

Design Thinking no Desenvolvimento de um Protótipo de Alta Fidelidade para um aplicativo de Reconhecimento Braille destinado a Professores Videntes

Isabella S. Bello¹, Roberto P. Nascimento², Regina O. Heidrich³, Dante A. C. Barone¹, Sandro R. Fetter²

¹Faculdade de Arquitetura Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre, RS – Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre, RS – Brasil

³Universidade Feevale -- Novo Hamburgo, RS -- Brasil
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre, RS – Brasil
{robertotpd, sandrofetter}@gmail.com, bella_smaBello@hotmail.com, barone@inf.ufrgs.br, rheidrich@feevale.br

Abstract. The Braille system is essential for literacy and educational inclusion of individuals with visual impairments; however, a progressive decline in its use has been observed, a phenomenon linked, among other factors, to the insufficient training of sighted teachers. Despite the growth of educational mobile applications, there remains a limited number of accessible instructional solutions that effectively integrate principles of User Experience (UX), accessibility, and sound pedagogical strategies for Braille instruction. In this context, this study aims to develop a high-fidelity prototype of a mobile application designed to support sighted teachers in recognizing and learning the Braille system. The development process is grounded in the principles of Design Thinking, User-Centered Design, and accessibility. The research adopts a qualitative approach, structured around the five iterative stages of Design Thinking: empathy, definition, ideation, prototyping, and testing. The prototype was developed following the Material Design guidelines and evaluated through usability testing with sighted teachers from diverse backgrounds. The results indicated good acceptance and usability of the proposed solution, highlighting intuitive navigation, clear content understanding, and user engagement. It is concluded that the integration of UX and Design Thinking principles proved effective in developing an accessible, user-centered educational tool, with the potential to support the training of sighted teachers and strengthen Braille instruction within inclusive education contexts. Keywords: Braille; Mobile Application; Prototype.

Resumo. O sistema Braille é fundamental para a alfabetização e a inclusão educacional de pessoas com deficiência visual; entretanto, observa-se

uma redução progressiva de seu uso, fenômeno associado, entre outros fatores, à insuficiente formação de professores videntes. Apesar do crescimento de aplicativos móveis educacionais, ainda são limitadas as soluções instrucionais acessíveis que integrem princípios de Experiência do Usuário (UX), acessibilidade e estratégias pedagógicas eficazes voltadas ao ensino do Braille. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de alta fidelidade de um aplicativo móvel destinado a apoiar professores videntes no reconhecimento e na aprendizagem do sistema Braille, fundamentado nos princípios de Design Thinking, Design Centrado no Usuário e acessibilidade. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, estruturada nas cinco etapas iterativas do Design Thinking (empatia, definição, ideação, prototipagem e testes). O protótipo foi desenvolvido conforme as diretrizes do Material Design e avaliado por meio de testes de usabilidade com professores videntes de diferentes perfis. Os resultados indicaram boa aceitação e usabilidade da solução proposta, evidenciando navegação intuitiva, compreensão dos conteúdos e engajamento dos usuários. Conclui-se que a integração de princípios de UX e Design Thinking mostrou-se eficaz no desenvolvimento de uma solução educacional acessível e centrada no usuário, com potencial para apoiar a capacitação de professores videntes e contribuir para o fortalecimento do ensino do Braille no contexto da educação inclusiva. Palavras-chave: Braille; Aplicativo Móvel; Protótipo.

1. Introdução

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que 2,2 bilhões de pessoas no mundo apresentem algum tipo de problema visual (OMS, 2019). No Brasil, segundo dados do IBGE (2023), aproximadamente 18,6 milhões de pessoas declararam possuir algum tipo de deficiência, sendo que 3,1% da população relatou dificuldade em enxergar. O sistema Braille desempenha um papel essencial no desenvolvimento educacional de pessoas com deficiência visual (DV), seja na cegueira total ou na baixa visão. Segundo a OMS (2019), indivíduos com DV estão mais propensos a enfrentar altos níveis de pobreza e desigualdade ao longo da vida.

Entretanto, pesquisas indicam que apenas 10% das pessoas com DV sabem ler em Braille, uma redução significativa em relação à década de 1960, quando esse número chegava a 50% (KLEEGE, 2006; NBCNEWS, 2009; WIAZOWSKI, 2014; WAGH et al., 2016). Esse fenômeno, conhecido como “desbrailização”, tem gerado impactos negativos na educação de estudantes com DV e pode estar relacionado à crescente substituição do Braille por tecnologias de áudio, como os sintetizadores de fala (BEAL; GARCÍA, 2019). Estudos indicam que métodos ativos de leitura, como o Braille, favorecem maior compreensão e menor distração em comparação à leitura passiva por audição. Nesse sentido, a leitura em Braille é considerada uma forma mais eficaz de acesso à informação para pessoas com deficiência visual, especialmente em contextos educacionais (SOUSA, CARRIERE e SMILEK, 2013; RUSSOMANNO et al., 2015).

Dessa forma, considerando a importância do Braille e os desafios impostos pela “desbrailização”, acredita-se que o resgate do seu uso no processo de

alfabetização de estudantes da educação básica passa, necessariamente, pela capacitação de professores videntes. Assim como em Beal e García (2019), este trabalho adota a definição de alfabetização proposta por Soares (2018), que compreende a alfabetização como a aquisição do sistema Braille por meio dos processos de codificação e decodificação da escrita. Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de alta fidelidade para o Design de Experiência do Usuário (UX) e Interface de um aplicativo móvel, com o objetivo de proporcionar uma experiência de uso bem-sucedida e promover um processo de aprendizado eficaz por meio de interfaces acessíveis e agradáveis. O projeto adota uma abordagem centrada no usuário, integrando princípios de design inclusivo com a metodologia de Design Thinking (DT) para criar uma ferramenta intuitiva que facilite o aprendizado e a aplicação do Braille no contexto educacional. Ao focar no desenvolvimento de uma interface orientada às necessidades dos usuários, o aplicativo visa otimizar a interação dos educadores com o sistema Braille, incentivando o engajamento dos usuários. É importante destacar que o presente estudo é um recorte do trabalho de conclusão de curso do autor principal.

Além desta introdução, o artigo está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta os conceitos fundamentais que embasam este estudo. A Seção 3 descreve detalhadamente a estratégia metodológica adotada na pesquisa. Na Seção 4, são apresentados o desenvolvimento do projeto, a implementação do aplicativo e os testes realizados. Por fim, a Seção 5 traz as considerações finais.

2. Conceitos Fundamentais

2.1 Sistema Braille

O Braille é um sistema de leitura tátil e escrita para cegos que se tornou indispensável para o ensino e aprendizagem na formação dos deficientes visuais (BRASIL, 2006). O sistema de escrita em relevo conhecido como Braille compreende um total de 63 símbolos distintos, derivados de um conjunto específico de seis pontos dispostos de forma sistemática semelhante a uma matriz 3x2. Esses pontos fundamentais estão organizados espacialmente em duas colunas verticais, com três pontos posicionados à direita e três à esquerda, formando a chamada célula Braille (também conhecido como celas, uma corruptela do inglês “cell”) (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007; BRASIL, 2006). De acordo com a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (MEC, 2008), o Sistema Braille, desenvolvido por Louis Braille em 1825, é amplamente reconhecido como um recurso de acessibilidade e inclusão para indivíduos com DV em âmbito global. No contexto brasileiro, a Comissão Brasileira do Braille - CBB (BRASIL, 2019) estabelece diretrizes e normas que abrangem o uso, o ensino, a produção e a disseminação do sistema Braille em todas as modalidades de ensino, incluindo o projeto da Grafia

Braille para a Língua Portuguesa e a recomendação de sua adoção em todo o território nacional.

2.2 Design de Experiência do Usuário

O UX é um processo utilizado para criar produtos que proporcionam experiências significativas e relevantes aos usuários. Nessa perspectiva, os designers desempenham o papel de defensores dos usuários, mantendo suas necessidades no cerne de todos os esforços de design e desenvolvimento. Dessa forma, a maioria dos profissionais de UX trabalha seus processos centralizando o usuário. Esse processo é iterativo, partindo de uma compreensão dos usuários e do contexto como ponto de partida para a concepção dos produtos (IXDF, 2016). O UX é definido por Unger e Chandler (2023) como a criação e sincronização dos elementos que afetam a experiência dos usuários com uma determinada empresa, com o objetivo de influenciar suas percepções e comportamentos, sejam eles físicos ou digitais. Além disso, trata-se de um processo que aborda um escopo amplo e em constante crescimento. A compreensão das necessidades e motivações dos usuários pode resultar na criação de experiências mais produtivas e satisfatórias, por meio de produtos e serviços que sejam amigáveis, eficientes e agradáveis. Adicionalmente, os autores destacam que o design de UX pode desempenhar um papel significativo na construção de produtos mais inclusivos e acessíveis, tornando a tecnologia mais disponível para pessoas com deficiências ou necessidades especiais. É destacado por Goodman, Kuniavsky e Moed (2012) o conceito de “Experiência do Usuário”, que abrange a percepção geral de um usuário ao interagir com um produto ou serviço, visando criar uma experiência positiva e satisfatória. Essa abordagem considera atentamente as necessidades, desejos e habilidades do usuário. Para alcançar esse objetivo, é essencial conduzir pesquisas com os usuários e realizar testes de usabilidade, a fim de compreender como eles interagem com o produto e identificar áreas que requerem aprimoramento.

