

USABILIDADE E ACESSIBILIDADE EM TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

USABILITY AND ACCESSIBILITY IN ASSISTIVE TECHNOLOGY FOR VISUALLY IMPAIRED

Alice Tavares Figueiredo¹

Júlio Cezar Augusto da Silva²

Saul Eliahú Mizrahi³

Roberto Cardoso Freire da Silva⁴

Janete Rocha Cicero⁵

Resumo

Este estudo apresenta uma revisão sistemática focada na identificação e análise do emprego de diretrizes de usabilidade e acessibilidade em Tecnologia Assistiva (TA) para pessoas com deficiência visual. A pesquisa analisa nove artigos e a perspectiva de quatro autores renomados no campo da usabilidade e no desenvolvimento de sistemas interativos. O estudo também destaca cinco percepções encontradas nos artigos, consideradas fundamentais no desenvolvimento de TA. A conclusão aponta para a importância do uso dessas diretrizes, pois atualmente, a integração limitada de conhecimentos especializados nessa área provoca uma restrição no desenvolvimento eficaz das aplicações.

Keywords: Tecnologia Assistiva; Deficiência Visual; Usabilidade; Acessibilidade; Diretrizes.

Abstract

This study presents a systematic review focused on identification and analysis of the use of usability and accessibility guidelines in Assistive Technologies (AT) for visually impaired. The research analyzes nine papers and the perspectives of four renowned authors in the field of usability and the development of interactive systems. The study also highlights five insights found in the papers, considered fundamental in the development of AT. The conclusion points to the importance of using these guidelines, as currently, the limited integration of specialized knowledge in this area leads to a restriction in the effective development of applications.

Palavras-chave: Assistive Technology; Visual Impairment; Usability; Accessibility; Guidelines.

¹ alictavaresf@gmail.com

² julio.silva@int.gov.br

³ saul.mizrahi@int.gov.br

⁴ rcardosofreire@gmail.com

⁵ rochaci.janete@gmail.com

INTRODUÇÃO

A pouca aplicação de parâmetros de usabilidade e acessibilidade em projetos de Tecnologia Assistiva (TA), ampliam significativamente o risco dessas tecnologias serem abandonadas por pessoas com deficiência (Ellis et al., 2020). Paralelamente, a falta de envolvimento das pessoas usuárias e procedimentos inadequados relacionados ao desenvolvimento das TA, resultam em desperdício de recursos, incluindo públicos, acarretando falhas no atendimento das demandas desses indivíduos (OMS, 2022). Portanto, aprofundar o conhecimento sobre as necessidades das pessoas usuárias e seus aspectos sensoriais, é crucial para assegurar a adoção e o uso contínuo dessas tecnologias sob as finalidades para as quais foram criadas.

Diante desse desafio, este artigo visa (1) evidenciar as diretrizes de usabilidade mais empregadas e aderentes ao tema acessibilidade, e quais seriam mais aplicadas em projetos de TA para pessoas com deficiência visual. (2) Identificar a implementação e uso dessas diretrizes em projetos de TA a partir da revisão sistemática. Além disso, (3) busca-se compreender como a incorporação dessas diretrizes poderia minimizar eventuais vieses ao longo do processo de desenvolvimento, potencializando a adequação para as pessoas usuárias.

Entende-se por TA como qualquer produto, sistema, recurso, metodologia, estratégia, prática ou serviço que objetiva promover ou manter a funcionalidade e independência, facilitando a atividade e participação da pessoa com deficiência ou idosos, visando sua autonomia, qualidade de vida e inclusão social desses indivíduos (OMS, 2022; BRASIL, 2015).

Bersch (2017) estabelece doze categorias de TA, sendo essa classificação entendida como fundamental para organizar o campo, apoiar estudos e pesquisas, desenvolver políticas públicas, catalogar e formar bancos de dados, identificando os recursos considerados ideais para atender às necessidades daqueles a que se destina.

Para análise deste artigo, que se concentra em Tecnologias Assistivas para pessoas com deficiência visual, serão consideradas duas das doze categorias (Bersch, 2017), são elas: **(1) Recursos de acessibilidade ao computador**, sendo alguns exemplos, dispositivos como síntese de voz, Sistema Braille, impressão em relevo, ponteiras de cabeça, teclados modificados e softwares para acesso ao computador; e **(2) auxílios para ampliação da função visual e recursos que traduzem conteúdos visuais em áudio ou informação tátil**, como lupas, grandes telas de impressão, sistema de TV com aumento para leitura, softwares ampliadores de tela, material gráfico com texturas e relevos, mapas e gráficos táteis, software OCR, entre outros (Bersch, 2017).

Ambas as categorias contêm TA com potencial função de adaptabilidade que podem ser identificadas como soluções para auxiliar uma pessoa a receber, enviar, produzir e processar diversas informações em um dispositivo. Além disso, podem favorecer a interação social e contribuir para promover a independência e autonomia desses indivíduos em um mundo predominantemente projetado para os videntes. Essas tecnologias não apenas oferecem funcionalidade adaptativa, mas também desafiam as normas sociais em torno da deficiência, como será discutido a seguir.

A possibilidade de proporcionar maior independência e autonomia através das TA é particularmente relevante quando consideramos o contexto histórico da pessoa com deficiência. Segundo Davis (1995), as diferentes noções sobre a 'normalidade' ou

o 'comum' são evidenciadas no século XVIII, com a adoção da estatística em contextos relacionados à população e à economia. Essa ferramenta permitiu a mensuração e a comparação de características humanas de maneira sistemática e quantitativa, levando à ideia de que existe uma 'norma' ou um padrão médio em qualquer conjunto de dados, incluindo aqueles que descrevem características humanas.

Davis (1995) ainda argumenta que a concepção sobre o que é a pessoa com deficiência não reside na pessoa em si, mas na forma como o ser comum foi concebido pela sociedade. Esta percepção ecoa com as ideias de Charlton (2004), que complementa como essa construção é influenciada por uma variedade de fatores culturais, como por exemplo, costumes, sinais, símbolos, religião e mídia. Por fim, "A ideia de que a cegueira, a surdez ou a lesão medular nada mais são do que diferentes modos de vida é algo absolutamente revolucionário para a literatura acadêmica sobre a deficiência." (Diniz, 2007, p.8). Essa evolução na mudança de perspectiva sobre a deficiência tem implicações significativas no desenvolvimento das TA.

A transformação no olhar acerca da pessoa com deficiência, reforça a necessidade de conceber TA adequadas às necessidades das pessoas usuárias. Pesquisas recentes consideram demandas específicas de um indivíduo, um grupo de pessoas ou instituição no processo de desenvolvimento das TA (Ellis et al., 2020; Murad, Tripto, Ali, 2019; Martillano et al., 2018). Nessa conjuntura, o *Human Centered Design (HCD)* se materializa como possibilidade de uma abordagem prática e orientada à pessoa usuária, além de uma resposta direta à mudança de paradigma na concepção da deficiência, com o intuito de contribuir com a usabilidade, adoção e incorporação no uso das TA.

O HCD é caracterizado como "[...]uma metodologia e filosofia de projeto em que as necessidades, metas e sucesso do usuário final são consideradas." (Lanter e Essinger, 2017, p.1, tradução nossa). Este enfoque dado no processo de criação e evolução de um produto/sistema visa aperfeiçoar as TA para proporcionar experiências mais satisfatórias às pessoas usuárias.

Charlton (2004), com o lema "*Nothing About Us, Without Us*", permite a captura da essência do HCD no universo das TA, ao enfatizar a importância em reconhecer as necessidades individuais e coletivas das pessoas com deficiência, transformando a deficiência em uma questão política e social. Esse movimento busca promover o empoderamento e inclusão, desafiando sistemas políticos, econômicos e culturais estabelecidos.

