

Wayfinding inclusivo em escolas e museus: Mapas táteis, fabricação digital e formação docente

Francisco Mesquita¹

Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal

Filipe T. Moreira

inED – Centro de Investigação e Inovação em Educação, Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal

RESUMO

A acessibilidade espacial é crucial para a inclusão educativa e cultural, constituindo não apenas uma questão técnica, mas também pedagógica e curricular. A autonomia na orientação em escolas e museus é condição para a participação plena de pessoas cegas e/ou com baixa visão, enquanto representa uma oportunidade de aprendizagem para a comunidade escolar.

No presente artigo analisa-se o desenvolvimento de mapas táteis através de tecnologias de fabricação digital tendo sido concebidos dois protótipos de mapas táteis, posteriormente avaliados por pessoas cegas e/ou com baixa visão, com o objetivo de analisar a sua legibilidade tátil e o seu potencial como recurso de orientação espacial. A metodologia utilizada articula o diagnóstico participativo com utilizadores, o design centrado na hierarquia informativa e os processos de produção e validação.

A abordagem participativa assegura que os mapas respondem a necessidades concretas, promovendo práticas pedagógicas colaborativas e reflexivas. Os fablabs surgem, neste processo, como espaços privilegiados para a experimentação pedagógica e para a articulação entre saber técnico e prática docente, permitindo a construção de recursos educativos inclusivos.

Palavras-chave: Formação docente; Currículo; Acessibilidade; Wayfinding; Inclusão.

ABSTRACT

Spatial accessibility is crucial for educational and cultural inclusion, constituting not only a technical issue but also a pedagogical and curricular one. Autonomous orientation within schools and museums is a prerequisite for the full participation of blind people and/or those with low vision, while simultaneously representing a learning opportunity for the wider school community.

This article examines the development of tactile maps through digital fabrication technologies. Two tactile map prototypes were designed and subsequently evaluated by blind and/or low-vision users to analyse their tactile legibility and their potential as spatial orientation resources. The methodology combines participatory diagnosis with users, information-hierarchy-centred design, and processes of production and validation.

The participatory approach ensures that the maps respond to concrete needs, promoting collaborative and reflective pedagogical practices. Within this process, fablabs emerge as privileged spaces for pedagogical experimentation and for the articulation between technical knowledge and teaching practice, enabling the creation of inclusive educational resources.

Based on recent literature and on the analysis of the development and validation process of the prototypes, it is argued that the implementation of tactile maps, from an inclusive perspective, not only contributes to safer, more equitable and welcoming environments, but also enriches teacher education by integrating accessibility into the curriculum. It is concluded that inclusive “wayfinding” has significant pedagogical potential, contributing to the development of competences related to social justice, equity and the valuing of differences in educational contexts.

Keywords: Teacher education; Curriculum; Accessibility; Wayfinding; Inclusion.

¹ Endereço de contacto: Instituto Politécnico do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 602 4200-465 Porto, Portugal.

Endereço de e-mail: franciscomesquita@ese.ipp.pt

1. Introdução

A capacidade de orientação autónoma em ambientes educativos e culturais constitui um fator determinante para a inclusão de pessoas cegas e com baixa visão na sociedade. Mais do que uma necessidade prática, o direito à mobilidade autónoma integra o conjunto de liberdades fundamentais que asseguram a participação equitativa na vida social, educativa e cultural (United Nations, 2006). No entanto, a maioria das escolas e dos museus permanece desprovida de estratégias eficazes de orientação espacial acessível, revelando lacunas persistentes na aplicação de princípios de acessibilidade e desenho universal (Aidar, 2012; Almeida et al., 2022).

A ideia de “wayfinding” inclusivo tem-se afirmado progressivamente como uma maneira multidisciplinar de encarar o design e a arquitetura, unindo aspetos da ergonomia, da psicologia do ambiente e da cognição no espaço (Giudice et al., 2020; Passini, 1996). Essa perspetiva entende que a capacidade de um sujeito se orientar em lugares públicos não pode depender apenas da visão, e sugere métodos que valorizam a informação através do tato, do som e do movimento, incentivando uma igualdade sensorial na vivência do espaço (Barvir et al., 2019; Fortin et al., 2008).

A produção de mapas táteis tem assumido um papel relevante nas práticas de inclusão em edifícios. Estas ferramentas afirmam-se como objetos essenciais para a construção de mapas mentais e para a leitura prévia dos possíveis trajetos nos edifícios. Existem inúmeras possibilidades para a conceção destes produtos, mas o recurso a tecnologias digitais, como a impressão 3D e o corte a laser, tem permitido avanços significativos em termos de qualidade, de personalização e de redução de custos (Barvir et al., 2019; Prandi et al., 2021). Estas soluções têm sido potenciadas por contextos laboratoriais colaborativos, como os fablabs, onde se cruzam saberes técnicos, pedagógicos e experiências, permitindo processos iterativos de cocriação com os utilizadores (Almeida et al., 2022). Neste contexto, o presente artigo analisa o desenvolvimento de mapas táteis produzidos através de tecnologias de fabricação digital e a sua validação com pessoas cegas ou com baixa visão, explorando o seu potencial como recurso de orientação em escolas e museus. O estudo articula revisão de literatura com o desenvolvimento e avaliação de protótipos de mapas táteis, procurando compreender de que forma estes dispositivos podem contribuir para ambientes educativos e culturais mais acessíveis.

