

Ferramenta Web para auxiliar pessoas com visão no reconhecimento de caracteres Braille

Roberto P. Nascimento^{1,2}, Vitor S. Campos², Josivan R. Reis²,
Arthur S. Araújo¹, Regina Heidrich³, Dante A. C. Barone¹

¹Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre, RS – Brasil

²Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
Santarém, PA – Brasil

³Universidade Feevale – Novo Hamburgo, RS – Brasil

{robertotpd, Vituca.9, josivanrreis, arthuraraujoaraujo1}@gmail.com
rheidrich@feevale.br, barone@inf.ufrgs.br

Abstract. *This paper presents a web tool called AprendaBraille, developed to assist sighted people in learning Braille, with a focus on educational professionals. The research evaluated the effectiveness of the tool through a study with 25 participants, using two structured questionnaires, one before and one after the use of the tool. The data collected were analyzed using the Wilcoxon statistical test (with a 5% significance level) and the Hake Gain method (to verify the percentage of learning gain). As a result, the sample provided statistical evidence that the difference between the pre- and post-test medians was significantly different ($p < 0.001$), with 80% of the participants showing a high learning gain. It is concluded that the tool can effectively contribute to the learning of Braille characters.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma ferramenta web denominada AprendaBraille, desenvolvida para auxiliar pessoas videntes na aprendizagem do Braille, com foco principal em profissionais da educação. A pesquisa avaliou a eficácia da ferramenta por meio de um estudo com 25 participantes, utilizando dois questionários estruturados, um antes e outro após o uso da ferramenta. Os dados coletados foram analisados pelo teste estatístico de Wilcoxon (com nível de significância de 5%) e pela metodologia de Ganho de Hake (para verificar o percentual de ganho de aprendizagem). Como resultado, a amostra forneceu evidências estatísticas de que a diferença entre as medianas do pré e pós-teste foi significativamente distinta ($p < 0,001$), com 80% dos participantes apresentando um alto ganho de aprendizagem. Conclui-se que a ferramenta pode contribuir de forma eficaz para a aprendizagem dos caracteres Braille.*

1. Introdução

A Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, aprovada em 2006, pela Organização das Nações Unidas (ONU), representa uma conquista fundamental na busca pela educação inclusiva de pessoas com deficiência (PcD). Este marco histórico foi essencial na promulgação da Lei Brasileira de Inclusão (LBI), também conhecida

como Estatuto da Pessoa com Deficiência, que estabelece um sistema educacional inclusivo em todos os níveis de ensino. Além disso, a LBI visa garantir o acesso à educação em Braille para pessoas com deficiência visual (DV) (BRASIL, 2016). De acordo com Harris et al. (2023), existem evidências substanciais indicando que o ensino de Braille é frequentemente evitado ou interrompido prematuramente, sendo muitas vezes considerado uma abordagem pedagógica inadequada para alunos com DV. No entanto, essa percepção é desafiada por diversas evidências que ressaltam a importância e a eficácia do Braille na promoção do avanço educacional e na autonomia desses alunos.

À medida que aumenta o número de pessoas com DV em todo o mundo, observa-se, nos últimos anos, uma significativa redução na taxa de alfabetização dessa população. Um dos fatores que possivelmente contribuem para esse declínio é a proliferação de tecnologias de computação acessível, como a conversão de texto em áudio. Embora essas tecnologias ampliem o acesso à informação, elas podem, inadvertidamente, reduzir a ênfase na aprendizagem do Braille. Além disso, a escassez de professores capacitados em Braille agrava o problema, limitando ainda mais o acesso ao processo de alfabetização via Braille (ROGERS, 2007; TOBIN; HILL, 2015; BARBOSA; SILVA; SOUZA, 2019; SCHEITHAUER; TIGER, 2012; JOHN, 2006).

No entanto, conforme apontam os autores Branham e Kane (2015), Gadiraju, Muhlbradt e Kane (2020), Storer e Branham (2019), Vaca et al. (2018), embora existam outras formas de mídias acessíveis, há ampla evidência de que o aprendizado do Braille é benéfico para crianças com DV. Além disso, o Braille é o único sistema que permite que pessoas com DV aprendam a ler e escrever por meio do tato, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento da alfabetização (SCHEITHAUER; TIGER, 2012). Estudos revelam que adultos alfabetizados em Braille apresentam, em média, melhores índices de emprego, níveis educacionais, estabilidade financeira, autoestima e satisfação com a vida, em comparação com aqueles que nunca aprenderam Braille.

Segundo os autores Dantas (2014), Medrado e Dantas (2018), quando se discute a inclusão de alunos com DV nas salas de aulas regulares, os professores da Educação Básica, costumam argumentar que lhes faltam capacitação para trabalhar com esses alunos. Assim, uma demanda concreta por parte de muitos professores e que se faz necessário, é disponibilizar uma formação docente sob o prisma da inclusão e que facilite a aprendizagem Braille.

Algumas pesquisas focaram no desenvolvimento de soluções para apoiar os professores videntes na aprendizagem do sistema Braille. Entre elas, destacam-se os estudos conduzidos por Putnam e Tiger (2015), Putnam e Tiger (2016), que desenvolveram, respectivamente, um software para ensinar a identificação de letras, números, pontuação, símbolos e contrações em Braille, e avaliaram o surgimento não treinado da transcrição de escrita e leitura de caracteres e frases em Braille

Os autores Scheithauer e Tiger (2012), Scheithauer, Tiger e Miller (2013) criaram um programa para ensinar relações entre Braille e letras impressas. Toussaint et al. (2017) avaliou uma abordagem pedagógica denominada de *errorless-learning* para ensinar os caracteres Braille, e os resultados mostraram que os participantes aumentaram sistematicamente a precisão após a introdução desse procedimento. Em (PARADEDA et al., 2015), foi desenvolvido um aplicativo móvel para ajudar no aprendizado Braille e, por


fim, alguns trabalhos focaram em construir artefatos para ajudar a desenvolver a leitura tátil (BOLA et al., 2016; SUN; CHEN, 2022).

