

Representação de dados para pessoas com deficiência visual

Representación de datos para personas con discapacidad visual

Data representation for visually impaired people

Giovanna Farah, Doris C. Kosminsky

visualização de dados, deficiência visual, fisicalização, representação

A produção e emprego de dados na sociedade têm aumentado significativamente e a visualização é um dos formatos mais utilizados para apresentar e analisar dados, provocar reflexões e colaborar em tomadas de decisões. Visualização de dados é uma área interdisciplinar que procura representar informações de forma gráfica. Por ser fortemente vinculada à visão, seu acesso é limitado às pessoas com deficiência visual. Apesar disso, há poucos estudos visando aproximar formas de compreensão e o uso de dados por este público. Este artigo considera o potencial da fisicalização de dados para a área, e objetiva definir um framework que oriente o desenvolvimento de representações adequadas a este público.

visualización de datos, discapacidad visual, fisicalización, representación

La producción y el uso de datos en la sociedad han aumentado significativamente, y la visualización es uno de los formatos más utilizados para presentar y analizar datos, provocar reflexiones y apoyar la toma de decisiones. La visualización de datos es un campo interdisciplinario que busca representar la información de manera gráfica. Debido a su fuerte vínculo con la visión, su acceso es limitado para las personas con discapacidad visual. A pesar de ello, existen pocos estudios que busquen acercar las formas de comprensión y el uso de datos por parte de este público. Este artículo considera el potencial de la fisicalización de datos en este campo y tiene como objetivo definir un marco que oriente el desarrollo de representaciones adecuadas para este público.

data visualization, visual impairment, physicalization, representation

The production and use of data in society have increased significantly, and visualization is one of the most widely used formats for presenting and analyzing data, provoking reflection, and supporting decision-making. Data visualization is an interdisciplinary field that seeks to represent information graphically. Because it is strongly linked to vision, its access is limited for people with visual impairments. Despite this, there are few studies aimed at bridging the gap in how this audience comprehends and uses data. This article considers the potential of data physicalization in this field and aims to define a framework to guide the development of appropriate representations for this audience.

1 Introdução

Visualização de dados é uma área interdisciplinar que busca representar informações de forma gráfica e — majoritariamente — visual. É empregada em diversas áreas (jornalismo, educação, saúde e finanças): para informar e comparar dados, provocar reflexões e colaborar com tomadas de decisões (Yau, 2013). Dada sua relevância, o desenvolvimento e emprego da visualização têm aumentado significativamente (Kim et al., 2021).

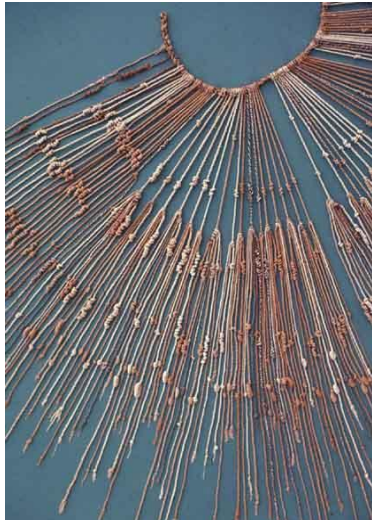
A complexidade estrutural e temática das visualizações atuais, somada à falta ou limitação de pesquisas e recursos na área de deficiência visual, acabam por afastar este público desse recurso informacional (Marriott et al., 2021). O uso de visualizações para pessoas com cegueira e baixa visão ainda é bastante restrito e, além disso, tem sido pouco explorado (Kim et al., 2021).

Pessoas com deficiência visual (PDV) assimilam dados sobretudo via percepção tátil e sonora (Muniz et al., 2022), diferente da forma como as pessoas videntes se relacionam com as visualizações — através da visão. Neste contexto, o próprio termo “visualização” torna-se inadequado, pois determina a visão como solução única para decodificar informações. Ao buscar aproximar visualizações do público com DV (deficiência visual), este artigo reflete também sobre o uso deste termo, de forma a torná-lo mais adequado a estas pessoas.

A fisicalização de dados mostra que representações de informação podem empregar formatos que viabilizam a decodificação através de outros sentidos. Sua definição como “visualização física” (Jansen et al., 2013) revela que o conceito de visualização transcende a visão — visualização seria uma abstração dos dados (Yau, 2013), um instrumento que possibilita explorar informações a partir de ângulos diferentes. Nessa abstração, cada elemento representa um determinado tipo de informação. A organização destes elementos caracteriza a visualização — já que conta com elementos visuais. Na fisicalização, os elementos são físicos, palpáveis. Com base neste raciocínio, neste artigo utilizaremos o termo “representação de dados”, que abraça visualização e fisicalização.

Fisicalizações possibilitam explorar, compreender e comunicar dados através de componentes físicos. Um exemplo de fisicalização emblemática é o Quipus, conjunto de cordas coloridas com nós, usado pelos incas para armazenar dados do império.