Mais do que apresentar soluções técnicas, o objetivo é sublinhar a urgência de integrar o “wayfinding” inclusivo nas instituições, tornando-as mais acessíveis. Ao reconhecer o papel dos mapas táteis enquanto dispositivos de justiça espacial, este artigo contribui para um debate mais alargado sobre como o design pode agir criticamente sobre as condições de exclusão nos espaços construídos, promovendo ambientes mais justos, sensíveis e colaborativos (Aidar, 2012; Verbeek, 2011).

Assim, o presente artigo tem como objetivo sistematizar princípios para a conceção de mapas táteis, analisar o processo de desenvolvimento e validação de protótipos, bem como discutir o seu potencial pedagógico no âmbito da formação de professores e da construção de ambientes educativos inclusivos. O tema contribui para a formação docente ao incentivar práticas pedagógicas inclusivas e ao integrar a acessibilidade no currículo, sendo considerado um aspeto fundamental da experiência educativa.

2. O conceito de wayfinding e a orientação como direito

A criação de espaços inclusivos e ferramentas igualmente inclusivas nas escolas e museus ultrapassa o cumprimento de normas legais, pois é um dever moral garantir a participação de todos na educação, na cultura e na sociedade (Nussbaum, 2011). A acessibilidade de espaço não é apenas uma questão técnica, mas também justiça social e reconhecimento da diversidade humana. Para cegos e pessoas com baixa visão, a orientação autónoma é crucial para desenvolver a autoconfiança, a independência e a integração social (Imrie, 2012; Oliver, 1990). Nesta linha de pensamento salienta-se que, a ausência de tecnologias que facilitem a orientação num espaço não compromete apenas a mobilidade, mas também o direito ao usufruto do espaço público e/ou institucional.

É também neste quadro que a linguagem utilizada para designar estas realidades assume particular relevância. Em Portugal, a escolha de vocabulário no campo da acessibilidade é especialmente significativa. O termo “invisible”, apesar de ser utilizado, não é tecnicamente nem socialmente apropriado. Segundo a Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal (ACAPO), o anterior trata-se de um neologismo que pode ser considerado ofensivo. Esta entidade esclarece que o termo não reflete a realidade das pessoas com deficiência visual e recomenda a utilização de expressões como “pessoas cegas”, “pessoas com baixa visão” ou, “pessoas com deficiência visual” (ACAPO, 2025).

Partindo desta preocupação com a inclusão efetiva, o conceito de orientação em espaços acessíveis ganha centralidade. Passini (1996) entende o “wayfinding” inclusivo como a capacidade de uma pessoa se orientar num espaço mobilizando competências cognitivas, ambientais e sensoriais. Para responder a essa problemática podem ser elaborados produtos de apoio. Destes sistemas, os mapas táteis destacam-se como ferramentas imprescindíveis para que se possam construir os mesmos, mas mentais dos espaços e planificar os seus percursos com autonomia. A sua presença permite ao utilizador compreender relações espaciais, identificar zonas de acesso e deslocar-se com maior confiança e segurança (Prandi et al., 2021).

Esta perspetiva encontra respaldo no enquadramento legal internacional, que reforça a centralidade da acessibilidade enquanto direito. Assim, do ponto de vista jurídico, a orientação autónoma deve ser entendida como um direito fundamental, e não como um benefício assistencial. A Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência afirma que as medidas de acessibilidade “incluem a identificação e eliminação de obstáculos e barreiras à acessibilidade” (Nações Unidas, 2006, Art. 9.º, n.º 1), garantindo que as “pessoas com deficiência o acesso, em condições de igualdade com os demais, ao ambiente físico, ao transporte, à informação e comunicações, incluindo as tecnologias e sistemas de informação e comunicação e a outras instalações e serviços abertos ou prestados ao público” (Nações Unidas, 2006, Art. 9.º, n.º 1).

No contexto europeu e nacional, estas orientações traduzem-se em instrumentos normativos e educativos concretos. Destacando-se Diretiva Europeia 2019/882 (União Europeia, 2019) estabelece requisitos mínimos para a acessibilidade de produtos e serviços em toda a União Europeia. Essas obrigações destinam-se a empresas e entidades públicas, exigindo especialmente o fornecimento de informação em formatos acessíveis. O uso de soluções táteis como forma de garantir o acesso equitativo ao conhecimento e à cultura representa uma evolução normativa importante e vai além do cumprimento técnico, promovendo um compromisso ético e pedagógico com a inclusão e a diversidade. Em Portugal, essa visão encontra-se no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017, p. 13), que coloca a inclusão como um princípio estruturante do ensino. O documento defende que todos os alunos devem ter as mesmas oportunidades de acesso, permanência e participação ativa no processo educativo, e que a escola deve adaptar-se às necessidades de cada um, reconhecendo e valorizando a diferença como parte do grupo escolar.