Dentro dessa perspectiva, posicionar a pessoa com deficiência visual no centro da criação, desenvolvimento, produção, adequação e/ou avaliação de um produto/sistema, considerando a pluralidade dessas pessoas usuárias, é observado como principal elemento para o desenvolvimento de TA. Assim, o HCD propõe caminhos que enfatizam a importância da usabilidade e acessibilidade na realização de TA mais intuitivas fisicamente, cognitivamente e emocionalmente.

Durante o processo de desenvolvimento de um produto/sistema com foco humanizado, os designers devem avaliar uma gama de critérios de usabilidade, com o objetivo de atingir um desempenho satisfatório na função para a qual a TA foi designada. Esse desempenho deverá ser avaliado de forma individualizada em cada projeto, ao considerar as escolhas feitas para atender as necessidades da pessoa que será a usuária final. Para alcançar esse propósito, é desejável estabelecer diretrizes de usabilidade, com a intenção de garantir um alto grau de eficácia no desenvolvimento do produto/sistema.

Além disso, é vital não apenas estabelecer diretrizes de usabilidade, mas também priorizar aspectos da acessibilidade. De acordo com a ABNT (2020), a acessibilidade refe-

re-se ao acesso universal, permitindo que todas as pessoas, sem distinção de suas habilidades físico-motoras, perceptivas, culturais ou sociais, possam aproveitar os benefícios de participar da vida em sociedade. Isso implica na adaptabilidade para acomodar as diversas necessidades das pessoas usuárias e sua rede de apoio, levando em consideração suas particularidades. Em outras palavras, o objetivo é garantir que todos, independente de seus aspectos sensoriais, possam utilizar a TA.

A usabilidade desempenha um papel central na determinação das características de manuseio de um produto/sistema, contribuindo para o aprendizado rápido, a execução de ações facilmente memoráveis, a minimização de erros operacionais, a satisfação das pessoas usuárias, e a eficiência na realização das tarefas para as quais o produto/sistema foi projetado. Paralelamente, a acessibilidade concentra-se primordialmente nas necessidades únicas das pessoas com deficiência, garantindo o direito delas ao acesso a organizações, muitas vezes por meio do uso de TA. Essa interação entre usabilidade e acessibilidade e o estabelecimento de diretrizes prévias que contemplem ambos os conceitos, é fundamental para criar TA eficazes e inclusivas.

Uma outra perspectiva na concepção de produtos/sistema acessíveis, refere-se ao *Universal Design* (Desenho Universal - DU). O Centro de Desenho Universal foi criado no ano de 1989, a partir de pesquisas realizadas pelo arquiteto Ronald Mace, da Universidade Estadual da Carolina do Norte. Em 1997 foram estabelecidas diretrizes que visam desenvolver produtos e ambientes para serem utilizados por todas as pessoas, em maior número possível, sem a necessidade de adaptação ou design especializado.

Enquanto a TA focaliza projetos voltados às pessoas com deficiência, o DU trabalha sob uma perspectiva de que esses projetos devam ser acessíveis a todos. Deste modo, considerando diferentes aspectos, Mace e Mueller (1998) destacam que alguns projetos de acessibilidade inicialmente desenvolvidos como TA, tornaram-se tecnologias comuns a todos, a exemplo dos óculos para correção da visão. Outros produtos que visavam as pessoas usuárias de uma forma geral, atingiram positivamente pessoas com deficiência, como por exemplo, os dispositivos com reconhecimento de fala.

A proposta do DU é a viabilização da inclusão, ao buscar a ideia de integração ao uso geral, enquanto as propostas de acessibilidade tendem a focalizar um público alvo específico, considerados sob um perfil estabelecido. Devido ao seu aspecto universalizante, o conceito de DU está sempre associado à exploração de diferentes potencialidades universais, de modo que haverá casos nos quais a aplicação de seus princípios não será viável. Nesse ponto, consideradas as possibilidades, é possível iniciar a execução do desenvolvimento de tecnologias assistivas.

Ao estabelecer a distinção entre usabilidade, acessibilidade e DU, fica evidente a importância da integração, quando possível, dos conceitos em projetos de desenvolvimento de TA. O atual e complexo cenário de desenvolvimento dessas tecnologias, somado aos altos custos de produção, muitas vezes podem limitar o acesso a esses dispositivos a quem deles é destinado. Por uma perspectiva, temos o alto nível de especialização do produto, exigindo a colaboração de profissionais capacitados como educadores, desenvolvedores, designers, fisioterapeutas, ortopedistas, entre outros, para a sua concepção e fabricação. Em contrapartida, essa categoria de produto geralmente apresenta tiragens limitadas de produção em relação à demanda/oferta, se tornando geralmente, muito cara e inacessível à maior parte da população, caso não conte com apoio público ou privado para aquisição (OMS, 2022).

Diante desses desafios, é importante reconhecer as pessoas com deficiência como parte integral da população. Sob este contexto e perspectiva, a dificuldade no acesso às tecnologias essenciais para esses indivíduos não é apenas uma questão de inclusão, mas também um reflexo de barreiras sociais impostas e persistentes. Assim, considera-se a existência de um imperativo contínuo para discussão e atualização das práticas de desenvolvimento de TA, visando a inclusão plena e efetiva dessas pessoas em todos os aspectos da sociedade.

Diante da problemática apresentada conduzimos uma revisão sistemática de literatura visando identificar padrões e contribuições nas diretrizes de usabilidade e acessibilidade em TA para pessoas com deficiência visual. Nosso foco abrange autores renomados, que vêm contribuindo significativamente para a discussão sobre usabilidade. Para que pudéssemos encontrar e fundamentar respostas neste sentido, realizamos buscas em diferentes bases de dados, que nos levaram a analisar nove artigos que discutem dificuldades e potencialidades, assim como as consequências para o seu aprendizado, que serão tratados a seguir.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota um estudo bibliográfico de cunho exploratório e descritivo, sob o olhar de Creswell (2003), ao analisar qualitativamente pesquisas já publicadas sobre o assunto, visando investigar a existência de diretrizes que englobam usabilidade e acessibilidade no desenvolvimento de TA, assim como das relações subjacentes estabelecidas em seu uso.

Em um primeiro momento serão discutidas as diretrizes de usabilidade propostas por autores da área, com a finalidade de identificar contribuições dessas diretrizes ao tema. Em seguida realizamos uma análise sistemática da literatura, com enfoque na revisão de pesquisas previamente publicadas sobre o tema e identificando quais diretrizes são refletidas nos artefatos desenvolvidos. Por fim, padrões emergentes foram identificados entre as pesquisas.

A seleção desta abordagem visa inicialmente mapear e analisar as principais contribuições provenientes da pesquisa acadêmica, referentes a estudos que possuem tendência em incorporar diretrizes de usabilidade e acessibilidade associadas aos autores em pesquisas de desenvolvimento de TA. Assim, foram realizadas pesquisas criteriosas em duas bases acadêmicas: a *Association for Computing Digital Library (ACM Digital Library)* - uma base de dados que inclui periódicos científicos, revistas, e anais de conferências e congressos com artigos de pesquisa nas áreas de Ciência da Computação, Engenharia de Computação, Tecnologia da Informação; e SCOPUS - maior base internacional de resumos e citações da literatura revisada por pares, a qual abrange áreas de Ciência, Tecnologia, Medicina, Ciências Sociais, Artes e Humanidades.

