



Universidade Estadual de Feira de Santana  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

*Braillestick*: desenvolvimento e avaliação  
do dispositivo de entrada para pessoas  
com deficiência visual baseado na máquina  
de escrever em *Braille*

Kayo Costa de Santana

Feira de Santana

2021



Universidade Estadual de Feira de Santana  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Kayo Costa de Santana

***Braillestick: desenvolvimento e avaliação do  
dispositivo de entrada para pessoas com deficiência  
visual baseado na máquina de escrever em *Braille****

Dissertação apresentada à Universidade  
Estadual de Feira de Santana como parte  
dos requisitos para a obtenção do título de  
Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Claudia Pinto Pereira  
Coorientador: Victor Travassos Sarinho

Feira de Santana

2021

**Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS**

Santana, Kayo Costa de  
S223b Brillestick: desenvolvimento e avaliação do dispositivo de entrada para  
pessoas com deficiência visual baseado na máquina de escrever em Braille  
/Kayo Costa de Santana. - 2021.  
117f. : il.

Orientadora: Claudia Pinto Pereira  
Coorientador: Victor Travassos Sarinho

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2021.

1. Máquina Braille. 2. Dispositivo Braille. 3. Deficiência visual.  
4. Acessibilidade. 5. Tecnologia assistiva. I. Pereira, Claudia Pinto, orient.  
II. Sarinho, Victor Travassos, coorient. III. Universidade Estadual de Feira  
de Santana. IV. Título.

CDU: 004:003.24

Kayo Costa de Santana

**Braillestick: desenvolvimento e avaliação do dispositivo de entrada para pessoas com deficiência visual baseado na máquina de escrever em Braille**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Feira de Santana, 11 de maio de 2021

**BANCA EXAMINADORA**



---

Claudia Pinto Pereira (Orientador(a))  
Universidade Estadual de Feira de Santana



---

Teófilo Alves Galvão Filho  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



---

Lucimêre Rodrigues de Souza  
Universidade Estadual de Feira de Santana



# Abstract

The Braille system enables the literacy and autonomy of several visually impaired people around the world. One of the most efficient technologies for Braille writing is the Braille machine, however, even with such an important social function, its use is restricted to few people and few environments (e.g. schools, universities, specialized centers), due to the high cost of its acquisition. In this context, we propose the development and evaluation of Braillestick, an input device for computers, with a writing procedure similar to that of the Braille machine, contributing to the inclusion of people with visual impairments, through the offer of low cost assistive technology. For this, we developed a qualitative and quantitative research, using the case study as the method of investigation, through which it was possible to evaluate Braillestick. For this evaluation, we collected data regarding usability and user experience, as well as the speed and error rate of users, through the serious game “The Braille Typist”, enabling the comparison of Braillestick with the keyboard (mapped for Braille writing). The results obtained, through experiments carried out with 10 volunteers, point out no statistically significant differences between Braillestick and keyboard, considering the speed and the error rate of the users, thus showing that the users can benefit equally of both solutions, in relation to these aspects. By comparing the speed averages of Braillestick users with other works found in scientific knowledge bases, it was possible to verify that its speed was higher than 9 of 16 works compared. Finally, Braillestick was also well rated by its users in terms of usability and user experience (attractiveness, perspicuity, efficiency, effectiveness, reliability, stimulation and innovation) and the grades given by its users revealed a good evaluation, with grades above 90% in all criteria. With the presented results, we point that Braillestick can be considered as an accessible technology, due to its characteristics of price, size, weight and ease of transport, expanding the possibilities of social and digital inclusion of people with visual impairments.