Já Norman e Nielsen (1998) compreendem a Experiência do Usuário como a soma de todos os aspectos envolvidos na interação do usuário final com a empresa, seus serviços e produtos. Para os autores, dois requisitos fundamentais são indispensáveis para proporcionar uma experiência de excelência: atender de forma precisa às necessidades dos usuários e desenvolver produtos que sejam, simultaneamente, simples e elegantes. Nos primórdios do desenvolvimento web, a atenção estava predominantemente voltada à criação de interfaces visualmente atrativas, com o objetivo de reter os visitantes. No entanto, havia pouca ênfase na realização de pesquisas com usuários, o que levava a decisões baseadas em suposições acerca de suas preferências. Com o avanço da tecnologia e o aumento da competitividade no ambiente digital, tornou-se evidente que a atratividade visual, por si só, não era suficiente. Assim, aspectos como usabilidade e a efetiva adequação às necessidades do público-alvo passaram a ser considerados essenciais no

processo de desenvolvimento de soluções digitais (GOODMAN; KUNIAVSKY; MOED, 2012).

2.3 Trabalhos Correlatos

Na literatura, é possível identificar um conjunto de pesquisas dedicadas ao desenvolvimento de tecnologias digitais voltadas ao ensino e à aprendizagem do sistema Braille, abrangendo soluções de aplicações móveis. Entre essas iniciativas, destaca-se o trabalho de Sun et al. (2022), que propôs um sistema híbrido composto por um dispositivo multifuncional e um aplicativo móvel. O sistema integra um display Braille e um módulo de reconhecimento de voz, permitindo que o usuário realize atividades de prática e receba feedback automático, com ênfase na avaliação do desempenho durante o processo de aprendizagem.

Complementarmente, o estudo de Kamei-Hannan e colaboradores (2020) investigou o uso de um aplicativo educacional de Braille em iPads conectados a displays braille atualizáveis. A pesquisa analisou as experiências de alunos do 1º ao 12º ano, explorando não apenas o desempenho em leitura Braille, mas também as percepções de professores sobre as habilidades tecnológicas requeridas e o papel dos cuidadores no suporte ao processo de aprendizagem. Os resultados apontam para a importância da integração entre recursos digitais e dispositivos táteis para potencializar a alfabetização de estudantes com deficiência visual.

No contexto brasileiro, Paradedda (2015) desenvolveu o BrailleApp, um aplicativo para dispositivos Android projetado para apoiar o aprendizado do sistema Braille em língua portuguesa. A aplicação incorpora princípios de acessibilidade e oferece funcionalidades para consulta e prática, embora seu foco esteja predominantemente na disponibilização de conteúdos básicos e exercícios simples, sem incorporar recursos mais avançados de interação ou estratégias de engajamento.

Nesse cenário, o mapeamento de similares conduzido neste estudo, apresentado em detalhes nas próximas seções, avaliou três aplicativos amplamente divulgados na Play Store: Learn Braille, Braille Academy: Play & Learn e Braille App. A seleção baseou-se em critérios de relevância nas buscas, gratuidade e compatibilidade com o dispositivo utilizado na pesquisa (Redmi Note 11). Embora essas aplicações ofereçam funcionalidades importantes para iniciantes, elas compartilham limitações comuns, como ausência de suporte multilíngue, feedbacks pedagógicos limitados e carência de elementos de engajamento baseados em UX.

Dessa forma, os trabalhos correlatos analisados demonstram que ainda há lacunas expressivas na oferta de aplicativos educacionais voltados à alfabetização em Braille para o público vidente. Identifica-se uma oportunidade clara para o desenvolvimento de ferramentas que integrem experiência do usuário, instrução acessível, tradução eficiente, feedbacks pedagógicos e estratégias de gamificação. É nesse cenário que se insere a proposta do presente estudo, cuja contribuição reside na concepção de um protótipo de alta fidelidade que busca superar as limitações identificadas, oferecendo uma so-

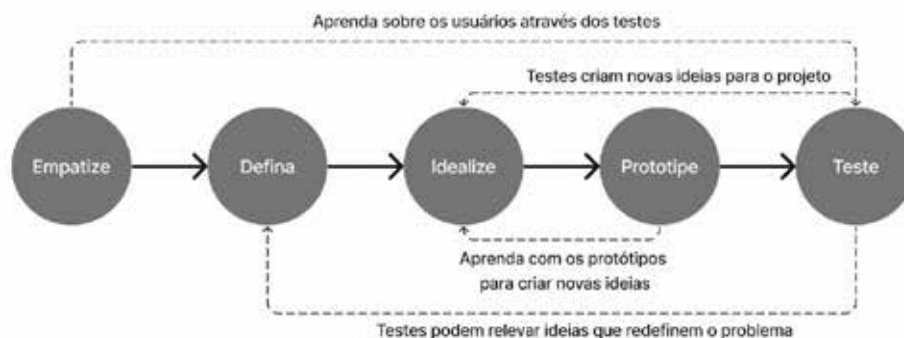
lução inclusiva, intuitiva, gamificada e plenamente adaptada ao português brasileiro.

3. Método Proposto

O DT foca nas pessoas, levando em consideração a multidisciplinaridade, a colaboração e a manifestação de ideias e processos, que são caminhos que levam a soluções inovadoras (MÁRQUEZ; HANAMPA; PORTILLA, 2021). É uma metodologia criativa que busca solucionar, fugindo da obviedade, problemas de maneira centrada no ser humano e que podem ser adaptada a diversos contextos (PHIPPS, 2019).

O DT é uma abordagem orientada à solução de problemas que se caracteriza por ser iterativa, colaborativa e centrada no ser humano. Seu propósito é descobrir, de forma sistemática, soluções inovadoras que respondam efetivamente às necessidades dos usuários, muitas vezes latentes ou não evidentes nas fases iniciais do processo. O método é estruturado em cinco etapas principais: empatia, definição do problema, ideação, prototipagem e testes. Essa estrutura permite uma exploração ampla e criativa das possibilidades, promovendo o desenvolvimento de soluções não apenas funcionais, mas também relevantes, sustentáveis e alinhadas ao contexto dos usuários. Ao adotar uma perspectiva centrada no usuário, o DT favorece a geração de insights valiosos e impulsiona a inovação no desenvolvimento de produtos e serviços educacionais acessíveis (PLATTNER, 2010; DAM, 2024; IXDF, 2016). Conforme Dam (2024), essa metodologia propõe dividir o projeto em cinco etapas interativas e não lineares, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Diagrama da metodologia DT.



Fonte: Os autores com base em Dam (2024)

A primeira etapa, empatizar, consiste em recolher o maior número possível de informações sobre os usuários e o contexto em que estão inseridos (DAM, 2024), com objetivo de entrar no “modo empático”, para entender as pessoas, dentro do contexto do seu desafio de design (PLATTNER, 2010). Segundo o modelo proposto por PLATTNER (2010), as bases para a criação dessa conexão entre usuário e designer são: (i) Observar - A observação do comportamento dos usuários é essencial para compreender o que eles realmente sentem, principalmente se for feita em um contexto relevante para que tenha conexão com o problema de Design; (ii) Interagir - Fazer perguntas ao usuário com uma

abordagem mais conversacional. As perguntas devem ser, majoritariamente, abertas, de forma a permitir que o usuário fale sobre o que é realmente relevante para ele; (iii) Assistir e ouvir - A combinação das duas ações também deve ser considerada. A segunda etapa, definir, tem como objetivo encontrar oportunidades através da conexão das informações coletadas na etapa anterior (GIBBONS, 2016). Essa centralização e organização da informação levou a criação do “Ponto de Vista”, conforme o modelo de DT proposto por Plattner (2010), que é “a expressão explícita do problema que você está se esforçando para resolver”. Para Dam (2024), o “Ponto de Vista” pode ser definido como a síntese do usuário, partindo dos dados coletados anteriormente. A terceira etapa, idealizar, focaliza na criação do maior número de ideias possíveis para solucionar os problemas identificados anteriormente (PLATTNER, 2010). Complementando a etapa anterior, conforme Dam e Teo (2020), a técnica “Como poderíamos...?” pode ser aplicada como catalisador da geração de resolução dos pontos de vista criados. A quarta etapa, prototipar, materializa as ideias que foram projetadas, a fim de entender quais delas realmente funcionam (GIBBONS, 2016). Essa é uma fase muito importante do projeto porque permite a visualização das soluções e viabiliza a última etapa de testes, que, por sua vez, possibilitam a aprendizagem dos erros sem comprometer recursos (PLATTNER, 2010). A quinta etapa, testar, é o momento de recolhimento de feedback dos usuários do produto criado (PLATTNER, 2010). É um momento de troca e avaliação para entender se os objetivos e necessidades dos usuários foram efetivamente supridos e encontrar novas maneiras de melhorar o desempenho do produto, podendo retornar a algumas etapas para ajustes (DAM, 2024). Assim, o protótipo foi testado com usuários. O projeto utilizou uma combinação de métodos de pesquisa qualitativa e técnicas analíticas para a coleta de dados, focando principalmente na compreensão das necessidades do usuário e na avaliação das soluções existentes. Os principais instrumentos usados foram: entrevista estruturada, além da análise de aplicativos similares no mercado.