Para alcançar resultados mais precisos nas bases de dados, inicialmente, foram empregados os descritores e operadores: (“blind” OR “visual impaired” OR “vision loss” OR “low vision” OR “sight impaired”) AND (“technique” OR “method” OR “model” OR “heuristic” OR “principle” OR “recommendation” OR “guideline” OR “framework”) AND (“assistive technolog*”) AND (“develop*”). A busca nos apresentou 377 artigos revisados por pares (251 ACM e 126 SCOPUS), publicados entre os anos 2017 e 2023, nos idiomas português, espanhol e inglês.

Após uma avaliação inicial dos títulos e resumos e identificando uma maior relevância com o tema, optamos por concentrar nossa análise nas publicações das seguintes áreas: desenho industrial, design de produto, fatores humanos, design de artefatos digitais, design, educação e inovação, design tecnologia e sociedade, e métodos para fatores humanos. Selecionamos um total de 41 artigos, sendo 22 da ACM e 19 da SCOPUS.

Por fim, focalizamos a pesquisa para artigos que abordassem o desenvolvimento e teste de TA no contexto educacional e na promoção da independência, em que identificamos 9 artigos. Esses artigos foram selecionados para compor a parte central de nossa investigação devido às diferentes relações e contextos que se estabelecem, assim como suas contribuições para a autonomia de pessoas com deficiência visual em processos de ensino-aprendizagem.

Diretrizes de usabilidade

Inicialmente, direcionamos nosso foco investigativo para explorar possibilidades de integração, priorizando características que promovem a acessibilidade, com base em diretrizes estabelecidas de usabilidade presentes nas discussões. Assim, identificamos e analisamos quatro conjuntos de heurísticas, princípios e leis pertinentes ao desenvolvimento de produtos e sistemas interativos.

A seleção de autores para esta discussão centrou-se em sua relevância e contribuição ao tema, com um enfoque especial naqueles que desenvolveram diretrizes específicas de usabilidade. Essas diretrizes abordam aspectos críticos da tecnologia/produto, incluindo o design de interfaces e ergonomia, visando uma compreensão abrangente e integrada.

Cabe destacar que, apesar de sua relevância, as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.1 não foram incluídas na nossa análise. Essas diretrizes têm foco específico em interfaces de conteúdos web e, portanto, fora do escopo do nosso estudo o qual foca em produtos e sistemas interativos mais amplos.

Com o objetivo de explorar a interação de forma holística dentro do sistema humano-tecnologia-ambiente, selecionamos os autores a seguir para: realizar análises comparativas; verificar a presença ou ausência de diretrizes de acessibilidade; e, quando presentes, entender como as noções de acessibilidade estão incorporadas e tratadas.

1. Heurísticas de Nielsen - Nielsen, Jakob; Molich, Ralf (1990): desenvolvidas em 1990, e detalhadas no livro *Usability Engineering* (1993) e no artigo *Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics* (1994), as dez heurísticas tem como objetivo normatizar e evitar erros de interação em interfaces de sistemas. Elaboradas em parceria com Molich, as heurísticas não determinam um contexto de uso específico, não é exigido um planejamento de alta complexidade e podem ser utilizadas em qualquer etapa do desenvolvimento. “A avaliação heurística é feita observando uma interface e tentando formar uma opinião sobre o que é bom e o que é ruim nessa interface.” (Nielsen, 1993, p. 155, tradução nossa). Embora a avaliação idealmente requeira avaliadores com experiência para uma aplicação eficaz, Nielsen (1993) reconhece que profissionais não especializados também podem identificar uma série de problemas de usabilidade. Assim, a identificação de problemas de usabilidade nem sempre envolve a participação direta da pessoa usuária do sistema ou de um profissional qualificado da área. Ainda, para Nielsen (1993), o número exato de avaliadores a ser utilizado dependerá de uma análise

custo-benefício, sendo razoável recomendar o uso de cerca de cinco avaliadores e, certamente, ao menos três.

2. Heurísticas de Muller/McClard - Muller, M. J.; McClard, A. (1995): desenvolvidas em 1995, as heurísticas de Muller e McClard representam uma extensão das dez heurísticas de Nielsen. Para os autores, as heurísticas adicionadas estão sob a perspectiva mais orientada ao processo, em contraste com a orientação ao produto das heurísticas de Nielsen. De acordo com o paradigma de Floyd (1987), conhecido como ‘paradigm change’, existe uma distinção clara entre as perspectivas orientadas ao produto e ao processo. Com a terceira geração de computadores mais complexos e sofisticados, foi necessária a mudança na forma de desenvolver softwares, ao entender que os programas devem ser desenvolvidos para pessoas, de modo a atender às suas necessidades. Nesta linha, Muller e McClard (1995), entendem as heurísticas de Nielsen como orientadas ao produto, onde o software é percebido como um produto autônomo, consistindo em um conjunto de programas e documentos relacionados. Essa abordagem pressupõe que o contexto de uso do software é estável e bem compreendido, permitindo que os requisitos para o seu desenvolvimento sejam estabelecidos previamente, com base na suposição de que os desenvolvedores entendem claramente como o software será usado. Por outro lado, a inserção de heurísticas orientadas ao processo, buscam alinhar a avaliação às necessidades e interação das pessoas usuárias com o software.

3. Oito Regras de Ouro do Design de Interfaces - Shneiderman, Ben; Plaisant, Catherine (1987): lançadas no livro *Designing the user interface (1987)*, as oito regras têm passado por um processo contínuo de refinamento e atualização ao longo de décadas. Até o momento, elas foram revistas e aprimoradas em sucessivas edições, chegando à sua sexta edição em 2016. As regras de ouro são frequentemente usadas como princípios para a concepção e/ou avaliação da maioria dos sistemas interativos (aplicações web, desktop e mobile). Para Shneiderman (2010, p. 71, tradução nossa), “[...]os princípios devem ser interpretados, refinados e ampliados para cada projeto”. A segunda regra de ouro, “Atender a usabilidade universal”, está intimamente ligada à acessibilidade e diversidade das necessidades. Essa regra enfatiza a importância de projetar sistemas flexíveis que permitam a adaptação do conteúdo para atender um amplo espectro de pessoas usuárias.

4. Leis da Simplicidade - Maeda, John (2006): Maeda propõe dez leis e três ‘chaves’ para a simplificação de sistemas complexos, considerando a vasta quantidade de produtos tecnológicos e serviços que permeiam o humano. O autor reconhece que, apesar de a tecnologia ser estimulante, ela pode se tornar frustrante quando é muito complexa, e nesse contexto, a simplicidade está associada à sanidade. O livro *As Leis da Simplicidade*, fornece princípios de design ao visar aprimorar, otimizar e tornar produtos, serviços ou soluções mais acessíveis e agradáveis.

O quadro 1 apresenta uma organização sistemática das diretrizes propostas pelos autores mencionados anteriormente. Nele, cada diretriz é acompanhada por uma descrição, com o intuito de facilitar a compreensão e aplicação dos conceitos. Importante destacar que, em geral, as diretrizes são identificadas por códigos baseados nas iniciais de suas traduções para o português. Sendo duas

as exceções a essa regra: as heurísticas de Nielsen e Molich, e as de Muller e McClard. Para estas, adotamos as iniciais dos sobrenomes dos autores, HNM e HMM respectivamente. Esta escolha reflete a relação intrínseca entre os dois conjuntos de heurísticas. A decisão de codificar as diretrizes visa identificar e diferenciar as mesmas, tanto no quadro quanto nas discussões ao longo do texto.

Quadro 1: Código, nomenclatura e descrição das diretrizes.