**Keywords:** Braille machine, Braille device, visual impairment, accessibility, assistive technology.

# Resumo

O sistema *Braille* possibilita a alfabetização e a autonomia de diversas pessoas com deficiência visual ao redor do mundo. Uma das tecnologias mais eficientes para a escrita do *Braille* é a máquina *Braille*, porém, mesmo com uma função social tão importante, seu uso é restrito a poucas pessoas e a poucos ambientes (e.g. escolas, universidades, centros especializados), devido ao elevado custo de aquisição. Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento e a avaliação do *Braillestick*, um dispositivo de entrada para computadores, com procedimento de escrita semelhante ao da máquina *Braille*, contribuindo para a inclusão de pessoas com deficiência visual, através do oferecimento de uma tecnologia assistiva de baixo custo. Para tanto, foi desenvolvida uma pesquisa qualiquantitativa, utilizando como método de investigação o estudo de caso, através do qual foi possível avaliar o *Braillestick*. Para esta avaliação, foram coletados dados referentes à usabilidade e à experiência do usuário, e também a velocidade e a taxa de erro dos usuários, através do jogo sério *The Braille Typist*, possibilitando a comparação do *Braillestick* com o teclado (mapeado para a escrita do *Braille*). Os resultados obtidos, através de experimentos realizados com 10 voluntários, apontam que não houve diferenças estatisticamente significantes entre o *Braillestick* e o teclado, considerando a velocidade e a taxa de erro dos usuários, mostrando, desta forma, que os usuários podem se beneficiar igualmente de ambas as soluções, em relação a estes aspectos. Através da comparação de médias de velocidade dos usuários do *Braillestick* com outros trabalhos encontrados em bases científicas de conhecimento, foi possível verificar que sua velocidade foi maior do que a apontada em 9 dos 16 trabalhos comparados. Por fim, o *Braillestick* também foi bem avaliado pelos seus usuários em termos de usabilidade e experiência do usuário (atratividade, perspicuidade, eficiência, eficácia, confiabilidade, estimulação e inovação) e as notas atribuídas pelos usuários revelam uma avaliação positiva, com valores superiores a 90% em todos os critérios. Com os resultados apresentados, conclui-se que o *Braillestick* pode ser considerado como uma tecnologia acessível, devido às suas características de preço, tamanho, peso e facilidade de transporte, ampliando as possibilidades de inclusão social e digital de pessoas com deficiência visual.

**Palavras-chave:** máquina *Braille*, dispositivo *Braille*, deficiência visual, acessibilidade, tecnologia assistiva.

# Prefácio

Esta dissertação de mestrado foi submetida à Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

A dissertação foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCC), tendo como orientador a Profa. Dra. **Claudia Pinto Pereira**, e como coorientador o Prof. Dr. **Victor Travassos Sarinho**. Esta pesquisa foi financiada pela CAPES.

# Agradecimentos

Agradecer, em sua simples definição, um verbo transitivo direto utilizado para expressar gratidão, reconhecimento ou compensação. Desta maneira, neste trabalho não poderiam faltar os reconhecimentos destinados às pessoas que estiveram presentes durante, não só da confecção deste trabalho, como em toda a minha trajetória, até este momento de finalização do mestrado.

Agradeço aos meus pais (Izete e Eudes), que através do suporte financeiro/emocional contribuíram para a construção do meu caráter e formação educacional.

Uma orientadora, amiga, “mãe” e excelente profissional, não poderia faltar neste agradecimento. Agradeço, em especial, à professora Claudia Pinto Pereira por todos os momentos que tivemos, não apenas na realização deste trabalho de mestrado, mas desde a graduação, sempre muito acolhedora e companheira.

Agradeço também ao meu coorientador Victor Travassos Sarinho, que sempre se dispôs a auxiliar o desenvolvimento da pesquisa e em diversos momentos, não só profissionais como também pessoais, tornou possível o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos meus irmãos (Williams e Diego), que muitas vezes, por possuírem afinidade com a área, me auxiliaram e, até mesmo, me motivaram durante essa jornada. Além disso, também agradeço à Willian Costa, pela grande parceria e companheirismo ao longo dessa jornada.

Agradeço ao pessoal do grupo de pesquisa do qual faço parte GETI (Grupo de Educação e Tecnologias Inclusivas) e ao pessoal do LESS (Laboratório de Educação, Software e Sistemas) e do LENDA (Laboratório de Entretenimento Digital Aplicado), que em diversos momentos “andaram” junto comigo, ouvindo e contribuindo para a realização de minhas ideias e propostas.

Gostaria também de agradecer em especial a alguns amigos/coleas que auxiliaram diretamente no desenvolvimento deste trabalho: Abel Galvão e Gabriel Azevedo. Além disso, agradeço também aos amigos que trabalharam comigo em outros projetos ao longo do caminho: Ana Jaíze, Beatriz Brito, Beatriz Santana, Lenington Rios, Valmir Almeida e Washington Batista. Um agradecimento também muito especial a Suenny Mascarenhas pela companhia ao longo dessa trajetória. Espero que a amizade que construímos durante este período se prolongue por muitos anos. Por

fim, mesmo sem citar nomes, agradeço a todos que estiveram presentes comigo e me incentivaram, mostrando-se sempre solícitos, melhorando o meu dia e contribuindo de diversas formas para o meu crescimento.

Agradeço também a UEFS por todos os recursos disponibilizados para tornar possível a conclusão do mestrado, a CAPES pela bolsa que me foi concedida e a Associação Jonathas Telles Carvalho, pela disponibilidade e auxílio na realização deste trabalho, em especial a todos os participantes da pesquisa.