Figura 1: Quipus. Fonte: Data Physicalization Wiki



A fisicalização é um formato representativo que pode contribuir para pesquisas e projetos na área de DV, já que suas formas de representar, interagir e assimilar dados podem estimular sentidos além da visão, especialmente tato e audição. Formatos físicos e tridimensionais permitem que este público explore dados de maneiras diversas e mais abrangentes que as técnicas já estabelecidas, como braille e superfícies bidimensionais táteis (Jansen et al., 2015).

Apesar de incluir componentes físicos, o Quipus também apresenta uma decodificação visual: seu comprimento e posicionamento dos nós podem ser percebidos tanto pelo tato quanto pela visão. Portanto, é importante considerar as características e conhecimentos do público-alvo para planejar a representação das informações. O objetivo é garantir a compreensão do conteúdo de forma íntegra e eficaz (Yau, 2013).

Nem sempre um recurso elaborado para PDV pode funcionar com este público. É o caso de muitas obras de arte táteis — adaptações de obras visuais, como pinturas:

“O alto-relevo não é uma versão tátil da obra, mas ‘outra’ versão visual. [Portanto,] para pessoas cegas (...) um desenho em alto-relevo dificilmente faz sentido. (...) O tato parece não aceitar esta transposição para duas dimensões à qual a visão se presta, insistindo em permanecer um sentido das três dimensões.” (Almeida et al., 2010, p. 90)

A maioria das pesquisas existentes sobre representação de dados acessível apresenta a visualização convencional como ponto de partida: foca no tátil-bidimensional, concentrando sobretudo em gráficos simples — setorial, barras e linhas (Kim et al., 2021). Descrições escritas (braille) ou orais (áudio) também são frequentes para caracterizar fotografias, esquemas e diagramas. Tais descrições podem ser extensas dependendo da imagem, ocupam vários minutos de áudio ou várias linhas de texto, correndo o risco de não informar corretamente à PDV (Muniz et al., 2022). O cenário se agrava no ensino, onde representações são utilizadas em várias disciplinas — mapas para geografia, diagramas para física, ciclos para biologia (Agrellos, 2024). Em 2020, apenas 9.8% das escolas ativas apresentavam recursos acessíveis à PDV (SISDEF/NIPPIS, 2020). Os principais desafios na área são o acesso a

recursos adaptados eficientes, a profissionais preparados para o ensino especializado e a necessidade de relacionar — o máximo possível — os conteúdos apresentados à vivência dos estudantes com DV (Agrellos, 2024).

Para desenvolver pesquisas na área, é necessário inserir a PDV em todo o processo: sua vivência e variedade sensorial/cognitiva ressaltam a troca entre pesquisador vidente e usuário com DV (Lundgard et al., 2019). Excluir este público do processo e atuar sob suposições implícitas aumentam a chance do projeto priorizar a visão e descartar as experiências do usuário, resultando em criações incompletas (Lundgard et al., 2019). Trabalhar na perspectiva do co-design — abordagem metodológica de caráter participativo que prioriza a troca e participação direta e ativa do usuário (Sanders, 2002) — torna-se vantajoso, produzindo resultados mais significativos e condizentes com a realidade da PDV.

Este artigo é parte de uma pesquisa de mestrado em andamento cuja proposta é investigar e analisar, através de um workshop, os procedimentos desenvolvidos e usados por pessoas com DV na criação de fisicalizações de dados, de forma a definir critérios — baseados na prática — que possam orientar o desenvolvimento de um modelo representacional mais apropriado a este público. O workshop será realizado com estudantes do Instituto Benjamin Constant (IBC-RJ), centro especializado em tratamento e educação de PDV.

Com base em uma revisão bibliográfica, o objetivo deste artigo é definir critérios que possam direcionar o desenvolvimento de projetos, inclusive o workshop a ser realizado no IBC, que buscam aproximar a visualização de dados da PDV, através de um modelo representacional físico mais adequado a essas pessoas.

2 Revisão de literatura

Nesta seção, descreveremos as Revisões Bibliográficas Assistemática (RBA) e Sistemática (RBS) realizadas para a definição da pesquisa e do presente artigo.

A RBA investigou o contexto em que a pesquisa se insere: os materiais didáticos existentes na área de DV. Os assuntos identificados como mais abordados foram: mapas táteis (para ensino básico e finalidades culturais); fotografias, obras de arte, imagens táteis; recursos textuais; e acessibilidade digital. A maioria dos projetos costuma utilizar impressão 3D e recursos digitais (como feedback háptico e sonificação), com foco projetual no bidimensional e no uso de descrições em braille/áudio (Muniz et al., 2022). As necessidades destacadas na área foram:

1. Transcender o uso excessivo do braille (Muniz et al., 2022) e do tátil-bidimensional, baseado na visão (Almeida et al., 2010);
2. Capacitar a PDV para produzir representações de dados, em vez de apenas consumir passivamente (Marriot et al., 2021);
3. Incluir a PDV como participante igual no desenvolvimento do estudo/projeto (Lundgard et al., 2019);
4. Desenvolver princípios de design que orientem a representação para este público (Kim et al., 2021).

