetos Gráficos e; 3 - Estrutura espacial;

Nomenclaturas dos tipos de representações gráficas: mapa, figura, gráfico estatístico, gráfico de tempo, diagrama de ligações, diagrama de agrupamento, tabela, símbolo, texto, mapa estatístico, mapa de rotas, mapa estatístico de rotas, gráfico estatístico de tempo, diagrama estatístico de ligações e diagrama de ligações cronológico.

Além dos três níveis adotados de Engelhardt (2002), o modelo ainda traz um fluxograma de decisão (para confirmação da necessidade de tradução) proposto por BANA (2011), um *checklist* final para conferência, e uma página de exemplos de texturas e linhas, também propostos por BANA (2011).

3.3 Modelo preliminar para teste

Com as recomendações compiladas e a estrutura de base definida, houve a efetiva proposição do modelo preliminar diagramado, para ser testado com dois designers com habilidades de modelagem digital. O documento é um arquivo pdf, contendo seis páginas A4, em preto e branco, com o intuito de poder ser impresso a baixo custo. O pdf pode ser acessado a partir deste link: <https://goo.gl/uQeNbA>.

A primeira página apresenta uma breve introdução do modelo, com objetivo e explicações nos três níveis de tradução. Além disso, conta também com um fluxograma de decisão com cinco perguntas, no propósito de decidir se a imagem estática a ser traduzida precisa realmente ser tátil. Em caso positivo, o usuário do modelo prossegue para a próxima página (Figura 1).

Figure 1 Primeira página do modelo de tradução.

Modelo de tradução | Imagens estáticas 2D em imagens táteis 3D

Este modelo visa o auxílio na tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis tridimensionais. O propósito do uso do modelo é garantir que o aluno cego tenha acesso ao mesmo material didático disponível para alunos videntes.

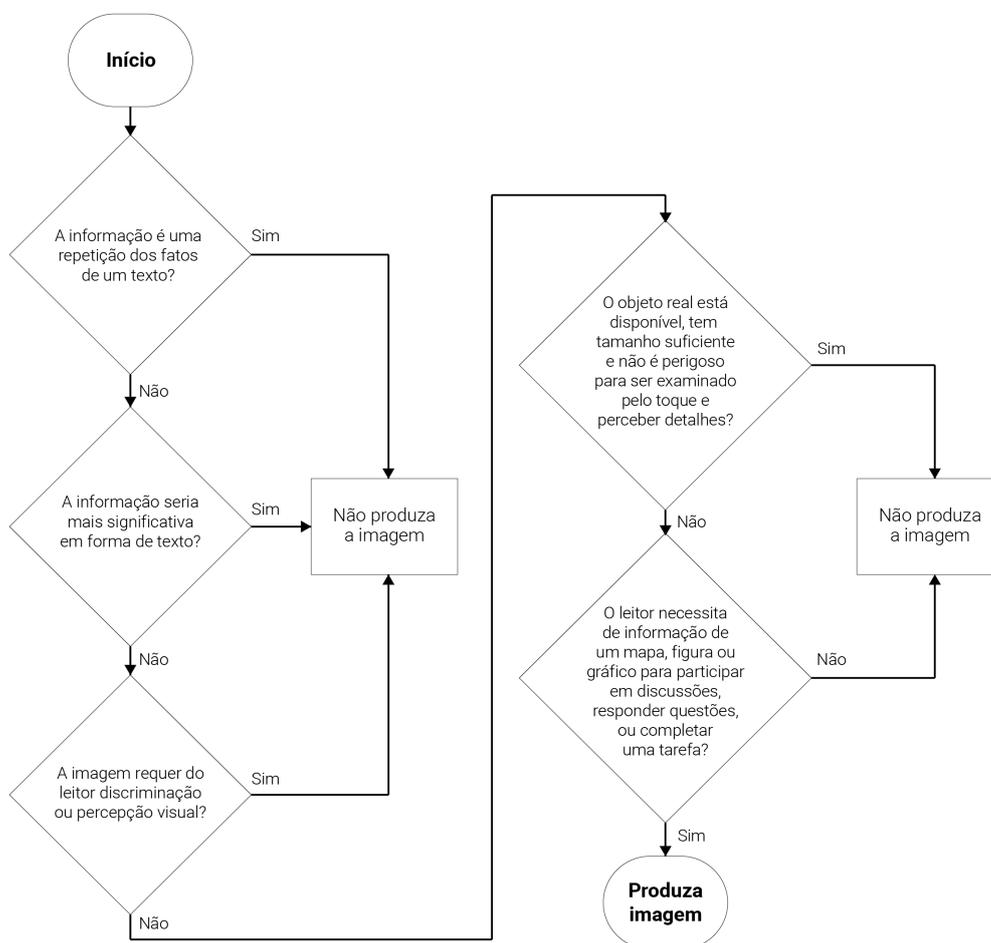
Assim, o mesmo está dividido em 3 níveis, sendo:

Nível 1 - Representação gráfica: descrição geral a imagem, bem como listagem de elementos a serem traduzidos e recursos disponíveis para a impressão da imagem tátil.

Nível 2 - Objetos gráficos: tradução das variáveis táteis da imagem - ponto, linha, área e volume.

Nível 3 - Estrutura espacial: composição de elementos na imagem tátil, como posição e escala.

Como primeiro passo, verifique através do fluxograma abaixo a necessidade de tradução da imagem. Em caso positivo, siga este modelo como rota para uma tradução tátil.



Fonte: Baseado em BANA (2011)

A segunda página apresenta o primeiro nível de tradução, o de Representação Gráfica. O objetivo é realizar um panorama geral da imagem estática a ser traduzida, assim como listar os recursos disponíveis e limitações da impressora 3D. Desta forma, apresenta

itens como: descrição da figura, fonte, tipo de representação gráfica, e perguntas sobre o assunto da imagem estática, recursos disponíveis, limitações da impressora 3D e elementos a serem traduzidos (Figura 2).

Figure 2 Segunda página do modelo de tradução.

Nível 1: Representação gráfica

Nome e descrição da figura:

Fonte: _____ **Série escolar:** _____

Tipo de representação gráfica: *Selecione uma opção.*

Primário	<input type="radio"/> Mapa	<input type="radio"/> Gráfico de tempo	<input type="radio"/> Tabela
	<input type="radio"/> Figura	<input type="radio"/> Diagrama de ligações	<input type="radio"/> Símbolo
	<input type="radio"/> Gráfico estatístico	<input type="radio"/> Diagrama de agrupamento	<input type="radio"/> Texto
Híbrido	<input type="radio"/> Mapa estatístico	<input type="radio"/> Gráfico estatístico de tempo	
	<input type="radio"/> Mapa de rotas	<input type="radio"/> Diagrama estatístico de ligações	
	<input type="radio"/> Mapa estatístico de rotas	<input type="radio"/> Diagrama de ligações cronológico	

Quantos assuntos são abordados na imagem estática 2D? *Selecione uma opção.*

1 2 3 ou mais

Recomenda-se a produção de 1 imagem tátil.

Recomenda-se a divisão em 2 ou mais imagens táteis.

Se necessário, um assunto complexo pode ser dividido em imagens diferentes.

Exemplo: mapa apresenta população e altitude em uma mesma imagem (2 assuntos)

Dentre os recursos necessários, quais são os disponíveis? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

<input type="radio"/> Verba	<input type="radio"/> Local para uso das imagens táteis	<input type="radio"/> Computador
<input type="radio"/> Impressora 3D	<input type="radio"/> Local para armazenamento do modelo digital	<input type="radio"/> Outros. Quais? _____
<input type="radio"/> Modeladores digitais	<input type="radio"/> Local para armazenamento do modelo físico	_____

A impressora 3D que será utilizada possui limitações? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

<input type="radio"/> Tamanho máximo de impressão: _____	<input type="radio"/> Outras. Quais? _____
<input type="radio"/> Material disponível para uso: _____	
<input type="radio"/> Necessidade de pós-processamento	

Quais os elementos da imagem a serem traduzidos?