Deste modo, o “wayfinding” inclusivo pode ser entendido como uma função orientadora de um espaço que assume um papel estratégico na garantia de igualdade de oportunidades. O recurso aos mapas táteis, quando concebidos sob a base de investigação e confirmada pela comunidade com deficiência visual, representam não apenas ferramentas de orientação, mas também símbolos institucionais de receção, convites à autonomia e declarações concretas de inclusão. A sua ausência, por outro lado, comunica negligência, exclusão e desresponsabilização por parte dos espaços que deveriam ser para todos. Nesta linha de ideias, reconhecer a importância destas ferramentas é afirmar que o direito à orientação no espaço promove o direito à liberdade de movimento, de escolha e de participação plena na vida ativa. A materialização de soluções tangíveis, acessíveis e integradas no desenho dos espaços educativos e culturais é crucial. Esta reflexão deve ser também entendida como uma dimensão curricular e formativa, pois a produção e utilização de mapas táteis em escolas e museus pode contribuir para a formação de professores mais conscientes da diversidade. Assim promovendo práticas pedagógicas que integram a acessibilidade como princípio educativo e não apenas como obrigação normativa.

2.1. Benefícios da utilização de mapas táteis em escolas e museus

A mobilidade nos espaços educativos influencia de forma direta o desempenho escolar do estudante em causa. Alunos com deficiências visuais dependem, sempre, ou quase sempre da ajuda de colegas e professores para uma orientação segura e simples pelas instalações escolares, o que resulta em desconforto e desmotivação na integração por parte do aluno. Segundo Mussi et al. (2016), a implementação de mapas táteis, realizados em conjunto com utilizadores, transforma a realidade, promove a independência e aumenta a confiança. Para tal, a formação de docentes e alunos deve integrar a dimensão da acessibilidade, para que a autonomia na mobilidade seja reconhecida como condição de participação plena no processo educativo.

Nos museus, a situação é semelhante. A escassez de informação sobre um espaço é um problema para a comunidade com deficiências visuais. Estes ficam, maioritariamente, privados de autonomia para

explorarem, sendo muitas vezes limitados a visitas guiadas. Como defende Almeida et al. (2022), a colocação de plantas táteis em pontos estratégicos, possibilita ao utilizador a construção mental do espaço e por sua vez, a planificação da visita. Esta capacidade de antecipar e estruturar mentalmente o percurso tem um impacto direto na qualidade da experiência museológica: o visitante deixa de depender exclusivamente da mediação de terceiros e passa a interagir com o espaço de forma mais ativa e significativa. Giudice et al. (2020) reforçam esta ideia ao demonstrar que a leitura prévia de percursos com mapas táteis reduz os níveis de ansiedade associados à navegação em ambientes desconhecidos, o que, no contexto museológico, se traduz numa visita mais confortável e absorvente. Além disso, a diminuição da dependência de guias ou acompanhantes permite que o visitante defina o seu próprio ritmo de exploração, aproximando a sua experiência da de qualquer outro público. A implementação destes recursos não deve ser encarada como uma obrigação legal, mas como uma prática de design e arquitetura inclusivo/a, que reconhece a diversidade como um todo da comunidade escolar ou cultural e como um instrumento pedagógico, que amplia o currículo cultural dos alunos.

Giudice et al. (2020) demonstraram que a leitura de percursos com a utilização de mapas táteis melhora significativamente a construção dos mesmos, mas mentais em pessoas cegas, reduzindo erros, encurtando tempos de deslocação e diminuindo os níveis de ansiedade associados à navegação em espaços desconhecidos. A elaboração destes produtos deve ser estudada e testada, para que, a nível visual e material sejam bem executados. Com os avanços tecnológicos, a produção destas plantas de alto relevo tornou-se relativamente acessível. As ferramentas de fabricação digital possibilitam a realização de objetos duráveis e personalizados, que se adaptam às características de cada espaço e podem ser atualizadas com facilidade em caso de alterações arquitetónicas (Barvir et al., 2019). Contudo, Almeida et al. (2022) e Mussi et al. (2016) afirmam que a tecnologia, por si só, não garante que os recursos sejam eficazes: sem o envolvimento de utilizadores, os mapas correm o risco de não responderem às dificuldades reais enfrentadas pelas pessoas cegas, acabando por se reduzirem a objetos pouco funcionais ou confusos.

A importância de encontrar estes mapas táteis em diversos locais representa, não apenas uma melhoria na experiência dos utilizadores, mas também no compromisso das entidades para com a diversidade e a acessibilidade. Nesta linha, Prandi et al. (2021) sugerem às universidades a implementação de soluções de “wayfinding” inclusivo, de forma que os estudantes cegos se sintam envolvidos nas atividades e acolhidos pela sociedade.

A utilização destes recursos de apoio promove a autonomia das pessoas, ao estimular os processos de aprendizagem que envolvem a construção e a consolidação de mapas mentais. Este estímulo manifesta-se em alterações no hipocampo (região cerebral associada à memória espacial e à navegação) potenciando competências cognitivas avançadas, subscrivendo as palavras de Fortin et al. (2008, p. 2995):

(. . .) we not only show that blind individuals possess superior navigational skills than controls on the route learning task, but we also show for the first time a significant volume increase of the hippocampus in blind individuals (. . .).

De forma sucinta, os principais benefícios da utilização dos mapas táteis em escolas e museus são:

1. Auxílio na mobilidade e na orientação independente de pessoas com deficiência visual. (Almeida et al., 2022, p. 13; Universidade Federal de Santa Catarina, 2023, p. 17).
2. Contributo para o desenvolvimento de mapas mentais e compreensão espacial tátil. (Mussi et al., 2016, p. 389).
3. Acesso à informação do espaço e o apoio à integração escolar e museológica. (Almeida et al., 2022, p. 13; Universidade Federal de Santa Catarina, 2023, p. 12).
4. Estímulo à adoção de princípios de acessibilidade e desenho universal nos espaços públicos. (Almeida et al., 2022, p. 16; Universidade Federal de Santa Catarina, 2023, p. 16).
5. Recursos áudio-táteis ou impressões em 3D para reforçar a mediação sensorial. (Barvir et al., 2019, p. 2; Universidade Federal de Santa Catarina, 2023, p. 12).