Para a RBS foi estabelecido um conjunto de palavras-chave (inglês e português) para direcionamento da busca (como *tactile perception* e *accessible data visualization*) e o âmbito destas buscas (Periódicos CAPES CAFe, Revista Benjamin Constant e ACM Digital Library). Os textos foram selecionados segundo: identificação de palavras-chave no título/resumo; acesso (aberto) e publicação em revistas científicas. Textos relacionados à robótica, acessibilidade digital e ferramentas textuais foram excluídos. A RBS abordou: representação e assimilação da PDV, fisicalização e co-design. Abordou também indicações para materiais didáticos na área — a análise desta última parte, somada aos pontos anteriores, resultou em um framework (apresentado na seção seguinte) para o desenvolvimento de representações de dados físicas à PDV.

A **assimilação de conceitos**, seja para pessoas com ou sem DV, integra linguagem e pensamento; e ambos englobam informações sensoriais — tato, visão, audição, olfato (Batista, 2005). A ausência total ou parcial da visão possibilita uma compreensão diferente da pessoa vidente: a assimilação ocorre especialmente via tato e audição (Muniz et al., 2022).

Recursos tridimensionais (frequentemente associados ao braille) são exemplos de materiais que priorizam o tato: exploram qualidades físicas, como formato, peso, textura e temperatura (Bernardo & Rust, 2018). O áudio pode apresentar-se como descrição ou som (como em respostas hápticas ou ambientação). A resposta háptica consiste no retorno visual, sonoro ou tátil que o usuário recebe ao tocar uma superfície interativa. Tal combinação exemplifica a modalidade multissensorial (Kim et al., 2021), que também pode ser empregada para PDV.

No entanto, tato, áudio e multissensorialidade não substituem a visão para a PDV: “não se trata de substituir a visão por outros sentidos (...), mas de acioná-los de forma diferente do vidente, que parece usar a visão para ‘guiar’ os demais sentidos” (Batista, 2005, p. 13). Em outras palavras, a ausência da visão não potencializa os outros sentidos, só redireciona a atenção para eles (Kastrup, 2015). Um bom exemplo deste redirecionamento é um trecho do capítulo Ver e não ver, de *Um antropólogo em Marte* (2006), em que Oliver Sacks apresenta as “recaídas” de Virgil ao fazer a barba, um homem que tinha sido cego a vida inteira e que, aos 50 anos, recuperou a visão através de uma cirurgia:

“(...) começando com um espelho, pela visão, com uma concentração tensa. Em seguida, o movimento da lâmina se tornava mais lento, e ele começava a examinar incerto seu rosto no espelho ou tentava confirmar pelo toque o que via pela metade. Por fim, dava as costas ao espelho, ou fechava os olhos, ou apagava a luz, e terminava o trabalho pelo tato.” (Sacks, 2006, p. 144)

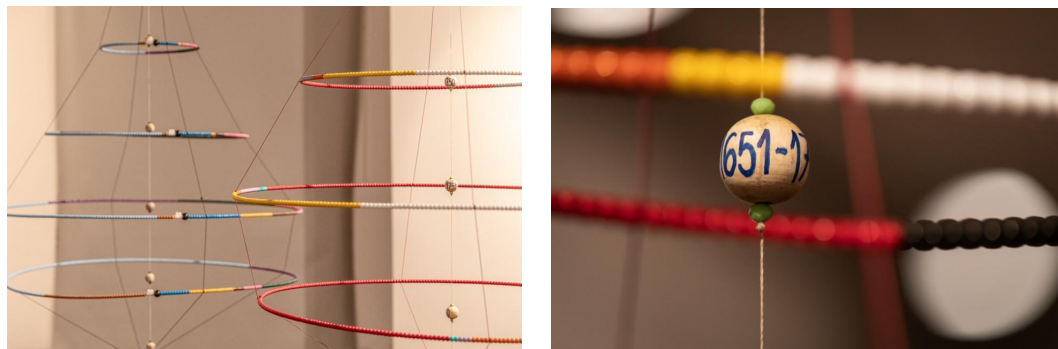
Integrados às informações sensoriais estão os recursos representativos. Como exemplificado no trecho de Sacks (2006), para a PDV a assimilação de recursos táteis é mais habitual — o tato possibilita uma exploração espacial e diversa dos dados, contrastando com a linearidade do som e do braille (Kim et al., 2021).

Por ressaltar a tridimensionalidade dos componentes (textura, peso, tamanho, formato, temperatura e som), a **fisicalização** pode empregar recursos representativos cuja percepção/assimilação seja principalmente tátil, potencializando, portanto, o uso pela PDV.