Nesse contexto, este trabalho dá continuidade à pesquisa apresentada em (NASCIMENTO et al., 2024), que busca contribuir para o arcabouço teórico por meio da apresentação da ferramenta web denominada *AprendaBraille*¹, desenvolvida para auxiliar pessoas videntes no reconhecimento do sistema Braille. O diferencial dessa ferramenta está na adoção de uma abordagem orientada ao padrão de caracteres. Além disso, o *AprendaBraille* oferece textos explicativos sobre o sistema Braille e a abordagem de reconhecimento de caracteres por padrão, atividades formativas para auxiliar na fixação do conteúdo, um módulo para transcrição de texto do português para Braille, entre outras funcionalidades voltadas para promover a inclusão pedagógica

O sistema é caracterizado por uma interface simples, intuitiva e centrada no usuário, o que está em consonância com a perspectiva de Putnam e Tiger (2015), que enfatizam a importância de criar programas instrucionais acessíveis para capacitar os profissionais da educação com as competências necessárias para ministrar instruções em Braille. No entanto, há uma escassez de pesquisas acadêmicas que abordem essa questão.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é descrito o sistema Braille e a proposta da aprendizagem Braille baseada no padrão de caracteres; na Seção 3 é apresentado o contexto e o método utilizado na pesquisa; na Seção 4 é fornecida uma visão geral da ferramenta web; na Seção 5 são detalhados os resultados obtidos; e, por fim, na Seção 6, são apresentadas as considerações finais, levantadas as limitações do trabalho e discutidos os trabalhos futuros.

2. Sistema Braille

O Braille é um sistema de leitura tátil e escrita que se tornou indispensável para o processo de ensino e de aprendizagem na formação de pessoas com DV (BRASIL, 2006). O sistema de escrita em relevo, Braille, é constituído por 63 sinais, formados a partir de um conjunto de pontos dispostos em uma matriz de 3x2, , com seis pontos básicos (pontos 123456), organizados espacialmente em duas colunas verticais com três pontos à direita e três à esquerda de uma cela básica denominada Cela ou Célula Braille (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007; BRASIL, 2006).

O Braille possui formação de letras e números, de forma que a combinação única dos pontos representam caracteres diferentes, como mostrado na Figura 1(a). Com o objetivo de auxiliar professores com visão a identificar os caracteres Braille de forma simplificada, já que a leitura será visual, este trabalho apresenta a ferramenta *AprendaBraille*. A ferramenta oferece atividades baseadas em uma proposta de reconhecimento de Braille, fundamentada em padrões de similaridade dos caracteres, conforme ilustrado na Figura 1(b), e descrito por (NASCIMENTO et al., 2023a).

As combinações das letras foram organizadas com base na semelhança visual dos caracteres Braille, distribuídas em três níveis de instrução, conforme os padrões definidos e apresentados na Figura 1(b). No nível 1, os arranjos de caracteres envolvem a apresentação do primeiro padrão, composto por oito letras organizadas em quatro pares. No nível

¹<https://aprendabraille2.web.app/index.html>

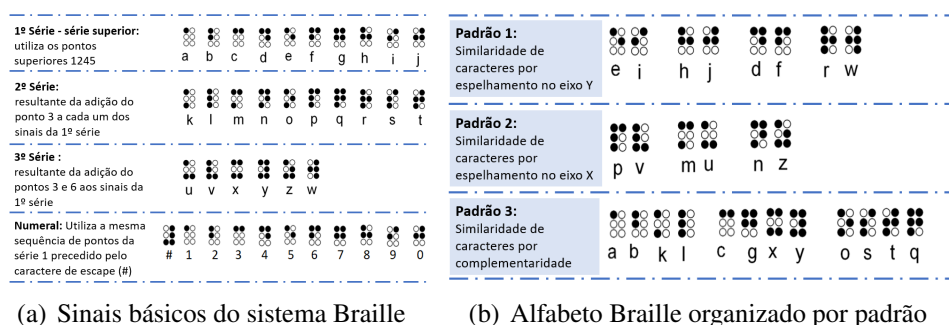


Figura 1. Sistema Braille. Fonte: (NASCIMENTO et al., 2023a)

2, é apresentado o segundo padrão, formado por três pares de letras. O nível 3 envolve o terceiro padrão, composto por três conjuntos de quatro letras cada, totalizando 12 letras (NASCIMENTO et al., 2023a).

No primeiro padrão, temos as letras *ei*, *hj*, *df*, *rw*, que são os caracteres Braille organizados por apresentarem similaridade de espelhamento no eixo *y*. No segundo padrão, estão as letras *pv*, *mu* e *nz*, que também são organizadas por similaridade, mas com reflexão no eixo *x*. Os caracteres do terceiro padrão, denominados de complementaridade, estão organizados em três grupos de quatro letras: *abkl*, *cgxy* e *ostq* (NASCIMENTO et al., 2023a).

3. Contexto e Método

Este trabalho é realizado no âmbito do desenvolvimento da ferramenta web Aprenda-Braille, com o objetivo de auxiliar professores videntes no reconhecimento dos caracteres Braille, permitindo que forneçam *feedbacks* rápidos e corretivos aos alunos com DV.