<input type="radio"/> Pontos	<input type="radio"/> Símbolos	<input type="radio"/> Título
<input type="radio"/> Linhas	<input type="radio"/> Flechas	<input type="radio"/> Escala
<input type="radio"/> Áreas	<input type="radio"/> Rótulos (nomes)	<input type="radio"/> Norte geográfico
<input type="radio"/> Outros. Quais? _____		

A terceira página apresenta o nível 2 de tradução, Objetos Gráficos. Neste nível, o usuário tem como objetivo ler as recomendações de como traduzir os objetos gráficos para o tátil. Assim, o nível aborda questões do que é possível simplificar, de como traduzir elementos como ponto, linha e área, qual o procedimento para elementos iguais e elementos tridimensionais (Figura 3).

Figure 3 Terceira página do modelo de tradução.

Nível 2: Objetos gráficos	
Os elementos abaixo, em geral, podem ser simplificados. Quais desses existem na imagem?	<i>Exemplo 1: uma borda decorativa que não possui relação direta com a imagem deve ser excluída.</i>
<input type="radio"/> Bordas decorativas : Excluir bordas, exceto por bordas de referência.	
<input type="radio"/> Itens decorativos : Devem ser excluídos das imagens táteis.	
<input type="radio"/> Áreas ou itens pequenos : Excluir, substituir por Braille, ou elevar a área.	
<input type="radio"/> Áreas similares próximas uma das outras : Agrupar em uma área só.	<i>Exemplo 2: em um mapa, pequenas ilhas, cidades menores ou rios poderão ser excluídos ou transformados em uma só área na imagem tátil.</i>
Mantenha apenas os detalhes essenciais que dão sentido para a imagem.	
<hr/>	
Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil?	<i>Verificar exemplos de texturas, linhas e flechas ao final do documento.</i>
<input type="radio"/> Pontos : O tamanho mínimo do ponto é de 6 mm. O máximo é de 13 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos de pontos e símbolos.	
<input type="radio"/> Símbolos : Símbolos devem ter tamanho mínimo de 10x10 mm, feitos por contorno ou formas sólidas. Utilizar diferentes orientações de forma para diferenciar o grupo de símbolos.	
<input type="radio"/> Formas geométricas : Formas geométricas básicas (quadrado, círculo, retângulo) podem ser combinadas com formas de maior complexidade, como símbolos. Podem ser 2D ou 3D.	
<input type="radio"/> Linhas : O tamanho mínimo do comprimento da linha é de 12,5 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos de linha.	
<input type="radio"/> Linhas tracejadas : Linha tracejada apresenta entre 6 mm até 10 mm de tracejado, com pelo menos metade do tamanho de espaço entre traços.	
<input type="radio"/> Flechas : Flechas são representadas com um triângulo fechado ou ponta de flecha aberta.	
<input type="radio"/> Áreas : A área mínima é de 6 mm ² . Pequenas áreas são elevadas além das outras áreas para indicar destaque. Áreas podem ser representadas por texturas.	
<input type="radio"/> Texturas : Em geral, usa-se até 5 texturas por imagem.	
<hr/>	
Há elementos iguais na mesma imagem? <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
Se sim , utilizar até 3 tamanhos distintos para elementos, se for necessário diferenciá-los.	
<hr/>	
Serão utilizados elementos tridimensionais na imagem tátil? <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
Se sim , combinar elementos de ponto, linha e textura com informações tridimensionais (volume) na imagem tátil.	

A quarta página apresenta o último nível de tradução, Estrutura Espacial. Este nível aborda estrutura e composição da imagem tátil, como por exemplo, a posição do título em Braille. As questões inseridas neste nível são sobre tamanho da imagem tátil, posição de elementos, informações secundárias, conjunto de imagens táteis e pós-processamento. Também é possível, assim como no nível 2, ler recomendações sobre a tradução (Figura 4).