“Visualizações tradicionais mapeiam dados em pixels ou tinta, enquanto fisicalizações mapeiam dados na forma física” (Jansen et al., 2013, p. 2594). O desenvolvimento de fisicalizações envolve: conhecer o espaço disponível, investigar a capacidade perceptiva dos componentes, codificar, e implementar estes códigos no espaço. O intuito é “compreender como cada sentido pode ser combinado em uma representação física” (Jansen et al., 2015, p. 3233).

“Slave Voyages” (Kosminsky & Oliveira, 2020) é um exemplo de fisicalização que envolve o espaço: os dados sobre o tráfico de escravos africanos são materializados em miçangas e círculos de arame, fazendo com que a comunicação do tema ganhe uma dimensão espacial e um impacto muito maior do que um texto ou uma tabela poderiam proporcionar (Figura 2). Tal sensibilização fortalece a compreensão desses dados: como visualizações, as fisicalizações são ferramentas interdisciplinares importantes para informar o público.

Figura 2: *Slave Voyages*, 2019. Obra de Douglas Thomaz de Oliveira



Apesar da sua importância, a pesquisa em fisicalização ainda é reduzida e recente, sendo poucos os estudos sobre seus métodos, benefícios, definições e possíveis limitações (Jansen et al., 2015).

A definição convencional para fisicalizações equivale à representação física da informação. Entretanto, Sauvé & Sturdee (2022) defendem que tal definição é limitada e desconsidera os contextos, características e relações que fisicalizações podem apresentar: são essas relações que este artigo julga importantes ao projetar uma fisicalização acessível   PDV, como visto a seguir.

Segundo Sauvé & Sturdee (2022),   necessário “expandir o foco da pesquisa em fisicalizações, atualmente centrado no artefato, para passar a tratá-las como parte de uma ecologia maior, que se relaciona com contexto e público” (Sauvé & Sturdee, 2022, p. 1). Depois de analisar 60 artigos sobre o tema, os pesquisadores chegaram a 6 dimensões de design, formando as “fisicologias” (*physecology*), ou ecologia das fisicalizações: tipo de dado representado; método de comunicação; mecanismos de interação; *input* e *output*; configuração física; e tipo de público envolvido.

A classificação de dado **(1)** ocorre segundo: sua disponibilidade (est tica ou dinâmica, que altera com o tempo), seus atributos (categóricos, ordinais ou quantitativos), e sua temática

(ambiental, pessoal ou comunitária). O método de comunicação **(2)** corresponde às formas de representar informações: por posição no espaço, propriedades visuais (como cor e luz) ou propriedades materiais (como peso e textura). Mecanismos de interação **(3)** são as formas para interagir com os dados apresentados: direta ou indireta (por telas, por exemplo). Fisicalizações podem não ser interativas, como “De todas as pessoas no mundo: estatísticas com arroz” (Figura 3) — cada grão simboliza uma pessoa, e as quantidades representam estatísticas humanas, como o número de mortos em uma guerra. Mesmo explorando aspectos físicos (as quantidades e o tamanho das pilhas de arroz), o projeto prioriza a visão para decodificá-lo: o público não toca na fisicalização, apenas observa.

Figura 3: “De todas as pessoas no mundo” (*Of All the People in All the World: Stats with Rice*, 2004), do coletivo Stan's Cafe. (Data Physicalization Wiki)



Input e output **(4)**, ou entrada e saída, podem ocorrer: na fisicalização, no ambiente (sem estar necessariamente relacionado à fisicalização) ou distante do usuário. A configuração física **(5)** pode ser: autônoma (funciona sem componentes adicionais), com distribuição espacial (apresenta componentes adicionais, físicos ou digitais, que fornecem dados complementares), ou com distribuição lógica (componentes adicionais que permitem explorar, manipular e configurar dados). O público **(6)** pode ser: privado (fisicalizações destinadas ao uso doméstico/individual), semi-público (destinadas a comunidades ou grupos específicos, como escolas), comum (destinados ao público em geral) ou aberto (não determinam um contexto para uso).

As seis dimensões dependem entre si — o tipo de dado apresentado e seus atributos estão relacionados à forma como serão comunicados e à configuração física necessária para interagir e compreendê-los (Sauvé & Sturdee, 2022).

Por expandir a definição de representações físicas, essas dimensões desvendam os mecanismos básicos de como fisicalizações são aplicadas e utilizadas (Sauvé & Sturdee, 2022) — são, portanto, relevantes para considerar ao projetar e analisar fisicalizações.

No caso da pesquisa de mestrado que compreende este artigo, projetar fisicalizações para PDV envolve outro ponto importante: incluir este público no processo, tanto nas fases de concepção e criação quanto nas fases de análise e ajustes: a experiência proveniente da PDV. A troca com este público é muito importante para que pesquisadores videntes possam entender como funciona a assimilação e a representação da informação para estas pessoas.