4. Desenvolvimento

Esta Seção apresenta o desenvolvimento do projeto com base no modelo de DT proposto por (PLATTNER, 2010). As próximas seções discorrem sobre as cinco etapas que compõem o modelo.

4.1 Empatizar

Na primeira etapa da metodologia, foi realizada uma análise de aplicativos similares já disponíveis no mercado, com foco nas funcionalidades e no desempenho das soluções existentes. Para essa análise, adotaram-se os princípios das Heurísticas de Nielsen, atualizadas por Wong (2024), reconhecidas como diretrizes gerais para avaliação da usabilidade, embora não se constituam regras prescritivas específicas (NIELSEN, 2024).

As heurísticas consideradas neste estudo foram:

1. Visibilidade do estado do sistema: o sistema mantém o usuário informado sobre os eventos em curso.
2. Correspondência entre o sistema e o mundo real: as convenções adotadas refletem aquelas já familiares ao usuário no mundo real.
3. Controle e liberdade do usuário: a interface possibilita que os usuários retrocedam, desfaçam e refaçam suas ações.
4. Consistência e padrões: os elementos da interface mantêm um comportamento consistente ao longo do produto.
5. Prevenção de erros: erros são antecipados e planejados para que, quando possível, sejam eliminados e, nos casos em que ocorram, permitam uma recuperação simples por parte dos usuários.
6. Reconhecimento em vez de recordação: a interface contém pistas para auxiliar os usuários na identificação de informações.
7. Flexibilidade e eficiência de uso: a interface é adaptável, permitindo que os usuários a personalizem de acordo com suas necessidades, visando facilitar a execução de ações frequentes.
8. Design estético e minimalista: elementos supérfluos são removidos, proporcionando aos usuários um ambiente focado na realização de seus objetivos, evitando confusão e sobrecarga.
9. Auxiliar os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros: as mensagens de erro são formuladas em linguagem clara e acessível, ajustadas ao público-alvo.
10. Ajuda e documentação: é fornecida documentação de fácil acesso e pesquisa.

Para a realização da análise, foram selecionados três aplicativos disponíveis no mercado que abordassem o ensino do sistema Braille. A seleção dos aplicativos foi embasada em sua relevância nas buscas da Play Store, na disponibilidade para download gratuito e compatíveis com o dispositivo Redmi Note 11 por ser o dispositivo disponível para a realização da pesquisa. Os aplicativos selecionados foram: “Learn Braille”, “Braille Academy: Play & Learn” e “Braille App”.

O aplicativo “Learn Braille” foi desenvolvido com o objetivo de proporcionar um ensino consultivo do sistema Braille e já conta com mais de 50 mil downloads. Sua avaliação na Play Store é de 3,8 em uma escala de 5 pontos, com base em 283 avaliações de usuários. Os feedbacks coletados a partir das avaliações realizadas na plataforma indicam que o aplicativo funciona de maneira adequada, embora apresente falhas nas respostas que requerem acentuação, devido à sua disponibilidade exclusiva em língua inglesa.

A arquitetura da Informação do aplicativo é simples. Na tela inicial, conforme a Figura 2, é apresentado um módulo de consulta que inclui todas as letras do alfabeto em Braille, bem como quatro módulos distintos de exercí-

cios (Caracteres, Palavras, Números e Frases). No Quadro 1, é apresentado o resumo da análise do aplicativo.

Figura 2. Captura de tela do Learn Braille.



(a) Tela inicial

(b) Exercício

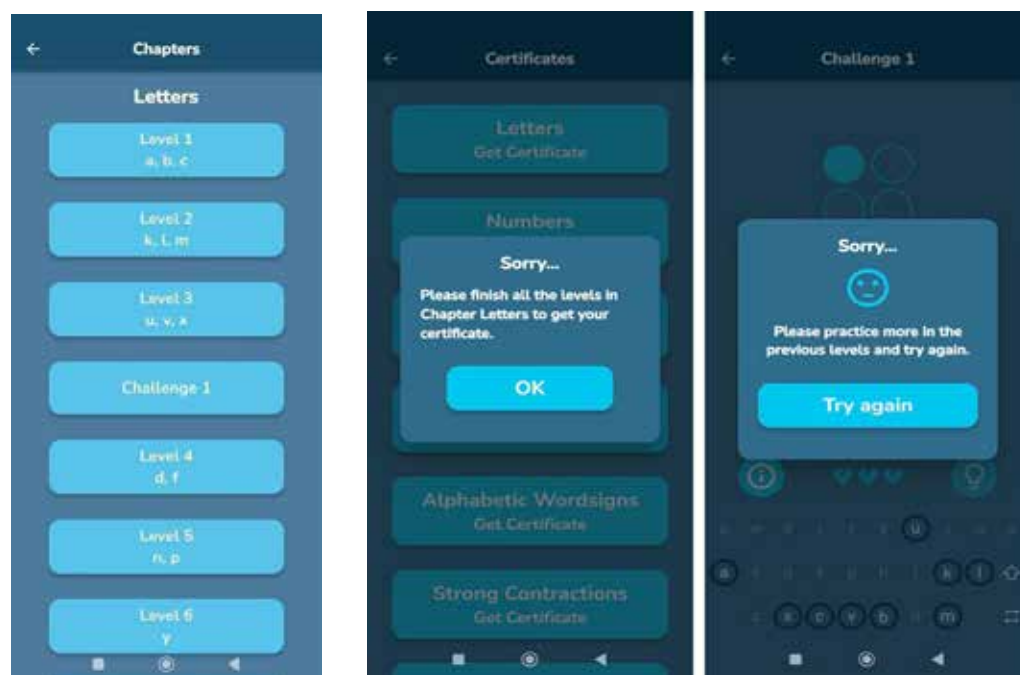
Quadro 1: Quadro sintético da análise Heurística do Aplicativo Learn Braille.

Nº 1: Visibilidade do status do sistema	Nº 2: Correspondência entre o sistema e o mundo real	Nº 3: Controle e liberdade do usuário	Nº 4: Consistência e padrões	Nº 5: Prevenção de erros
Boa resposta de feedback quando a resposta do exercício está incorreta (com cor em vermelho e sinalização sonora).	Boa correspondência entre elementos, os tópicos estão de acordo com o assunto abordado.	Fácil navegação entre os módulos, possibilitada pelo botão “Voltar” no menu superior esquerdo.	Todos os tópicos são facilmente encontrados e centralizados na tela inicial.	Apesar de fornecer uma consulta na mesma tela em que é realizada a atividade, não existe nenhuma confirmação de envio de resposta.
Nº 6: Reconhecimento em vez de lembrança	Nº 7: Flexibilidade e eficiência de uso	Nº 8: Design estético e minimalista	Nº 9: Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros	Nº 10: Ajuda e documentação
Todos os tópicos possuem o título na tela correspondente.	Os tópicos de exercício possuem um atalho para consulta do alfabeto, no canto superior direito.	O design é minimalista. Um diferencial é que disponibiliza os modos escuro e claro.	Ao errar um exercício, o sistema não fornece a resposta correta.	Existe uma tela de ajuda ao usuário, de fácil acesso no menu superior.

O aplicativo “Braille Academy” (Figura 3) tem como objetivo promo-

ver o ensino estratégico do Unified English Braille (UEB), por meio da disponibilização de módulos de conteúdo e exercícios práticos de memorização. Sua classificação na Play Store é de 4,9, em uma escala de 5 pontos (o mais bem avaliado entre os aplicativos selecionados), baseada em 1.410 avaliações de usuários, e registra mais de 10 mil downloads. Devido à limitação do idioma inglês, alguns usuários criticam a falta de responsividade na acentuação das palavras. Um ponto positivo é a certificação oferecida ao concluir os módulos de aprendizado.

Figura 3. Captura de tela do Braille Academy



(a) Atividade

(b) Feedbacks

No que tange à arquitetura da informação, a tela inicial do aplicativo integra todas as modalidades de interação, permitindo ao usuário retomar o último capítulo acessado ou iniciar um novo módulo. O Quadro 2 sintetiza as principais práticas de usabilidade adotadas no Braille Academy.

Já o aplicativo Braille App (Figura 4), embora se apresente como uma ferramenta para envio de mensagens em Braille, restringe-se a funcionalidades de consulta ao alfabeto e números em Braille, além de tradução de texto. Com avaliação média de 3,8 (em uma escala de 5,0), baseada em 76 avaliações, a aplicação está disponível apenas em espanhol.