A pesquisa foi do tipo quantitativa, tendo os videntes²³ como sujeitos da pesquisa. Um total de 39 videntes participaram do estudo, porém 25 completaram todas as etapas. Para conduzir a pesquisa, foi executado um conjunto de passos organizados no formato de processo, modelado por meio de um diagrama de atividades da UML (*Unified Modeling Language*), dividido em três etapas, com o fluxo das atividades executadas apresentado na Figura 2. Para organizar as atividades de cada etapa, foram criadas três raias: uma para os passos executados no pré-teste, outra para a exploração da ferramenta web, e a última para a realização do pós-teste.

Na primeira e terceira etapas, representadas pelas raias de pré e pós-teste, foram criados os instrumentos de coleta de dados por meio de questionários online, utilizando o serviço *Google Forms*. Para responder aos questionários, os participantes tiveram que aceitar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Na raia do pré-teste, as primeiras etapas do conjunto de passo foi entrar em contato com alguns participantes e compartilhar a pesquisa. Para alcançar um número maior de participantes do que o contatado inicialmente, foi adotado a técnica *snowball* de amostragem não probabilística, onde os participantes iniciais de um estudo compartilham a pesquisa com novos participantes que, por sua vez, indicam para mais participantes e,

²Termo utilizado para denominar pessoas que enxergam.

³O termo “vidente” e “visão” são usados de forma indiscriminado neste trabalho.

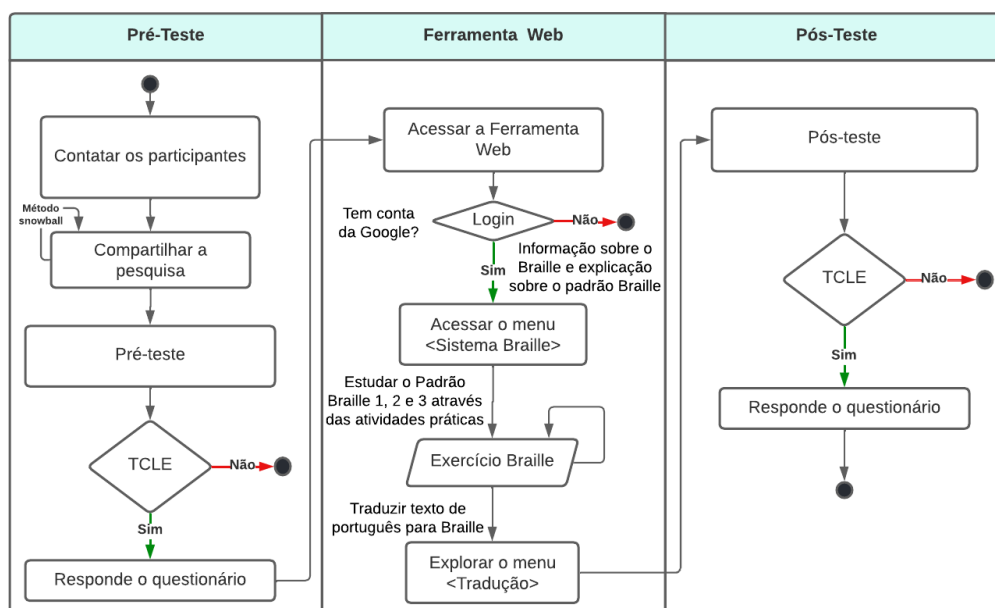


Figura 2. Fluxograma das etapas de avaliação.

assim, sucessivamente. O pré-teste teve por objetivo avaliar o conhecimento prévio dos participantes sobre o sistema Braille, mais especificamente, a identificação dos caracteres Braille, com 19 questões a serem avaliadas e 05 questões abordando o perfil do candidato.

Na segunda etapa, representada pela raia Ferramenta Web, os participantes realizaram o treinamento dos caracteres Braille. Ao acessar a ferramenta e fazer o login, é apresentado o sistema Braille e explicada a proposta de identificação dos caracteres Braille com base nos padrões visuais. Em seguida, um conjunto de exercícios em formato de múltipla escolha, organizado por padrões de caracteres Braille, é disponibilizado ao participante. Ao acessar as atividades correspondentes a cada padrão do sistema Braille, os participantes são apresentados a uma lista de palavras em Braille e devem selecionar a resposta correta, de acordo com o enunciado. É necessário escolher a resposta correta para avançar para a próxima atividade.

A ferramenta, também, inclui um contador que registra o número de tentativas do usuário até que a resposta correta seja dada. Esses dados são capturados e armazenados no banco de dados. Ao completarem as atividades de identificação dos caracteres Braille do padrão 1, 2 e 3, os participantes foram instruídos para explorar a funcionalidade transcrição, que permite transcrever textos em português para Braille.

Na terceira etapa, foi aplicado o pós-teste com o objetivo de verificar a apropriação do conteúdo proposto pela ferramenta web. O questionário foi composto por 19 questões a serem avaliadas, 6 questões baseadas na escala *Likert* para verificar a importância da aprendizagem do Braille e do método proposto, e 1 questão binária para verificar se o usuário já ministrou aula/course para alunos com DV.

3.1. Análise dos Dados

A análise estatística foi realizada usando o software Jamovi (Jamovi, 2022). O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para analisar se os dados possuíam distribuição normal. O teste

estatístico Wilcoxon, que é um teste não-paramétrico, foi utilizado devido as variáveis analisadas (pré e pós-teste) não atenderem o pressuposto de normalidade. O nível de significância adotado foi 0.05.