A abordagem metodológica do **co-design** prioriza tal participação ativa do usuário: “não é simplesmente um método (...), é uma mentalidade e uma atitude em relação às pessoas envolvidas” (Sanders, 2002, p. 2). O objetivo é projetar de forma mais coerente à realidade do sujeito da pesquisa, tomando como base suas sugestões, ideias e criações. Alguns métodos que permitem essa troca com o público: entrevistas, questionários, observação participante e escuta ativa.

3 Framework: critérios para representações de dados para pessoas com DV

O levantamento das informações realizado durante a revisão de literatura resultou na elaboração de um framework (Figura 4) que orienta a produção de representações de dados físicas acessíveis à PDV, a partir das características da fisicalização e da abordagem inclusiva do co-design. Apresenta quatro categorias de indicações: **público**, **representação**, **material** e **uso**. As categorias e subcategorias dividem-se em colunas numeradas de 1 a 4, e os detalhamentos de cada uma delas, em linhas de A a F. As indicações, listadas a seguir, apresentam o respectivo código de localização no framework. Critérios relacionados à metodologia do co-design foram destacados com traçado laranja; relacionados aos atributos da fisicalização, com traçado azul.

Figura 4: Framework: critérios para representações de dados para pessoas com DV. (Autora)

Framework: critérios para representações de dados para pessoas com DV											
1 PÚBLICO			2 REPRESENTAÇÃO			3 MATERIAL			4 USO		
CONHECIMENTO PRÉVIO	PARTICIPAÇÃO	RETORNO	LEGENDA	VARIÁVEIS	ASSIMILAÇÃO	FORMATO	TAMANHO	TIPO			
1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4		
A	Considerar os conhecimentos da PDV sobre o assunto apresentado	Incluir a PDV como participante direta e ativa no desenvolvimento da representação	Solicitar e considerar os feedbacks da PDV em relação à representação	Usar descrições (braille/áudio) apenas como apoio à representação. Evitar legendas como principal forma de comunicação	Símbolos e elementos representativos não devem ser menores que 3 mm	Pessoas cegas têm uma percepção sequencial pelo tato: preferir fragmentar as informações ao apresentá-las	Preferir formatos que permitam o manuseio com as duas mãos	Superfícies táteis não devem ultrapassar 50 cm, permitindo que a PDV reconheça a totalidade do artefato com as mãos	Empregar materiais resistentes à exploração manual constante e a intempéries	Considerar a decodificação/ uso do material também por pessoas videntes	A
B	Procurar saber se a PDV já conhece as propriedades materiais aplicadas à representação			Ao usar braille, empregar maiúsculas só quando necessário	Empregar até 5 variáveis de cor ou textura		Explorar aspectos relacionados à tridimensionalidade do material e às suas propriedades físicas		Evitar texturas muito ásperas, como lizas grossas, de granulometria de 8 a 80	Explorar mecanismos de interação direta, físicos e manipuláveis	B
C				Apresentar palavras em braille sempre no sentido horizontal	Empregar cores fortes e contrastantes entre si. Indica-se: contraste de 7:1, fundos de cor sólida, e evitar mistura/ sobreposição de padrões				Evitar uso de texturas em áreas muito grandes: é indicado não ultrapassar áreas maiores que 2 cm		C
D				Em textos, usar fontes não condensadas, de tamanho 24pt e em negrito (para leitura de pessoas com baixa visão)	Adotar um padrão informacional ao atribuir significados a elementos físicos				Evitar materiais pontiagudos ou muito pesados		D
E					Para representar informações distintas, as texturas exploradas devem ser bem diferentes entre si (pontos circulares e listras, por exemplo)				Alguns materiais indicados: palitos de madeira, fios, materiais recicláveis, botões e papéis diversos		E
F					Para representar ordenação, buscar uma gradação entre as texturas/ padrões (como listras mais grossas e mais finas). Manter as texturas com alturas iguais						F
1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4		

As indicações relacionadas ao **público** dividem-se em conhecimento prévio, participação e retorno. Todas destacam o co-design como abordagem metodológica para desenvolver representações de dados acessíveis:

- **Público: Participação [Item 1.2.A]** Integrar a PDV como participante direta e ativa no desenvolvimento da representação, dando lugar de ação — criar com base em sua experiência e conhecimento — e de fala — opinar e sugerir sobre a representação criada (Lundgard et al., 2019).
- **Público: Conhecimento Prévio [1.1.A]** Considerar as vivências e conhecimentos do público sobre o assunto que se deseja apresentar, para evitar passar informações incompletas ou redundantes. Estabelecer esse contato inicial com o público (através de entrevista, questionário, escuta ativa ou observação participante), procurar conhecê-lo e, se possível, conhecer quem convive com ele (Elmqvist, 2023).
- **Público: Conhecimento Prévio [1.1.B]** Procurar saber se a PDV conhece as propriedades materiais exploradas na representação (Sena & Jordão, 2020), para saber se é necessário algum tipo de introdução (Zucherato & Freitas, 2011).
- **Público: Retorno [1.3.A]** Solicitar e considerar os feedbacks, sugestões e críticas da PDV em relação à representação. Perguntar, por exemplo, se o material é agradável ao toque, se as diferenças das informações são facilmente constatadas, e quais mudanças a pessoa sugeriria (Sena & Jordão, 2020).