*“Os nossos valores nos farão lutar  
por pessoas as quais nem sabemos  
os nomes.”*

– Autor desconhecido

# Sumário

<b>Abstract</b>	<b>i</b>
<b>Resumo</b>	<b>ii</b>
<b>Prefácio</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>iv</b>
<b>Sumário</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Publicações</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>xiv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática . . . . .	2
1.2 Relevância . . . . .	3
1.3 Questões de Pesquisa . . . . .	4
1.4 Objetivos . . . . .	5
1.4.1 Objetivo Geral . . . . .	5
1.4.2 Objetivos Específicos . . . . .	5
1.5 Estrutura do Documento . . . . .	5
<b>2 Fundamentação Teórica</b>	<b>7</b>
2.1 Deficiência Visual . . . . .	7
2.2 Acessibilidade e Desenho Universal . . . . .	10
2.3 Tecnologias Assistivas . . . . .	13
2.4 Interação Humano-Computador . . . . .	15
2.4.1 Qualidade em IHC . . . . .	16
2.4.2 Avaliação de qualidade em IHC . . . . .	18
2.4.3 Design Centrado em Humanos . . . . .	19
2.5 <i>Braillelearning</i> . . . . .	21

<b>3</b>	<b>Trabalhos Correlatos</b>	<b>24</b>
3.1	Soluções Móveis ( <i>Mobile</i> ) . . . . .	25
3.2	Soluções Vestíveis ( <i>Wearable Devices</i> ) . . . . .	29
3.3	Soluções Físicas . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Metodologia</b>	<b>35</b>
4.1	Submissão do Projeto ao Comitê de Ética . . . . .	36
4.2	Estudo de Caso . . . . .	36
4.2.1	Cenário . . . . .	37
4.2.2	Participantes . . . . .	37
4.2.3	Desenvolvimento do Protótipo . . . . .	38
4.2.4	Coleta de dados do Protótipo . . . . .	38
4.2.5	Avaliação do Protótipo . . . . .	39
4.2.6	Desenvolvimento do <i>Braillestick</i> . . . . .	39
4.2.7	Coleta de dados do <i>Braillestick</i> . . . . .	39
4.2.8	Avaliação do <i>Braillestick</i> . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Resultados e Discussões</b>	<b>41</b>
5.1	Ameaças à validade da Pesquisa . . . . .	41
5.2	Perfil dos Participantes . . . . .	42
5.3	Desenvolvimento e Avaliação do Protótipo . . . . .	46
5.4	Desenvolvimento do <i>The Braille Typist</i> . . . . .	51
5.5	Desenvolvimento e Avaliação do <i>Braillestick</i> . . . . .	55
5.5.1	Comparação entre o Teclado e o <i>Braillestick</i> . . . . .	57
5.5.2	Usabilidade . . . . .	60
5.5.3	User Experience . . . . .	62
5.5.4	Motivação e Habilidade . . . . .	64
5.5.5	Comparação do <i>Braillestick</i> com trabalhos correlatos . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>70</b>
6.1	Contribuições . . . . .	71
6.2	Dificuldades e Limitações . . . . .	73
6.3	Trabalhos Futuros . . . . .	74
	<b>Referências</b>	<b>76</b>
<b>A</b>	<b>Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE</b>	<b>83</b>
<b>B</b>	<b>Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE</b>	<b>85</b>
<b>C</b>	<b>Termo de Autorização da Instituição</b>	<b>87</b>
<b>D</b>	<b>Questionário de Perfil</b>	<b>89</b>
<b>E</b>	<b>User Experience Questionnaire - UEQ</b>	<b>94</b>



<b>F</b>	<b>System Usability Scale - SUS</b>	<b>96</b>
<b>G</b>	<b>Questionário para avaliação de Jogos/Estratégias Educacionais</b>	<b>98</b>

# Lista de Publicações

**Santana, K. C., Galvão, A. R., Azevedo, G. S., Sarinho, V. T., Pereira, C. P. (2020). Brillestick: A Game Control Proposal for Blind Users Based on the Braille Typewriter. In International Conference on Entertainment Computing (pp. 142-147). Springer, Cham.**

**Santana, K. C., Sarinho, V. T., Pereira, C. P. (2020). The Braille Typist: A Serious Game Proposal for Braille Typewriter Training. In International Conference on Entertainment Computing (pp. 110-116). Springer, Cham.**

**Santana, K., Pereira, C., e Santana, B. (2019). Braillearning: Software para simular a máquina de escrever em braille. Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE).**

Oliveira, M. S., Pereira, C. P., Santana, K. C., e Rossinholli, K. O. C. (2019). Autisdata: Software to help the development of people with asd based on teacch and pecs methodologies. In Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSEDU,, pages 331-338. INSTICC,SciTePress.

Batista, W., Santana, K., Rios, L., e Pereira, C. (2020). Criação de um bot para a conscientização de cuidados e impactos relacionados ao COVID-19. In Anais Principais do XX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde, pages 470-475. SBC.