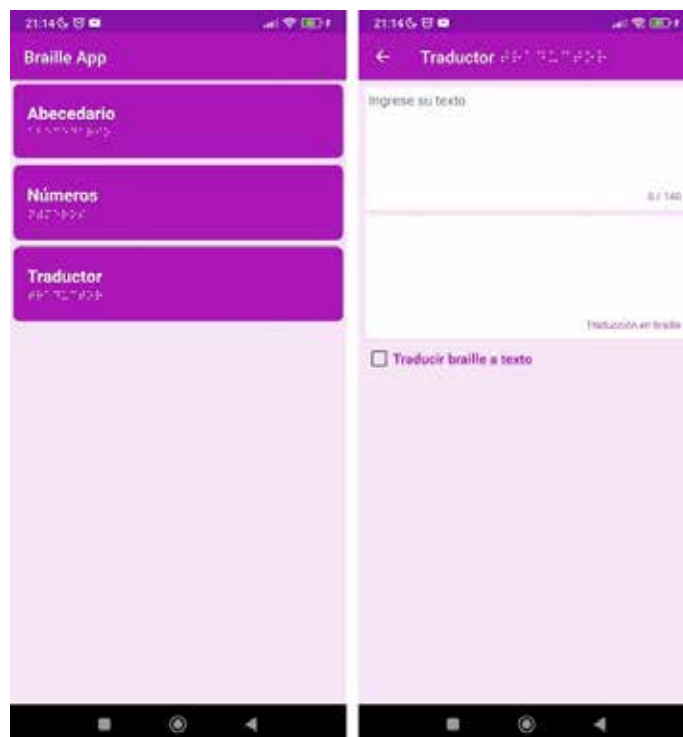
Quadro 2: Quadro sintético da análise heurística do aplicativo Braille Academy.

Nº 1: Visibilidade do status do sistema	Nº 2: Correspondência entre o sistema e o mundo real	Nº 3: Controle e liberdade do usuário	Nº 4: Consistência e padrões	Nº 5: Prevenção de erros
---	--	---------------------------------------	------------------------------	--------------------------

Boa resposta de feedback quando a resposta do exercício está incorreta (vibração e mensagem de erro).	Nos capítulos de desafio, corações simbolizam as tentativas disponíveis.	Fácil navegação entre os módulos, possibilitada pelo botão “Voltar” no menu superior esquerdo.	Navegação centralizada na tela inicial, e telas de assuntos similares têm layout similar.	Não existe confirmação de envio de resposta, mesmo em situações decisivas, como desafios.
Nº 6: Reconhecimento em vez de lembrança	Nº 7: Flexibilidade e eficiência de uso	Nº 8: Design estético e minimalista	Nº 9: Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros	Nº 10: Ajuda e documentação
Mostra uma prévia do que será abordado no nível, sem precisar acessar o nível.	O botão “start” redireciona usuário diretamente para o nível que acessou pela última vez.	O design é agradável e simples.	Mensagens de erro eficazes e dicas durante as atividades.	Fornece uma tela dedicada a auxílio ao usuário, de fácil acesso no menu superior.

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 4. Captura de tela do Braille App.



O Braille App se propõe de maneira concisa, apresentando uma estrutura hierárquica da informação simplificada. Em sua tela inicial, constam apenas três botões. A ferramenta de tradução permite a revisão (traduzindo o Braille para o formato texto) e o compartilhamento do conteúdo gerado. No Quadro 3, é apresentada uma visão geral das práticas de usabilidade implementadas

no aplicativo Braille App. Quadro 3: Síntese da análise Heurística do Aplicativo Braille App.

Nº 1: Visibilidade do status do sistema	Nº 2: Correspondência entre o sistema e o mundo real	Nº 3: Controle e liberdade do usuário	Nº 4: Consistência e padrões	Nº 5: Prevenção de erros
Pela baixa complexidade, não necessita de notificações do sistema.	Ao digitar o texto na tela “tradução”, a mensagem é traduzida simultaneamente abaixo.	Navegação simplificada, que não requer auxílio.	Navegação simples e sintética na tela inicial.	Por ter poucas ações, não há ações irreversíveis.
Nº 6: Reconhecimento em vez de lembrança	Nº 7: Flexibilidade e eficiência de uso	Nº 8: Design estético e minimalista	Nº 9: Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros	Nº 10: Ajuda e documentação
Nomeia as telas de acordo com o tópico.	Pela baixa complexidade, demonstra eficiência na navegação.	O design é singelo, mas não é tão interativo, o que o torna monótono.	Por ter poucas ações, não há possibilidade de erro.	Não possui documentação de ajuda.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em síntese, a análise abrangente dos diversos aplicativos voltados ao aprendizado do Braille revela um panorama rico em aspectos positivos e áreas passíveis de aprimoramento (conforme apresentado no Quadro 4). Destaca-se, na aplicação Learn Braille, sua notável simplicidade e eficácia, proporcionando aos usuários uma experiência fluida e a habilidade de consultar informações durante a realização de exercícios. Um diferencial adicional é a disponibilidade dos modos claro e escuro, conferindo versatilidade à aplicação. Entretanto, identificam-se margens para aprimoramento nos feedbacks disponibilizados aos usuários, na expansão para idiomas suplementares, notadamente o português, e na incorporação de elementos de gamificação, visando incentivar as atividades.

4.2 Definir

Nesta etapa, é trabalhado o Ponto de Vista que, conforme Dam e Teo (2020), permite desenvolver ideias e resolver desafios de design mantendo o foco em seus usuários, suas necessidades e nas percepções obtidas sobre eles. Assim, define-se o desafio apropriado a ser abordado na próxima etapa do processo de Design Thinking, que é a etapa de Ideação.

Para conseguir atingir os pontos de vista adequados, o primeiro passo foi a criação de personas. No segundo passo do processo, foram delimitadas as necessidades essenciais das personas criadas. No terceiro passo, foi realizada

a elucidação de insights; destacam-se considerações específicas acerca dos dois perfis de usuários identificados.

Quadro 4: Resumo da análise de similares.

	Learn Braille	Braille Academy	Braille App
Pontos positivos	Simplicidade da aplicação; Modo escuro e claro; Consulta durante exercícios.	Navegação intuitiva; Desafios e certificações incentivam a aprendizagem; Interface com boa estética.	Simplicidade no uso; Tópicos claros; Ferramenta de tradução.
Pontos negativos	Feedbacks incompletos; Versão somente em inglês; Falta de incentivo nas atividades.	Feedbacks incompletos; Versão somente em inglês; Alguns botões sem funcionalidade, forçando o usuário a decorar telas.	Pouca interação, aplicativo mais consultivo; Interação monótona e pouco interessante; Falta de identidade do aplicativo, visual genérico; Não é compatível com caracteres especiais e acentuação.
Oportunidades	Aplicar gamificação; Exercícios para aprimorar o ensino (feedbacks, módulos com explicação e orientação); Versão para língua portuguesa.	Centralização das informações na tela inicial é funcional; Traze elementos gráficos para chamar mais atenção; Versão para língua portuguesa.	Investir em uma identidade original e interessante; Tradutor compatível com caracteres especiais e acentuação.

Fonte: Os autores.

4.3 Idealizar

Na terceira etapa, inicia-se o processo de ideação por meio da aplicação da ferramenta “Como poderíamos?”. Essa abordagem visa facilitar o processo de brainstorming para a geração de soluções potenciais para os pontos de vista delineados na fase precedente. A partir das ideias concebidas, foi

realizada uma seleção criteriosa, que definiu os Requisitos de Projeto e a Proposta de Valor.

O método “Como Podemos?” é considerado uma das abordagens mais eficazes para iniciar sessões de brainstorming, conforme descrito por Dam e Teo (2020). Sua estrutura é projetada para fomentar a introdução de novas ideias, reconhecendo a incerteza em relação à resposta no momento presente e incentivando uma abordagem colaborativa para a sua resolução.

Finalizada a sessão de brainstorming, a Etapa 2, de definição, foi retomada para seleção e refinamento das ideias. Assim, os Requisitos de Projeto foram elaborados a partir do refinamento das ideias selecionadas na sessão da Etapa 3, que geraram os requisitos do projeto abaixo:

- Cursos em formatos variados, dinâmicos e interativos;
- Emblemas de conquista por desenvolvimento;
- Ferramenta de tradução automática de Braille;
- Área de materiais teóricos e práticos; Avaliações e feedbacks;
- Elementos sinalizando progresso dos módulos;
- Centralização da navegação na página inicial;
- Tradutores adaptados para caracteres especiais.

Partindo das conclusões obtidas pelas análises dos capítulos anteriores, a proposta de valor foi definida como: Para pessoas que buscam aprender sobre o sistema Braille, o Muiraquitã Braille é um aplicativo que busca oferecer orientações necessárias para a identificação e contextualização dos caracteres do Braille. Ao contrário dos aplicativos concorrentes já existentes, que oferecem conteúdos limitados e possuem módulos restritos ao idioma inglês, nosso produto permite o acesso a módulos de ensino intuitivos, completos,