Heurísticas de Nielsen/Molich (1990)		
Cod.	Heurística	Descrição
HNM1	Visibilidade do Status do Sistema	O design deve sempre manter as pessoas usuárias informadas sobre o que está acontecendo por meio de feedback apropriado em um tempo razoável.
HNM2	Equivalência entre o sistema e o mundo real;	O design deve falar a linguagem das pessoas usuárias. Use palavras, frases e conceitos familiares, em vez de jargões. Siga as convenções do mundo real, fazendo com que as informações apareçam em uma ordem natural e lógica.
HNM3	Controle do usuário e liberdade	As pessoas usuárias geralmente executam ações por engano. Eles precisam de uma "saída de emergência" claramente marcada para deixar a ação indesejada sem ter que passar por um longo processo.
HNM4	Consistência e padrões	As pessoas usuárias não devem se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Siga as convenções da plataforma e da indústria.
HNM5	Prevenção de erro	Boas mensagens de erro são importantes, mas os melhores projetos evitam cuidadosamente a ocorrência de problemas em primeiro lugar. Elimine as condições propensas a erros ou verifique-as e apresente às pessoas usuárias uma opção de confirmação antes que eles se comprometam com a ação.
HNM6	Reconhecer ao invés de relembrar	Minimize a carga de memória da pessoa usuária tornando elementos, ações e opções fáceis de acessar. A pessoa usuária não deve ter que se lembrar de informações de uma parte da interface para outra. As informações necessárias (por exemplo, itens de menu) devem ser facilmente acessadas ou recuperadas.
HNM7	Flexibilidade e eficiência de uso	Atalhos — ocultos para os novatos — podem acelerar a interação da pessoa usuária experiente de modo que o design possa atender ambos. Permita a personalização de ações frequentes.
HNM8	Estética e design minimalista	As interfaces não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Cada unidade extra de informação em uma interface compete com as unidades relevantes de informação e diminui seu alcance relativo.
HNM9	Auxiliar usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar ações erradas	As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos de erro), indicar com precisão o problema e sugerir uma solução de forma construtiva.
HNM10	Ajuda e documentação	É melhor que o sistema não precise de nenhuma explicação adicional. No entanto, pode ser necessário fornecer documentação para ajudar as pessoas usuárias a entenderem como concluir suas tarefas.
Heurísticas de Muller/McClard (1995)		
Cod.	Heurística	Descrição
HMM11	Respeite o usuário e suas habilidades	O sistema, como exemplo, uma assistente virtual, é projetado para melhorar e complementar as habilidades e conhecimentos da pessoa usuária, não para substituí-la.
HMM12	Experiência agradável com o sistema	A interação do sistema com a pessoa usuária é feita de forma agradável e respeitosa, ao valorizar a sua experiência, respeitar sua identidade e intenções, e apresentar um design que equilibra estética e funcionalidade.
HMM13	Apoie o trabalho de qualidade	O sistema ajuda a pessoa usuária a entregar trabalho de qualidade aos seus clientes (quando aplicado), enfatizando a pontualidade, precisão, apelo estético e completude apropriada.

Oito Regras de Ouro - Shneiderman/Plaisant (1987)		
Cod.	Regras	Descrição
ORO1	Buscar consistência	Sequências consistentes de ações devem ser exigidas em situações semelhantes; terminologia idêntica deve ser usada em prompts, menus e telas de ajuda; cores consistentes, layout, capitalização, fontes e assim por diante, devem ser empregados em todo o texto.
ORO2	Atender à usabilidade universal	Reconhecer as necessidades das diversas pessoas usuárias e projetar para a plasticidade, facilitando a transformação do conteúdo. De iniciantes a especialistas, diferenças, faixas etárias, deficiências, variações internacionais e diversidade tecnológica enriquecem o espectro de requisitos que orientam o design.
ORO3	Oferecer feedback informativo	Para cada ação da pessoa usuária, deve haver um feedback da interface. Para ações frequentes e menores, a resposta pode ser modesta, enquanto para ações infrequentes e importantes, a resposta deve ser mais substancial.
ORO4	Projetar diálogos para proporcionar o fim de uma ação	As sequências de ações devem ser organizadas em grupos com início, meio e fim. O feedback ao fim da ação gera satisfação e prepara a pessoa usuária para a próxima sequência, dispensando planos alternativos.
ORO5	Evite erros	Tanto quanto possível, projete a interface para que as pessoas usuárias não cometam erros graves. Ao indício de erro, a interface deve oferecer instruções simples, construtivas e específicas para a recuperação.
ORO6	Permitir a fácil reversão de ações	Tanto quanto possível, as ações devem ser reversíveis. Esse recurso alivia a ansiedade, pois as pessoas usuárias sabem que os erros podem ser desfeitos e incentiva a exploração de opções desconhecidas.
ORO7	Suportar o usuário como controlador	As pessoas usuárias mais experientes desejam ter a sensação de que estão no comando da interface e que a interface responde às suas ações. Elas não querem surpresas ou mudanças no comportamento familiar e ficam incomodadas com sequências tediosas de entrada de dados, dificuldade em obter as informações necessárias e incapacidade de produzir o resultado desejado.
ORO8	Reduza a carga de memória de curto prazo	Os sistemas não devem, por exemplo, exigir a reinserção de números de telefone, os locais do site devem permanecer visíveis e os formulários longos devem ser compactados para caber em uma única exibição.
Leis da Simplicidade - Maeda (2006)		
Cod.	Lei	Descrição
LS1	Reduzir	A maneira mais simples de alcançar a simplicidade é por meio de uma redução cuidadosa. Reduzir, esconder complexidades e incorporar qualidade pode tornar produtos e serviços mais acessíveis e agradáveis, equilibrando funcionalidade com simplicidade.
LS2	Organizar	A organização faz com que um sistema de muitos pareça menos. Para que essa organização seja efetiva, é necessário fazer escolhas estratégicas sobre como agrupar itens, o que pode ser um processo complexo. Trabalhar com menos objetos e categorias simplifica a vida, mas requer decisões acertadas para integrar elementos diversos de maneira eficiente.
LS3	Tempo	A economia de tempo é frequentemente associada à simplicidade. Podemos perceber essa redução ao minimizar o tempo gasto e ao ocultar ações desnecessárias. Assim, compensamos o que é perdido, priorizando o que é mais importante de maneira sutil. Isso nos permite usar o nosso tempo de forma mais eficaz, focando no que realmente importa.
LS4	Aprender	O conhecimento torna tudo mais simples. Entender a tarefa corretamente pode economizar tempo a longo prazo. A essência do aprendizado está em compreender os princípios básicos, repetir conceitos frequentemente, motivar através de exemplos práticos, prevenir a sensação de desânimo e sempre reforçar todo o processo por meio da constante repetição.

Leis da Simplicidade - Maeda (2006)		
Cod.	Lei	Descrição
LS5	Diferenças	Simplicidade e complexidade precisam uma da outra. No entanto, para atingir a simplicidade em um projeto, é essencial que a complexidade esteja intencionalmente incorporada. Encontrar o equilíbrio dos dois aspectos é um desafio a ser enfrentado.
LS6	Contexto	O que está na periferia da simplicidade definitivamente não é periférico. O contraste entre foco e contexto mais amplo é essencial: focar demais em algo pode ser limitante, enquanto iluminar uma área mais ampla pode ser mais enriquecedor.
LS7	Emoção	Mais emoções são melhores do que menos. A simplicidade em um projeto requer equilíbrio com as emoções, adicionando ornamentos e camadas de significados quando necessário.
LS8	Confiança	Na simplicidade nós confiamos. É necessário equilibrar o aprendizado e a confiança em sistemas automatizados. Essa confiança, contudo, deve ser ponderada especialmente quando implica em sacrificar a privacidade da pessoa usuária ou em uma dependência excessiva da tecnologia.
LS9	Falha	Algumas coisas nunca podem ser simplificadas. Reconhecer que a simplicidade pode ser inatingível em certos casos oferece uma oportunidade de usar melhor o tempo, em vez de perseguir um objetivo aparentemente impossível.
LS10	ÚNICO	Simplicidade é subtrair o óbvio e adicionar o significativo.