Vogel, B. G. M., Pereira, C. P., Santana, K. C., Fernandes, A. L. B. (2020). AVAA- Ambiente Virtual de ensino e Aprendizagem de Algoritmos. In Anais do CIET: EnPED: 2020-(Congresso Internacional de Educação e Tecnologias| Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância).

Batista, W. P., Santana, K. C., Rios, L. C., Sarinho, V. T., Pereira, C. P. (2020). João em Foco: A Learning Object About the Dyslexia Disorder. In International Conference on Entertainment Computing (pp. 399-406). Springer, Cham.

Santos, A. J. O., Santana, K., e Pereira, C. (2020). Computação divertida: o ensino da computação através das estratégias de computação desplugada para crianças do ensino fundamental. In Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, pages 1443-1452, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

Nunes, E., Santos, V., Santana, K., e Pereira, C. (2020). Storytelling to learn: a serious game to help english learning as a second language. In Proceedings of SBGames 2020.

Ferreira, A., Santos, V., Santana, K., e Pereira, C. (2020). Dinquiz: um jogo sobre educação financeira voltado ao público infantil. In Proceedings of SBGames 2020.

Fernandes, A. L. B., Santana, K. C., Batista, W. P., Pereira, C. P. (2020). Easyreader: jogo sério para crianças com dislexia. Revista Prociências, 3(2), 22-39.

# Lista de Tabelas

2.1	Classificação de severidade da deficiência com base na acuidade visual	8
5.1	Velocidade de digitação dos participantes no teclado e no Braillestick	57
5.2	Médias de erros obtidos através do uso dos dispositivos . . . . .	59
5.3	Questões do <i>System Usability Scale</i> . . . . .	60
5.4	Resposta dos participantes . . . . .	61
5.5	Pontuação dos quesitos em relação às respostas dos usuários . . . . .	61
5.6	Medidas de User Experience . . . . .	62
5.7	Perguntas do Questionário para Avaliação de Jogos/Estratégias educacionais . . . . .	64
5.8	Análise geral das categorias em relação às respostas dos participantes	65
5.9	Comparação do Braillestick com outros dispositivos. . . . .	66

# Lista de Figuras

1.1	Cela <i>Braille</i> . . . . .	2
2.1	Projeto centrado no usuário . . . . .	21
2.2	Funcionamento das teclas no <i>Braillelearning</i> . . . . .	22
2.3	Modos de funcionamento do <i>Braillelearning</i> . . . . .	22
3.1	Menu do sistema de SMS e teclado em <i>Braille</i> . . . . .	26
3.2	Método de entrada baseado em <i>Braille</i> para dispositivos <i>touchscreen</i> . . . . .	27
3.3	Escrita da letra “n” no <i>EdgeBraille</i> . . . . .	28
3.4	Escrita da letra “a” no <i>BrailleEnter</i> . . . . .	28
3.5	Entrada de texto através do “Perkinput” . . . . .	29
3.6	Dispositivo de escrita em forma de luva. . . . .	30
3.7	Luvras de aprendizagem do <i>Braille</i> . . . . .	30
3.8	Luvras para <i>Braille</i> bengali. . . . .	31
3.9	Dispositivo de escrita e leitura. . . . .	32
3.10	<i>Braille Fingers Puller</i> . . . . .	32
3.11	Dispositivo de escrita baseado no teclado numérico. . . . .	33
3.12	OBOE ( <i>Oboe-like Braille interface for Outdoor Environment</i> ) . . . . .	33
3.13	<i>Vibro-tactile Braille Display and Keyboard</i> . . . . .	34
4.1	Passos Metodológicos. . . . .	36
4.2	Passos realizados no estudo de caso. . . . .	37
5.1	Gráfico de Perfil dos Participantes . . . . .	43
5.2	Gráfico de Deficiência dos Participantes . . . . .	43
5.3	Gráfico de Uso de jogos entre os Participantes . . . . .	44
5.4	Gráficos relacionados à máquina <i>Braille</i> . . . . .	45
5.5	Design de Desenvolvimento do Protótipo. . . . .	46
5.6	Protótipos Iniciais do Braillestick. . . . .	48
5.7	Proposta 1 do Braillestick . . . . .	48
5.8	Proposta 2 do Braillestick . . . . .	49
5.9	Feedback Capture Grid da opinião dos usuários . . . . .	49
5.10	Modificação de design da Proposta 1 . . . . .	50
5.11	Diagrama de Tecnologias do <i>The Braille Typist</i> . . . . .	52
5.12	Tela Inicial do <i>The Braille Typist</i> . . . . .	52

