

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM APLICATIVO MÓVEL PARA AUXILIAR PROFESSORES VIDENTES NO RECONHECIMENTO E TRANSCRIÇÃO BRAILLE

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A MOBILE APPLICATION TO SUPPORT SIGHTED TEACHERS IN BRAILLE RECOGNITION AND TRANSCRIPTION

Recebido em: 06/04/2024

Reenviado em: 27/11/2024

Aceito em: 30/11/2024

Publicado em: 12/12/2024

Roberto Pereira do Nascimento¹ 
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Josivan Rodrigues dos Reis² 
Universidade Federal do Oeste do Pará

Regina de Oliveira Heidrich³ 
Universidade Feevale

Dante Augusto Couto Barone⁴ 
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo: A taxa de alfabetização em Braille vem caindo consideravelmente nos últimos anos. Uma das estratégias para combater essa diminuição passa pelo desenvolvimento de ferramentas digitais que possam auxiliar os professores no reconhecimento do Braille. Embora já existam algumas iniciativas, os aplicativos disponíveis não dispõem de funcionalidades integradas de reconhecimento e transcrição do sistema Braille para português. Para suprir esta lacuna, este trabalho apresenta o desenvolvimento e avaliação de um aplicativo móvel denominado Muiraquitã Braille, tendo como objetivo servir como uma ferramenta de acessibilidade pedagógica para auxiliar os professores videntes da sala de aula regular. A avaliação do aplicativo foi realizada por meio de um estudo piloto com 9 participantes (7 videntes e 2 cegos), entre eles: professores de uma escola pública da rede municipal de ensino e o gestor da Divisão de Educação Especial da Secretaria de Educação, de uma cidade no interior da Amazônia. A metodologia adotada seguiu uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa), com o objetivo caracterizado como descritivo. Os dados foram coletados por meio de questionários e complementados por uma análise comparativa com aplicativos existentes no mercado. Os resultados do estudo indicam que o Muiraquitã Braille pode auxiliar os professores videntes no reconhecimento e transcrição dos caracteres Braille, expressam a aceitação positiva dos usuários, e indicam necessidades de adequações para aplicações futuras.

Palavras-chave: Aplicativo Móvel; Sistema Braille; Professor Vidente.

¹ Aluno do Programa de Pós graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: robertotpd@gmail.com

² Docente da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). E-mail: josivanrreis@gmail.com

³ Docente do Programa de Pós graduação em Diversidade Cultural e Inclusão Social da Universidade Feevale. E-mail: rheidrich@feevale.br

⁴ Docente do Programa de Pós graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: barone@inf.ufrgs.br

Abstract: Braille literacy rates have fallen significantly in recent years. One strategy to combat this decline is to develop digital tools that can help teachers recognise Braille. Although some initiatives already exist, the available applications do not have integrated features for Braille recognition and transcription into Portuguese. To fill this gap, this paper presents the development and evaluation of a mobile application called Muiraquitã Braille, which aims to serve as a pedagogical accessibility tool to support sighted teachers in regular classrooms. The application was evaluated through a pilot study with 09 participants (07 sighted and 02 blind), including teachers from a public school in the municipal education system and the head of the Special Education Department of the Ministry of Education, in a city located in the interior of the Amazon. The methodology adopted was a mixed approach (qualitative and quantitative), with a descriptive objective. The data were collected through questionnaires and complemented by a comparative analysis with existing applications on the market. The results of the study show that Muiraquitã Braille can support sighted teachers in the recognition and transcription of Braille characters, express a positive acceptance by users and indicate the need for adaptations for future applications.

Keyword: Mobile Application; Braille System; Sighet Teacher.

INTRODUÇÃO

Conforme os dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), pelo menos 2,2 bilhões de pessoas em todo o mundo apresentam algum tipo de problema visual (OMS, 2019). No Brasil, existem aproximadamente 6,9 milhões de pessoas com deficiência visual (DV), equivalente a 3,4% da população do País, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) 2019 (IBGE, 2021).

Em 2022, foram registradas aproximadamente 1,5 milhão de matrículas na Educação Especial, representando um aumento de 29,3% em relação a 2018. A maior concentração está no Ensino Fundamental, que abrange 65,5% dessas matrículas. Entre os alunos de 4 a 17 anos matriculados na Educação Especial, destaca-se que o percentual de discentes incluídos em classes comuns ultrapassou 90% no mesmo ano, de acordo com o Censo da Educação Básica realizado pelo INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (BRASIL, 2023). Apesar do aumento significativo no número de matrículas na Educação Especial e da população com DV, a taxa de alfabetização em Braille tem apresentado um declínio ao longo dos anos (ROGERS, 2007; TOBIN; HILL, 2015; BARBOSA; SILVA; SOUZA, 2019; SCHEITHAUER; TIGER, 2012; JOHN, 2006).

No entanto, diversas pesquisas (BRANHAM; KANE, 2015; GADIRAJU; MUEHLBRADT; KANE, 2020; STORER; BRANHAM, 2019; VACA *et al.*, 2018) corroboram com a ideia de que, mesmo com a disponibilidade de outras mídias acessíveis, há ampla evidência de que aprender Braille é benéfico para crianças com DV, além de ser o único Sistema que permite que pessoas com DV possam aprender a ler e a escrever através do tato. Por ser essencial para o desenvolvimento da alfabetização (SCHEITHAUER; TIGER, 2012), estudos indicam que adultos que foram alfabetizados em Braille apresentam, em média, melhores taxas de emprego, níveis educacionais, estabilidade financeira, maior autoestima e

satisfação com a vida do que aqueles que nunca aprenderam Braille (RYLES, 1996; BELL; MINO, 2015; SILVERMAN; BELL, 2018). No contexto internacional, observa-se que, nos Estados Unidos, a taxa de emprego entre pessoas com DV é de 32%, sendo que 93% das pessoas empregadas sabem ler e escrever em Braille (JOHN, 2006).

Segundo Barbosa, Silva e Sousa (2019), o desconhecimento da grafia Braille por parte do professor tem contribuído para o isolamento cultural das pessoas cegas, levando-as, muitas vezes, a abandonar a escolarização por se sentirem pouco motivadas a prosseguirem. Com isso, é fortemente recomendável que os professores que tenham alunos com DV em sala de aula desenvolvam habilidades e recursos para o uso do Braille. Pois, para Vygotsky, não se pode tratar a cegueira apenas como deficiência, mas, em certo ponto, como fonte de manifestação de suas capacidades, uma vez que, outras habilidades sensoriais podem ser desenvolvidas suprimindo a falta da visão. Em vista disso, para suprir a falta de visão, é preciso compensar e superar a deficiência o que, no contexto educacional, é possível a partir do momento em que as escolas tomam ciência de que todos aprendem; e passem a oferecer condições necessária para a permanência e progresso na formação acadêmica a todos que ingressarem no sistema educacional, sejam eles alunos com deficiências ou não (VYGOTSKI, 1995).

Dessa forma, o aprendizado do sistema Braille pelos professores de alunos com DV, facilitará e enriquecerá o seu trabalho, visto que será mais fácil e mais ágil acompanhar a evolução e os progressos do aluno sem depender, exclusivamente, de um intermediário, ou seja, de um professor brailista, especialmente, no que diz respeito à leitura e à escrita (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

Embora existam aplicativos voltados para auxiliar a aprendizagem do sistema Braille, até onde foi possível pesquisar, os aplicativos desenvolvidos não dispõem de funcionalidades integradas de aprendizagem e transcrição de texto Braille. Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento e avaliação inicial do Muiraquitã Braille, que tem como objetivo ser uma ferramenta de acessibilidade pedagógica, auxiliando professores videntes⁵ no reconhecimento dos caracteres Braille e na transcrição do texto Braille para português.

Para indicar a viabilidade do aplicativo diante do problema mencionado, foi realizado um estudo piloto, com abordagem mista (qualitativa e quantitativa). O estudo foi realizado com 9 participantes (7 videntes e 2 cegos), a saber: professores videntes (n = 7) e professor cego (n = 1) de uma escola pública da rede municipal de ensino; e com 1 gestor (cego) da Divisão de

⁵ Neste trabalho, o termo vidente é utilizado para denominar pessoas que não possuem limitações visuais graves.