Quanto à **representação**, dividida em legenda, variáveis e assimilação:

- **Representação: Legenda [2.1.A]** Legendar (braille e/ou descrição oral) apenas o necessário (Muniz et al., 2022). Por exemplo: empregar legendas em braille para o significado de cada símbolo ou propriedade explorada (Ferreira et al., 2020).
- **Representação: Legenda [2.1.B]** Ao usar braille, empregar maiúsculas só quando essencial, “pois é necessário mais espaço no sistema braille. Além disso, as palavras devem ser apresentadas no sentido horizontal [2.1.C], pois é o sentido de leitura do usuário” (Sena & Jordão, 2020, p. 17).
- **Representação: Legenda [2.1.D]** Em textos, usar fontes não condensadas, de tamanho 24pt, preferencialmente em negrito (DACES/DAC, 2021).
- **Representação: Variáveis [2.2.A]** Elementos representativos muito pequenos podem perder a informação. Muito grandes, perde-se a noção da totalidade, dificultando a percepção global (Zucherato & Freitas, 2011). “Símbolos não devem ser menores que 3 mm (distância aproximada entre duas celas braille)” (Sena & Jordão, 2020, p. 17).
- **Representação: Variáveis [2.2.B]** Usar até 5 variáveis de cor/textura: quantidades diversas de cor e textura (ou de outras variáveis representativas) podem dar margem para representações confusas, imprecisas (Sena & Jordão, 2020).
- **Representação: Variáveis [2.2.C]** Usar cores fortes e contrastantes entre si. Para o público com baixa-visão, indica-se um contraste aprimorado para textos impressos com valor mínimo de 7:1 (Lewis, 2024). Exemplo: evitar roxo e azul em uma mesma representação, mesmo que estes estejam aplicados a texturas distintas, pois podem

confundir a percepção dessas pessoas. Preferir azul e branco, ou roxo e branco (Zucherato & Freitas, 2011). Outros exemplos de combinações de cores de alto contraste para baixa visão: branco e preto; preto e amarelo; amarelo e azul (Lewis, 2024). Outras formas para alcançar um contraste desejado: usar fundo de cor sólida (diminuindo assim a complexidade visual), e evitar o excesso e a sobreposição de padrões, que podem acabar confundindo a percepção (Lewis, 2024).

- **Representação: Variáveis [2.2.D]** Adotar um padrão informacional ao atribuir significados a elementos físicos (Sena & Jordão, 2020). Exemplo: em um livro didático com mapas táteis, se os oceanos forem representados com textura lisa e azul, o ideal é apresentá-los assim sempre que aparecerem (Líbera, 2025).
- Evitar a criação de hierarquia entre as propriedades exploradas, caso não exista uma gradação das informações:
 - **Representação: Variáveis [2.2.E]** Para representar **informações distintas**, as texturas exploradas devem ser bem diferentes entre si: como pontos circulares e listras (Sena & Jordão, 2020).
 - **Representação: Variáveis [2.2.F]** Para representar **ordenação** (como áreas mais e menos populosas em um mapa), usar, por exemplo, listras mais grossas e mais finas, respectivamente. “Ainda deve-se pensar em mantê-las com alturas iguais, com a mesma preocupação de não haver uma apreensão hierárquica do fenômeno representado” (Sena & Jordão, 2020, p. 12).
- **Representação: Assimilação [2.3.A]** Pessoas cegas assimilam informações por partes, a partir de uma percepção sequencial através do tato. Portanto, o reconhecimento é mais eficiente quando as informações são fragmentadas (Sacks, 2006): por exemplo, em vez de propor **um** gráfico tátil que cruze diversos tipos de informações (nomes de cidades, tipos de vegetação, ocorrência de desastres ambientais e prejuízos), preferir apresentar **vários** gráficos que apresentem essas informações **separadamente**.

Sobre o **material**, dividido em formato, tamanho e tipo:

- **Material: Formato e Tamanho [3.1.A e 3.2.A]** Permitir que a PDV reconheça a totalidade do artefato através da manipulação com as duas mãos. Superfícies táteis não devem ultrapassar 50 cm, considerando o alcance das mãos (Sena & Jordão, 2020).
- **Material: Formato [3.1.B]** Explorar aspectos relacionados à tridimensionalidade de material (vértices, arestas, curvaturas) e às suas propriedades físicas — como textura, peso, temperatura e maleabilidade (Almeida et al., 2010). Por destacar atributos físicos e materiais na representação, afastando-se da bidimensionalidade, a indicação reforça o potencial da fisicalização para a área de DV.
- **Material: Tipo [3.3.A]** Empregar materiais resistentes à exploração manual constante e a intempéries (Sena & Jordão, 2020). Por exemplo: materiais com glitter podem não ter

uma textura ideal para manuseio, uma vez que deixam resíduos nas mãos e comprometem o tato (Ferreira et al., 2020).