5.13	Telas de Login e Cadastro do <i>The Braille Typist</i> . . . . .	53
5.14	Tela de Tutorial do <i>The Braille Typist</i> . . . . .	53
5.15	Tela do modo de coleta de dados do <i>The Braille Typist</i> . . . . .	54
5.16	Modelo Entidade-Relacionamento do <i>The Braille Typist</i> . . . . .	55
5.17	Funcionamento do <i>Braillestick</i> . . . . .	55
5.18	Detalhamento do processo de escrita no <i>The Braille Typist</i> . . . . .	56
5.19	<i>Boxplots</i> das amostras de velocidade dos dispositivos . . . . .	58
5.20	Exemplo de item do UEQ . . . . .	62
5.21	Avaliação de <i>User Experience</i> do <i>Braillestick</i> . . . . .	63
5.22	Avaliação Geral de <i>User Experience</i> do <i>Braillestick</i> . . . . .	63

# Capítulo 1

## Introdução

O Censo Demográfico de 2010 aponta que cerca de 46 milhões de brasileiros possuem, pelo menos, algum tipo de deficiência. Dentro desse quadro, a deficiência visual se destaca, acometendo aproximadamente 35,8 milhões de pessoas (IBGE, 2012).

Esses altos números apontados pelo Censo refletem a necessidade de se pensar em estratégias que promovam a inclusão de indivíduos com deficiência em todas as esferas sociais, combatendo as diversas barreiras que podem impedir ou dificultar o seu desenvolvimento e/ou acesso. Para combater essas barreiras, a acessibilidade, preconizada por lei, busca amenizar os obstáculos encontrados nos ambientes e serviços, tornando-os cada vez mais acessíveis, através da adoção de medidas que almejam uma inclusão social efetiva e um padrão de vida digno para estas pessoas ao longo de suas vidas (BRASIL, 2015).

Na Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), número 13.146, em seu artigo 27, encontra-se destacada a educação como um direito, sobretudo das pessoas com deficiência, sendo este assegurado através de um sistema educacional inclusivo que deve alcançar o desenvolvimento máximo destas pessoas, seus talentos e habilidades (e.g. físicas, sensoriais, intelectuais e sociais), de acordo com seus interesses e necessidades de aprendizagem. Além disso, a lei também estabelece como um dever do estado, da família, da comunidade escolar e da sociedade garantir um ensino de qualidade para estas pessoas, de maneira que não sejam negligenciadas e discriminadas (BRASIL, 2015).

Para garantir um ensino de qualidade, é necessário que o aprendizado seja participativo, interativo e significativo, possibilitando que a pessoa com deficiência seja hábil à identificar e interpretar informações, mesmo com as barreiras enfrentadas. No caso da deficiência visual, por exemplo, o indivíduo deve aprender a se comunicar e a enxergar o mundo de outras formas, utilizando os seus sentidos remanescentes para conseguir obter as informações presentes no seu cotidiano (Sá et al., 2007).

Ainda relacionado ao processo educacional, podem ser destacadas ferramentas e tecnologias que são utilizadas no ensino, promovendo alternativas que auxiliam tais

indivíduos no processo de ensino e aprendizagem. Algumas ferramentas com o propósito de auxiliar o processo educacional de pessoas com deficiência visual são: sintetizadores de fala, isto é ferramentas capazes de converter textos para voz; leitores de tela; bengalas; reglete e punção; máquinas de escrita em *Braille*; linha *Braille*; lentes de aumento; *softwares* específicos, que podem contribuir para o aprendizado e treino de determinados conteúdos/habilidades e outros.

Outro importante aspecto que deve ser analisado na educação de pessoas com deficiência visual é a utilização do *Braille*. Segundo Sá et al. (2007), o sistema *Braille* é conhecido universalmente como o meio de leitura e escrita de pessoas cegas. Utilizando seis pontos dispostos em duas colunas verticais, com três pontos em cada uma delas, é possível criar a cela *Braille* (figura 1.1). A presença ou não de relevo nestes pontos é utilizada para representar as letras do alfabeto, números e sinais.

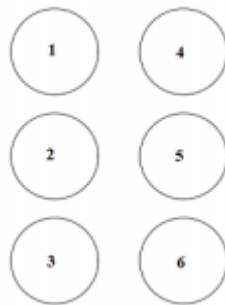


Figura 1.1: Cela *Braille*.

Fonte: adaptado de Santana (2018)

## 1.1 Problemática

Mesmo com uma grande quantidade de pessoas com deficiência visual, ainda faltam iniciativas que visem a inclusão deste público na sociedade (Reinaldi et al., 2011), ou que busquem a criação/adequação de ferramentas que atendam as necessidades decorrentes da ausência da visão e que possam gerar visibilidade social.

O *Braille* é um dos recursos utilizados capaz de promover a inclusão das pessoas com deficiência visual, visto que, através do tato é possível a realização de leituras e a aquisição de informações relevantes, que beneficiam não apenas o desenvolvimento educacional destas pessoas, como também o seu acesso a diversos ambientes e a realização de serviços. Mesmo sendo tão importante para a alfabetização e a emancipação dessas pessoas, vale a pena salientar que ainda há pouca difusão do *Braille*, não fazendo parte da rotina dos indivíduos, como pode ser visto nos trabalhos de Duarte e Lima (2016); Barbosa e Souza (2019).