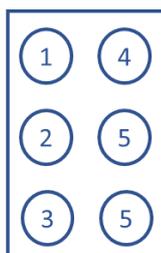
Educação Especial da Secretaria de Educação, de uma cidade no interior da Amazônia. Após a análise dos resultados, verificou-se que a satisfação geral foi avaliada por 100% dos professores como bom e excelente, na escala *Likert* (LIKERT, 1932). Os resultados revelaram evidências que apontam para uma boa receptividade do Muiraquitã Braille, cumprindo o objetivo proposto, inclusive, identificando necessidades de adequações futuras.

Além dessa introdução, o artigo está estruturado nas seguintes seções. A segunda seção apresenta o sistema Braille para facilitar o entendimento deste trabalho e descreve os principais trabalhos relacionados com o tema proposto. O detalhamento da abordagem metodológica utilizada está descrito na terceira seção. O projeto e a implementação do aplicativo são apresentados na quarta seção. Na quinta seção, destaca-se os resultados mais relevantes obtidos pela presente pesquisa. E por fim, são apresentadas as considerações finais.

SISTEMA BRAILLE E TRABALHOS RELACIONADOS

Criado na França, em 1825, por Louis Braille, o sistema Braille de leitura tátil e escrita para cegos, tornou-se indispensável para o ensino-aprendizagem na formação dos deficientes visuais. O Braille é constituído por 63 sinais, porém alguns especialistas consideram o vazio como um sinal, passando a ser composto por 64 sinais formados por 6 pontos, dispostos em forma de matriz 3x2, distribuídos em três linhas e duas colunas, conforme pode ser visto na Figura 1 (BRASIL, 2006).

Figura 1 - Cella Braille.



Fonte: Os autores.

A identificação de caracteres Braille é uma das habilidades fundamentais que os professores que possuem alunos com DV em suas turmas, precisam desenvolver. No entanto, observa-se uma tendência mundial de declínio no uso do Braille, motivado por fatores complexos que envolvem, dentre outros, a falta de professores proficientes no ensino do Braille, a dificuldade da leitura Braille por parte dos não alfabetizados no sistema e a dificuldade de

transcrição do Braille para ser lido por videntes (BARBOSA; SILVA; SOUZA, 2019; WIAZOWSKI, 2014; NBC NEWS, 2009).

Segundo Nunes e Costa (2018), a falta de capacitação tem feito com que os alunos com DV não sejam inseridos a contento no processo de ensino e de aprendizagem, dependendo exclusivamente das Salas de Recursos Multifuncionais que tenham professores com formação em Braille.

Nos Estados Unidos, por exemplo, estima-se que apenas 10% a 12% dos indivíduos com DV são capazes de ler em Braille, enquanto, na década de 1960, esse percentual era de 50%. O cenário torna-se mais desafiador ao considerar que mais de 90% dos DV vivem em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde a taxa de alfabetização em Braille é menor que 10% (KLEEGER, 2006; NBC NEWS, 2009; WIAZOWSKI, 2014). Além disso, o Censo 2020 do INEP revelou que as Escolas da Rede Municipal que oferecem Ensino Fundamental são as que menos dispõem de recursos tecnológicos para auxiliar nas atividades de ensino (BRASIL, 2021).

Com foco no desenvolvimento de aplicativos móveis para auxiliar videntes com o sistema Braille, são encontrados na literatura alguns trabalhos, como Paradedda *et al.* (2015), que desenvolveu uma aplicação móvel com o objetivo de ajudar os videntes na aprendizagem do sistema Braille. A aplicação apresenta duas funções principais: (i) Conversão Braille para português, através de uma cela Braille virtual interativa que o usuário pode utilizar para escrever os textos; (ii) Conversão Português para Braille, onde o usuário escreve o texto em um teclado comum e é apresentado na tela a sua correspondente em Braille.

No trabalho de Aquino *et al.* (2015) é apresentado o aplicativo AbcNum Braille que pretende auxiliar pessoas com baixa visão na aprendizagem do alfabeto Braille por meio de dispositivos móveis *touchscreen*, utilizando-se de estímulos sonoros e tácteis, promovendo, assim, um auxílio no aprendizado das vogais, consoantes e números no sistema Braille. Em Vieira (2020) foi desenvolvido um aplicativo, denominado de Tagarela Braille, para auxiliar no ensino do Braille para pessoas com ou sem deficiência visual.

Em Lima (2020) foi proposto um sistema de alfabetização, leitura e escrita em Braille que utiliza as tecnologias dos dispositivos móveis, juntamente com um conjunto de três celas Braille e comunicação *bluetooth*. Por fim, Rocha *et al.* (2019) apresenta o Braille Reader Tutor, uma aplicação para *smartphones* e um *display* Braille *open source*, que tem o objetivo de

ensinar a identificação de letras e caracteres Braille, sua correspondência para o alfabeto romano, sem a necessidade de um tutor humano.

Assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação de um aplicativo móvel voltado para auxiliar os professores videntes a melhorarem a sua capacidade de reconhecimento dos caracteres Braille e prover suporte na transcrição dos textos Braille para português, por meio de técnicas de processamento de imagem. Esse último recurso (módulo de tradução) diferencia este trabalho dos demais, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativos com os trabalhos correlatos.

Trabalhos	Plataforma	Conversão de Texto p/ Áudio	Ensino de Escrita	Ensino de Leitura	Transcrição do Texto Braille
AbcNum Braille (AQUINO et al.,2015)	Android	Não	Sim	Sim	Não
BrailleApp (PARADEDA et al.,2015)	Android	Não	Sim	Sim	Não
Tagarela Braille (VIEIRA, 2020)	Multiplataforma	Não	Sim	Sim	Não
Braille Reader Tutor (ROCHA et al., 2019)	Android	Sim	Sim	Sim	Não
Sabr.Le (LIMA,2020)	Android	Não	Sim	Sim	Não
Muiraquitã Braille	Android	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Os autores.

É importante destacar que o Braille é um sistema de escrita tátil, e a conversão desse código para a escrita convencional é denominada *transcrição* (BARBOSA *et al.*, 2023). No entanto, no aplicativo, optou-se pelo uso do termo *tradução*, considerando aspectos de usabilidade e maior familiaridade do termo para o público em geral.

Além das pesquisas realizadas em bases de dados científicas, dentro do contexto de aprendizagem auxiliada por aplicativos móveis, algumas iniciativas voltadas à aprendizagem e à prática do sistema Braille podem ser encontradas na Loja Virtual de aplicativos da *Play Store* (Google), conforme mostrado na Tabela 2 (análise quantitativa é apresentada na alínea Análise Comparativa entre os Aplicativos). A última pesquisa foi realizada no primeiro trimestre de 2023, utilizando os termos “braille”, “braille scanner” e “braille translator”. Os aplicativos selecionados atenderam os seguintes critérios de seleção: aplicativos gratuitos, avaliação superior 4 na *Play Store*, voltados à aprendizagem do Braille e/ou transcrição de texto Braille. Aplicativos pagos ou aqueles que não apresentaram o aprendizado ou a transcrição do Braille como parte de sua funcionalidade foram excluídos da análise.

Tabela 2 - Aplicativos Braille disponíveis na Play Store.