Figure 4 Quarta página do modelo de tradução.

Nível 3: Estrutura espacial

O tamanho da imagem tátil precisa ser definido? Sim Não

Se **sim**, o tamanho médio de uma imagem tátil é de 280x290 mm, mas pode variar de acordo com a clareza, nível de detalhes e o objetivo de cada imagem.

A imagem tem como objetivo apresentar medidas exatas de algum artefato? Sim Não

Se **sim**, evite fazer mudanças de leiaute, forma ou posição dos elementos.

Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil?

Norte geográfico : O norte geográfico fica localizado no canto superior esquerdo na imagem tátil.

Escala : A escala fica localizada no canto superior esquerdo na imagem tátil. Quando uma imagem 2D contém escala, aumentar a escala proporcionalmente para o tátil, se necessário.

Título : O título fica localizado no canto superior esquerdo na imagem tátil.

Profundidade/elevação : Utilize elementos 3D ao invés de camadas.

Rótulos (nomes) : São apresentados entre 3 e 6 mm de distância do componente, ou acompanham linha de 20 mm até o componente a ser rotulado.
Manter 3 mm de margem entre um rótulo e uma textura.

Há informações secundárias que não estão na imagem mas são essenciais para a compreensão? Sim Não

Se **sim**, informações secundárias podem ser incluídas como pequenos textos adjacentes, assim como notas de tradução.

A imagem 2D foi dividida em 2 ou mais imagens táteis? Sim Não

Se **sim**, crie uma imagem tátil simplificada representando a totalidade.

Será feito um conjunto de imagens táteis? Sim Não

Se **sim**, definir leiaute para o conjunto de imagens táteis.
Manter a mesma escala para o conjunto de imagens táteis, além de manter consistência nos elementos.
Se necessário, criar uma imagem tátil que faça a relação entre o conjunto todo.

Exemplo: imagens de uma mesma aula formam um conjunto.

A impressora 3D a ser utilizada requer pós-processamento? Sim Não

Se **sim**, utilize pós-processamento para que a impressão não fique áspera ou muito lisa.

Já na quinta página, é apresentado um *checklist* a ser utilizado antes da impressão 3D da imagem tátil. Neste *checklist*, se retoma as principais questões de tradução para uma última verificação (Figura 5).

Figure 5 Quinta página do modelo de tradução.

Checklist final

Faça a revisão da imagem tátil antes de enviar para a impressão 3D.

- A imagem tátil aborda no máximo 2 assuntos distintos.
- Todos os recursos necessários para a impressão 3D estão disponíveis.
- A imagem tátil respeita as limitações da impressora 3D.
- Todos os elementos necessários foram traduzidos para a imagem tátil.
- Elementos não essenciais foram simplificados.
- Elementos tridimensionais estão combinados com pontos, linhas, áreas e texturas.
- Um leiaute foi definido para a imagem tátil.
- Os rótulos (nomes) foram traduzidos para o Braille.
- Textos ou notas secundárias estão definidas e traduzidas para o Braille.
- A imagem tátil simplificada, que representa a totalidade de um conjunto, foi criada.
- A imagem tátil respeita números máximos de pontos, linhas e texturas.
- A imagem tátil respeita tamanhos mínimos e máximos dos elementos.

Na última página, se apresentam exemplos de texturas e linhas. As texturas se dividem em oito grupos distintos, enquanto as linhas se apresentam em exemplos de tracejados e linhas contínuas, além de flechas (Figura 6).

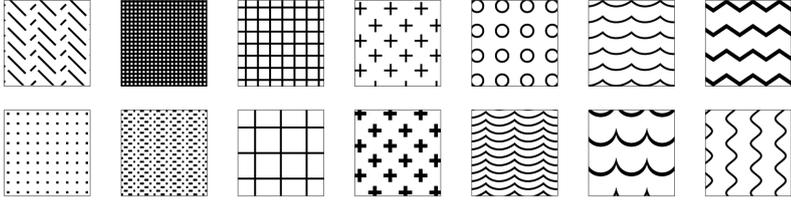
Figure 6 Sexta página do modelo de tradução.