Um exemplo de ferramenta utilizada para a escrita em *Braille* é a máquina de escrever em *Braille*. Sá et al. (2007) ressaltam que a máquina possui seis botões



que representam os pontos da cela *Braille* (Figura 1.1), possibilitando a realização da escrita *Braille* com o toque simultâneo das teclas, um método considerado mais rápido, prático e eficiente.

Mesmo essa ferramenta sendo tão importante, muitas vezes ela não é acessível para o seu público, devido aos altos valores financeiros que dificultam a sua aquisição, um importante aspecto a ser levantado, já que nem sempre as tecnologias desenvolvidas para esse público é acessível financeiramente para todos. Dados obtidos em novembro de 2020, através de sites de compras, mostram que o valor de uma máquina de escrever em *Braille* de segunda mão chega a custar R\$ 2000,00, enquanto para a aquisição de uma nova, esse é aproximadamente R\$ 6500,00.

Uma proposta acessível para a difusão da máquina de escrever em *Braille* é o *Braillearning*, uma solução em *software* que simula a máquina de escrever em *Braille* através do uso de um teclado convencional. O *Braillearning* foi bem aceito pelo seu público alvo, refletindo que o seu mecanismo de escrita é semelhante ao da máquina *Braille*, porém o trabalho não apresenta como o dispositivo de entrada utilizado (teclado) interfere na experiência de seus usuários (Santana et al., 2019).

Em função do cenário apresentado, neste trabalho, buscou-se experimentar como a utilização de mecanismos de escritas alternativos à máquina *Braille* pode afetar a experiência de usuários através de medidas que foram coletadas pelo *The Braille Typist* (um jogo sério desenvolvido baseado no *Braillearning*) para verificar a velocidade e a precisão dos usuários em cada um dos dispositivos. Para tanto, os participantes da pesquisa utilizaram o **teclado convencional** (proposta que nasceu no *Braillearning*) e o ***Braillestick*** (dispositivo de baixo custo que foi desenvolvido neste trabalho).

Espera-se que o *Braillestick* seja utilizado futuramente para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem e jogos específicos para esse público, oferecendo uma tecnologia assistiva para auxiliar as pessoas com deficiência visual no aprendizado, treino e uso da escrita *Braille*. Desta maneira, neste trabalho objetiva-se entender se é possível confirmar, e em que medida, a aceitação e eficiência do *Braillestick*, a partir da experiência dos usuários.

## 1.2 Relevância

O *Braille* é uma invenção que proporciona acessibilidade às pessoas com deficiência visual, garantindo autonomia através do acesso ao mundo letrado, uma vez que torna possível a escrita de pensamentos, a transcrição de documentos, de livros e informações diversas em registros táteis (Barbosa e Souza, 2019).

Com o desenvolvimento deste trabalho, almeja-se a construção do *Braillestick*, um dispositivo de entrada eletrônico (controle) que pode ser utilizado em ferramentas que auxiliem no aprendizado e treino do *Braille*.

Segundo os dados presentes em Ottaiano et al. (2019, p.17), "90% dos casos de cegueira ocorrem nas áreas pobres do mundo". Este dado ressalta a importância de desenvolver dispositivos de baixo custo para promover acessibilidade para estas pessoas. Vale salientar que a proposta deste trabalho é o desenvolvimento de uma tecnologia relativamente barata, portanto, mais acessível financeiramente, e que possa ser facilmente transportada e manuseada, de tal forma que possa ter seu uso difundido entre as pessoas com deficiência visual.

A motivação de desenvolvimento do *Braillestick* surgiu através de trabalhos anteriores realizados no Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual (CAP-DV), localizado em Feira de Santana. A partir destes trabalhos, observou-se que existem poucas tecnologias acessíveis e difundidas para estas pessoas, principalmente máquinas de escrever em *Braille*, devido ao seu alto custo aquisitivo. Desta maneira, o *Braillestick*, junto ao *The Braille Typist* ou outras ferramentas (e.g. editores de texto, *softwares* específicos), torna-se uma alternativa que pode possibilitar para estas pessoas uma experiência mais próxima do procedimento de escrita através da máquina *Braille*.

Além deste aspecto, vale salientar que, com a criação e a popularização do dispositivo, poderão ser desenvolvidos jogos que se adéquem com este tipo de controle e mecanismo de entrada, promovendo um incentivo a difusão, ao treinamento e ao aprendizado do *Braille*, através de práticas mais lúdicas, e, como consequência, maior inclusão sócio digital das pessoas com deficiência visual.