Para melhor mapeamento das telas a serem desenvolvidas na etapa de prototipação, o diagrama da arquitetura da informação foi desenvolvido, conforme Figura 5

```

graph TD
    TI[Tela Inicial] --> C[Cadastro]
    TI --> A[Aprovação]
    TI --> P[Prestação]
    TI --> PR[Perfil]

    C --> E[Exercício]
    C --> H[Histórico]
    C --> P2[Polígrafo]
    P2 --> E2[Exercícios]
    P2 --> G[Gratificação]

    A --> A1[Avaliação]
    A1 --> I[Introdução ao Brasil]
    I --> C1[Condição]
    C1 --> R1[Resposta]
    R1 --> F1[Feedback]
    F1 --> C2[Cancelar]

    P --> L[Letras]
    L --> N1[Nível]
    N1 --> T1[Tempo]
    T1 --> E3[Exercício]
    E3 --> F2[Feedback]
    F2 --> C3[Cancelar]

    PR --> P3[Perfil]
    P3 --> R2[Revisar]
    R2 --> N2[Novo]
    N2 --> E4[Excluir]
    E4 --> S[Salvar]
    S --> C4[Cancelar]

    C4 --> C5[Condição]
    C5 --> M[Meu computador]
    M --> M1[Meu computador]
    M1 --> M2[Meu computador]
    M2 --> M3[Meu computador]
    M3 --> M4[Meu computador]
    M4 --> M5[Meu computador]
    M5 --> M6[Meu computador]
    M6 --> M7[Meu computador]
    M7 --> M8[Meu computador]
    M8 --> M9[Meu computador]
    M9 --> M10[Meu computador]
    M10 --> M11[Meu computador]
    M11 --> M12[Meu computador]
    M12 --> M13[Meu computador]
    M13 --> M14[Meu computador]
    M14 --> M15[Meu computador]
    M15 --> M16[Meu computador]
    M16 --> M17[Meu computador]
    M17 --> M18[Meu computador]
    M18 --> M19[Meu computador]
    M19 --> M20[Meu computador]
    M20 --> M21[Meu computador]
    M21 --> M22[Meu computador]
    M22 --> M23[Meu computador]
    M23 --> M24[Meu computador]
    M24 --> M25[Meu computador]
    M25 --> M26[Meu computador]
    M26 --> M27[Meu computador]
    M27 --> M28[Meu computador]
    M28 --> M29[Meu computador]
    M29 --> M30[Meu computador]
    M30 --> M31[Meu computador]
    M31 --> M32[Meu computador]
    M32 --> M33[Meu computador]
    M33 --> M34[Meu computador]
    M34 --> M35[Meu computador]
    M35 --> M36[Meu computador]
    M36 --> M37[Meu computador]
    M37 --> M38[Meu computador]
    M38 --> M39[Meu computador]
    M39 --> M40[Meu computador]
    M40 --> M41[Meu computador]
    M41 --> M42[Meu computador]
    M42 --> M43[Meu computador]
    M43 --> M44[Meu computador]
    M44 --> M45[Meu computador]
    M45 --> M46[Meu computador]
    M46 --> M47[Meu computador]
    M47 --> M48[Meu computador]
    M48 --> M49[Meu computador]
    M49 --> M50[Meu computador]
    M50 --> M51[Meu computador]
    M51 --> M52[Meu computador]
    M52 --> M53[Meu computador]
    M53 --> M54[Meu computador]
    M54 --> M55[Meu computador]
    M55 --> M56[Meu computador]
    M56 --> M57[Meu computador]
    M57 --> M58[Meu computador]
    M58 --> M59[Meu computador]
    M59 --> M60[Meu computador]
    M60 --> M61[Meu computador]
    M61 --> M62[Meu computador]
    M62 --> M63[Meu computador]
    M63 --> M64[Meu computador]
    M64 --> M65[Meu computador]
    M65 --> M66[Meu computador]
    M66 --> M67[Meu computador]
    M67 --> M68[Meu computador]
    M68 --> M69[Meu computador]
    M69 --> M70[Meu computador]
    M70 --> M71[Meu computador]
    M71 --> M72[Meu computador]
    M72 --> M73[Meu computador]
    M73 --> M74[Meu computador]
    M74 --> M75[Meu computador]
    M75 --> M76[Meu computador]
    M76 --> M77[Meu computador]
    M77 --> M78[Meu computador]
    M78 --> M79[Meu computador]
    M79 --> M80[Meu computador]
    M80 --> M81[Meu computador]
    M81 --> M82[Meu computador]
    M82 --> M83[Meu computador]
    M83 --> M84[Meu computador]
    M84 --> M85[Meu computador]
    M85 --> M86[Meu computador]
    M86 --> M87[Meu computador]
    M87 --> M88[Meu computador]
    M88 --> M89[Meu computador]
    M89 --> M90[Meu computador]
    M90 --> M91[Meu computador]
    M91 --> M92[Meu computador]
    M92 --> M93[Meu computador]
    M93 --> M94[Meu computador]
    M94 --> M95[Meu computador]
    M95 --> M96[Meu computador]
    M96 --> M97[Meu computador]
    M97 --> M98[Meu computador]
    M98 --> M99[Meu computador]
    M99 --> M100[Meu computador]
    M100 --> M101[Meu computador]
    M101 --> M102[Meu computador]
    M102 --> M103[Meu computador]
    M103 --> M104[Meu computador]
    M104 --> M105[Meu computador]
    M105 --> M106[Meu computador]
    M106 --> M107[Meu computador]
    M107 --> M108[Meu computador]
    M108 --> M109[Meu computador]
    M109 --> M110[Meu computador]
    M110 --> M111[Meu computador]
    M111 --> M112[Meu computador]
    M112 --> M113[Meu computador]
    M113 --> M114[Meu computador]
    M114 --> M115[Meu computador]
    M115 --> M116[Meu computador]
    M116 --> M117[Meu computador]
    M117 --> M118[Meu computador]
    M118 --> M119[Meu computador]
    M119 --> M120[Meu computador]
    M120 --> M121[Meu computador]
    M121 --> M122[Meu computador]
    M122 --> M123[Meu computador]
    M123 --> M124[Meu computador]
    M124 --> M125[Meu computador]
    M125 --> M126[Meu computador]
    M126 --> M127[Meu computador]
    M127 --> M128[Meu computador]
    M128 --> M129[Meu computador]
    M129 --> M130[Meu computador]
    M130 --> M131[Meu computador]
    M131 --> M132[Meu computador]
    M132 --> M133[Meu computador]
    M133 --> M134[Meu computador]
    M134 --> M135[Meu computador]
    M135 --> M136[Meu computador]
    M136 --> M137[Meu computador]
    M137 --> M138[Meu computador]
    M138 --> M139[Meu computador]
    M139 --> M140[Meu computador]
    M140 --> M141[Meu computador]
    M141 --> M142[Meu computador]
    M142 --> M143[Meu computador]
    M143 --> M144[Meu computador]
    M144 --> M145[Meu computador]
    M145 --> M146[Meu computador]
    M146 --> M147[Meu computador]
    M147 --> M148[Meu computador]
    M148 --> M149[Meu computador]
    M149 --> M150[Meu computador]
    M150 --> M151[Meu computador]
    M151 --> M152[Meu computador]
    M152 --> M153[Meu computador]
    M153 --> M154[Meu computador]
    M154 --> M155[Meu computador]
    M155 --> M156[Meu computador]
    M156 --> M157[Meu computador]
    M157 --> M158[Meu computador]
    M158 --> M159[Meu computador]
    M159 --> M160[Meu computador]
    M160 --> M161[Meu computador]
    M161 --> M162[Meu computador]
    M162 --> M163[Meu computador]
    M163 --> M164[Meu computador]
    M164 --> M165[Meu computador]
    M165 --> M166[Meu computador]
    M166 --> M167[Meu computador]
    M167 --> M168[Meu computador]
    M168 --> M169[Meu computador]
    M169 --> M170[Meu computador]
    M170 --> M171[Meu computador]
    M171 --> M172[Meu computador]
    M172 --> M173[Meu computador]
    M173 --> M174[Meu computador]
    M174 --> M175[Meu computador]
    M175 --> M176[Meu computador]
    M176 --> M177[Meu computador]
    M177 --> M178[Meu computador]
    M178 --> M179[Meu computador]
    M179 --> M180[Meu computador]
    M180 --> M181[Meu computador]
    M181 --> M182[Meu computador]
    M182 --> M183[Meu computador]
    M183 --> M184[Meu computador]
    M184 --> M185[Meu computador]
    M185 --> M186[Meu computador]
    M186 --> M187[Meu computador]
    M187 --> M188[Meu computador]
    M188 --> M189[Meu computador]
    M189 --> M190[Meu computador]
    M190 --> M191[Meu computador]
    M191 --> M192[Meu computador]
    M192 --> M193[Meu computador]
    M193 --> M194[Meu computador]
    M194 --> M195[Meu computador]
    M195 --> M196[Meu computador]
    M196 --> M197[Meu computador]
    M197 --> M198[Meu computador]
    M198 --> M199[Meu computador]
    M199 --> M200[Meu computador]
    M200 --> M201[Meu computador]
    M201 --> M202[Meu computador]
    M202 --> M203
```

O referencial adotado para a construção do protótipo de alta fidelidade foi o Material Design, uma linguagem unificada que abarca teoria, recursos e ferramentas para a criação de experiências digitais coesas (MATERIAL DESIGN, 2024).

O Flat Design foi integrado a uma diagramação minimalista, pois, conforme Esteves e Mülling (2016), “é uma tendência visual contemporânea caracterizada pela simplificação dos elementos de interface, com foco na forma, funcionalidade e tecnologia”. Essa integração tem como objetivo facilitar a implementação do design pelos desenvolvedores do projeto. A identidade

visual inicial do aplicativo Muiraquitã Braille foi mantida, aplicando o logo do Muiraquitã Braille na navegação de telas secundárias do aplicativo.

O onboarding é a tela de entrada no aplicativo Muiraquitã Braille, com o propósito de orientar usuários novos na realização do cadastro ou facilitar o acesso de usuários já registrados. É importante salientar que todos os componentes do formulário possuem exemplo de formatação da resposta esperada. Aos usuários previamente cadastrados, são disponibilizadas opções de login no aplicativo por meio de endereço de e-mail, bem como pelas contas associadas ao Google e ao Facebook. Além disso, há a funcionalidade de recuperação de senha e a opção de retornar para o processo de criação de conta, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6. Tela inicial de onboarding (esq.) e tela de login para usuários (dir.) do Muiraquitã Braille.