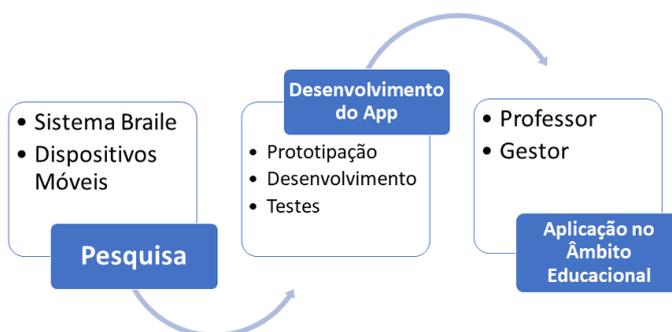
NOME	IDIOMA	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICA
Brailiac: Braille Tutor	Português	Aplicação para aprender e praticar o sistema Braille em jogo.	Prática direcionada, desafios, transcrição e sistemas de experiência.
Braille Academy: Play & Learn	Inglês	Ensina e ajuda a praticar o Braille de maneira eficaz e divertida.	É organizado em capítulos e níveis, ensino estratégico, disponibiliza certificado e permite a escolha de temas.
Cela Braille	Português	Tem como principal função a prática do alfabeto no sistema de escrita Braille.	Prática do alfabeto Braille e feedback sonoro.
Braille Teacher	Espanhol	Facilita o aprendizado do Braille, baseado no Braille no alfabeto Braille espanhol.	Possui listas suspensas para a seleção do tipo alfanumérico desejado (alfabeto, número, caracteres especiais, etc.), feedback sonoro e vibratório.

Fonte: Dados da Pesquisa.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na Figura 2 é apresentado o fluxograma do método de trabalho, indicando as fases de pesquisa, desenvolvimento e avaliação da proposta. A fase de pesquisa forneceu suporte para o processo de criação da solução. Na etapa de desenvolvimento, foram definidas as principais premissas para o *design* e a implementação da aplicação. Por fim, na fase de avaliação, foi realizada uma análise do aplicativo no contexto educacional. Para essa avaliação, foram elaborados dois questionários: o primeiro, composto por três seções com 16 indicadores; e o segundo, contendo 8 perguntas.

Figura 2 - Processo para o desenvolvimento do projeto.



Fonte: Os autores.

a) DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

A metodologia de desenvolvimento de software seguiu o processo ágil de desenvolvimento, utilizando o Método de Desenvolvimento de Sistemas Dinâmicos (DSDM) que é uma abordagem que oferece uma metodologia para desenvolvimento de software baseado em Desenvolvimento Rápido de Aplicação (RAD). A tecnologia utilizada foi o software Android Studio na versão 4.0.1 e a biblioteca de visão computacional *OpenCV* na versão 3.5. Para realizar os testes foi utilizado o emulador de Android nativo do Android Studio com API 28 e Android 9.0. O aplicativo foi desenvolvido para sistema Android, uma vez que o custo dos aparelhos com esse sistema é mais acessível que os dispositivos com iOS.

b) AVALIAÇÃO DO APLICATIVO

Para avaliação do aplicativo no âmbito educacional, utilizou-se a abordagem do tipo mista (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013, p. 548), qualitativa e quantitativa, tendo o professor como sujeito da pesquisa. A avaliação do aplicativo foi realizada por meio de um estudo piloto com 09 pessoas (07 videntes e 02 cegos), entre eles: professores videntes (n = 7) e professor cego (n = 1) de uma escola pública da rede municipal de ensino; e o gestor (n = 1, cego) da Divisão de Educação Especial da Secretaria de Educação, de uma cidade da região Norte do País.

A técnica de coleta de dados escolhida foi a aplicação de questionários (fechado e aberto) (CRESWELL; CLARK, 2013, p. 161) de modo que vários tipos de dados foram coletados. No entanto, para este artigo foram considerados apenas os dados pertinentes à funcionalidade e interface do aplicativo, satisfação do usuário, recurso educacional e dados sobre a educação especializada do município. Nesta pesquisa, não foram coletados dados demográficos dos participantes (por exemplo, idade, formação, área de atuação e tempo de magistério).

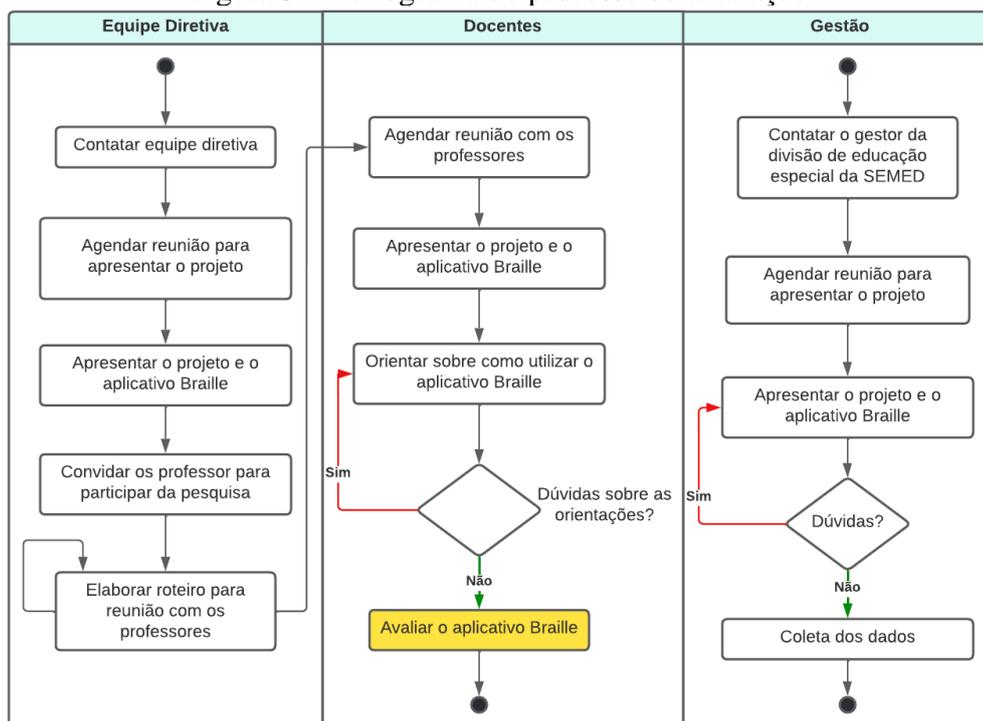
Para a coleta de dados junto aos professores, foi aplicado um questionário Flick (2012, p. 110), estruturado em três seções. A Seção I apresentou questões de caráter objetivo e de múltipla escolha, enquanto as Seções II e III utilizaram uma escala *Likert* de cinco níveis para respostas. Na avaliação da efetividade, os níveis da escala variaram de 1 a 5, onde 1 correspondia a “fraco” ou “discordo totalmente” e 5 a “excelente” ou “concordo totalmente”.

Conforme Martins e Cornacchione (2021), a escala *Likert* é uma ferramenta que permite a quantificação de variáveis qualitativas, possibilitando sua mensuração.

Para o gestor de Educação Especial foi realizada uma entrevista estruturada (MARCONI; LAKATOS, 2023, p. 227). No dia anterior à visitação, conforme combinado com o gestor, foi enviado através do WhatsApp, os questionamentos a serem realizados. Além disso, foi feita uma análise do Muiraquitã Braille com aplicativos disponíveis no mercado, utilizando uma metodologia de comparação, baseada em Myint *et al.* (2016).

Para aplicar a avaliação, executamos um conjunto de passos organizados no formato de processo, modelado por meio de um diagrama de atividades da UML (*Unified Modeling Language*). O método adotado foi baseado em Passos *et al.* (2021) e o fluxo de atividade executada foi reportada na Figura 3. Para organizar as atividades dos atores, foram criadas três raias: uma para os passos executados com a equipe diretiva da escola, outra para os docentes e a última para o gestor da divisão de Educação Especial da Secretária Municipal de Educação da cidade (SEMED).

Figura 3 - Fluxograma do processo de avaliação.



Fonte: Os autores, baseado em Passos *et al.*, 2021.

A equipe do projeto solicitou a SEMED autorização para realizar a pesquisa. O estudo iniciou com o contato realizado junto à equipe diretiva da escola indicada pela SEMED, que neste trabalho, refere-se à direção da escola e a sua equipe pedagógica. O objetivo do contato foi agendar a reunião para realizar a pesquisa.