Os benefícios dos artefactos táteis não se limitam à acessibilidade técnica, mas configuram-se como oportunidades de aprendizagem para toda a comunidade escolar, devendo ser integrados tanto no currículo dos alunos como no currículo de formação dos professores.

2.2. *Conceção de mapas táteis e considerações técnicas de design*

A criação de mapas táteis exige uma abordagem técnica que combine clareza gráfica e durabilidade. Para que sejam funcionais, devem passar, na sua conceção, pela simplificação da planta e pela seleção de materiais adequados. Neste sentido, a revisão de literatura apresenta um conjunto de diretrizes que estruturam o processo em fases sucessivas que articulam estratégias de fabrico digital e a participação social, garantindo que o produto final integre pessoas com deficiência visual como recurso na sua elaboração.

A primeira etapa baseia-se no diagnóstico e no levantamento de dados, nos quais são analisadas as condições espaciais e as rotas acessíveis. Este momento inicial é fundamental para alinhar o projeto com as características físicas do local e com os fluxos de circulação esperados. Como explicam Almeida et al. (2022), na primeira etapa, de diagnóstico, deve ser solicitada a disponibilização da planta da instituição, já com a indicação das rotas acessíveis, obtida através da reco-lha documental.

Segue-se a generalização cartográfica, isto é, a simplificação da planta original de modo a evidenciar apenas os elementos essenciais à orientação. Segundo Almeida et al. (2022), esta etapa implica que a simbologia deve ser reduzida ao mínimo necessário, distinguindo claramente variáveis.

A etapa seguinte consiste na definição do padrão gráfico e tátil, assegurando consistência e legibilidade universal. O Manual Técnico Projeto Mapas Táteis UFSC (2023) estabelece que ao adotar um padrão nos projetos, garante-se que o utilizador consiga interpretar e compreender o espaço de deslocação, independentemente de quem tenha elaborado o projeto. Entre as recomendações destacam-se: a altura mínima de relevo de 1 mm; a tipografia sem serifa (Arial), em caixa alta e altura de 1,5 cm; o contraste cromático forte entre fundo e elementos; e a obrigatoriedade de incluir inscrições em Braille junto a todo o texto impresso. A padronização, neste contexto, assegura mais do que a clareza visual e tátil, mas também a possibilidade de replicar em diferentes instituições com linguagem gráfica universal.

Outro aspeto fundamental é o posicionamento e a orientação do mapa, que deve corresponder à perspetiva real do utilizador no espaço. Como salienta o manual, é fundamental garantir que a orientação do mapa no expositor coincida com a posição real do utilizador no momento da leitura (UFSC, 2023, p. 22). Esta correspondência evita complicações cognitivas que poderiam confundir o utilizador. Recomenda-se a instalação numa altura entre 90 e 110 cm, com inclinação de 15 graus, assegurando acessibilidade a pessoas em cadeira de rodas e a utilizadores de baixa estatura.

A escolha dos materiais tem um impacto direto na durabilidade e na perceção da informação, sendo os mais comuns: o acrílico, o MDF, os polímeros PLA e ABS e metal. O acrílico é amplamente utilizado pela sua resistência ao desgaste e pela capacidade de gerar contrastes visuais nítidos; o MDF é uma solução económica e facilmente trabalhável, embora menos resistente à humidade; o PLA, biodegradável, é preferido em contextos educativos e museológicos para prototipagem rápida; o ABS, mais duro, é adequado a aplicações exteriores e de utilização frequente; e as estruturas metálicas com acabamentos são resistentes e duráveis. Esta diversidade material reflete a necessidade de adequar as soluções ao contexto específico onde serão instaladas (Barvir et al., 2019; Mussi et al., 2016; Universidade Federal de Santa Catarina, 2023).

A fase de produção e fabrico tem beneficiado de tecnologias digitais e de fablabs, que permitem uma abordagem descentralizada, ágil e participativa. As impressoras 3D possibilitam a criação de superfícies em relevo com diferentes alturas e padrões num único processo, integrando símbolos gráficos e Braille. O corte a laser garante elevada precisão em materiais como acrílico ou MDF, sendo muito utilizado para a produção de bases planas sobre as quais se aplicam elementos em relevo. Já a fresagem CNC permite modelações mais profundas em superfícies densas, como madeira ou plásticos rígidos, possibilitando a reprodução de relevos topográficos ou volumes tridimensionais. Estas tecnologias não só aumentam a qualidade do produto, como também favorecem revisões rápidas e baixo custo de replicação (Barvir et al., 2019; Mussi et al., 2016)

Este carácter tecnológico alia-se a uma dimensão de cocriação e participação social. Os fablabs constituem ambientes onde estudantes, professores, técnicos e pessoas com deficiência podem colaborar no desenvolvimento dos produtos, testando simbologias, escalas e materiais (Othman et al., 2022). Essa participação ativa garante que os resultados transcendam a adequação técnica, adquirindo legitimidade social e pedagógica.