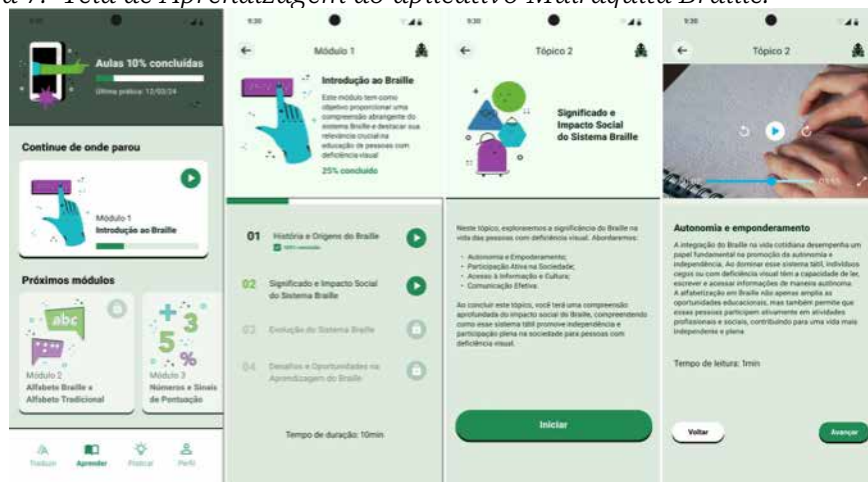


Fonte: Os autores

O módulo de aprendizagem tem como propósito instruir o usuário sobre conceitos teóricos relacionados ao sistema Braille. O progresso em relação aos módulos é destacado na tela por meio de uma barra de progresso, que fornece informações visuais sobre o avanço do usuário. Além disso, são apresentados dados relativos à data da última prática realizada, proporcionando uma visão clara do desenvolvimento e da regularidade das atividades de aprendizado. Esses módulos são subdivididos em tópicos, apresentando conteúdo em formatos diversos para manter o interesse do usuário ao longo dos estudos. A abordagem sequencial é adotada, de modo que o desbloqueio do próximo módulo só é possível após a conclusão de todos os tópicos, que também seguem a mesma lógica sequencial. Cada módulo e tópico

indica o tempo estimado de leitura, proporcionando ao usuário uma maior autonomia em seu processo de aprendizado, como ilustrado na Figura 7.

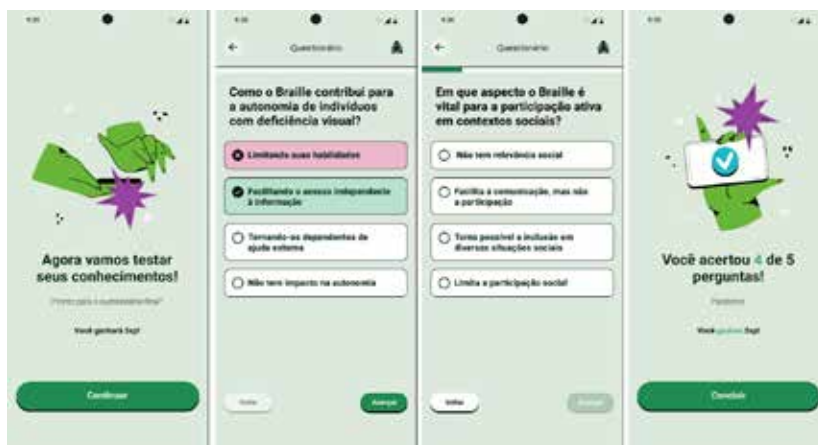
Figura 7. Tela de Aprendizagem do aplicativo Muiraquitã Braille.



Fonte: Os autores

Após a conclusão de cada tópico, surge um questionário breve para avaliar o conhecimento do usuário. Os usuários progridem para a próxima pergunta apenas após responderem. Em caso de resposta incorreta, o aplicativo indica o erro e apresenta a resposta correta, permitindo a transição para a próxima pergunta. Também é possível retornar às perguntas anteriores para consulta. Ao finalizar o questionário, o usuário é recompensado com pontos de experiência, os quais são atribuídos com base no número de respostas corretas, conforme evidenciado na Figura 8. Esses pontos são acumulados no perfil do usuário, que é acessível na seção “Perfil”.

Figura 8. Telas de questionário dos tópicos de aprendizagem do Muiraquitã Braille



O módulo denominado “Praticar” tem como propósito facilitar o desenvolvimento prático do conhecimento acerca do sistema Braille. Esta seção é dividida em duas abas, sendo que a primeira aba concentra-se em exercícios relacionados a letras, enquanto a segunda aborda números. É relevante ressaltar

que, ao selecionar uma prática, o usuário tem a possibilidade de personalizar o tempo de duração conforme suas preferências (Figura 9).

Figura 9. Telas práticas do aplicativo Muiraquitã Braille.



Fonte: Os autores.

As práticas que envolvem letras são subdivididas em três níveis abaixo:

- Explorador Braille (Iniciante): introduz o usuário ao sistema Braille, focando na identificação e reconhecimento das letras. Oferece exercícios simples, nos quais o usuário associa as letras Braille correspondentes às letras do alfabeto tradicional;
- Mestre das Sílabas (Intermediário): apresenta palavras com sílabas simples e comuns, incentivando o usuário a montar as palavras utilizando os caracteres Braille;
- Herói da Leitura Tátil (Avançado): desafia o usuário a construir frases completas em Braille.

Seguindo a mesma lógica, as práticas que envolvem números são subdivididas em três níveis abaixo:

- Aventureiro Numérico (Iniciante): orienta o usuário na familiarização com o sistema Braille, concentrando-se na identificação e reconhecimento dos números. Proporciona exercícios simples, nos quais o usuário associa os caracteres do Braille correspondentes aos números;
- Arquiteto das Expressões (Intermediário): apresenta números por meio de expressões simples e familiares, motivando o usuário a formar expressões matemáticas;
- Dominador das Fórmulas (Avançado): propõe ao usuário o desafio de criar expressões matemáticas complexas utilizando o sistema Braille.

Nas telas de prática, foram integradas a opção de consulta ao “dicionário” Braille, acessível por meio do ícone de lâmpada, e uma restrição de erros, representada pelos ícones de coração, visando manter o usuário engajado. Cada erro do usuário resulta na redução de uma “vida”. Quando todas as vidas são esgotadas, a prática é encerrada e necessita ser reiniciada para a acumulação de pontos. Semelhantemente à tela de “Aprender”, cada prática

atribui pontos com base no número de respostas corretas do usuário (Figura 10)

Figura 10. Telas de feedback das práticas do aplicativo Muiraquitã Braille.



Fonte: Os autores.

No menu de navegação intitulado “Perfil”, no qual são apresentadas as informações principais do usuário e configurações do aplicativo, são consolidadas as informações referentes à pontuação adquirida por meio das práticas, métrica associada ao nível de proficiência do usuário, aos emblemas obtidos ao completar tarefas específicas dentro do aplicativo, ao progresso individual nos módulos e tópicos, bem como ao tempo dedicado à realização das práticas, categorizado de forma sistemática (Figura 11).

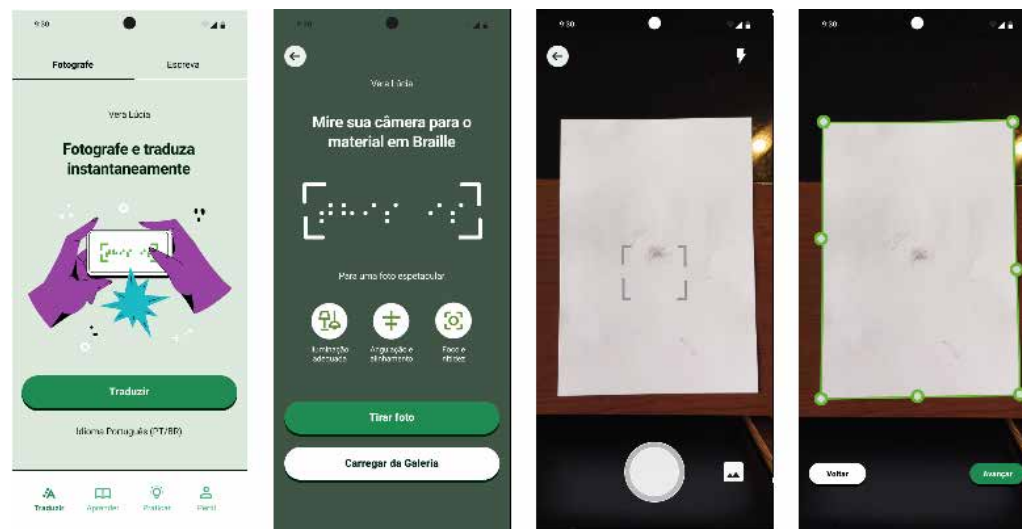
Figura 11. Telas de perfil do aplicativo Muiraquitã Braille.