No que diz respeito à equipe diretiva, as primeiras etapas do conjunto de passos foram

entrar em contato com a equipe diretiva, agendar a reunião e apresentar o projeto de pesquisa e o aplicativo Braille. Na sequência, foi executado o passo de convite aos docentes e, por fim, foi elaborado um roteiro para a reunião com os professores que se disponibilizaram a participar da pesquisa.

No que concerne às atividades executadas em conjunto com os docentes, os pesquisadores agendaram a reunião com os participantes da pesquisa. Em seguida, foi realizada a reunião para apresentar o projeto e o aplicativo Braille, fornecer as orientações para o uso do aplicativo e, por último, aplicar um questionário de avaliação. Durante as orientações para o uso do aplicativo, foi reservado um momento para explorar, utilizar e tirar dúvidas sobre as funcionalidades do aplicativo.

No que tange à gestão, a primeira atividade foi entrar em contato com o gestor da divisão de Educação Especial da SEMED, com o objetivo de agendar uma reunião. Na atividade seguinte, foi apresentado ao gestor o projeto de pesquisa que estava em desenvolvimento, juntamente com o aplicativo Braille. Por fim, foi realizada uma entrevista estruturada com o intuito de conhecer os projetos desenvolvidos pela divisão de Educação Especial da SEMED, obter informações sobre a infraestrutura das escolas, coletar dados sobre a Educação Especial no município e apresentar o aplicativo Braille.

É importante destacar que os questionários foram aplicados de forma presencial e, assim como em Silva e Moura (2024), foram considerados para o desenvolvimento do projeto a Resolução 466/12 que aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos e a Resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde que esclarece a importância da questão ética nas pesquisas envolvendo seres humanos (BRASIL, 2012; BRASIL, 2016). Assim, foi esclarecido aos participantes as premissas, aplicabilidade, armazenamento de dados, riscos, benefícios aos envolvidos e que os dados coletados seriam mantidos sob anonimato. A participação foi voluntária, com direito a recusa em participar da pesquisa sem qualquer penalidade, e de desistir a qualquer momento.

Os dados coletados foram tratados e tabulados utilizando o software de planilha Excel. Para a análise dos dados, foi utilizado o software R, que é um ambiente de software livre para computação estatística e para geração de gráficos.

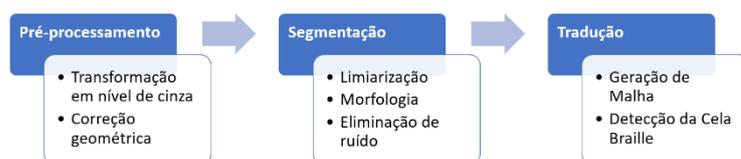
PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO

Nesta etapa foram definidos os requisitos de software e o arcabouço tecnológico

utilizados no desenvolvimento. Alguns requisitos documentados são: (i) Mobilidade, para possibilitar o acesso nas escolas; (ii) *offline*, o aplicativo não depende de acesso à internet para funcionar; (iii) Transcrição Braille, permitindo que o usuário possa transcrever os textos Braille para português; (iv) Aprendizagem Braille, espaço para o reconhecimento dos caracteres Braille.

Considerando as restrições de acesso à internet nas escolas públicas da rede municipal pesquisada, o aplicativo foi desenvolvido para funcionar de forma *offline*, permitindo o acesso a qualquer momento e de qualquer lugar, sem a necessidade de conexão com a internet. Assim, para o desenvolvimento da funcionalidade de transcrição de texto Braille para português, foram utilizadas técnicas de processamento de imagens. O módulo de tradução envolve três etapas principais: (i) pré-processamento, onde são realizados ajustes na imagem; (ii) segmentação, na qual se realiza a definição da região de interesse e a utilização de filtros para eliminação de ruídos; e (iii) tradução, que consiste na detecção e tradução da cela Braille para português, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma de conversão de Braille para português.



Fonte: Os autores.

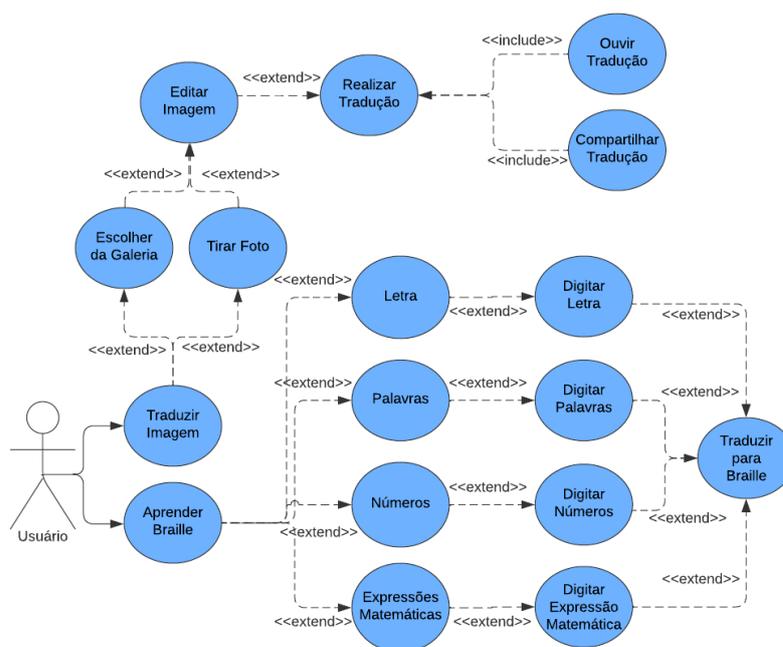
Após a aquisição da imagem (detalhada na alínea Transcrição Braille), a etapa de pré-processamento visa convertê-la para escala de cinza, empregando operadores geométricos para correção/ajuste de rotação. Essa preparação é essencial para garantir resultados satisfatórios nas etapas subsequentes. Na etapa de segmentação, é definida a região de interesse (*foreground*) da imagem pré-processada, onde é realizado o processo de limiarização da imagem, com o valor ótimo de $L = 230$, classificando os pixels entre 0 e 1, sendo 0 a região de *background* na cor preta e 1 a região *foreground* na cor branca, onde estão os pontos que compõem as células Braille. Em seguida, são aplicados operadores morfológicos e filtros de suavização para remover ruídos remanescentes da imagem. Na etapa final, calcula-se o centroide de cada ponto (objetos de interesse), bem como suas coordenadas x (linha) e y (coluna) presentes na imagem. Essas coordenadas são utilizadas para gerar uma malha entre os pontos, definindo as células

Braille e permitindo a transcrição dessas células para o português (REIS *et al.*, 2018).

a) SOLUÇÃO PROPOSTA

Neste item detalhamos o Muiraquitã Braille e suas principais telas. Na Figura 5, são apresentados os principais recursos do Muiraquitã Braille através do diagrama de caso de uso. A aplicação apresenta um *design* minimalista visando facilitar ao máximo a utilização do aplicativo. O aplicativo possui os módulos: (i) tradução de texto Braille para português, tendo a função que permite o usuário ouvir a transcrição por meio do recurso de conversão de texto para áudio; e (ii) o módulo denominado de aprendizagem Braille, com as opções de reconhecer os caracteres que representam as letras, palavras, números e expressões.

Figura 5 - Diagrama de Caso de Uso do Muiraquitã Braille.