A última etapa corresponde à validação com utilizadores. Esta fase é determinante para a eficácia do mapa tátil. Aqui, pessoas cegas ou com baixa visão testam o protótipo, avaliando a clareza, o conforto tátil e

utilidade prática. O feedback recolhido permite ajustes antes da instalação definitiva, garantindo que o produto final cumpra plenamente a função de orientação. Esta etapa coloca em prática um dos princípios do design inclusivo, que valoriza a participação dos utilizadores em todas as fases do projeto, reconhecendo-os como especialistas da sua própria experiência (Giudice et al., 2020; Mussi et al., 2016; Universidade Federal de Santa Catarina, 2023). Não estando cumpridos todos os critérios anteriormente elencados, ajusta-se até o protótipo passar na validação.

3. Processo metodológico seguido no desenvolvimento de mapas táteis

Seguindo o processo descrito na literatura e evidenciado na secção anterior, o presente estudo adotou uma abordagem exploratória baseada no desenvolvimento e validação de protótipos de mapas táteis destinados a apoiar a orientação em ambientes educativos e museológicos. O processo metodológico integrou princípios de design inclusivo e envolveu a participação de pessoas cegas ou com baixa visão na fase de avaliação dos protótipos.

O processo metodológico estruturou-se em quatro etapas principais: (1) levantamento e análise da planta arquitetónica do edifício; (2) simplificação cartográfica e definição da informação espacial relevante; (3) desenvolvimento e produção de protótipos de mapas táteis; e (4) validação com utilizadores.

3.1. Levantamento da planta e análise do espaço

A primeira etapa consistiu no levantamento e análise da planta arquitetónica do edifício a representar. Esta fase teve como objetivo identificar os principais percursos de circulação, entradas, saídas, pontos de referência e relações espaciais relevantes para a orientação dos utilizadores.

Com base na planta original, procedeu-se à seleção dos elementos considerados essenciais para a leitura espacial do edifício, privilegiando a representação de percursos acessíveis, zonas de circulação e áreas funcionais relevantes. Esta etapa permitiu estabelecer a base cartográfica necessária para o desenvolvimento do mapa tátil.

3.2. Simplificação cartográfica e organização da informação

Após o levantamento da planta arquitetónica, procedeu-se à simplificação cartográfica da informação espacial, de forma a adaptar a representação gráfica às exigências da leitura tátil. Esta fase implicou a redução do número de elementos representados, a hierarquização da informação e a definição de uma simbologia tátil clara e consistente.

A simplificação da planta teve como objetivo garantir a legibilidade tátil do mapa, evitando a sobrecarga de informação e facilitando a identificação dos principais elementos espaciais pelos utilizadores.

3.3. Desenvolvimento dos protótipos

Com base na planta simplificada, foram desenvolvidos dois protótipos de mapas táteis utilizando técnicas e materiais distintos, permitindo explorar diferentes soluções de representação e produção.

O primeiro protótipo foi construído de forma artesanal, recorrendo a poliestireno expandido, madeira e texturas aplicadas manualmente. Esta solução permitiu testar diferentes superfícies táteis e materiais na representação das áreas e percursos do espaço.

O segundo protótipo foi produzido através de corte a laser em MDF, permitindo maior precisão na definição das formas, uniformidade dos relevos e maior estabilidade estrutural do mapa.

A utilização de duas soluções de produção distintas permitiu comparar diferentes abordagens de prototipagem no desenvolvimento dos artefactos, considerando aspetos como a clareza das texturas, a legibilidade dos relevos e a qualidade da leitura tátil.

3.4. Validação com utilizadores

Após a produção dos protótipos, procedeu-se à sua avaliação com pessoas cegas ou com baixa visão. Durante o processo de validação, os participantes foram convidados a explorar os mapas através do toque e a interpretar os elementos representados, identificando percursos, áreas e relações espaciais presentes no modelo.

Numa primeira fase, os dois protótipos desenvolvidos foram avaliados por um utilizador especialista — presidente de uma associação de pessoas cegas e pessoa com cegueira adquirida — que analisou comparativamente as duas soluções de representação. Esta avaliação preliminar permitiu identificar diferenças na qualidade dos relevos, na clareza da organização espacial e na segurança da exploração tátil. Com base nessa análise, foi selecionado o protótipo produzido por corte a laser em MDF, considerado mais preciso e legível para leitura tátil.

Numa segunda fase, o protótipo selecionado foi avaliado por dez participantes com cegueira total ou com baixa visão. Durante esta etapa, os participantes exploraram o mapa tátil e procederam à sua análise através de um questionário estruturado, previamente validado por especialistas.

O questionário encontrava-se organizado em quatro dimensões principais de avaliação: (1) leitura da planta; (2) facilidade de compreensão da representação espacial; (3) identificação e distinção das texturas utilizadas; e (4) perceção dos desníveis entre os diferentes espaços representados.

A avaliação procurou recolher informação sobre a legibilidade tátil das plantas 3D produzidas, a distinção entre texturas, a clareza da organização espacial e a facilidade de compreensão da representação apresentada.

4. Resultados

A avaliação dos protótipos desenvolvidos permitiu identificar diferenças relevantes entre as duas soluções de representação tátil, tanto ao nível da legibilidade dos elementos como da qualidade da exploração tátil do mapa.