Para obter indícios de aprendizagem significativa e verificar o ganho percentual de aprendizagem dos participantes, utilizou-se a metodologia do Ganho de Hake (HAKE, 1998), que também foi aplicada em (NASCIMENTO et al., 2023b). A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de instrumentos de avaliação antes e após o uso da ferramenta AprendaBraille. As análises quantitativas foram conduzidas com base nos dados obtidos por meio do pré-teste e pós-teste, e o ganho percentual normalizado de aprendizagem para cada participante foi calculado de acordo com a fórmula proposta por Hake:

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle G \rangle}{100\% - \% \langle \text{pré} - \text{teste} \rangle} \quad (1)$$

Onde $\langle g \rangle$ representa o ganho conceitual normalizado e $\langle G \rangle$ representa o ganho conceitual simples, calculado por:

$$\langle G \rangle = \% \langle \text{pós} - \text{teste} \rangle - \% \langle \text{pré} - \text{teste} \rangle \quad (2)$$

sendo $\% \langle \text{pré} - \text{teste} \rangle$ a porcentagem de acertos do pré-teste de cada participante antes da intervenção e $\% \langle \text{pós} - \text{teste} \rangle$ é a porcentagem de acertos do pós-teste de cada participante aplicado após a implementação da proposta. Desse modo, os participantes foram categorizados de acordo com a proposição feita por Hake (HAKE, 1998):

- “Alto ganho”, para os participantes com $\langle g \rangle \geq 0.7$
- “Médio ganho”, para os participantes com $0.7 > \langle g \rangle \geq 0.3$
- “Baixo ganho”, para os participantes com $\langle g \rangle < 0.3$

4. Ferramenta Web

A ferramenta foi desenvolvida utilizando o Visual Studio Code, um editor de código-fonte leve com suporte integrado ao TypeScript, Node.js e JavaScript. Para o *Front End* foi utilizado o HTML, CSS e JavaScript, já para o desenvolvimento do *Back End* utilizou-se os serviços de hospedagem e banco de dados da Google, *Firebase Hosting* e *Firestore Database*, respectivamente.

Para a geração das células Braille foi adaptado a biblioteca *Braille-Tools*, desenvolvida por Olivier Giulieri e disponibilizada no GitHub (GIULIERI, 2018). A biblioteca oferece, através de CSS e JavaScript, a exibição das células Braille em páginas Web. As adaptações no código foram necessárias devido às diferenças dos caracteres Braille do Inglês para o Português.

Uma visão geral das funcionalidades da ferramenta é apresentada na Figura 3. O menu principal da ferramenta foi implementado na lateral, de forma expansível, para oferecer aos usuários acesso fácil a todas as abas do sistema a partir de qualquer página, proporcionando uma navegação mais fluida.

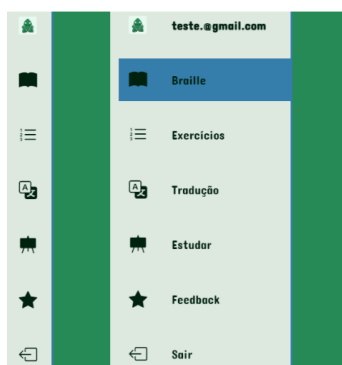


Figura 3. Visão geral das funcionalidades da ferramenta.

Após a realização do pré-teste, foi solicitado aos participantes a acessarem e utilizarem a ferramenta. A estrutura formativa do sistema é composta por quatro partes principais. A primeira parte foca nas definições e nas propriedades do sistema Braille, acessível através da opção "Braille" no menu. A segunda parte, aborda a proposta de aprendizagem do Braille pelos padrões de similaridade dos caracteres, apresentada na Seção 2, introduz o método proposto. Essa seção busca contribuir para um melhor entendimento do Braille, reforçando os padrões de caracteres de cada camada e oferecendo atividades para reforçar a memorização desses padrões, disponíveis na opção "Exercícios", conforme ilustrado na Figura 4(a).

A terceira parte, acessível através da opção "Traduções", oferece a funcionalidade de transcrição de texto, do português para Braille (Figura 4(b)). A quarta e última parte é a funcionalidade "Estudar" (Figura 4(c)), que permite ao usuário estudar e praticar o alfabeto, números, palavras e expressões em Braille.

Na função "Exercício", apresentada na Figura 4(d), para cada subconjunto de caracteres foram apresentadas de quatro a seis palavras em Braille para serem avaliadas. Quando os participantes avaliavam a atividade corretamente, um *feedback* visual era emitido, indicando que a resposta estava correta. Caso contrário, um *feedback* visual informava que a avaliação estava incorreta, e a tentativa era contabilizada no contador que registra o número de tentativas. O participante precisava analisar corretamente todas as opções para poder avançar de atividade.

É importante destacar que a ferramenta tem o objetivo de auxiliar na aprendizagem do Braille, utilizando a semelhança visual entre os caracteres e dividindo-os em padrões para facilitar o reconhecimento, conforme apresentado na Seção 2.

5. Resultados e Discussões

A implementação da iniciativa educacional do sistema Braille buscou adquirir dados empíricos sobre um processo de reconhecimento Braille mais eficiente, além de avaliar os avanços de aprendizagem dos participantes. Além disso, foi elaborada uma planilha⁴ contendo os dados com as respostas anonimizadas da pesquisa.