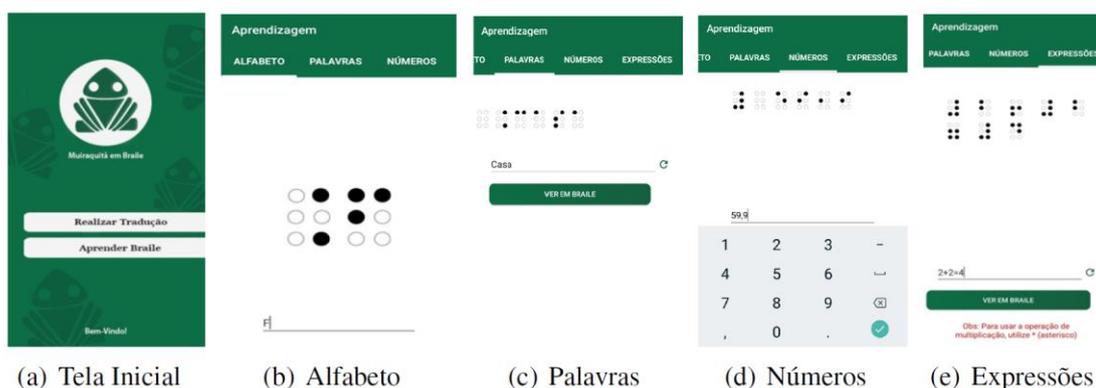
Fonte: Os autores.

b) APRENDIZAGEM BRAILLE

A tela inicial do aplicativo é mostrada na Figura 6, detalhe (a). Na opção “Alfabeto”, conforme ilustrado na Figura 6, detalhe (b), o usuário pode aprender e/ou praticar o alfabeto, conhecendo a representação das letras minúsculas e maiúsculas do sistema Braille. Vale ressaltar que nesta opção, o usuário só pode fornecer um caractere por vez. Ao selecionar a opção “palavras”, Figura 6, detalhe (c), o usuário desenvolve a habilidade de escrita em Braille

e realiza a transcrição do texto em português para Braille. Já a opção “números”, Figura 6, detalhe (d), auxilia o usuário na identificação dos números em Braille e, por fim, na opção “expressões”, Figura 6, detalhe (e), o usuário desenvolve habilidade na construção das operações básicas e conhece as representações dos símbolos matemáticos.

Figura 6 - Tela Inicial e Módulo Aprendizagem.

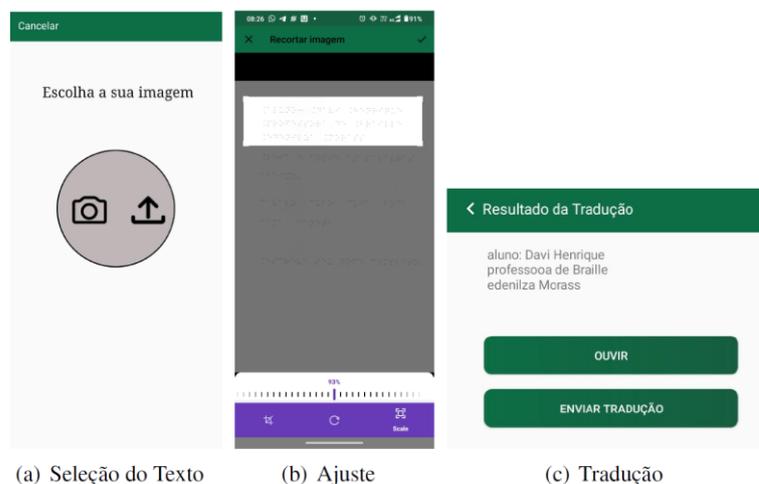


Fonte: Os autores.

c) TRANSCRIÇÃO BRAILLE

Através do módulo Tradução Braille, o usuário pode transcrever um texto em Braille para português, conforme pode ser observado na Figura 7. O texto pode ser carregado de duas formas: (i) via diretório do smartphone, como da galeria ou de um repositório; (ii) via câmera do dispositivo, através da foto do texto que se deseja traduzir (Figura 7, detalhe (a)). Na etapa seguinte, o usuário conta com o recurso de recorte, zoom e rotação da imagem para obter a área de interesse, conforme mostrado na Figura 7, detalhe (b). A Figura 7, detalhe (c), corresponde a transcrição do trecho do texto selecionado. O módulo dispõe do recurso TTS (*Text-to-Speech*), possibilitando ao usuário ouvir a transcrição do texto, e a funcionalidade de compartilhamento, que permite disseminar o conteúdo transcrito.

Figura 7 - Módulo Tradução.



Fonte: Os autores.

RESULTADOS

Após a conclusão do processo de desenvolvimento, torna-se fundamental avaliar a solução criada em relação à sua usabilidade e aceitabilidade. Dessa forma, esta seção apresenta dois resultados principais: a) aplicação no âmbito educacional – aborda a percepção de um grupo de nove participantes sobre o aplicativo; e b) análise comparativa do Muiraquitã Braille com aplicativos disponíveis no mercado, considerando o catálogo da loja virtual de aplicativos Google Play Store.

a) APLICAÇÃO NO ÂMBITO EDUCACIONAL

A avaliação do Muiraquitã Braille foi realizada em uma escola de Ensino Fundamental da rede pública, situada na região Norte do Brasil, mais especificamente no Baixo Amazonas. A instituição conta com um total de 13 professores, dos quais quatro atuam no Atendimento Educacional Especializado (AEE). No momento da análise desta pesquisa, a escola possuía 286 alunos regularmente matriculados, sendo 13 deles da Educação Especial, incluindo um estudante cego.

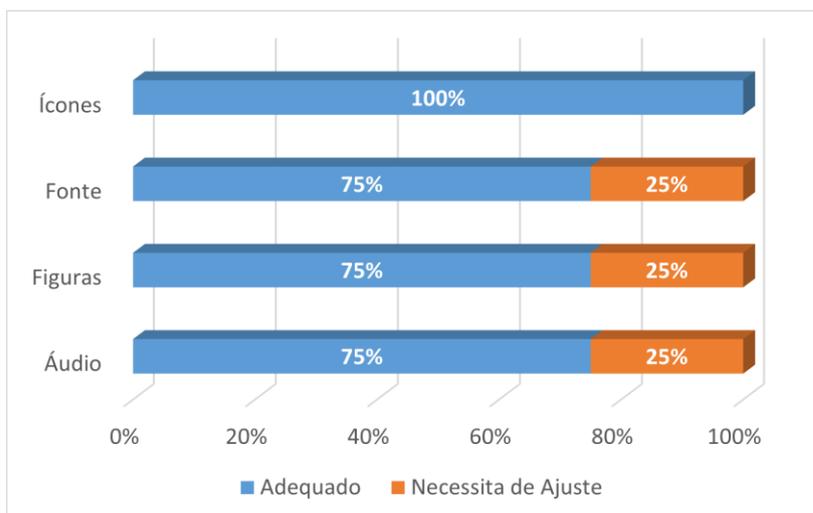
Os resultados obtidos até o momento permitiram identificar melhorias, além de gerar novos *insights* e *feedbacks* para a evolução do aplicativo. O Muiraquitã Braille foi apresentado à equipe diretiva e aos docentes da escola. Dos 13 professores da instituição, 8 participaram da pesquisa, sendo 6 do gênero feminino (todas videntes) e 2 do gênero masculino (um vidente e um cego), todos com formação em nível superior. O tempo estimado para a conclusão das atividades, que incluíram a exploração do aplicativo e o preenchimento do questionário, foi de

20 a 30 minutos. Durante a apresentação, notou-se o entusiasmo de alguns professores, que perceberam no aplicativo uma ferramenta com grande potencial para promover a acessibilidade pedagógica.

Em seguida, foi aplicado um questionário referente à concepção dos usuários sobre os recursos do aplicativo em estudo. O questionário está organizado em três seções, sendo: seção I com 04 questões sobre a funcionalidade e interface do aplicativo, seção II com 06 questões sobre a satisfação do usuário e a seção III com 06 questões sobre recurso educacional, totalizando 16 questões.

Com relação a funcionalidade e a interface do aplicativo, as questões foram organizadas quanto à disposição dos elementos visuais, como: tamanho dos ícones, fonte, figuras e qualidade do áudio. Com base na pesquisa, todos os participantes aprovaram o tamanho dos ícones e os outros elementos foram aprovados por 75%, ou seja, a funcionalidade e a interface do aplicativo foram aprovadas pela maioria dos participantes, conforme ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Análise da Interface do Aplicativo.