Fonte: Elaborado com base nos autores de usabilidade analisados.

Com base nos modelos e conceitos abordados nesta seção, percebe-se uma preocupação recorrente com o bem estar da pessoa usuária, a interação humano-tecnologia-ambiente, e a participação nos processos de avaliação, seleção e desenvolvimento dos produtos/sistemas interativos. Sob a perspectiva de projetos de TA, a acessibilidade e termos relacionados não são claramente explicitados, apesar de ser um tema transversal a maior parte das diretrizes apresentadas (quadro 1).

Resultados da Análise Sistemática

A partir dos conceitos e contribuições dos autores abordados na seção anterior, apresentaremos nesta seção os resultados e discussões decorrentes da revisão sistemática dos nove artigos coletados. O quadro 2 apresenta uma síntese desses projetos. Esta análise foi realizada sob o olhar de projetos de TA, considerando a possibilidade de uso das diretrizes de usabilidade e acessibilidade.

Quadro 2: Síntese dos artigos analisados.

Cód. artigo	Ano	Título	Autores	Síntese
A1	2020	Bespoke Reflections: Creating a One-Handed Braille Keyboard	Ellis et al.	Desenvolvimento de TA personalizada para uma pessoa com mais de uma deficiência, enfatizando o Do-It-Yourself (DIY) como uma alternativa de desenvolvimento de TA que acolham as necessidades específicas de pessoas com deficiência. O processo envolveu prototipagem a partir da cocriação da pesquisadora com a pessoa usuária devido às necessidades únicas decorrentes de duas deficiências que se cruzam (cegueira e paralisia da mão direita). Através de relatos autoetnográficos, entrevistas, notas do projeto e fotografias, um teclado braille foi desenvolvido durante 18 meses. O projeto destacou três importantes resultados: a qualidade do relacionamento necessária para a criação de TA sob medida; o conhecimento tácito e o benefício das investigações com um pequeno número de participantes.
A2	2019	Developing a bangla currency recognizer for visually impaired people	Murad; Tripto; Ali.	Desenvolve e testa um modelo de TA para identificação de notas bancárias de Bangladesh. A partir de um banco de dados contendo mais de 8 mil imagens da moeda de Bangladesh, foi realizado um teste através de aplicativo Android associado à Inteligência Artificial. O teste foi realizado com cinco pessoas, sendo três homens e duas mulheres do Instituto Bangladesh Visually Impaired People's Society (BVIPS). Em um segundo momento também foram realizadas entrevistas com cinco participantes do mesmo instituto para verificar quais possíveis melhorias no aplicativo. Apesar de não citar guidelines utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo, pontuou características específicas de como aplicativos com tal finalidade devem se comportar. Como por exemplo: fornecer um feedback sonoro menos robótico à pessoa usuária; e configurações nested não são próprias para uso em aplicativo com pessoas usuárias cegas, sendo mais interessante uma configuração que forneça uma quantidade menor de cliques.
A3	2018	PINDOTS: An Assistive Six-dot Braille Cell Keying Device on Basic Notation Writing for Visually Impaired Students with IoT Technology	Martillano et al.	Desenvolve uma TA de baixo custo para aprendizado do Sistema Braille, dentro do ambiente escolar nas Filipinas. O projeto desenvolveu o software (aplicativo) e hardware (dispositivo braille), em três etapas: pesquisa; modelo; e percepções. A primeira etapa foi realizada na Carmona Elementary Special Education (SPED) School, com o intuito de coletar insights e compreender a natureza do problema com alunos e professores da escola. Essa análise foi realizada a partir de observações e entrevistas realizadas na escola. Na etapa modelo, foi conduzido um processo iterativo para desenvolver conceitos e aprender as necessidades dos estudantes. Nesta etapa, o protótipo foi desenvolvido e posteriormente testado por um grupo de professores e alunos. Um protótipo final foi criado na fase de Percepções, solidificados por uma avaliação de Teste de Aceitação do Usuário.
AA4	2020	BrailleBlocks: Computational Braille Toys for Collaborative Learning	Gadiraju; Muehlbradt; Kane.	Desenvolve o BrailleBlocks, um sistema para ensinar braille para crianças com o auxílio de pais videntes. O estudo foi realizado com cinco famílias, sendo cinco pais/mães e seis crianças com deficiência visual. Para desenvolver o BrailleBlocks, foram analisados alguns brinquedos que tem o intuito de ensinar o braille para crianças. Um primeiro protótipo em papel foi desenvolvido e demonstrado a um professor e especialista em braille, o qual indicou alterações iniciais. Após o aprimoramento, o BrailleBlocks foi testado com crianças com deficiência visual e parentes videntes. Os resultados dos testes colaboraram para que novas atualizações fossem aprovadas com o intuito de melhorar o sistema.

Cód. artigo	Ano	Título	Autores	Síntese
A5	2022	A white cane modified with ultrasonic detectors for people with visual impairment	Chinchai et al.	Desenvolve uma bengala modificada com sensores ultrassônicos para pessoas com deficiência visual, capaz de detectar obstáculos não apenas no nível do solo, mas também à altura da cintura e da cabeça. Dez participantes videntes com os olhos vendados, incluindo homens e mulheres testaram a eficácia do produto. O resultado deu-se através de uma análise estatística descritiva da satisfação dos testadores com o dispositivo. Os autores também contrataram dois especialistas para avaliar e comentar sobre o projeto, sendo eles: um especialista em TA e um terapeuta ocupacional experiente no trabalho com pessoas com deficiência. Os resultados mostraram que todos os participantes foram capazes de transpor obstáculos utilizando o bastão e expressaram alta satisfação com sua usabilidade e eficiência. O estudo conclui que a bengala é benéfica para detectar objetos em níveis mais altos. Pesquisas futuras devem considerar pessoas com deficiência visual para avaliar a melhoria da bengala.
A6	2022	Intelligent Glasses for Visually Impaired People	Mustafa; Omer; Mohammed.	Desenvolve um óculos inteligente com tecnologias como reconhecimento facial, detecção de objetos e navegação, com feedback por áudio e vibração. O dispositivo opera em três modos: reconhecimento facial, detecção de objetos e navegação, selecionáveis pela pessoa usuária através de comandos de voz. A linguagem de programação Python é utilizada para integração dos três modelos. O objetivo é facilitar tarefas diárias e melhorar a independência no dia a dia. A pesquisa não caracteriza as pessoas que testaram o artefato. O artigo conclui que o sistema foi considerado eficaz, pois foi capaz de detectar objetos e rostos conhecidos e medir distâncias de forma precisa.
A7	2022	iBraille - An Arduino based Assistive Technology for the Blind	Jagatheeswari et al.	O artefato facilita a comunicação e interação entre pessoas com deficiência visual. A metodologia proposta envolve a criação de um Sistema Braille que permite à pessoa com deficiência visual se comunicar e interagir. O sistema é composto por um dispositivo Arduino Uno e um display OLED, que juntos converte textos em braille e vice-versa, exibindo o texto no display. A implementação demonstra a capacidade do sistema de converter o braille em caracteres, e exibir o texto correspondente. A pesquisa sugere um avanço significativo na TA, com potencial para ampla aplicabilidade e impacto positivo.
A8	2023	An investigation into the effectiveness of using acoustic touch to assist people who are blind	Zhu et al.	Desenvolve TA que utiliza dispositivo de áudio foveado (FAD) - tecnologia que através da inteligência artificial auxilia a pessoa a reconhecer os objetos no entorno e traduz através de sons. O objetivo é investigar a eficácia do uso do "toque acústico" em óculos inteligentes para pessoas com deficiência visual. Para isso, os pesquisadores utilizaram um método comparativo onde o dispositivo foi testado em duas situações controladas: descrições verbais e apresentação de áudios sequenciais. O estudo envolveu quatorze participantes, sendo sete pessoas com deficiência visual e sete videntes utilizando vendas nos olhos. A equipe de desenvolvimento incluiu profissionais com expertise em TA, visão computacional, engenharia de som e design de interação. Os testes demonstraram que o FAD pode ser eficaz em ajudar na identificação e alcance de objetos, sem aumentar significativamente a carga cognitiva das pessoas usuárias. As implicações deste estudo sugerem que o toque acústico pode fornecer um wearable para futuras pesquisas.