Como mencionado na Seção 3, os participantes avaliaram o mesmo número de questões (19) no pré-teste e no pós-teste. Esse procedimento foi adotado devido ao mape-

⁴<https://x.gd/7IoJL>

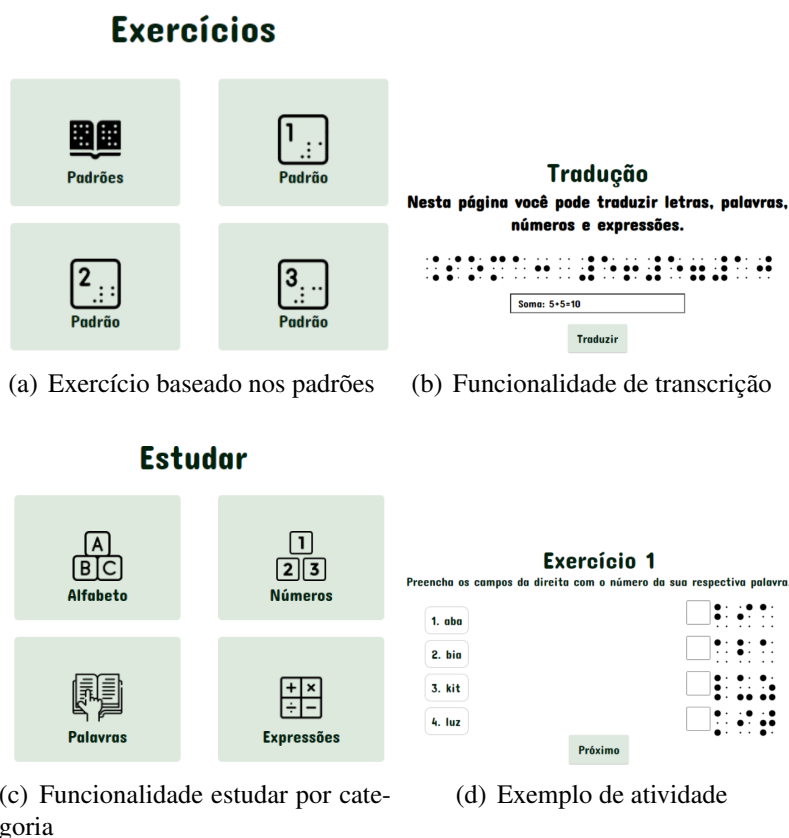


Figura 4. Principais funcionalidades do sistema.

amento e diagnóstico que buscam calcular o avanço da aprendizagem por meio do cálculo do ganho normalizado, conforme proposto por Hake (HAKE, 1998).

Os resultados deste estudo referem-se à 25 participantes videntes, sendo: 40% (n = 10) professores, 12% (n = 3) professores em formação, 36% (n = 9) alunos de graduação e 12% (n = 3) videntes com o ensino superior, com idade média de 30,6 ($\pm 12,1$) anos, variando de 19 a 61 anos, dos quais 56% (n = 14) pertencem ao sexo feminino e 44% (n = 11) ao sexo masculino, formados nas mais diversas áreas. Somente 8% (n = 2) dos participantes haviam ministrado aula/course para alunos com DV (Figura 5(a)) e, somando as respostas⁵, 92% respondeu ter pouco ou nenhum conhecimento em Braille, conforme pode ser observado na Figura 5(b). Para preservar o anonimato dos participantes, eles foram denominados de “Participantes” e identificados numericamente de 1 a 25. O tempo estimado para a conclusão das atividades (testes e uso da ferramenta AprendaBraille) foi de 40 a 50 minutos.

Para a análise estatística, o teste de Shapiro-Wilk foi executado para verificar a normalidade da distribuição dos dados. O resultado indicou a necessidade de utilizar estatísticas não paramétricas, pois os dados não seguiram uma distribuição normal, o que foi comprovado pelo *p-valor* inferior a 0,005 ($p < 0,001$) em uma das variáveis. Como uma das variáveis analisadas não possui distribuição normal, aplicou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon para amostras pareadas, a fim de verificar se a média e a

⁵Respostas organizadas na escala Likert

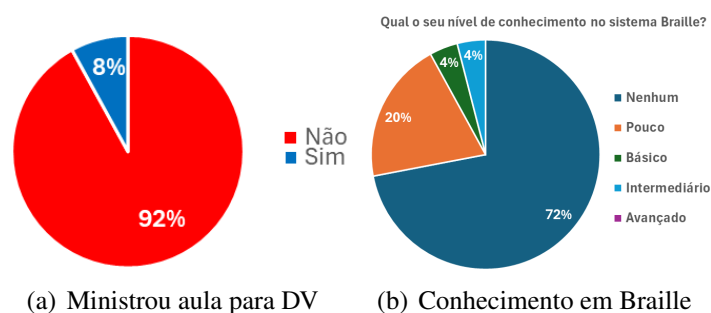


Figura 5. Perfil dos participantes quanto a experiência e conhecimento Braille.

mediana dos resultados, antes e depois da utilização da ferramenta, diferem.

Conforme apresentado na Tabela 1, houve um aumento nas medianas das variáveis analisadas, do pós-teste em relação ao pré-teste. O intervalo e a amplitude interquartil (IQR - *Interquatile range*, calculado por: $IQR = Q3 - Q1$ ⁶), representados pela notação *Mediana (Q1 - Q3 e IQR)*, variaram de 12 (7 - 12 e 5) para 19 (19 - 19 e 0). A amostra forneceu evidências estatísticas de que a diferença entre as medianas é significativamente distinta ($p < 0.001$). Em outras palavras, como o *p-valor* observado é menor que 5% (nível de significância), deve-se rejeitar a hipótese nula (que não há diferença entre os grupos).

	Estatística Descritiva					Shapiro-Wilk		Percentis		
	N	Média	Mediana	Variância	Amplitude	W	p	25th	50th	75th
Pré-Teste	25	10.5	12	26.3	17	0.932	0.095	7.00	12.0	15.0
Pós-Teste	25	17.8	19	11.1	15	0.425	< .001	19.00	19.0	19.0

	Estatística		p	
Pré-Teste	Pós-Teste	W de Wilcoxon	3.00*	< .001

Tabela 1. Resultado do teste estatístico (Shapiro-Wilk e Wilcoxon).

A Figura 6 apresenta os resultados comparativos do pré e pós-teste de cada participante da pesquisa. Nota-se que as respostas corretas aumentaram no pós-teste para 96% (n = 24) dos participantes, com uma média de acerto de 93,6% após o uso da ferramenta *AprendaBraille*, e uma diferença média de 38,4% entre os testes.