- Empregar materiais que não agredam o tato:
 - **Material: Formato [3.3.B]** Evitar **texturas muito ásperas**, como lixas grossas, de granulometria de 8 a 80. Segundo Sena & Jordão (2020), são exemplos de texturas mais aceitas: papel camurça e EVA;
 - **Material: Formato [3.3.C]** Evitar uso de **texturas em áreas muito grandes**: indica-se não ultrapassar áreas maiores que 2 cm (Sena & Jordão, 2020);
 - **Material: Formato [3.3.D]** Evitar **materiais pontiagudos ou pesados**; preferir materiais leves, como papelão, papel cartão, EVA e cortiça (Zucherato & Freitas, 2011).
- **Material: Formato [3.3.E]** Considerar o uso de materiais simples e cotidianos, já pertencentes ao universo do público com DV, para facilitar no reconhecimento/identificação. Exemplos de materiais simples, comumente usados para materiais didáticos acessíveis à PDV: palitos de madeira, fios, materiais recicláveis e papéis diversos (Sena & Jordão, 2020).

Quanto ao **uso**:

- **Uso [4.A]** Considerar o uso do material também por pessoas videntes. Dessa forma, professores, familiares e colegas, por exemplo, podem auxiliar no processo (Elmqvist, 2023). Por exemplo: é interessante que um mapa tátil, destinado à PDV, apresente cores, números e descrições para videntes (Sena & Jordão, 2020).
- **Uso [4.A]** Explorar mecanismos físicos e manipuláveis, de interação direta (Sena & Jordão, 2020).

4 Considerações finais

Ao buscar aproximar a visualização de dados da pessoa com deficiência visual, este artigo contribui para refletir sobre as estruturas vigentes na área de representação da informação, questionando não apenas seus métodos e formatos (majoritariamente visuais) mas também sua definição: a insuficiência do termo “visualização” diante dos usos e finalidades da área.

Sugerimos o termo “representação”, integrando as diferentes formas de representar dados: via recursos visuais (visualização), físicos (fiscalização) ou mesmo sonoros — sonorização (Sawe et al., 2020). No entanto, reconhecemos que o termo “representação” pode não ser suficiente para definir esta área informacional: a visualização (ou fiscalização) não representa dados — são seus componentes visuais (ou físicos) que representam, e o conjunto destes componentes é que formam a visualização (ou fiscalização). A proposta deste artigo abre caminhos para repensar a estrutura vigente das visualizações atuais, mas o termo escolhido — “representação” — ainda é muito abrangente e demanda aprofundamento teórico.

O framework proposto com base na revisão de literatura apresenta orientações para o desenvolvimento de representações de dados físicas acessíveis à PDV. O conjunto destaca o

potencial da fisicalização e de suas características para a área de DV, e sugere uma abordagem inclusiva ao desenvolver projetos/estudos na área. O framework estabelecido servirá de base para a realização do workshop, e poderá ser melhor detalhado após a atividade no instituto. As principais conclusões obtidas foram:

- Apesar de demandar aprofundamento, a proposta de substituir o termo “visualização” por “representação” de dados traz uma contribuição teórica interessante para a área — convida a repensar a estrutura vigente das visualizações atuais, a fim de expandir sua definição;
- A relevância da participação da PDV ao longo de todo o processo criativo, incluindo a reflexão posterior, dadas as diferenças perceptivas entre sujeito da pesquisa e pesquisador vidente;
- A relação entre componente representativo e sua decodificação não é direta — a representação pode ocorrer por elementos físicos, por exemplo, mas isso não implica que sua decodificação possa ocorrer através da percepção tátil, como visto em “De todas as pessoas no mundo: estatísticas com arroz” (2004);
- Ao desenvolver representações de dados acessíveis, o ideal seria priorizar a interação direta, que favorece a percepção sequencial e, principalmente, tátil deste público, como colocado por Sena & Jordão (2020);
- A elaboração de uma fisicalização acessível não demanda tecnologias/ferramentas avançadas, como impressão 3D: é possível trabalhar com materiais simples e cotidianos.