4.1. Avaliação comparativa dos protótipos

Primeiramente, os protótipos produzidos foram analisados por um utilizador especialista da área que avaliou ambas soluções.

O primeiro protótipo, construído de forma artesanal com poliestireno expandido, madeira e texturas coladas, permitia distinguir diferentes áreas do espaço através da aplicação de materiais distintos. Contudo, durante a exploração tátil foram identificadas algumas limitações na uniformidade dos relevos e na clareza da organização espacial.

O segundo protótipo, produzido por corte a laser em MDF, apresentou maior precisão na definição das formas, maior regularidade na altura dos relevos e uma organização gráfica mais consistente dos elementos representados.

Com base nesta avaliação, o especialista demonstrou clara preferência pelo protótipo produzido por corte a laser em MDF, salientando particularmente a nitidez dos relevos, a limpeza visual da composição e a maior segurança durante a exploração tátil do mapa. Em consequência, este protótipo foi selecionado para a fase seguinte de validação com utilizadores

4.2. Avaliação com utilizadores

Após a seleção do protótipo, procedeu-se à sua avaliação por dez participantes com cegueira total ou com baixa visão. Os participantes exploraram o mapa através do toque e responderam posteriormente a um questionário estruturado, previamente validado por especialistas.

O questionário encontrava-se organizado em quatro dimensões principais de análise: leitura da planta, facilidade de compreensão da representação espacial, identificação das texturas utilizadas e percepção dos desníveis entre os diferentes espaços representados.

De forma geral, os resultados obtidos indicaram que o mapa tátil permitia aos participantes compreender a organização espacial representada e identificar os principais elementos do espaço.

No que se refere à leitura da planta, todos os participantes demonstraram capacidade para reconhecer a estrutura geral do espaço e identificar os percursos representados. Relativamente à facilidade de compreensão, os resultados sugerem que a organização simplificada da informação contribuiu para uma leitura progressivamente mais rápida e intuitiva do mapa.

A identificação com legenda das texturas utilizadas revelou-se igualmente eficaz, permitindo distinguir diferentes áreas e funções do espaço representado. Por sua vez, a percepção dos desníveis entre os espaços contribuiu para reforçar a leitura da organização espacial do edifício, facilitando a construção de uma representação mental do ambiente.

Durante o processo de avaliação, os participantes apresentaram também sugestões de melhoria, nomeadamente a inclusão de elementos adicionais de referência espacial, variações de texturas para determinadas áreas e a eventual introdução de símbolos alternativos ao braille.

De forma geral, os resultados evidenciam que a utilização de processos participativos de validação contribuiu para melhorar a eficácia dos mapas táteis enquanto instrumentos de orientação espacial, permitindo ajustar o design às necessidades reais dos utilizadores.

5. Conclusão e perspetivas futuras sobre o design de wayfinding inclusivo

A produção de mapas táteis com recurso à fabricação digital não representa apenas um avanço técnico na acessibilidade espacial, mas também uma afirmação concreta de que o direito à orientação autónoma deve ser entendido como uma componente fundamental da cidadania. Os resultados obtidos no presente estudo, através do desenvolvimento e validação de protótipos de mapas táteis, evidenciam o potencial destes dispositivos para apoiar a compreensão espacial e promover maior autonomia na exploração de ambientes construídos. Como foi analisado ao longo deste artigo, a implementação destes dispositivos em escolas e museus transcende a mera função de orientação e sinalização, tornando-se uma ferramenta educativa, simbólica e inclusiva, que comunica, na própria materialidade do espaço, o compromisso institucional com a diversidade funcional.

Contudo, o desenho de soluções acessíveis não pode ser visto como um processo encerrado. A acessibilidade, em especial no domínio do “wayfinding”, exige uma prática contínua de escuta, adaptação e atualização. As transformações nos modos de percepção, as mudanças nas configurações espaciais e a emergência de novas tecnologias desafiam os profissionais do design e as instituições educativas e culturais a renovar constantemente as suas estratégias. É neste horizonte que se inscrevem as perspetivas futuras sobre o design de “wayfinding” inclusivo: na procura de meios mais flexíveis, sensíveis e personalizados de promover a orientação autónoma.

Uma das frentes mais promissoras neste campo é a integração de tecnologias digitais e interativas nos mapas táteis físicos. A aplicação de etiquetas NFC (Near Field Communication) ou de códigos QR permite associar conteúdos audiodescritivos, vídeos explicativos ou instruções sonoras, consultadas por smartphones ou por tablets. Esta estratégia multimodal responde a diferentes perfis de utilizadores: pode ser especialmente útil para pessoas com baixa visão, para quem a leitura braille é limitada ou inexistente, e para públicos mais jovens, familiarizados com a interação digital. Além disso, amplia o alcance do mapa físico, que passa a ser um portal para múltiplas camadas de informação, sem comprometer a clareza tátil da superfície.

Paralelamente, a possibilidade de utilizar inteligência artificial (IA) na personalização de percursos abre caminhos inovadores para o design de orientação inclusiva. A IA, quando integrada em aplicações móveis, pode permitir que cada utilizador selecione ou receba sugestões de trajetos mais adequados às suas capacidades, preferências e objetivos. Por exemplo, um aluno com baixa visão poderá preferir rotas mais diretas com sinalização sonora; já um visitante de um museu poderá solicitar um percurso temático ou adaptado ao tempo disponível. A concretização destas funcionalidades depende, naturalmente, de uma

infraestrutura digital capaz de compreender o espaço físico, constituindo uma aproximação realista e viável à chamada orientação inteligente e personalizada.