Exemplos de texturas e linhas

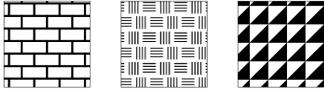
Fonte: BANA (2011)

Texturas

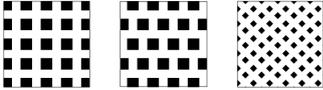
Grupo A: Esse grupo pode ser utilizado livremente ou com texturas de outros grupos.



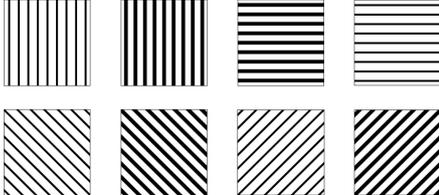
Grupo B: Use apenas 1 textura do grupo.



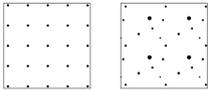
Grupo E: Use apenas 1 textura do grupo.



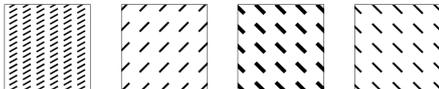
Grupo C: Use apenas 1 textura do grupo.



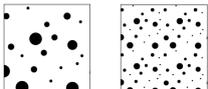
Grupo F: Use apenas 1 textura do grupo.



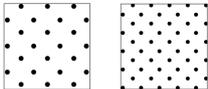
Grupo D: Use apenas 1 textura do grupo.



Grupo G: Use apenas 1 textura do grupo.



Grupo H: Use apenas 1 textura do grupo.



Linhas e setas

Linhas especiais.

- Linha de eixo (2,5pt)
- Linha de gríd (1,0pt)
- Linha de medidas (1,5pt)
- Marca de tique (1,5pt)

Exemplo de linhas.

- Linha 1 (6,0pt)
- Linha 2 (4,0pt)
- Linha 3 (2,0pt)
- Linha 4 (3,0pt)

Exemplo de tracejados.

- Tracejado 1 (1,5pt)
- Tracejado 2 (2,5pt)
- Tracejado 3 (3,0pt)
- Tracejado 4 (1,5pt)

Exemplo de setas.



Após finalização da diagramação, o modelo foi testado com dois designers, e os resultados são apresentados a seguir.

4 Testes com os designers

Os dois testes foram realizados para identificar possíveis falhas e dificuldades no modelo de tradução. Duas pessoas participaram, individualmente, do teste: um estudante do último ano do curso de Design, e um designer atuante na área de produtos moveleiros.

O teste consistia em traduzir um mapa dos climas brasileiros, retirados do site Dia a Dia Educação, mantido pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED), conforme figura 7 abaixo.

Figure 7 Mapa dos climas brasileiros. Fonte: SEED, 2017.



Os testes ocorreram e tiveram uma duração média de 3 horas. A partir da explicação do objetivo da pesquisa e do teste, da entrega do modelo impresso e da imagem estática digital, os participantes preencheram o modelo de tradução e realizaram modelagem com *software* de preferência. Após modelagem, os participantes responderam uma entrevista semiestruturada contendo cinco questões-chave, no intuito de entender as dificuldades encontradas no modelo de tradução, sendo estas:

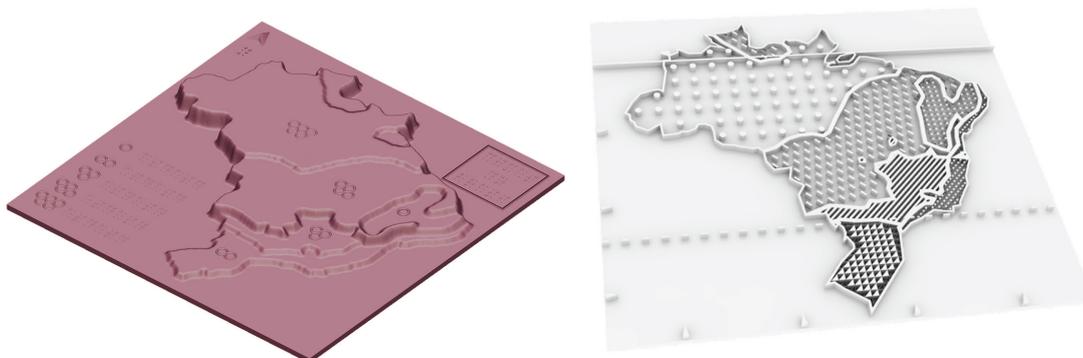
- Entre 0 e 10, qual o nível de dificuldade no uso do modelo de tradução? (Sendo 0 = nenhuma dificuldade e 10 = muita dificuldade);
- A partir dos requisitos gerados pelo teste, a imagem tátil foi facilmente executada? Quais foram as dificuldades?
- As informações do modelo de tradução estavam claras?

- Para você, alguma informação deveria ser acrescentada no modelo de tradução?
- Sentiu necessidade que algum profissional lhe prestasse auxílio na tarefa? Por exemplo, professores e pedagogos de educação inclusiva.

Assim, a coleta de dados foi realizada através da observação da pesquisadora, do protocolo de *think aloud* durante o preenchimento do modelo e de entrevista semiestruturada após a modelagem, que foram gravados em áudio para posterior análise.

O resultado das modelagens feitas pelos dois participantes pode ser conferido na figura 8. Cabe ressaltar que não havia nenhum resultado ideal, podendo os participantes realizarem as modelagens de acordo com a sua interpretação do modelo de tradução.

Figure 8 Imagens táteis resultantes dos testes.



O primeiro teste ocorreu da seguinte forma: após explicação da pesquisa e entrega do modelo de tradução impresso, o designer o preencheu parcialmente em cerca de 15 minutos, deixando uma questão do Nível 2 e o checklist para ser preenchido durante e após a modelagem, respectivamente. Algumas dificuldades foram percebidas no preenchimento do modelo, principalmente na compreensão de questões e na falta de informações sobre Braille. O designer, então, definiu sua estratégia de modelagem, que seria através da técnica de “*heightmap*”, que transforma uma imagem em escala de cinza em elevações (cor branca = nenhuma elevação, cor preta = máxima elevação), utilizando os *softwares* Photoshop e Blender. Posteriormente, incluiu símbolos, legendas, norte geográfico e título e simplificou elementos como linha do equador e marcadores de coordenadas.

O participante do segundo teste, de forma semelhante, preencheu o modelo parcialmente em cerca de 15 minutos, deixando apenas o checklist para depois da modelagem. As principais dificuldades foram na compreensão de questões e termos, e na falta de exemplos visuais de imagens estáticas e táteis. A estratégia de modelagem foi definida junto com o preenchimento do modelo de

tradução, estabelecendo-se que o participante usaria linhas e texturas para diferenciar as áreas da imagem estática, utilizando o *software* Rhinoceros. Diferentemente do outro participante, incluiu a linha do equador e o trópico de capricórnio, assim como marcadores de coordenadas, pois compreendeu serem essenciais para o entendimento tátil.

Nenhum dos participantes tiveram contato com imagens táteis acessíveis anteriormente ao teste, o que trouxe à tona melhorias que necessitam ser realizadas para que o modelo de tradução seja utilizado de forma autônoma por qualquer designer ou modelista, tais como glossário e exemplos visuais, ou mesmo explicações breves de como ocorre a percepção tátil pelos cegos.