Cód. artigo	Ano	Título	Autores	Síntese
A9	2019	Wearable Vibrotactile System as an Assistive Technology Solution	Janidarmian et al.	Desenvolve um display vibrotátil em 2D que transmite estímulos táteis personalizáveis para a região lombar das pessoas usuárias. Este dispositivo permite a personalização de variáveis como localização espacial, ritmo vibratório, duração dos impulsos e intensidade das vibrações. Experimentos foram realizados com dez participantes sem deficiência, com o intuito de investigar a eficácia desse display tátil na percepção de letras alfanuméricas, cores e palavras. Os resultados mostraram que o display personalizável reduziu as cargas cognitivas para as pessoas usuárias, que conseguiram aprender e reconhecer novos padrões sem necessidade de um treinamento extenso. A validação do sistema com tarefas de identificação de cores e palavras demonstrou sua viabilidade para uso por pessoas com deficiências. Foi observado que mesmo indivíduos minimamente treinados puderam perceber cores e ações com alta precisão. A aplicação de instruções táteis personalizadas pode ser um componente valioso em TA para pessoas com deficiências auditivas e visuais.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos artigos analisados.

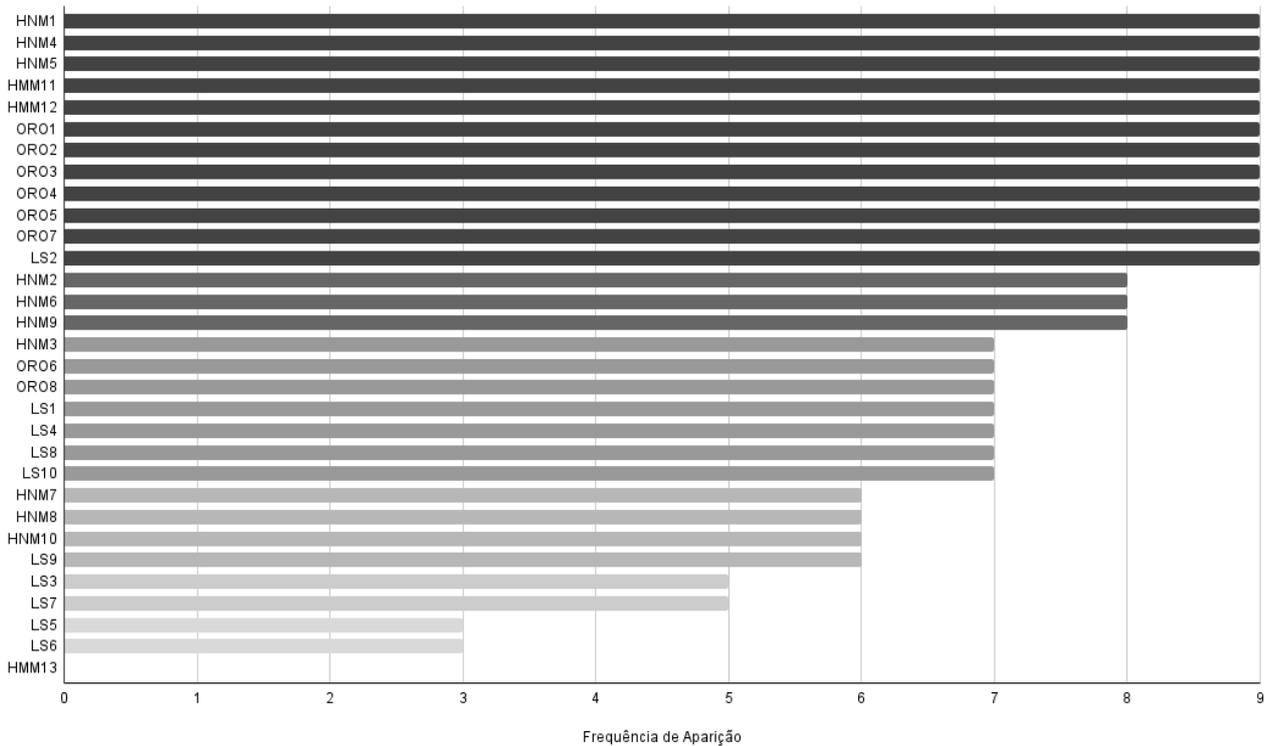
Discussão dos achados

As análises realizadas nos artigos abrangeram artefatos que englobam o aprendizado de habilidades com o braille, como também a execução autônoma de tarefas do dia a dia. Neste processo foi dedicada uma atenção especial, na perspectiva dos autores deste artigo, a identificar diretrizes, direções ou estruturas que sugerem caminhos e orientações para o desenvolvimento de TA, baseados nos conceitos apresentados pelos autores do Quadro 1.

A partir da leitura dos textos foi possível identificar diferentes normas e diretrizes de usabilidade e acessibilidade presentes nos estudos. Entende-se que a aplicação adequada dessas diretrizes, centradas nas especificidades e nos contextos em que serão utilizadas, possibilitam desempenhar um papel fundamental para o aprimoramento da experiência da pessoa usuária. Além disso, contribui significativamente para a otimização da funcionalidade dos sistemas voltados para o atendimento desse público específico.

O gráfico 1 ilustra possíveis diretrizes de usabilidade e acessibilidade identificadas pelos autores deste artigo, ao analisar os estudos do Quadro 2. Este gráfico tem como propósito apontar perspectivas de boas práticas ao desenvolver uma TA, considerando o contexto da presente pesquisa, que se concentra em artefatos destinados às pessoas com deficiência visual.

Gráfico 1: Frequência de aparição de Diretrizes de Usabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos artigos analisados.

Segundo Muller et al. (1998), a Avaliação Heurística pode ser realizada de duas maneiras: através de uma análise livre e aberta de um design ou sistema, ou por meio de cenários orientados por tarefas específicas. O estudo aqui conduzido, caracterizado por uma análise aberta dos artigos, identificou uma variedade de diretrizes de usabilidade aplicáveis à TA. Foram encontradas onze diretrizes comuns em todas as pesquisas (HNM1, HNM4, HNM5, HMM11, HMM12, ORO1, ORO2, ORO3, ORO4, ORO5, ORO7, LS2), algumas das quais possuem semelhanças ou finalidades equivalentes. As diretrizes HNM1 e ORO3, por exemplo, enfatizam a importância de fornecer feedback informativo e contínuo à pessoa usuária. A HNM5 e ORO5, também apresentam semelhanças ao visar a prevenção de erros, propondo sistemas que minimizem a possibilidade de falhas no uso do artefato. A ORO2 se destaca entre as diretrizes postas, pela singularidade em mencionar o termo acessibilidade em seu título, e focar explicitamente no sentido de projetar para a diversidade, sendo uma diretriz essencial em projetos de TA.