Na tela de tradução, é permitido o escaneamento de fotos e a tradução de caracteres adaptados ao idioma português. O usuário tem acesso às duas opções de tradução por meio das abas “Fotografe” e “Escreva”. Na aba “Fotografe”, o usuário tem a opção de carregar uma foto da galeria ou capturar instantaneamente uma imagem do documento a ser traduzido. Ao escolher a captura de foto, uma tela introdutória fornece orientações sobre as melhores práticas para fotografar. Além disso, é possível acessar a galeria enquanto a

câmera está em uso e realizar cortes na imagem após a captura, como ilustrado na Figura 12.

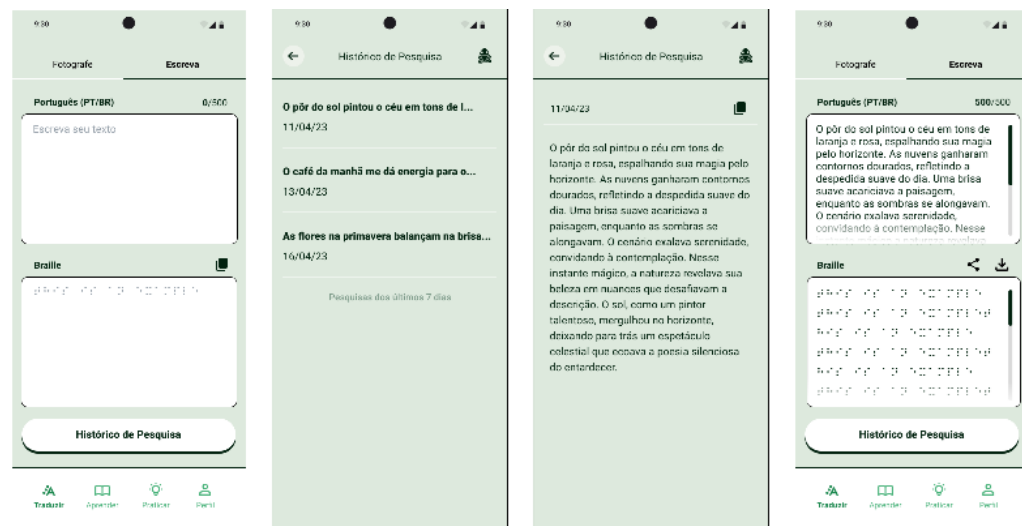
Figura 12. Telas de tradução por foto do aplicativo Muiraquitã Braille.



Fonte: os autores.

Na aba “Escreva”, o usuário tem a capacidade de obter a tradução diretamente por meio da escrita. Além disso, ele pode acessar o histórico de traduções e copiá-las para realizar novas traduções, sendo que as informações são armazenadas por um período médio de sete dias a partir da data da tradução original, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13. Telas de tradução por texto do aplicativo Muiraquitã Braille.



4.5 Testar

Os testes foram planejados para serem realizados de forma qualitativa. Os participantes selecionados para avaliar a usabilidade do aplicativo representam um perfil amplo que reflete, em parte, o público-alvo: professores de diversas áreas de ensino, com ou sem experiência com educação especial. A escolha foi embasada na abordagem sugerida por Krug (2014), considerando

que os primeiros testes provavelmente revelarão erros de usabilidade que impactarão a maioria dos participantes.

As tarefas foram selecionadas a partir do objetivo de testar as principais funcionalidades do aplicativo: aprender, praticar e traduzir. As tarefas foram divididas de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5: Tarefas a serem avaliadas no teste de usabilidade.

Seção do Aplicativo	Tarefas
Aprender	Na aba “Aprender”, conclua o tópico do Módulo 1
Praticar	Na aba “Praticar” conclua uma prática no modo “Mestre das Sílabas”
Traduzir	Traduza por foto um documento em Braille
	Faça a tradução em texto do Português para o Braille
	Copie uma pesquisa anterior de tradução em texto e traduz novamente

Fonte: Os autores.

Os testes foram conduzidos presencialmente, com uma duração média de 30 minutos. O primeiro usuário é uma professora de Educação Física que ministra aulas de forma particular. Ela possui 29 anos de idade e enfrenta certa dificuldade com tecnologias, embora as utilize rotineiramente em aplicativos populares, como redes sociais. Durante a execução do aplicativo, foram identificados alguns problemas na configuração do protótipo, os quais foram corrigidos para os testes subsequentes. Essas melhorias incluíram ajustes na ligação entre telas e na ativação de botões que estavam, inicialmente, desativados.

O segundo usuário é professor na Faculdade de Arquitetura da UFRGS. Ele tem 68 anos e utiliza o celular com frequência, por meio de aplicativos de redes sociais, bancários e auxiliares de fotografia. O terceiro e último usuário é uma professora de Literatura e do ensino médio. Ela tem 38 anos e não possui muita experiência com aplicativos, limitando-se apenas aos aplicativos essenciais, como os de banco e de transporte particular. O resultado dos testes foi sintetizado no Quadro 6.

Quadro 6: Síntese do teste de usabilidade.

Tarefa	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3
Na aba “Aprender”, conclua o tópico do Módulo 1	Navegou e localizou os itens sem dificuldade, mas demonstrou preocupação com o tamanho da fonte nos módulos, apesar de conseguir ler com tranquilidade. Concluiu o tópico e aparentou empolgação com o feedback de acerto do questionário.	Navegou e localizou os módulos sem dificuldade. Achou o tamanho da fonte adequado, apesar de ter problemas de miopia. Concluiu sem qualquer auxílio ou questionamento.	Identificou todos os itens de navegação e não encontrou nenhuma dificuldade. Achou os textos com tamanho adequado em termos de leitura e quantidade de conteúdo.
Na aba “Praticar” conclua uma prática no modo “Mestre das Sílabas”	Demorou para localizar a aba “Praticar” em função de um problema do protótipo. Após ajustes, conseguiu acessar facilmente a prática. Inicialmente, não percebeu o botão de dica e tentou acertar o exercício “no chute”. Após orientação, conseguiu acessar a aba, mas teve dificuldade em visualizar os caracteres. Concluída a leitura, conseguiu finalizar os exercícios facilmente.	Acessou tranquilamente a aba “Praticar” e tentou fazer o exercício sem perceber o botão de “Dica”. Após ser orientado sobre o botão, concluiu os exercícios e voltou a utilizar a consulta. Foi percebida certa dificuldade em diferenciar os caracteres Braille. Concluiu o segundo exercício rapidamente.	Conseguiu concluir sem auxílio e entendeu os elementos de gamificação sem explicação, apesar de não utilizá-los durante o teste.

Traduza por foto um documento em Braille	Inicialmente, o usuário não havia compreendido que o escaneamento do documento seria em Braille, mas conseguiu concluir a tarefa por já ter conhecimento em outros aplicativos de escaneamento em Braille.	O usuário teve certa dificuldade em localizar o botão de fotografar, clicando algumas vezes na ilustração e no texto “Português PT/BR” da tela inicial. Após algum tempo, conseguiu se recuperar do erro. Durante o registro da foto, prosseguiu tranquilamente.	O usuário, inicialmente, tentou acessar a partir da ilustração e depois conseguiu concluir a tarefa sem dificuldades.
Faça a tradução em texto do Português para o Braille	Facilmente concluiu a tarefa e conseguiu se localizar pelo menu de abas superior.	O usuário clicou diversas vezes no botão “Traduzir” na tela inicial e precisou de ajuda para localizar o botão “Escreva” na interface. Disse que o mesmo não estava tão destacado. Após acessar a tela de tradução por texto, prosseguiu normalmente.	O usuário teve dificuldade em localizar a aba de navegação superior, mas não precisou de auxílio após ter a tarefa lembrada pelo entrevistador.
Copie uma pesquisa anterior de tradução em texto e traduz novamente	Não compreendeu a tarefa inicialmente e precisou de certo auxílio em função de um problema no protótipo. Tentou, inicialmente, clicar diretamente na tradução, acreditando que a cópia já estava feita. Após localizar o botão de “Histórico de Pesquisa”, conseguiu concluir a tarefa facilmente.	Teve certa dificuldade em compreender a tarefa, mas, após acessar o menu de tradução por texto, localizou o botão de “Histórico de Pesquisa” e tentou realizar a cópia clicando diretamente no texto. Após a tentativa, clicou no botão, copiou e concluiu a tarefa sem dificuldade.	Concluiu a tarefa sem dificuldades e não tentou fazer a cópia diretamente no texto.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Durante o processo de desenvolvimento e aprimoramento do protótipo do aplicativo Muiraquitã Braille, diversas decisões de design foram tomadas com o objetivo de aumentar a clareza visual, a legibilidade e a eficácia do

processo de ensino do sistema Braille para pessoas videntes. Dentre essas decisões, destaca-se a reestruturação do espaçamento entre os pontos Braille. Observou-se, nas etapas de prototipação e testes com usuários, que o espaçamento padrão dificultava a distinção entre os pontos das células Braille, especialmente para iniciantes. Em resposta a essa limitação, foi implementado um aumento no espaçamento entre os pontos, com o intuito de facilitar a identificação visual das estruturas das letras em Braille, evitando confusão perceptiva e favorecendo o reconhecimento correto dos caracteres.

Adicionalmente, foram realizados ajustes com foco na melhoria da legibilidade visual. Para isso, adotou-se uma paleta de cores com alto contraste, diferenciando visualmente os pontos ativos daqueles inativos. Essa escolha teve como base as diretrizes de acessibilidade visual, como as propostas pelas WCAG (Web Content Accessibility Guidelines). O uso de cores não apenas reforçou a distinção entre os elementos gráficos das células Braille, como também contribuiu para a construção de uma experiência de aprendizagem mais clara e intuitiva.