O participante 25 apresentou um decréscimo no acerto do pós-teste, mas, conforme observado por Putnam e Tiger (2015), essa variabilidade nos resultados pode estar associada à influência de respostas aleatórias, o que gera flutuações inesperadas no desempenho dos testes. Além disso, outra hipótese plausível está relacionada ao baixo engajamento do usuário no sistema, pois, ao analisar os dados de uso da ferramenta, constatou-se que o participante foi o que menos interagiu com as atividades propostas, o que pode ter impactado negativamente o processo de aprendizagem e, conseqüentemente, os resultados obtidos no pós-teste.

Para avaliar o ganho de aprendizagem dos participantes da pesquisa, foi utilizado o modelo de ganho normalizado proposto por Hake, conforme apresentado Equações 1 e 2.

⁶terceiro quartil (Q3) e primeiro quartil (Q1)

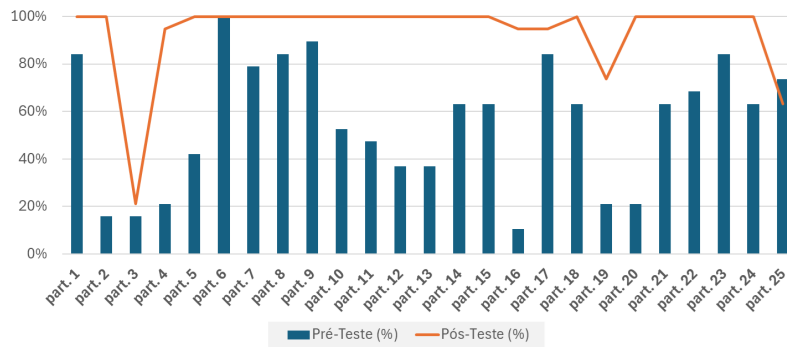


Figura 6. Resultado do pré e pós-teste.

Na Figura 7 é possível observar que 80% (n = 20) dos participantes alcançaram alto ganho de aprendizagem, com $\langle g \rangle \geq 70\%$. Além disso, 8% (n = 2) dos participantes obtiveram um ganho médio, com $70\% > \langle g \rangle \geq 30\%$, representados na figura entre as linhas de alto e baixo ganho. Por fim, 12% (n = 3) dos participantes apresentaram baixo ganho, com $\langle g \rangle < 30\%$.

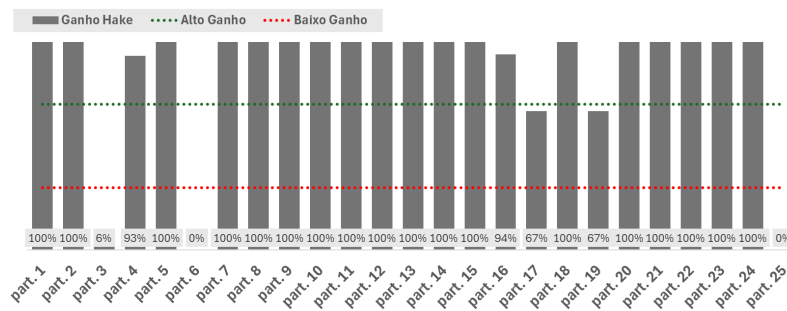


Figura 7. Ganho normalizado dos participantes.

No final do pós-teste os participantes avaliaram a proposta da aprendizagem. Dessa forma, foi solicitada a atribuição de uma nota baseada em escala Likert com cinco níveis, sendo 1 considerado “muito baixo” ou “sem importância” e 5 “muito alto” ou “muito importante”. As questões com os valores “1 - Muito Baixo”, “2 - Baixo”, “3 - Mediano”, “4 - Alto” e “5 - Muito Alto”, são: 1) Como você avalia o grau de facilidade desta proposta (aprendizagem Braille)?; 2) Como você avalia a importância do professor da sala de aula regular aprender Braille para auxiliar o aluno com deficiência visual no processo de ensino e de aprendizagem?; 3) Como você avalia a sua experiência com a aprendizagem Braille por padrão, você gostou da forma com ela foi proposta?; 4) O software utilizado permitiu adquirir novos conhecimentos?.

Como é possível observar na Figura 8, 96% dos participantes avaliaram a segunda e a terceira questão como “alta” ou “muito alta”, destacando a relevância da proposta e a preocupação dos participantes em relação à importância dos professores aprenderem Braille para apoiar os alunos no processo de ensino e aprendizagem. A quarta questão também obteve destaque, com 92% dos participantes classificando a eficácia do software como “muito alta” ou “alta”, o que demonstra que a ferramenta atingiu o objetivo de auxiliar no reconhecimento dos caracteres Braille. Já a questão 1, que avaliava o grau de facilidade da proposta, 88% dos participantes consideraram-na “alta” ou “muito alta”,

enquanto 12% a classificaram como “mediana”, indicando que a ferramenta foi amplamente percebida como uma solução acessível para auxiliar videntes no reconhecimento dos caracteres Braille.