Referências

- Agrellos, R. Entrevista semi-estruturada com o professor Rodrigo Agrellos, do Instituto Benjamin Constant. 24 de fevereiro de 2024. Rio de Janeiro.
- Almeida, M. C.; Carijó, F. H.; & Kastrup, V. (2010). Por uma estética tátil: sobre a adaptação de obras de artes plásticas para deficientes visuais. *Fractal: Revista de Psicologia*, 22(1), 85–100.
- Batista, C. (2005). Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 21(1), 7–15.
- Bernardo, F. G.; & Rust, N. M. (2018). A utilização de materiais grafo-táteis para o ensino de ciências e matemática para alunos com deficiência visual. *Anais do 8º Congresso Brasileiro de Educação Especial*, 1–19.
- Ferreira, T. C. R. P.; Rodrigues, A. S.; & Costa, F. L. P. (2020). Análises e discussões acerca do uso de um material didático tátil para o ensino do tema padrões de herança a estudantes com deficiência visual. *Revista Benjamin Constant*, 61(2), 24–41.
- Elmqvist, N. (2023). Visualization for the Blind. *Interactions*, 30(1), 52–56.
- Jansen, Y.; Dragicevic, P.; & Fekete, J. D. (2013). Evaluating the efficiency of physical visualizations. *Annual Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2593–2602.

- Jansen, Y.; Dragicevic, P.; Isenberg, P.; Alexander, J.; Karnik, A.; Kildal, J.; Subramanian, S.; & Hornbaek, K. (2015). Opportunities and Challenges for Data Physicalization. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3227–3223.
- Kastrup, V. (2015). O tátil e o háptico na experiência estética: considerações sobre arte e cegueira. *Revista Trágica: estudos de filosofia da imanência*, 8(3), 69–85.
- Kim, N. W.; Joyner, S. C.; Riegelhuth, A.; & Kim, Y. (2021). Accessible Visualization: Design Space, Opportunities, and Challenges. *Computer Graphics Forum*, 40(3) p. 173–188.
- Líbera, B. D. Entrevista semi-estruturada com a professora Bianca Della Líbera, do Instituto Benjamin Constant. 3 de junho de 2025. Rio de Janeiro.
- Lewis, V. (2024). High contrast and low vision. Perkins School for the Blind. Disponível em <https://www.perkins.org/resource/choosing-high-contrast-color-schemes-for-low-vision/>
- Lundgard, A.; Lee, C.; & Satyanarayan, A. (2019). Sociotechnical Considerations for Accessible Visualization Design. *IEEE Visualization Conference*.
- Marriott, K.; Bongshin, L.; & Butler, M. (2021). Inclusive Data Visualization for People with Disabilities: A Call to Action. *Interactions*, 28(3), 47–51.
- Muniz, J. P. S.; Braga, R. A. M.; & Okimoto, M. L. L. R. (2022). Recomendações para o desenvolvimento de imagens audiotáteis para estudantes cegos: uma revisão da literatura. *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*.
- Núcleo de informação, políticas públicas e inclusão social. (n.d.). Painéis de Indicadores NIPPIS. Disponível em <https://nippis.iciet.fiocruz.br/sisdef/paineis-tematicos/>
- Of all the people in all the world. (n.d). Disponível em <https://stans.cafe/project/project-of-all-the-people/>
- Quipu: South America's Ancient Writing System. (2019). Thought Co. Disponível em <https://www.thoughtco.com/introduction-to-quipu-inca-writing-system-172285>
- Sacks, O. (2006). Um antropólogo em Marte. *Companhia de Bolso*.
- Sanders, E. B. N. (2002). From user-centered to participatory design approaches. *Design and the Social Sciences*, 1–7.
- Sauvé, K.; & Sturdee, M. (2022). Physecology: A Conceptual Framework to Describe Data Physicalizations in their Real-World Context. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 29(3), 1-33.
- Sawe, N.; Chafe, C.; & Treviño, J. (2020). Using Data Sonification to Overcome Science Literacy, Numeracy, and Visualization Barriers in Science Communication. *Science and Environmental Communication*, 5.
- Sena, C. C. R. G.; & Jordão, B. G. F. (2020). A cartografia tátil e os cadernos do aluno: possibilidades e desafios para o ensino de Geografia na rede pública de São Paulo. *Revista Benjamin Constant*, 61(2), 6–23.
- Slave Voyages: escultura de dados sobre o tráfico de escravos africanos. (2020). Programa de pós-graduação em design, EBA–UFRJ. Disponível em <https://ppgd.eba.ufrj.br/producao-academica/slave-voyages-escultura-de-dados-sobre-o-trafico-de-escravos-africanos/>

Decanato de Assuntos Comunitários/Diretoria de Acessibilidade (DACES/DAC). Universidade de Brasília. Orientações para a promoção da acessibilidade no ensino remoto. (2021).

Disponível em

https://cead.unb.br/wp-content/uploads/2025/03/Guia_de_acessibilidade_v5_1.pdf

Yau, N. (2013). Data points: visualization that means something. *Indiana: John Wiley & Sons*.

Zucherato, B.; & Freitas, M. I. C. (2011). A construção de gráficos táteis para alunos deficientes visuais. *Revista Ciência em Extensão*, 7(1), 24–41.

Sobre as autoras

Giovanna Farah, UFRJ, Brasil <giovanna.farah@alumni.usp.br>

Doris C. Kosminsky, Dra, UFRJ, Brasil <doriskos@eba.ufrj.br>