As diretrizes HMM11 e HMM12 foram frequentes nos nove artigos analisados, pois sua característica essencial reflete a interação da pessoa usuária com o artefato. Nesse mesmo conjunto de diretrizes, a HMM13 aparece como uma exceção ao não entrar no escopo das pesquisas analisadas. A heurística trata da relação da pessoa usuária em um contexto com possíveis clientes. Diferentemente, a LS2 também é percebida em todas as pesquisas, ao abordar a organização estratégica do sistema, por exemplo, na organização de menus, buscando simplificar a experiência da pessoa usuária com o artefato. Por fim, a HNM8, aparece em seis dos nove artigos analisados, sugerindo uma preocupação com

a aparência do produto, ressaltando os valores estéticos, principalmente quando analisamos TA vestíveis e visíveis a comunidade no entorno.

Um outro ponto em comum destacado pelos autores, estava na importância da realização de futuras pesquisas. Dessa forma, foram adicionadas outras percepções em comum identificadas nos artigos selecionados.

1. Explicitação de diretrizes claras utilizadas nos estudos - A1 / A5 / A8

A importância do uso de diretrizes de usabilidade e acessibilidade em TA para pessoas com deficiência visual reside no potencial em assegurar que os artefatos finais sejam não apenas funcionais, mas também intuitivos. Observa-se que a aplicação dessas diretrizes possibilita a criação de dispositivos potencialmente mais inclusivos. No A5, critérios de usabilidade foram aplicados em testes de pessoas usuárias, mas não foram especificadas as referências teóricas utilizadas. Da mesma forma, o A1, não clarifica quais princípios de usabilidade foram utilizados, porém, ressalta a relevância desses princípios e sublinha a importância dos mesmos para futuras pesquisas. Por fim, no A8, as referências específicas não foram detalhadas, mas houve um foco claro na identificação de problemas de usabilidade do projeto. A partir de questionários e avaliações fisiológicas, foram coletados insights sobre a carga cognitiva dos participantes. Apesar dos artigos mencionados não citarem as referências, os estudos deixam evidentes os objetivos em agregar princípios de usabilidade.

2. Desenvolvimento de TA personalizada e/ou ênfase no Do-It-Yourself (DIY) - A1 / A2 / A3 / A5

Nos estudos analisados, a abordagem DIY é destacada como um padrão importante, ao enfatizar a necessidade de flexibilidade para atender às necessidades individuais. O estudo A3 enfatiza que estudantes com deficiência visual possuem necessidades únicas que devem ser atendidas por ferramentas ou tecnologias adequadas. Além disso, destaca-se a importância de artefatos DIY como recursos economicamente acessíveis. Os artigos A3 e A5 evidenciam que tecnologias DIY podem resultar em TA de baixo custo. Como exemplo dessa possibilidade, o A5 detalha os valores dos dispositivos adicionados para aprimorar uma bengala com sistema ultrassônico, indicando a viabilidade econômica.

3. Interação e cocriação com pessoas usuárias - A1 / A2 / A3 / A4 / A8

As pesquisas que envolveram a participação ativa das pessoas usuárias durante o processo de desenvolvimento destacaram a importância de gerar tecnologias compatíveis com as necessidades reais. Um exemplo é One-Handed Braille, descrito no artigo A1, onde o envolvimento do participante gerou insights valiosos para projetar uma TA personalizada. Essa interação permite refinamentos contínuos com base no feedback e cocriação, garantindo que as vozes sejam ouvidas e as necessidades atendidas. Além disso, assegurar a participação das pessoas com deficiência visual em testes finais oportuniza a validação da usabilidade e acessibilidade do produto. O artigo A1 exemplifica tal prática ao cocriar em parceria com a pessoa usuária desde o início do processo, possibilitando que qualquer alteração na TA seja positiva e benéfica. Estudos como A2 e A3, realizaram etapas do desenvolvimento do produto, como entrevistas, ob-

servações e testes em instituições educacionais para pessoas com deficiência visual. O A4, por sua vez, reuniu um grupo específico de pessoas para participar do desenvolvimento. Em contraponto, o A5, convidou apenas videntes para a realização dos testes, destacando em suas conclusões a importância da participação de no mínimo uma pessoa com deficiência visual enquanto pessoa usuária para validar os resultados encontrados.

4. Envolvimento da comunidade em torno da pessoa usuária com deficiência visual - A3 / A4 / A5

O envolvimento da comunidade no desenvolvimento de TA para pessoas com deficiência visual, facilita a compreensão tanto dos pesquisadores como da sociedade em geral sobre as necessidades e desafios enfrentados por este público. Por exemplo, o estudo A4, identificou que os acompanhantes de crianças que não conhecem braille enfrentam dificuldades em apoiar a aprendizagem. Para resolver isso, o BrailleBlocks foi desenvolvido com instruções e feedback específicos para colaboradores videntes. A participação da comunidade pode fornecer insights valiosos e feedback prático, essenciais na criação de soluções objetivas e relevantes. Esse engajamento também ajuda a garantir que as TA sejam socialmente aceitas e incorporadas de maneira mais natural no dia a dia das pessoas. Dessa forma, é possível reduzir o isolamento social ao incentivar a interação com a TA, possibilitando uma conexão entre a pessoa com deficiência visual, a comunidade em torno e o artefato em si.

4. Feedback sensorial/sonoro humanizado - A2 / A4 / A5 / A6 / A7 / A9

O feedback sensorial ou sonoro humanizado é considerado um recurso importante para o aprimoramento da interação e autonomia da pessoa com deficiência visual. Neste sentido, feedbacks como vozes naturais ou sons ambientais familiares, tendem a ser mais intuitivos e menos intrusivos, facilitando a compreensão, a navegação no espaço e a naturalização do uso daquele dispositivo. Conforme destacado no A2, a utilização de uma voz clara e não-robótica nas aplicações é recomendada para diminuir o isolamento da pessoa usuária. Essa abordagem possibilita a criação de uma experiência mais confortável, reduzindo o período na curva de aprendizado e aumentando a eficácia da TA. Feedback tátil também é apresentado no artigo A9 como uma forma de interação discreta entre a pessoa usuária e a TA, por serem menos invasivos quando comparados com feedback visual e auditivo.

Nos artigos analisados, nota-se uma ênfase na complexidade e na diversidade no desenvolvimento de TA para pessoas com deficiência visual. Smith, Kelly e Kapperman (2011), e Manduchi e Coughlan (2012), discutem que abordagens de solução única tendem a ser insuficientes para atender às variadas necessidades das pessoas usuárias. Nielsen (1993, p. 78, tradução nossa), destaca que devemos ter em mente que “[...]as pessoas usuárias não permanecerão as mesmas. O uso do sistema modifica os usuários e, à medida que eles mudam, utilizarão o sistema de novas maneiras”. Assim, o autor destaca a importância de uma aproximação dessas pessoas nas pesquisas de desenvolvimento de TA, de preferência de modo que possam participar de todas as etapas do processo.

O potencial de personalização/adequação e conseqüentemente da eficácia das soluções propostas envolvendo TA é ampliado, a partir das especificidades e colaboração de cada pessoa usuária. Essa personalização HCD, tende a priorizar as necessidades, características e expectativas individuais. Aqui, os princípios do User Experience (UX) e User Interface (UI) são cruciais. O UX, ao focar na jornada da pessoa usuária com a tecnologia, e na busca pela otimização da experiência geral, desde o primeiro contato até a utilização nos diferentes contextos do cotidiano. O UI, por sua vez, ao referir-se à interface, focaliza a interatividade e feedback sensorial, visando assegurar interfaces mais intuitivas e acessíveis.