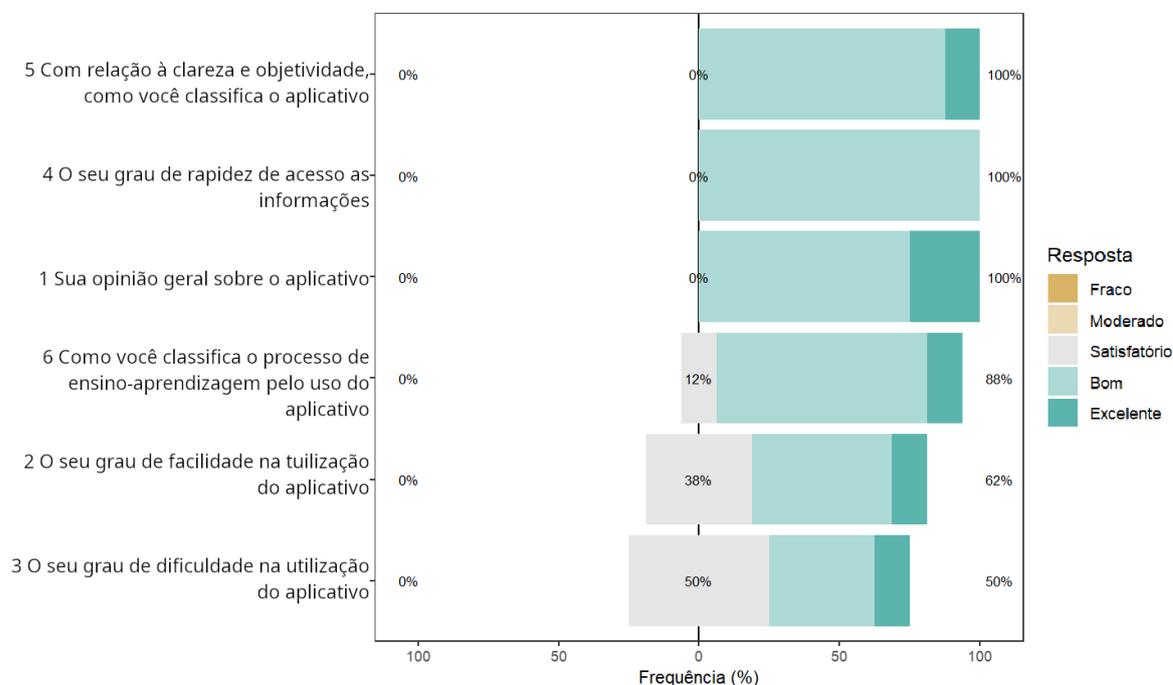


Fonte: Dados da Pesquisa.

O Gráfico 2 apresenta os resultados de satisfação dos usuários com o aplicativo, considerando as seguintes questões: Q1 - Sua opinião geral sobre o aplicativo; Q2 - O seu grau de facilidade na utilização do aplicativo; Q3 - O seu grau de dificuldade na utilização do aplicativo; Q4 - O seu grau de rapidez de acesso às informações; Q5 - Com relação à clareza e objetividade, como você classifica o aplicativo; Q6 - Como você classifica o processo de ensino-aprendizagem pelo uso do aplicativo. Os resultados indicam que o aplicativo foi bem

avaliado pelos participantes. As questões Q1, Q4 e Q5 obtiveram as melhores avaliações, com 100% dos participantes classificando-as como “bom” ou “excelente”.

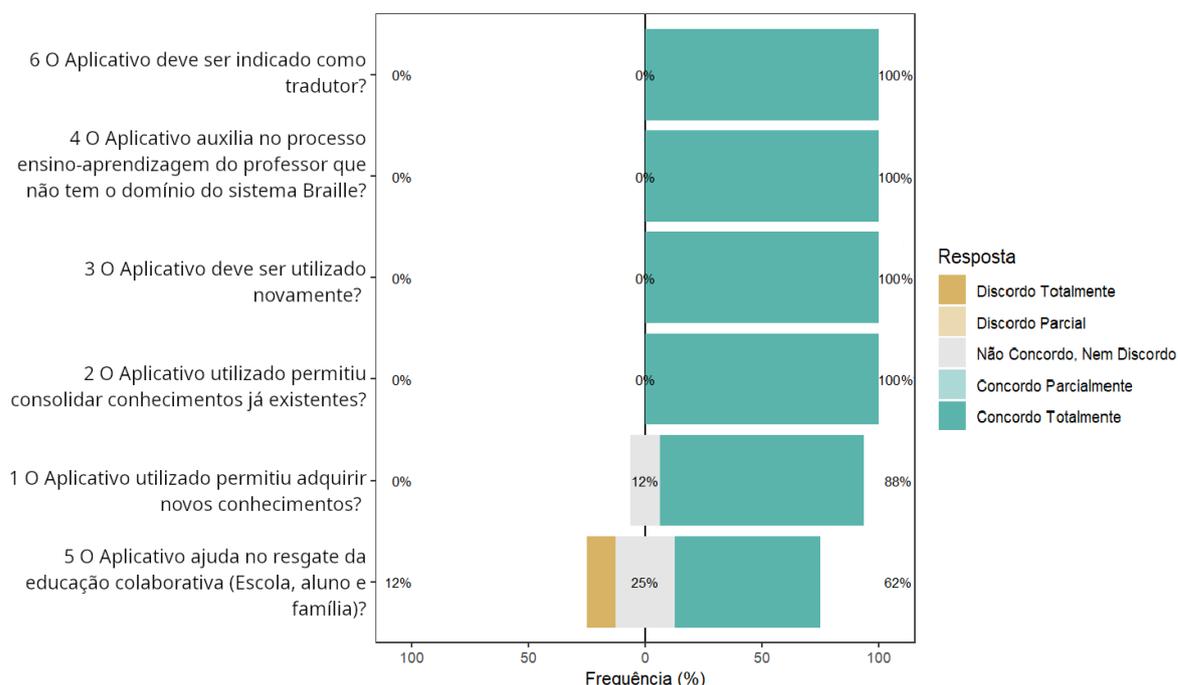
Gráfico 2 - Satisfação no Uso do Aplicativo.



Fonte: Dados da Pesquisa.

O Gráfico 3 retrata sobre o recurso educacional proporcionado pelo aplicativo, com as seguintes questões: Q1 - O Aplicativo utilizado permitiu adquirir novos conhecimentos? Q2 - O Aplicativo utilizado permitiu consolidar conhecimentos já existentes? Q3 - O Aplicativo deve ser utilizado novamente? Q4 - O Aplicativo auxilia no processo ensino-aprendizagem do professor que não tem o domínio do sistema Braille? Q5 - O Aplicativo ajuda no resgate da educação colaborativa (Escola, aluno e família)? Q6 - O Aplicativo deve ser indicado como tradutor? De modo geral, o aplicativo obteve ótima aprovação entre os docentes participantes da pesquisa. Todos os professores concordaram que o aplicativo deve ser utilizado com maior frequência, destacando que ele proporcionou novos conhecimentos e auxiliou na aprendizagem daqueles que ainda não dominam o sistema Braille. Dessa forma, o aplicativo demonstra grande potencial para ser indicado como uma ferramenta para transcrição, além de apoiar significativamente na promoção da acessibilidade pedagógica.

Gráfico 3 - Recurso Educacional.



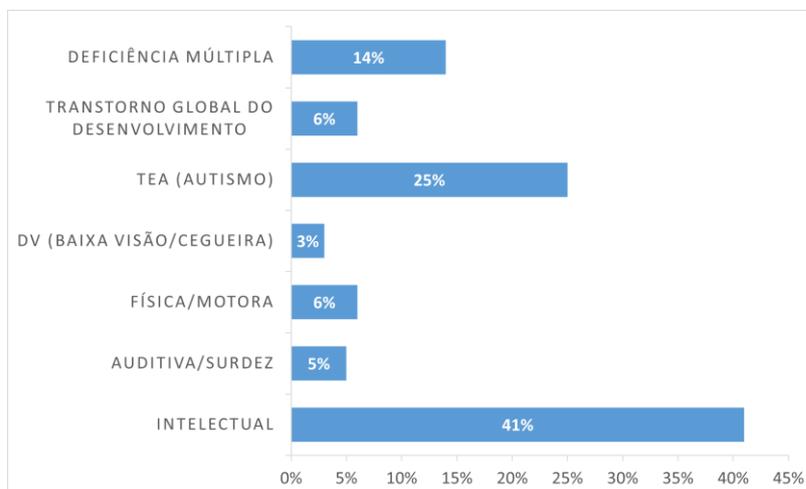
Fonte: Dados da Pesquisa.