Outra área de investigação emergente prende-se com o uso de realidade aumentada (RA) acessível, especialmente quando associada a geolocalização indoor e feedback háptico. Embora estas tecnologias sejam ainda relativamente recentes no domínio da acessibilidade, já existem iniciativas experimentais que exploram a sua aplicabilidade. Dispositivos com vibração direcionada, por exemplo, permitem que o utilizador siga rotas através de sinais táteis emitidos por um telemóvel ou por uma pulseira inteligente, sem necessidade de recorrer à audição. Esta abordagem é particularmente relevante em ambientes ruidosos ou onde a discricção na orientação seja desejada. A combinação da RA com feedback tátil poderá, no futuro, permitir uma orientação espacial tridimensional e contextualizada, superando as limitações da bidimensionalidade tradicional e oferecendo uma leitura situacional contínua.

Importa, no entanto, sublinhar que estas tecnologias não devem ser encaradas como substitutas dos mapas táteis físicos, mas como complementos que alargam o espectro de acessibilidade. O mapa físico continua a ser um recurso crucial para a construção de representações espaciais através do tato, sendo muitas vezes a única fonte de informação imediatamente disponível em ambientes com acessibilidade limitada à rede ou onde o utilizador não possua dispositivos tecnológicos. Os resultados da validação realizada neste estudo reforçam a importância da clareza dos relevos, da distinção entre texturas e da simplificação da informação espacial para garantir uma leitura tátil eficaz destes dispositivos.

Neste contexto, o desafio do design inclusivo é encontrar formas de integrar estas diferentes camadas — física, digital, sensorial e cognitiva — de forma coesa, acessível e transformadora. Essa integração requer um grupo com membros de diferentes áreas do saber: o design gráfico e industrial, a arquitetura, a engenharia de software, a psicologia da perceção, a pedagogia e, sobretudo, as pessoas com deficiência visual. O futuro do “wayfinding” inclusivo não será alcançado apenas com normas técnicas, mas com práticas interdisciplinares de coautoria, escuta ativa e experimentação situada.

Do ponto de vista institucional, esta abordagem exige também uma transformação cultural. A instalação de mapas táteis não é suficiente se não for acompanhada por processos de formação contínua, políticas de manutenção, sistemas de avaliação de eficácia e estratégias de comunicação inclusiva. É necessário garantir que os utilizadores saibam que estes recursos existem, como funcionam, onde estão localizados e como podem ser utilizados em conjunto com outras ferramentas. Para isso, recomenda-se a integração de módulos de formação sobre acessibilidade sensorial nos programas escolares, universitários e museológicos, bem como o envolvimento de equipas multidisciplinares na conceção e atualização dos recursos.

Além disso, há um potencial por explorar no campo da produção distribuída e colaborativa dos mapas táteis. Como foi discutido, os fablabs oferecem condições técnicas e sociais para que instituições locais, comunidades educativas e grupos de cidadãos possam conceber e fabricar os seus próprios sistemas de orientação acessível. Esta possibilidade descentralizada não apenas reduz custos e permite a adaptação a contextos específicos, como também fomenta uma cultura de responsabilidade partilhada, em que a acessibilidade deixa de ser vista como uma imposição externa para se tornar num valor coletivo.

Por fim, importa refletir sobre a acessibilidade não apenas como uma função técnica ou um direito jurídico, mas como uma expressão ética do projeto de sociedade que queremos construir. O design de sistemas de “wayfinding” inclusivo não trata apenas de facilitar deslocações, mas de afirmar que todos têm o direito de descobrir, habitar e participar no espaço público com dignidade e autonomia. Neste sentido, estas plantas táteis, quando integrados em ecossistemas mais amplos de tecnologias assistivas e práticas inclusivas, podem tornar-se marcos de uma nova cultura espacial — mais justa, sensível e plural.

Assim, o caminho a seguir implica uma visão expandida da acessibilidade, que valorize tanto os recursos físicos como as tecnologias digitais, tanto o saber técnico como o conhecimento vivido. Neste enquadramento, o desenvolvimento e validação de mapas táteis, tal como explorado neste estudo, demonstra o potencial pedagógico e social do “wayfinding” inclusivo, contribuindo para preparar professores e instituições capazes de integrar a acessibilidade como eixo estruturante do ensino e da experiência cultural.

5.1. Limitações do estudo

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, o processo de validação dos protótipos foi realizado com um número reduzido de participantes, envolvendo um utilizador especialista e dez participantes com cegueira total ou baixa visão. Embora este tipo de amostra seja comum em estudos exploratórios no domínio do design inclusivo, investigações futuras poderão beneficiar de amostras mais alargadas e diversificadas, permitindo aprofundar a análise da legibilidade e eficácia dos mapas táteis. Acresce ainda que, os participantes já conheciam previamente o espaço para o qual se desenvolveu o mapa tátil, o que poderá ter produzido influência nas suas perceções.

Em segundo lugar, a avaliação realizada incidiu essencialmente sobre a leitura tátil e a compreensão da representação espacial dos mapas, não incluindo a sua implementação prolongada em contextos reais de navegação. Estudos futuros poderão explorar a utilização destes dispositivos em situações reais de orientação em edifícios, analisando o seu impacto na autonomia e na mobilidade dos utilizadores.