Práticas de cocriação e a realização de testes interativos com feedback constante são essenciais para potencializar a eficácia da usabilidade e acessibilidade e, conseqüentemente do uso e incorporação das tecnologias desenvolvidas. Além disso, o envolvimento da comunidade ampla, incluindo familiares, educadores, profissionais da saúde e demais participantes das redes de apoio, é crucial para uma perspectiva de integração mais holística e efetiva dessas tecnologias no cotidiano das pessoas.

Apesar de não estar presente em seis dos nove artigos analisados, reitera-se a importância do estabelecimento de diretrizes de usabilidade e acessibilidade como um componente essencial no desenvolvimento de TA. Essas diretrizes possibilitam que as soluções desenvolvidas sejam não apenas tecnicamente avançadas, mas também intuitivas e acessíveis. Além de promover que tais dispositivos sejam projetados de forma mais adequada, respeitando as variadas necessidades e capacidades da pessoa usuária. A aderência a tais padrões de usabilidade e acessibilidade amplia os potenciais que a TA pode oferecer, facilitando sua adoção e integração na vida cotidiana.

Conclusões

O desenvolvimento de TA eficazes, capazes de atender as necessidades da pessoa com deficiência visual, não é apenas uma questão de inovação tecnológica, mas de uma compreensão mais aprofundada e de respeito pelas experiências e desejos desses indivíduos. Ressalta-se o cuidado no desenvolvimento dessas que podem ser vistas como ferramentas dinâmicas e adaptáveis para diferentes processos. Como também, artefatos que são constantemente moldados pelas variadas pessoas e situações a que servem, inclusive a comunidade no entorno.

No que tange a esse cuidado no processo de desenvolvimento, é importante reconhecer que a revisão sistemática identificou uma lacuna relacionada ao uso de diretrizes de usabilidade e acessibilidade, assim como a necessidade de maior detalhamento em relação ao seu uso e abordagem. A escassez de informações específicas, direcionadas a essa temática e a ausência de diretrizes claras em relação a testes realizados junto às pessoas usuárias, tende a limitar a compreensão das necessidades observadas ao longo do desenvolvimento de aplicações para este público.

Assim, esperamos que as discussões ao longo deste artigo possam contribuir para o pensamento projetual baseado em diretrizes estabelecidas, orientando profissionais envolvidos em projetos de TA para pessoas com deficiência visual. Ao seguir essas diretrizes, é importante não descartar outras etapas do desenvolvimento, como testes de usabilidade, entrevistas, questionários, e principalmente, garantir a participação da pessoa usuária em pelo menos uma etapa do processo.

Por fim, pretendemos em etapas futuras desta pesquisa, consolidar e validar a

partir da aplicação prática, os benefícios das diretrizes de usabilidade e acessibilidade em projetos de TA para pessoas com deficiência visual.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira ABNT NBR 9050.** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BERSCH, Rita. **Introdução à Tecnologia Assistiva.** Porto Alegre: CEDI, 2017. 20 p.

BRASIL. Lei nº 13.146 de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm

CHARLTON, J. I. **Nothing about us without us: disability oppression and empowerment.** 3 ed. Berkeley, California: Univ. of California Press, 2004.

CHINCHAI, Pisak; INTHANON, Rattanaoj; WANTANAJITTIKUL, Kittichai; CHINCHAI, Supaporn. **A white cane modified with ultrasonic detectors for people with visual impairment.** Journal of Associated Medical Sciences. [S. l.]: Chiang Mai University. 2022.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** tradução: Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DAVIS, Lennard J. **Enforcing normalcy: Disability, deafness and the body.** London, New York: Verso, 1995.

DINIZ, Debora. **O que é deficiência?.** São Paulo: Brasiliense, 2006.

ELLIS, Kirsten et al. **Bespoke Reflections: Creating a One-Handed Braille Keyboard.** Proceedings of the 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ACM 2020, pp. 1-13.

FLOYD, Christiane. **A paradigm change in software engineering.** ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. [S. l.]: Association for Computing Machinery (ACM), 1988.

GADIRAJU, V.; MUEHLBRADT, A.; KANE, S. K. **BrailleBlocks: Computational Braille Toys for Collaborative Learning.** Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Anais Honolulu HI USA: ACM, abr. 2020.

JAGATHEESWARI, M. et al. **iBraille - An Arduino based Assistive Technology for the Blind.** 2022 6th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). Anais...Madurai, Índia: IEEE, 25 maio 2022.

JANIDARMIAN, Majid et al. **Wearable Vibrotactile System as an Assistive Technology Solution.** Mobile Networks and Applications. [S. l.]: Springer Science and Business Media LLC, 2019.

LANTER, D.; ESSINGER, R. User-Centered Design. Em: RICHARDSON, D. et al. (Eds.). **International Encyclopedia of Geography.** 1. ed. [s.l.] Wiley, 2017. p. 1-4.

MACE, R.; STORY, M.F.; MUELLER, J.F. **The Universal Design File:** designing for people of all ages and abilities. North Carolina: NC University, 1998.

MAEDA, J. **The laws of simplicity.** Cambridge, Mass: MIT Press, 2006.

MANDUCHI, R.; COUGHLAN, J. **(Computer) vision without sight.** Communications of the ACM Association for Computing Machinery (ACM). 2012.

MARTILLANO, Dennis A. et al. **PINDOTS:** An Assistive Six-dot Braille Cell Keying Device on Basic Notation Writing for Visually Impaired Students with IoT Technology. Proceedings of the 2018 2nd International Conference on Education and E-Learning, 2018.

MULLER, M. J.; MCCLARD, A. **Validating an extension to participatory heuristic evaluation:** quality of work and quality of work life. CHI'95. Em: CONFERENCE COMPANION. US: ACM Press, 1995.

MULLER, M. J. et al. **Methods & tools:** participatory heuristic evaluation. Interactions, v. 5, n. 5, p. 13-18, set. 1998.

MURAD, Hasan; TRIPTO, Nafis Irtiza; ALI, Mohammad Eunos. **Developing a bangla currency recognizer for visually impaired people.** Proceedings of the Tenth International Conference on Information and Communication Technologies and Development, 2019.

MUSTAFA, Ali; OMER, Ahmed; MOHAMMED, Ogba. **Intelligent Glasses for Visually Impaired People.** 2022 14th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN). [S. l.]: IEEE, 2022.

NIELSEN, J. **Enhancing the explanatory power of usability heuristics.** Proceedings of CHI'94. Boston: ACM, 152-158. 1994.

NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. **Heuristic evaluation of user interfaces.** In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '90). New York, NY, USA: ACM, 1990. P. 249-256.

NIELSEN, J. **Usability engineering.** Boston: Academic Press, 1993.

OMS. **Global Report on Assistive Technology.** Geneva: Organização Mundial da Saúde (OMS) e United Nations Children's Fund (UNICEF), 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049451>. Acesso em: 03 set. 2023.

SMITH, D. W.; KELLY, S. M.; KAPPERMAN G. **Assistive technology for students with visual impairments.** Position paper of the Division on Visual Impairments, Council for Exceptional Children. Arlington, VA: Council for Exceptional Children, 2011.

SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C. **Designing the user interface:** strategies for effective human-computer interaction. 5th ed. Boston: Addison-Wesley, 2010.

ZHU, H. Y. et al. **An investigation into the effectiveness of using acoustic touch to assist people who are blind.** (I. A. Khan, Ed) PLOS ONE Public Library of Science (PLoS), out. 2023.