No âmbito governamental, foi realizada uma entrevista com o gestor da Divisão de Educação Especial da SEMED, com o objetivo de conhecer os projetos desenvolvidos pela gestão, obter informações sobre a infraestrutura das escolas, coletar dados sobre a Educação Especial e apresentar o aplicativo Muiraquitã Braille. As perguntas realizadas foram: (P1) Quantos alunos cegos estão matriculados na rede municipal? (P2) Qual o quantitativo de alunos matriculados com baixa visão? (P3) Quantos alunos da educação especializada o município atende? (P4) Os alunos cegos estão sendo alfabetizados no sistema Braille? (P5) Quantos professores proficientes no ensino Braille a rede municipal possui? (P6) Quantas escolas o município possui e qual a infraestrutura da escola para atendimento dos alunos com deficiência visual? (P7) O município disponibiliza capacitação aos professores da rede; (P8) Qual a sua opinião sobre o aplicativo Muiraquitã Braille?

O Gráfico 4 apresenta os dados do Atendimento Educacional Especializado, sintetizando as respostas das perguntas P1, P2 e P3. Nesse quantitativo, estão incluídas as áreas urbanas, região do planalto, rios e várzea do município. Observa-se que 3% dos 953 alunos com idade entre 4 e 17 anos e que estão matriculados do 1º ao 9º ano do Ensino Fundamental do Atendimento Educacional Especializado do município tem deficiência visual, ou seja, 0,8% têm cegueira e 2,2% têm baixa visão. Em resposta a P4 e P5, segundo a gestão da Divisão de

Educação Especial, os alunos cegos estão sendo alfabetizados em Braille e há somente 1 professor proficiente em Braille na rede municipal.

Gráfico 4 - Dados do Atendimento Educacional Especializado.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em resposta à questão P6, o Gestor destacou que o município conta com 33 escolas que atendem alunos com deficiência, mas nenhuma delas dispõe de Salas de Recursos Multifuncionais do Tipo 2, que são equipadas para atender as necessidades dos alunos cegos. Para contornar essa situação, a Secretaria de Educação busca recursos junto ao Governo Federal por meio do Plano de Ações Articuladas (PAR), que exige a realização de um diagnóstico minucioso da realidade educacional local por parte dos estados e municípios (BRASIL, s.d.).

Quanto à questão P7 sobre a capacitação dos professores da sala de aula regular do município, segundo o Gestor, a Secretaria de Educação disponibiliza um plano de educação continuada, também, com práticas pedagógicas voltadas para alunos da Educação Especial de modo que suas necessidades sejam percebidas e atendidas. Assim, a introdução da tecnologia aliada ao conhecimento, quando utilizada com auxílio nas práticas de ensino e de aprendizagem, retorna bons resultados. Nesse contexto, e em resposta a P8, o aplicativo Muiraquitã Braille foi reconhecido pelo gestor como ferramenta de suma importância para auxiliar a capacitação dos professores videntes do Sistema Municipal de Ensino do Município.

b) ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS APLICATIVOS

Na análise das aplicações existentes, selecionadas na loja virtual de aplicativos do Google (*Play Store*), foram avaliados os aplicativos apresentados na Seção Sistema Braille e Trabalhos Relacionados. Os aplicativos foram testados e submetidos a uma análise quantitativa, utilizando uma metodologia de comparação, baseada em Myint *et al.* (2016). O Muiraquitã Braille foi avaliado em relação aos aplicativos disponíveis no mercado, considerando tanto critérios visuais, como *design* e usabilidade, quanto critérios pedagógicos voltados para o auxílio no reconhecimento dos caracteres Braille.

Assim, os aplicativos foram avaliados em duas categorias, aspectos técnicos e pedagógicos. Cada categoria foi composta por quatro critérios, totalizando oito critérios avaliativos, e cada um deles foi acompanhado de questionamentos sobre o que se esperava analisar. Nesta pesquisa, utilizou-se a mesma escala adotada por Silva *et al.* (2022), com valores variando de 0 a 2, sendo: valor zero (0), atribuído quando a funcionalidade não estava presente; valor um (1), quando a funcionalidade estava presente apenas parcialmente; e valor dois (2), quando o critério estava completamente atendido.

Para facilitar e apoiar a atividade de avaliação, adotou-se o método definido por Menezes e Pereira (2022), composto por três fases: (i) Organização do Grupo de Avaliadores, com a formação de um grupo de quatro avaliadores, sendo dois especialistas e dois alunos de graduação; (ii) Avaliação Individual, na qual cada avaliador realizou individualmente a avaliação dos aplicativos, utilizando a escala de 0 a 2; e (iii) Consolidação das Avaliações, em que as avaliações individuais de cada avaliador foram consolidadas e apresentadas na Tabela 3. Dessa forma, foi possível observar que o Muiraquitã Braille se destacou quando comparado aos aplicativos descritos na seção *Sistema Braille e Trabalhos Relacionados*.

Tabela 3 - Avaliação dos Aplicativos

Categorias	Critérios	Pergunta	Avaliação				
			Brailliac: Braille Tutor	Braille Acedemy: Play & Learn	Cela Braille	Braille Teacher	Muiraquitã Braille
Aspectos Técnicos	Design	O design é atrativos?	1	1	1	1	1
	Usabilidade	É simples e possui descrições claras?	2	2	1	1	2
	Mobilidade	Funciona offline?	2	2	2	2	2
	Funcionalidades Gratuitas	Todas as funcionalidades estão disponíveis gratuitamente?	2	1	2	2	2
Aspectos Pedagógicos	Conversão de Texto para Áudio	Implementa sintetizador de áudio para converter texto?	0	0	0	2	1
	Ensino de Escrita	Possui funcionalidade para ensinar a escrita Braille?	2	2	2	2	2
	Ensino de Leitura	Possui funcionalidade para ensinar a reconhecer o caracteres Braille?	2	2	1	2	2
	Tradução Braille	Traduz texto Braille para Português gratuitamente?	1	0	0	0	2
Total			12	10	9	10	14

Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da tendência mundial de declínio no uso do Braille, este trabalho apresentou o design, desenvolvimento e avaliação do aplicativo Muiraquitã Braille, voltado para auxiliar os professores videntes a melhorarem a sua capacidade de reconhecimento dos caracteres Braille e na transcrição dos textos em Braille. O módulo de tradução, foi desenvolvido utilizando técnicas de processamento de imagem e o aplicativo tem como foco o ambiente escolar.

Com o intuito de mostrar a viabilidade da solução, o aplicativo foi avaliado por um grupo de professores de uma escola pública, da Rede Municipal de Ensino. Os resultados apontaram o Muiraquitã Braille como um instrumento com potencial para ajudar na capacitação dos professores videntes.

Apesar da aplicação estar em fase de aprimoramento, percebe-se que o aplicativo pode ser utilizado como ferramenta de acessibilidade pedagógica. Porém, ainda é necessário melhorar e evoluir a aplicação em aspectos como interface e usabilidade. Dessa forma, este trabalho tem algumas limitações que geram oportunidades para trabalhos futuros, como: (i) desenvolver uma nova versão do aplicativo contendo novos módulos de aprendizagem; (ii) implementar inteligência artificial no módulo tradução para melhorar a transcrição do texto Braille; e (iii) ampliar a pesquisa para mais escolas pública do Ensino Fundamental.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) nº 165841/2023-0.

REFERÊNCIAS

AQUINO, W.; FELIX, Z.; ALMEIDA, I.; BELO, I. AbcNum Braille: Proposta de um Aplicativo para Auxiliar no Aprendizado do Alfabeto Braille para Pessoas com Baixa Visão. In: **Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)**, v. 1, n. Sbie, p. 837, 2015.