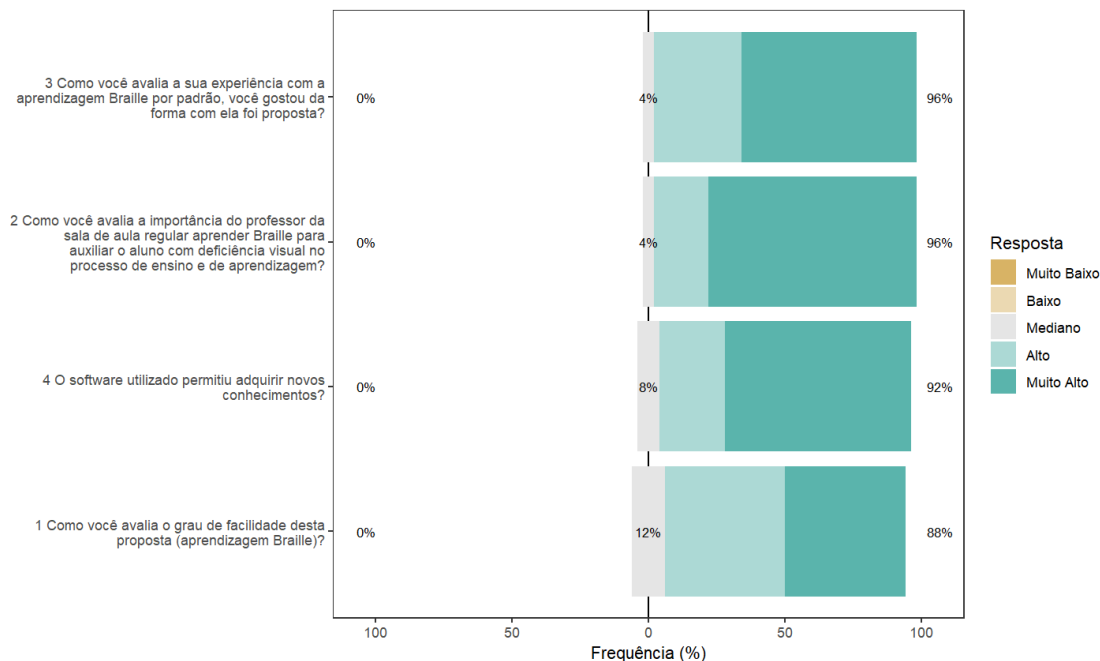


Figura 8. Avaliação qualitativa da proposta da aprendizagem Braille por padrão.

Já a questão que avalia a proposta de aprendizagem Braille por padrão, a resposta está organizada com valores “1) Sem importância”, “2) Pouco importante”, “3) Mediana”, “4) Importante”, “5) Muito importante”. Conforme a Figura 9, 100% dos participantes avaliaram como “muito importante” e “importante”, o que demonstra o potencial da proposta de aprendizagem baseado no padrão de similaridade dos caracteres Braille.

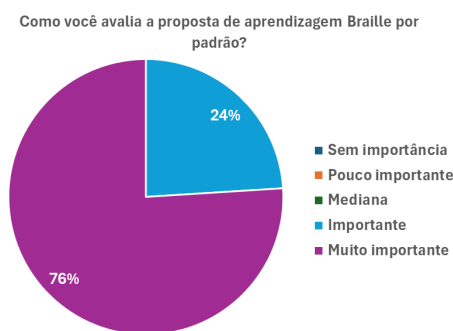


Figura 9. Avaliação da proposta do Braille por padrão de similaridade.

Assim, a avaliação inicial foi promissora, dado o grau de assertividade, o que sugere a utilidade desta ferramenta. Os participantes obtiveram altas taxa de acertos e ganho de aprendizagem normalizado, com 76% (n = 19) respondendo com sucesso todas as questões do pós-teste e 80% atingindo o alto ganho de aprendizagem normalizado após a utilização do sistema, dessa forma, apresentando indícios de aprendizagem significativa. Como em (SCHEITHAUER; TIGER; MILLER, 2013), os outros perfis de participantes

desta pesquisa serviram como um substituto adequado, dadas as características demográficas semelhantes as dos professores.

Ademais, os resultados indicam que a proposta tem potencial para contribuir na identificação dos caracteres Braille, facilitando a aprendizagem do sistema por parte dos videntes de maneira eficiente. No entanto, é importante considerar que esses resultados ainda são preliminares, dado o tamanho limitado da amostra de participantes.

No entanto, é importante destacar que auxiliar na identificação correta dos caracteres Braille é uma das habilidades iniciais básicas para o professor vidente, principalmente para aqueles que possuem, em sua turma, aluno com DV. Como o foco da ferramenta está na identificação dos caracteres Braille, se faz necessário treinamento adicional para o uso e formação de palavras Braille. A ferramenta web foi desenvolvida para ser utilizada como o passo inicial para o domínio do sistema Braille para adultos com visão, tendo como sujeito principal, os professores da sala de aula regular.

É importante destacar que o objetivo central da pesquisa foi ensinar as correspondências entre as 26 letras do alfabeto e suas respectivas representações em Braille, utilizando a semelhança visual entre os caracteres como estratégia pedagógica. Os caracteres foram organizados em padrões, facilitando o reconhecimento e, conseqüentemente, o processo de aprendizagem. Embora o AprendaBraille ofereça outras funcionalidades, como palavras, números e expressões, a análise do banco de dados da ferramenta revelou que os participantes da pesquisa demonstraram pouco interesse em explorar essas atividades, limitando-se àquelas instruídas no passo a passo da pesquisa. Portanto, é necessário implementar novas funcionalidades para aumentar o engajamento dos usuários e despertar seu interesse em estudar a formação de palavras, números e expressões matemáticas.

6. Considerações Finais

Neste estudo é apresentado uma ferramenta web para ajudar os professores com visão no reconhecimento Braille, baseado na similaridade dos padrões dos caracteres. Os resultados alcançados nos testes foram satisfatórios, sendo factível sua utilização como ferramenta de acessibilidade pedagógica, de modo a facilitar a identificação visual dos caracteres Braille.

Com o intuito de demonstrar a viabilidade da solução, a ferramenta foi avaliada por 25 usuários. Os resultados apontaram o sistema como um instrumento com potencial para auxiliar professores e pessoas com visão a conhecer o sistema Braille. Assim, foi possível perceber que a utilização da ferramenta pode contribuir para essa aprendizagem de forma ágil, uma vez que a atividade é de curta duração.