Com a transcrição dos dados dos testes, foi possível perceber algumas falhas no modelo, tais como:

- Necessidade de explicação adicional de algumas questões, como por exemplo, se o nível 1 se tratava exclusivamente da imagem estática ou se era possível marcar mais de uma opção em algumas questões do nível 2 e 3;
- Falta de recomendações para criação de células Braille, como tamanho e elevação;
- Falta de recomendações de como criar legendas;
- Necessidade de exemplos visuais de imagens estáticas e táteis traduzidas;
- Falta de glossário com explicação de termos e exemplos;
- Falta de recomendações sobre suavização de curvas;
- Falta de exemplificação de símbolos táteis usuais.

Mesmo com falhas, os participantes atingiram o objetivo de traduzir as imagens estáticas em imagens táteis, tendo um participante optado pelo uso de elevações distintas e o outro pelo uso de texturas. A dificuldade sentida pelos participantes, na escala de 0 a 10, foi de, respectivamente, 3 e 7. O designer que sentiu maior dificuldade comentou que a sentiu por não saber se estava sendo efetivo ou não na modelagem. O teste foi considerado satisfatório, pois identifica falhas e dificuldades que, ao serem sanadas, melhora o conteúdo e a dinâmica de preenchimento do modelo de tradução.

5 Considerações finais

O artigo visou apresentar a criação e testagem do modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis tridimensionais. Buscou-se abordar uma breve fundamentação teórica que apresentasse a cegueira, a percepção tátil e as imagens táteis. Posteriormente, o modelo foi apresentado desde a sua concepção inicial - pela busca de recomendações da literatura e estruturação baseada no trabalho de Engelhardt (2002), até a testagem com dois designers. Os resultados dos testes foram satisfatórios e apontaram falhas do modelo preliminar a serem corrigidas.

As melhorias no modelo de tradução, como por exemplo, o acréscimo de informações e reformulação das questões que geraram dúvidas aos participantes, tende a fazer com que o modelo se torne mais claro e suficientemente autoexplicativo.

A partir do modelo revisado, propõe-se uma continuação da pesquisa sobre a acessibilidade de imagens estáticas, através da utilização do modelo em uma amostra de imagens, posterior impressão 3D dos modelos digitais tridimensionais e realização de testes de compreensão com o público cego. Sugere-se também a formulação de outros meios de apresentação do modelo de tradução, tais como utilização de formulários online, websites ou aplicativos.

Referências

- AMIRALIAN, M. L. T. M. 1997. *Compreendendo o cego: uma visão psicanalítica da cegueira por meio de desenhos-estórias*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- ARAUJO, M. D. X; SANTOS, D. M. 2015. Fotografia Tátil: desenvolvimento de modelos táteis a partir de fotografias com a utilização de impressora 3d. *Revista Brasileira de Design da Informação - Infodesign*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 62-76.
- BANA - THE BRAILLE AUTHORITY OF NORTH AMERICA. 2011. Guidelines and standards for tactile graphics. In: *Braille Authority*. <<http://www.brailleauthority.org/tg/index.html>>. 10/06/2017.
- BRASIL. 2004. *Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004*. In: BRASIL. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. 10/06/2016
- CELANI, G.; MILAN, L. F. 2007. Tactile scale models: threedimensional infographics for space orientation of the blind and visually impaired. In: International Conference On Advanced Research In Virtual And Rapid Prototyping, 3^o, 2007, Leiria, Portugal. *Anais do 3^o International Conference On Advances Research in Virtual and Rapid Prototyping*. Leiria, p.801-806.
- CHICCA JUNIOR, N.; CASTILLO, L. G.; COUTINHO, S. G. 2015. A impressão 3D contribuindo em projetos de design da informação. In: Congresso Internacional De Design Da Informação, 7^o, 2015, Brasília, DF. *Anais do 7^o Congresso Internacional de Design da Informação*. Brasília: Blucher, p. 1355-1360.
- DUARTE, M. L. B. 2011. *Desenho infantil e seu ensino a crianças cegas: razões e métodos*. Curitiba: Insight.
- ENGELHARDT, Y. 2002. *The language of graphics: A framework for the analysis of syntax and meaning in maps, charts and diagrams*. Amsterdam: University of Amsterdam.
- GARCIA, F. A.; SOUZA, S. R. C. 2016. 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.