Essas modificações foram orientadas por feedbacks obtidos nos testes com usuários e por princípios do Design Centrado no Usuário, norteadores da metodologia de Design Thinking adotada neste projeto. As alterações contribuíram diretamente para uma interface mais acessível e eficiente, potencializando o processo de apropriação do sistema Braille por parte dos docentes videntes.

A finalização das telas do aplicativo Muiraquitã Braille foi realizada integrando elementos de animação para proporcionar uma representação visual dinâmica e interativa da aplicação. Para facilitar a visualização do protótipo animado, foi disponibilizado um link de acesso público, possibilitando que usuários, pesquisadores e interessados explorem de maneira interativa as funcionalidades do aplicativo.

5. Considerações Finais

Para alcançar uma compreensão sobre o projeto já existente Muiraquitã Braille e gerar melhorias orientadas pelos princípios do Design de Experiência e Design de Interface, foram delineados caminhos principais: análise das funcionalidades e do desempenho de aplicativos digitais no contexto do ensino do Braille, para identificação de oportunidades e de componentes do design de interação e experiência do usuário que poderiam estimular o interesse do público-alvo; consulta a especialistas para gerar requisitos de projeto; e elaboração do protótipo inicial do produto digital para fins de avaliação por parte de usuários.

Os resultados obtidos demonstram que os aprimoramentos criados no aplicativo Muiraquitã Braille têm o potencial de empoderar os professores, permitindo-lhes adquirir as habilidades essenciais para melhor atender aos alunos com deficiência visual. Além disso, ao promover a inclusão e a igualdade educacional, o aplicativo contribui para a construção de uma sociedade mais inclusiva.

No entanto, este trabalho apresenta algumas limitações que abrem espaço para investigações futuras. Primeiramente, (i) devido às restrições de tempo do projeto, foi realizada apenas uma rodada de testes de usabilidade, utilizando o modelo “faça-você-mesmo”, proposto por Krug (2014). Embora essa abordagem seja eficaz para identificar problemas iniciais de usabilidade, a realização de múltiplas rodadas de testes, com diferentes perfis de usuários, poderia proporcionar uma análise mais robusta e aprofundada da experiência de uso. Além disso, (ii) embora a gamificação já represente uma estratégia motivacional importante, melhorias contínuas nos elementos gamificados podem tornar a experiência mais envolvente e estimular o engajamento sustentado dos usuários ao longo do prazo.

6. Referências

- BEAL, F.; GARCÍA, L. S. Mapeamento Sistemático sobre Interfaces Tangíveis para apoiar o ensino do Braille. In: Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019). Brazilian Computer Society (Sociedade Brasileira de Computação - SBC), 2019. p. 1131.
- BRASIL. Comissão Brasileira do Braille – CBB. Brasília - DF: Ministério da Educação. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/revalidacao-de-diplomas/30000-uncategorised/19063-comissao-brasileira-do-braille>. Acessado em 10 de outubro de 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. Grafia a Braille para a Língua Portuguesa. 2006.
- BRASIL. Grafia Braille para a língua portuguesa. 3. ed. Brasília-DF: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão, 2018. 95 p.
- DAM, R. F. The 5 Stages in the Design Thinking Process. [S.l.]: Interaction Design Foundation - IxDF, 2024. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>. Acessado em 15 de outubro de 2024.
- DAM, R. F.; TEO, Y. S. Define and Frame Your Design Challenge by Creating Your Point Of View and Ask “How Might We”. [S.l.]: Interaction Design Foundation - IxDF, 2020. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/article/define-and-frame-your-design-challenge-by-creating-your-point-of-view-and-ask-how-might-we>. Acessado em 21 de outubro de 2024.
- ESTEVES, J. R.; MÜLLING, T. Flat design aplicado ao design de interfaces: Uma análise acerca da estética visual e da usabilidade da tendência flat. Blucher Design Proceedings, v. 2, n. 9, p. 4984 – 4996, 2016.
- GIBBONS, S. Design Thinking 101. [S.l.]: Nielsen Norman Group, 2016. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/design-thinking/>. Acessado em 21 de outubro de 2024.

- GOODMAN, E.; KUNIAVSKY, M.; MOED, A. Observing the user experience: A practitioner's guide to user research. [S.l.]: Elsevier, 2012.
- IBGE. Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, a o trabalho e à renda. 2023. Agência IBGE Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>. Acessado em 02 de agosto de 2024.
- IXDF. What is User Experience (UX) Design? [S.l.]: Interaction Design Foundation IxDF, 2016. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ux-design>. Acessado em 10 de outubro de 2024.
- KAMEI-HANNAN, C.; MCCARTHY, T.; D'ANDREA, F. M.; HOLBROOK, M. C. Investigating the Efficacy of Reading Adventure Time! for Improving Reading Skills in Children with Visual Impairments. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, v. 114, n. 2, p. 88-100, 2020.
- KLEEGER, G. Visible Braille/Invisible Blindness. *Journal of Visual Culture*, v. 5, n. 2, p. 209-218, aug 2006.
- KRUG, S. Não me faça pensar: atualizado. Uma Abordagem de Bom Senso à Usabilidade na Web, 2014.
- MÁRQUEZ, B. L. V.; HANAMPA, L. A. I.; PORTILLA, M. G. M. Design Thinking aplicado al Diseño de Experiencia de Usuario. *Innovación y Software*, v. 2, n. 1, p. 6-9, mar 2021.
- MATERIAL DESIGN. 2024. Disponível em: <https://m3.material.io/>. Acessado em 21 de outubro de 2024.
- MEC. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Brasília, 2008. 19 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeduc ESPECIAL.pdf>.
- NBCNEWS. Fewer blind Americans learning to use Braille. 2009. Disponível em: <https://www.nbcnews.com/id/wbna29882719>. Acessado em: 16 de julho de 2022.
- NIELSEN, J. 10 Usability Heuristics for User Interface Design. [S.l.]: Nielsen Norman Group, 2024. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. Acessado em 21 de outubro de 2024.
- NORMAN, D.; NIELSEN, J. The Definition of User Experience (UX). [S.l.]: Nielsen Norman Group, 1998. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>. Acessado em 10 de outubro de 2024.
- OMS. World report on vision. 2019. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-vision>. Acessado em: 18 de agosto de 2024.

- PARADEDA, R. B.; Francisco de Luna e Silva, A.; GRANATYR, J.; SIGNORETTI, A. BrailleApp: Educational Mobile Application to Assist in the Learning of Braille Language. In: Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2015. v. 2, n. May, p. 523-529.
- PHIPPS, N. L. Design Thinking and Corporate Strategy. 2019. Disponível em: <https://wiglafjournal.com/design-thinking-and-corporate-strategy/>. Acessado em 10 de outubro de 2024.
- PLATTNER, H. An introduction to Design Thinking: process guide. [S.l.]: Institute of Design at Stanford, 2010. Disponível em: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/ih-materials/uploads/Introduction-to-design-thinking.pdf>. Acessado em 15 de outubro de 2024.
- RUSSOMANNO, A.; O'MODHRAIN, S.; GILLESPIE, R. B.; RODGER, M. W. M. Refreshing Refreshable Braille Displays. IEEE Transactions on Haptics, v. 8, n. 3, p. 287 - 297, jul 2015.
- SÁ, E. D.; CAMPOS, I. M.; SILVA, M. B. C. Atendimento educacional especializado: Deficiência Visual. Seesp/Seed/Mec, p. 1-57, 2007.
- SOARES, M. Letramento-um tema em três gêneros. [S.l.]: Autêntica, 2018.
- SOUSA, T. L. V.; CARRIERE, J. S. A.; SMILEK, D. The way we encounter reading material influences how frequently we mind wander. Frontiers in Psychology, v. 4, n. November, p. 1-8, 2013.
- SUN, W.; CHEN, Y. A Study of an All-in-One Machine for Braille Learning and Testing. 2022 IEEE 2nd International Conference on Power, Electronics and Computer Applications, ICPECA 2022, IEEE, n. January, p. 348-351, 2022.
- UNGER, R.; CHANDLER, C. A Project Guide to UX Design: For user experience designers in the field or in the making. [S.l.]: New Riders, 2023.
- WAGH, P.; PRAJAPATI, U.; SHINDE, M.; SALUNKE, P.; CHASKAR, V.; TELAVANE, S.; YADAV, V. E-Braille - a self-learning Braille device. In: 2016 Twenty Second National Conference on Communication (NCC). IEEE, 2016. p. 1-6.
- WIAZOWSKI, J. Can braille be revived? a possible impact of high-end braille and mainstream technology on the revival of tactile literacy medium. Assistive Technology, Taylor Francis, v. 26, n. 4, p. 227-230, 2014. PMID: 25771608.
- WONG, E. Heuristic Evaluation: How to Conduct a Heuristic Evaluation. [S.l.]: Interaction Design Foundation - IxDF, 2024. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/article/heuristic-evaluation-how-to-conduct-a-heuristic-evaluation>. Acessado em 21 de outubro de 2024.

Smith, A. and Jones, B. (1999). On the complexity of computing. In *Advances in Computer Science*, pages 555-566. Publishing Press.