Dessa forma, este trabalho apresenta algumas limitações que geram oportunidades para trabalhos futuros: (i) Aumentar as atividades propostas na ferramenta web e melhorar o pré/pós-teste de maneira a ter, além de respostas objetivas, respostas subjetivas; (ii) Ampliar o estudo para que seja contemplado a identificação de numerais, pontuações e símbolos e (iii) uma questão importante e que deve ser respondida no futuro, se é possível perceber o surgimento inicial de alguma leitura Braille.

Agradecimento

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

Referências

- BARBOSA, L. M. M.; SILVA, A. L. da; 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. Disponível em: <<https://ojs.ead.unesp.br/index.php/nead/article/view/InFor4603v5n12019>>.
- BOLA, Ł.; SIUDA-KRZYWICKA, K.; PAPLIŃSKA, M.; SUMERA, E.; HAŃCZUR, P.; SZWED, M. Braille in the Sighted: Teaching Tactile Reading to Sighted Adults. **PLOS ONE**, v. 11, n. 5, p. e0155394, may 2016. ISSN 1932-6203. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0155394>>.
- 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. ISBN 9781450334006. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2700648.2809864>>.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. Grafia a Braille para a Língua Portuguesa. 2006.
- BRASIL. **Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência - Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência**. Brasília, DF: Ministério da Justiça e Cidadania (Secretaria Especial dos Direitos da Pessoa com Deficiência), 2016. 140 p. Disponível em: <<https://www.mds.gov.br/webarquivos/OficinaPCF/JUSTIÇA/AECIDADANIA/convencao-e-lbi-p>>.
- DANTAS, R. **Ensinar alunos com deficiência visual: conflitos e desenvolvimento**. 314 f p. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Linguística e ensino)) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/6440>>.
- 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.
- GIULIERI, O. **Braille-tools**. 2018. Disponível em: <<https://github.com/evoluteur/braille-tools?tab=MIT-1-ov-file>>. Acessado em 28 de fevereiro de 2024.
- HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64–74, jan 1998. ISSN 0002-9505. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article/66/1/64-74/1055076>>.
- HARRIS, L. N.; GLADFELTER, A.; SANTUZZI, A. M.; LECH, I. B.; RODRIGUEZ, R.; LOPEZ, L. E.; SOTO, D.; LI, A. Braille literacy as a human right: A challenge to the “inefficiency” argument against braille instruction. **International Journal of Psychology**, v. 58, n. 1, p. 52–58, feb 2023. ISSN 0020-7594. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ijop.12879>>.
- Jamovi. **The jamovi project (2022). (Version 2.3) [Computer Software]**. 2022. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acessado em 10 de maio de 2023.

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>>. Acessado em: 10 de fevereiro de 2024.

MEDRADO, B. P.; DANTAS, R. Docência e inclusão: o Braille virtual como ferramenta na formação de professores. **Linguagem: Estudos e Pesquisas**, v. 22, n. 1, p. 247–265, aug 2018. ISSN 2358-1042. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/lep/article/view/54491>>.

NASCIMENTO, R.; BARONE, D.; ARAÚJO, A.; HEIDRICH, R. Standard-Based Braille Learning: a new proposal for teaching the Braille system. In: **2023 32nd Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)**. [S.l.]: IEEE, 2023. p. 1–6.

NASCIMENTO, R.; BARONE, D.; REIS, J.; ARAÚJO, A.; HEIDRICH, R. Avaliação de uma proposta de aprendizagem do sistema braille para videntes. In: **Anais do VIII Congresso sobre Tecnologias na Educação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 222–231. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrl/article/view/25801>>.

NASCIMENTO, R. P.; CAMPOS, V. d. S.; REIS, J. R.; HEIDRICH, R. d. O.; BARONE, D. A. C. Desenvolvimento de uma ferramenta web para auxiliar no aprendizado braille. **Anais CIET:Horizonte**, v. 7, n. 1, jul. 2024. Disponível em: <<https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/2832>>.

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. ISBN 978-989-758-108-3. Disponível em: <<http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0005427805230529>>.

PUTNAM, B. C.; TIGER, J. H. Teaching braille letters, numerals, punctuation, and contractions to sighted individuals. **Journal of Applied Behavior Analysis**, v. 48, n. 2, p. 466–471, jun 2015. ISSN 00218855. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jaba.202>>.

_____. Assessing generative braille responding following training in a matching-to-sample format. **Journal of Applied Behavior Analysis**, v. 49, n. 4, p. 751–767, dec 2016. ISSN 00218855. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jaba.330>>.

ROGERS, S. Learning braille and print together — the mainstream issues. **British Journal of Visual Impairment**, v. 25, n. 2, p. 120–132, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0264619607075994>>.

SÁ, E. D. de; CAMPOS, I. M. de; 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/aee_dv.pdf>.

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. ISSN 00218855.

SCHEITHAUER, M. C.; TIGER, J. H.; MILLER, S. J. On the efficacy of a computer-based program to teach visual braille reading. **Journal of Applied Behavior Analysis**, v. 46, n. 2, p. 436–443, 2013. ISSN 00218855.

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. ISBN 9781450358507. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3322276.3322374>>.

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.

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. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0264619615591866>>.

TOUSSAINT, K. A.; SCHEITHAUER, M. C.; TIGER, J. H.; SAUNDERS, K. J. Teaching identity matching of braille characters to beginning braille readers. **Journal of Applied Behavior Analysis**, v. 50, n. 2, p. 278–289, 2017. ISSN 19383703.

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. ISBN 978-1-5386-8464-1. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8588144/>>.