- GRUENWALD, L. 2014. Impressão 3d: lendo imagens através do tato. Um recurso a mais para estudantes com deficiência visual. *Revista nacional de reabilitação – reação*, n. 98, Maio/ Junho.
- GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. 2014. 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.
- GUAL-ORTÍ, J.; PUYUELO-CAZORLA, M.; LLOVERAS-MACIA, J. 2015. Improving tactile map usability through 3D printing techniques: an experiment with new tactile symbols. *The Cartographic Journal*, v. 52, n.1, p. 51-57.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. *Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência*. In: IBGE. <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. 10/06/2017
- IIID - INTERNATIONAL INSTITUTE FOR INFORMATION DESIGN. What is information design?. 2017. In: *IIID Definitions*. <<http://www.iiid.net/home/definitions/>>. 10/06/2017.
- JOVANOVIC, N.; ANDELKOVIC, B.; KRSTIC, H. 2014. The role of 3D printing in the making of models for tactile perception of architectural objects. In: *Monjeometrija - International Scientific Conference On Geometry And Graphics, 4^o, 2014*, Vlasina, Sérvia. *Anais do 4^o moNGeometrija*. Vlasina.
- KASTRUP, V. 2007. 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.
- LIBERTO, A.; RIBEIRO, C.; SIMÕES, C. 2017. As representações de imagens grafo-táteis para o aluno cego no contexto educativo inclusivo. *Revista Educação Especial*, Santa Maria, v. 30, n. 57, p. 9-26, jan./abr.
- LOCH, R. E. N. 2008. Cartografia tátil: mapas para deficientes visuais. *Portal da Cartografia*, Londrina, v.1, n.1, p. 35-58.
- MANTOAN, M. T. E. 2003. *Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?*. São Paulo: Moderna.
- NOGUEIRA, R. E. 2007. Padronização de mapas táteis: um projeto colaborativo para a inclusão escolar e social. *Ponto de Vista*, Florianópolis, n.9, p.87-111.
- RAMSAMY-IRANAH, S.; MAGUIRE, M.; GARDNER, J.; ROSUNEE, S.; KISTAMAH, N. 2016. A comparison of three materials used for tactile symbols to communicate colour to children and young people with visual impairments. *British Journal of Visual Impairment*, v. 34, n.1, p. 54-71.
- SACKS, O. 2010. *O olhar da mente*. São Paulo: Companhia das Letras.
- URBAS, R.; PIVAR, M.; ELESINI, U. S. 2016. Development of tactile floor plan for the blind and the visually impaired by 3D printing technique. *Journal of Graphic Engineering and Design*, v. 7, n.1, p. 19-26.
- VOIGT, A.; MARTENS, B. 2006. Development of 3D tactile models for the partially sighted to facilitate spatial orientation. In: *eCAADe, 24^o, 2006*, Volos, Grécia. *Anais do 24^o eCAADe*. Volos, Grécia, p. 366-370.

Sobre os autores

Emilia C. P. Sanches

<emilia.ecps@gmail.com>

Mestranda

Programa de Pós-Graduação em Design

Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná - UFPR

Rua General Carneiro, 460 - 8o andar

Curitiba, PR, Brasil - CEP 80060-150

Juliana Bueno

<oieusouaju@gmail.com>

Professora Doutora

Programa de Pós-Graduação em Design

Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná - UFPR

Rua General Carneiro, 460 - 8o andar

Curitiba, PR, Brasil - CEP 80060-150

Claudia M. S. de Macedo

<claudia.scudelari@gmail.com>

Professora Doutora

Programa de Pós-Graduação em Design

Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná - UFPR

Rua General Carneiro, 460 - 8o andar

Curitiba, PR, Brasil - CEP 80060-150

Artigo recebido em 26/10/2017

Artigo aceito em 26/10/2017