### 1.3 Questões de Pesquisa

Este trabalho tem como intenção não apenas desenvolver o *Braillestick*, como também comparar a velocidade e a precisão de usuários com a utilização de outros dispositivos semelhantes, portanto, nesta pesquisa busca-se resposta para os seguintes questionamentos:

- Como se comporta a performance do *Braillestick* se comparado ao teclado convencional (adaptado para receber uma entrada semelhante à da máquina *Braille*), considerando a velocidade (caracteres corretos digitados por segundo) e a precisão (taxa de erros por minuto)?
- Como se dá a aceitação do *Braillestick* em relação à sua usabilidade e à experiência dos usuários?
- Como se comporta a velocidade do *Braillestick* se comparado a outros trabalhos encontrados na literatura?

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver o dispositivo de entrada *Braillestick* e avaliar sua aceitação e eficiência com base na experiência de usuários e comparação com o teclado convencional, adaptado para receber uma entrada semelhante à da máquina *Braille*, através do uso destes dispositivos no *software The Braille Typist*.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Buscar dispositivos de entrada com lógica de escrita semelhante a da máquina *Braille*.
- Criar um protótipo do dispositivo *Braillestick*, anterior a sua concepção, para verificar a aceitação e possíveis correções que melhorem seu manuseio.
- Avaliar o protótipo através do seu manuseio por pessoas com deficiência visual.
- Desenvolvimento do *The Braille Typist*, para aceitar o teclado (semelhante ao *Braillearning*) e o *Braillestick*.
- Desenvolver no *The Braille Typist* um módulo para armazenar informações sobre a performance (velocidade e precisão) do usuário.
- Apresentar o *Braillestick* no Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual de Feira de Santana para que seja realizada a coleta dos dados através do *The Braille Typist* e realizar a sua validação.
- Avaliar o *Braillestick* e o teclado através do uso de ambos os dispositivos no *The Braille Typist*.

## 1.5 Estrutura do Documento

Neste capítulo de Introdução, foram apresentados alguns aspectos importantes para o desenvolvimento deste trabalho, tais como a contextualização da pesquisa realizada, o problema que será abordado, a relevância do trabalho através da solução do problema, os objetivos pretendidos e as questões de pesquisa a serem respondidas.

Além deste capítulo de Introdução, o trabalho apresenta também seções de fundamentação teórica, trabalhos correlatos, metodologia, resultados e discussões e considerações finais.

O capítulo de Fundamentação Teórica discorrerá sobre alguns conceitos importantes que fundamentam este trabalho e o desenvolvimento da proposta, tais como: deficiência visual, acessibilidade e desenho universal, tecnologias assistivas, interação humano-computador e uma abordagem mais ampla sobre a ferramenta *Braillearning*, que foi utilizada como referência para auxiliar o desenvolvimento do *The Braille Typist*.

No capítulo de Trabalhos Correlatos, são abordados trabalhos com temática semelhante, isto é, desenvolvimento/avaliação de dispositivos para pessoas com deficiência visual, salientando algumas especificidades e agrupado-os entre dispositivos: *mobile*, vestível e físico.

No capítulo de Metodologia, estão descritos os procedimentos que guiaram a realização desta pesquisa, tais como o modelo de *Design Thinking*, o tipo de pesquisa realizado, os instrumentos de coleta de dados e métodos para sua aquisição e análise. Além disso, nesta seção também são descritos os procedimentos para a submissão deste projeto ao Comitê de Ética.

No capítulo de Resultados e Discussões, estão identificados os resultados obtidos através do desenvolvimento das ferramentas e da realização dos experimentos e análises, salientando: as ameaças em relação à validade da pesquisa; o perfil dos participantes da pesquisa; a avaliação do protótipo do *Braillestick*; o desenvolvimento do *The Braille Typist*; a comparação do *Braillestick* com o teclado e com outros trabalhos correlatos; e a análise de usabilidade e experiência do usuário.

Por fim, no capítulo de Considerações Finais, são endereçadas as principais contribuições da pesquisa desenvolvida, abordando também algumas limitações e dificuldades encontradas e possíveis trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

Neste capítulo, serão abordados alguns conceitos necessários para a compreensão da proposta e também para o entendimento sobre o conceito de deficiência visual e processos/tecnologias que podem auxiliar, de alguma maneira, o desenvolvimento de projetos destinados à inclusão de pessoas com deficiência visual.

### 2.1 Deficiência Visual

Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) apontam que ao menos 2,2 bilhões de pessoas possuem problemas de visão ou cegueira ao redor do mundo, sendo que 1 bilhão destes ainda não foram diagnosticados ou poderiam ter sido prevenidos WHO (2019). Além disso, a WHO (2019) também salienta o aumento destes dados, devido ao crescimento da expectativa de vida da população, visto que a prevalência da deficiência visual aumenta com a idade.