BARBOSA, L. M. M.; SILVA, A. L.; SOUZA, M. A. de. O Sistema Braille e a formação do professor: o acesso à leitura e a escrita por pessoas cegas. **InFor, Inov. Form., Rev. NEAd-Unesp**, v. 5, n. 1, p. 49-71, 2019.

BARBOSA, L. M. M.; GUEDES, D. M.; SOFIATO, C. G.; CARDOSO, J. C. Braille e suas peculiaridades no ensino das pessoas com deficiência visual. **Educação em Foco**, v. 27, n. 1, p. 27067, jan. 2023.

BELL, E. C.; MINO, N. M. Employment Outcomes for Blind and Visually Impaired Adults. **Journal of Blindness Innovation and Research**, v. 5, n. 2, 2015. Disponível em: <https://nfb.org/images/nfb/publications/jbir/jbir15/jbir050202abs.html>.

BRANHAM, S. M.; KANE, S. K. The Invisible Work of Accessibility: How Blind Employees Manage Accessibility in Mixed-Ability Workplaces. In: **Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers Accessibility - ASSETS '15**. New York, New York, USA: ACM Press, 2015. p. 163-171. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2700648.2809864>. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial**. Grafia a Braille para a Língua Portuguesa. 2006.

BRASIL. **RESOLUÇÃO Nº 466, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2012**. 2012. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. **RESOLUÇÃO Nº 510, DE 07 DE ABRIL DE 2016**. 2016. 10 p. Disponível em: https://conselho.sau.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/NORMAS-RESOLUCOES/Resoluo_n_510_-_2016_-_Cincias_Humanas_e_Sociais.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. **Censo da Educação Básica 2020**: notas estatísticas. INEP, Brasília, DF, p. 32, 2021.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo Escolar da Educação Básica 2022**: Resumo Técnico. Brasília. 2023. 70 p. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2022.pdf. Acesso em: 13 de fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Plano de Ações Articuladas (PAR). [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/par>. Acesso em: 20 de nov. 2024.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Pesquisa de Métodos Mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. Porto Alegre: Penso Editora, 2012.

GADIRAJU, V.; MUEHLBRADT, A.; KANE, S. K. BrailleBlocks: Computational Braille Toys for Collaborative Learning. **Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings**, p. 1-12, 2020.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) 2019**: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 19 mar. 2024.

JOHN, F. **Proponents Say the Decline in Braille Instruction Is Leading to Illiteracy**.

2006. Disponível em:

<https://nfb.org/sites/default/files/images/nfb/publications/bm/bm06/bm0609/bm060905.htm>.

Acesso em: 10 fev. 2024.

KLEEGER, G. Visible Braille/Invisible Blindness. **Journal of Visual Culture**, v. 5, n. 2, p. 209-218, aug. 2006. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/14704129060666909>. Acesso em: 10 fev. 2024.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 1-55. 1932.

LIMA, J. E. d. S. **SABr.LE**: Uma Plataforma de Alfabetização, Leitura e Escrita em Braille Associada às Tecnologias Móveis. 168 p. Tese (doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, 2020.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

MARTINS, G.; CORNACCHIONE, E. Item de Likert e Escala de Likert. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, v. 32, n. 1, p. 1-5. 2021.

MENEZES, K. M. L.; PEREIRA, R. MeTA: Um Método para Avaliação de Tecnologias Educacionais Acessíveis. In: **Anais Estendidos do XI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2022)**. Sociedade Brasileira de Computação, 2022. p. 52-61. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/cbie_estendido/article/view/22590. Acesso em: 10 fev. 2024.

MYINT, M.; ADAM, A.; HERATH, S.; SMITH, G. Mobile phone applications in management of enuresis: The good, the bad, and the unreliable! **Journal of Pediatric Urology**, Elsevier Ltd, v. 12, n. 2, p. 112-126, apr. 2016.

NBC NEWS. **Fewer blind Americans learning to use Braille**. 2009. Disponível em: <https://www.nbcnews.com/id/wbna29882719>. Acesso em: 16 jul. 2022.

NUNES, J. P. S.; COSTA, K. R. L. O SISTEMA BRAILLE E A FORMAÇÃO DOCENTE. **Encontro Internacional de Formação de Professores**, n. 11, p. 1-14, 2018.

OMS. **World report on vision**. 2019. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-vision>. Acesso em: 18 ago. 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 and Technology Publications, v. 2, may, p. 523-529. 2015.

PASSOS, C. A.; SILVA, F. R. M.; FERNANDES, I.; FREIRE, P. M. S.; GOLDSCHMIDT, R. R. JEDi - Um Jogo Educacional Digital para Apoiar a Capacitação Discente na Identificação de Fake News Escritas em Língua Portuguesa: Estudos de Caso nos Ensinos Médio e Superior. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 29, p. 634-661. 2021.

REIS, J.; NASCIMENTO, R.; PEREIRA, J.; MATTA, M. Sistema computacional no auxílio da inclusão da pessoa com deficiência visual no âmbito educacional. **Brazilian Symposium on Computers in Education** (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE), v. 29, n. 1, p. 943, 2018.

ROCHA, V. H.; SILVA, D.; MAIA BISNETO, A. B. V.; SILVA, G. F.; SOUZA, F. F. Ensinando a Identificação de Caracteres Braille utilizando Dispositivos Móveis e um Display Braille. **Renote**, v. 17, n. 3, p. 82-91, 2019.

ROGERS, S. Learning braille and print together - the mainstream issues. **British Journal of Visual Impairment**, v. 25, n. 2, p. 120-132, 2007.

RYLES, R. The impact of braille reading skills on employment, income, education, and reading habits. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 90, n. 3, p. 219-226, 1996.

SÁ, E. D.; CAMPOS, I. M.; SILVA, M. B. C. Atendimento educacional especializado: Deficiência Visual. **Seesp/Seed/Mec**, p. 1-57, 2007. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ace_dv.pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SCHEITHAUER, M. C.; TIGER, J. H. a Computer-Based Program To Teach Braille Reading To Sighted Individuals. **Journal of Applied Behavior Analysis**, v. 45, n. 2, p. 315-327, 2012.

SILVA, J. G.; MOURA, C. S. R. de. A utilização das tecnologias digitais no ensino de matemática durante a pandemia da Covid 19. **Revista de Estudos Interdisciplinares**, v. 6, n. 1, p. 01-25, feb 2024. DOI: <https://doi.org/10.56579/rei.v6i1.878>

SILVA, P. C.; SOUZA, V. C. O.; VOLPATO, M. M. L.; SILVA, V. A. Regador: APP for coffee water potential estimation. In: **XVIII Brazilian Symposium on Information Systems**.

New York, NY, USA: ACM, 2022. Par F18047, p. 1-9. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3535511.3535545>.

SILVERMAN, A. M.; BELL, E. C. The Association between Braille Reading History and Well-being for Blind Adults. **Journal of Blindness Innovation and Research**, v. 8, n. 1, 2018. Disponível em: <https://nfb.org/images/nfb/publications/jbir/jbir18/jbir080103.html>.

STORER, K. M.; BRANHAM, S. M. "That's the Way Sighted People Do It. In: **Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference**. New York, NY, USA: ACM, 2019. p. 385-398.

TOBIN, M. J.; HILL, E. W. Is literacy for blind people under threat? does braille have a future? **British Journal of Visual Impairment**, v. 33, n. 3, p. 239-250, 2015.

VACA, D.; JACOME, C.; SAETEROS, M.; CAIZA, G. Braille Grade 1 Learning and Monitoring System. In: **2018 IEEE 2nd Colombian Conference on Robotics and Automation (CCRA)**. IEEE, 2018. p. 1-5. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8588144/>.

VIEIRA, L. P. **Tagarela Braille - App para Auxílio no Aprendizado ao Braille**. 22 p. Monografia (Bacharel em Ciência da Computação) - Universidade Regional de Blumenau (FURB), 2020.

VYGOTSKI, L. S. **Fundamentos da defectologia (Obras completas)**. Tomo Cinco. Ciudad de La Habana, Cuba: Pueblo y Educación, 1995.

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.