Outra limitação relaciona-se com o âmbito dos contextos analisados. Embora o artigo discuta a aplicação de mapas táteis em escolas e museus, a análise empírica centrou-se sobretudo na avaliação de protótipos enquanto instrumentos de representação espacial, não contemplando a implementação direta destes recursos em ambos os contextos institucionais. Investigações futuras poderão aprofundar a aplicação destes sistemas em ambientes educativos e museológicos específicos, analisando as particularidades de cada contexto.

Por fim, o estudo concentrou-se na avaliação das cartografias sensoriais físicas, não explorando de forma empírica a integração com tecnologias digitais ou sistemas multimodais de orientação, como soluções áudio-táteis ou aplicações móveis. A combinação entre mapas físicos e tecnologias interativas constitui uma linha promissora de investigação futura no campo do “wayfinding” inclusivo.

Referências

- ACAPO. (2025). *Palavras importam, sim e muito*. Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal. <https://www.acapo.pt/palavras-importam-sim-e-muito>
- Almeida, E. A. M., Alves Junior, F. E. B., Sarmiento, B. R., & Costa, A. D. L. (2022). *Metodologia para elaboração de mapas táteis*. Blucher Design Proceedings, 9 Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído e 10 Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, 483–499. <https://doi.org/10.5151/eneac2022-032>
- Barvir, R., Vondrakova, A., & Brus, J. (2019). *TouchIt3D: Technology (not only) for tactile maps*. Abstracts of the ICA, 1, 1–2. <https://doi.org/10.5194/ica-abs-1-24-2019>
- European Parliament & Council of the European Union. (2019). *Directive (EU) 2019/882 of the European Parliament and of the Council on the accessibility requirements for products and service services*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0882>
- Fortin, M., Voss, P., Lord, C., Lassonde, M., Pruessner, J., Saint-Amour, D., Rainville, C., & Imrie R. (2012). Universalism, universal design and equitable access to the built environment. *Disability and rehabilitation*, 34(10), 873–882. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.624250>
- Lepore, F. (2008). Wayfinding in the blind: Larger hippocampal volume and supranormal spatial navigation. *Brain*, 131(11), 2995–3005. <https://doi.org/10.1093/brain/awn250>
- Giudice, N. A., Guenther, B. A., Jensen, N. A., & Haase, K. N. (2020). Cognitive mapping without vision: Comparing wayfinding performance after learning from digital touchscreen-based multimodal maps vs. embossed tactile overlays. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 87. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00087>
- Martins, G. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J. M. L., Pedroso, J. V., Carrillo, J. L. A., Silva, L. M. U., Encarnação, M. M. G. A., Horta, M. J. V., Calçada, M. T. C. S., Nery, R. F. V., & Rodrigues, S. M. C. V. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Ministério da Educação, Direção-Geral da Educação. https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

- Mussi, A. Q., Romanini, A., Lantelme, E., & Martins, M. S. (2016). *Arquitetura inclusiva: A planta tátil como instrumento de projeto colaborativo com portadores de deficiência visual*. Blucher Design Proceedings, XX Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 387–393. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-714>
- Niu, L., Xu, L., & Tang, Z. (2008). Use of gestalt in wayfinding design and analysis of way-finding process. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*, 2(4), 386–390. <https://doi.org/10.1007/s11709-008-0040-8>
- Nussbaum, M. C. (2011). *Creating capabilities: The human development approach*. Harvard University Press
- Oliver, M. (1990). *The politics of disablement*. Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-20895-1>
- Othman, A., Ahmed, S., & Al-Mohannadi, A. D. (2022). MadaFabLab: An inclusive STEM and fabrication environment for creativity and innovation and its impact on persons with disabilities. *Nafath Journal*, 7. <https://nafath.mada.org.qa/nafath-article/madfablab-an-inclusive-stem-and-fabrication-environment-for-creativity-and-innovation-and-its-impact-on-persons-with-disabilities/>
- Passini, R. (1996). Wayfinding design: Logic, application and some thoughts on universality. *Design Studies*, 17(3), 319–331. [https://doi.org/10.1016/0142-694X\(96\)00001-4](https://doi.org/10.1016/0142-694X(96)00001-4)
- Prandi, C., Delnevo, G., Salomoni, P., & Mirri, S. (2021). On supporting university communities in indoor wayfinding: An inclusive design approach. *Sensors*, 21(9), 3134. <https://doi.org/10.3390/s21093134>
- União Europeia. (2019). *Diretiva (UE) 2019/882 do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de abril de 2019 relativa aos requisitos de acessibilidade aplicáveis a produtos e serviços*. Jornal Oficial da União Europeia. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0882>
- United Nations. (2006). *Convention on the rights of persons with disabilities*. https://dcjri.ministeriopublico.pt/sites/default/files/documentos/instrumentos/pessoas_deficiencia_convencao_sobre_direitos_pessoas_com_deficiencia.pdf
- Universidade Federal de Santa Catarina. (2023). *Manual técnico para projetos de mapas táteis para as edificações da UFSC*. Secretaria de Acessibilidade da UFSC. <https://acessibilidade.ufsc.br/files/2023/04/Manual-T%C3%A9cnico-Mapas-T%C3%A1teis-UFSC.pdf>