A pessoa com deficiência é aquela que possui algum impedimento (físico, mental, intelectual ou sensorial), que de alguma maneira pode afetar sua participação plena e efetiva na sociedade, conforme visto na convenção sobre o direito das pessoas com deficiência (ONU, 2006). Além disso, o documento também ressalva que o conceito de deficiência é um conceito ainda em evolução, que resulta da interação entre as pessoas com deficiência e as diversas barreiras que podem impedi-las ou dificultá-las de participação na sociedade.

Dentre as deficiências, a deficiência visual pode ser caracterizada como a dificuldade de interagir com a sociedade devido às dificuldades enfrentadas pela perda total ou parcial da função visual.

É importante ressaltar que as pessoas com deficiência visual não são apresentadas como um grande grupo homogêneo, sendo assim, torna-se preciso reconhecer que mesmo possuindo uma característica em comum, isto é, a falta/deficiência do sentido da visão, estes indivíduos apresentam histórias, causas, sentimentos e graus de

deficiência diferentes, podendo necessitar de diferentes formas de intervenções (Gil, 2000; Nunes e Lomônaco, 2010).

Gil (2000) aborda, em seu trabalho, a deficiência visual como um espectro que vai da cegueira até a baixa visão (também conhecida como visão subnormal). Já em Ottaiano et al. (2019), são relatados quatro níveis de classificação da função visual que podem ser encontradas na Classificação Internacional de Doenças (CID-10), sendo estes: visão normal, deficiência visão moderada, deficiência visual grave e cegueira.

Para realizar a classificação de nível de deficiência visual de um indivíduo, duas escalas oftalmológicas podem ser utilizadas, são elas: a **acuidade visual**, que é definida como a capacidade do sujeito em reconhecer objetos em uma determinada distância e o **campo visual**, que se refere a amplitude da área alcançada pela visão (Ottaiano et al., 2019).

Tabela 2.1: Classificação de severidade da deficiência com base na acuidade visual

Categoria	Acuidade visual presente	
	Pior que:	Igual ou melhor que:
0 Sem deficiência visual		6/12
		5/10 (0.5)
		20/40
1 Deficiência visual leve	6/12	6/18
	5/10 (0.5)	3/10 (0.3)
	20/40	20/70
2 Deficiência visual moderada	6/18	6/60
	3/10 (0.3)	1/10 (0.1)
	20/70	20/200
3 Deficiência visual severa	6/60	3/60
	1/10 (0.1)	1/20 (0.05)
	20/200	20/400
4 Cegueira	3/60	1/60
	1/20 (0.05)	1/50 (0.02)
	20/400	5/300 (20/1200)
	percepção de luz	ou contar dedos (CD) no metro
5 Cegueira	1/60	
	1/50 (0.02)	Percepção de luz
	5/300 (20/1200)	
6 Cegueira	Sem percepção de luz	
9	Indeterminada ou não especificada	

Fonte: Traduzido de WHO (2020)

A acuidade visual é definida pela WHO (2019) como uma medida simples e não evasiva para caracterizar a habilidade visual, através da relação entre distância em que um determinado objeto é visto por uma pessoa, com a distância que o objeto pode ser visto por um “olho saudável”. Desta forma, uma acuidade de 6/18 representa que uma pessoa consegue visualizar um quadro em uma distância de 6 metros,

enquanto um “olho saudável” poderia identificar tal informação a 18 metros (WHO, 2019). Uma visão normal é considerada aquela que possui uma acuidade de 6/6. A classificação de severidade da deficiência visual relacionada com a acuidade pode ser vista na Tabela 2.1. Vale salientar que, embora a tabela aponte dados referentes à CID-11, ela só entrará em vigor a partir de 1 de janeiro de 2022<sup>1</sup>.

Em WHO (2019), é possível verificar como tais classificações foram modificadas ao longo dos anos. Em 1972, a classificação dos sujeitos era realizada de acordo com a **acuidade visual corrigida**, sendo a baixa visão classificada através de uma acuidade inferior a 6/18, enquanto a cegueira era dada por valores inferiores a 3/60. Já em 2010, a classificação foi alterada, considerando o fato de que a classificação anterior não considerava os erros de refração incorrigíveis e não discernia entre os níveis de cegueira (de acordo com a percepção ou não de luz), passando, no caso, a ser avaliada através da **acuidade visual presente**. Mais recentemente, os investigadores realizaram um novo estudo que caracterizava a deficiência visual de acordo com uma acuidade inferior a 6/12 no melhor olho, ressaltando que, através de evidências encontradas, reduções suaves da acuidade já afetam a realização de atividades das pessoas.

Trazendo o conceito apontado em WHO (2007, p.1), a baixa visão é classificada como “a acuidade visual pior que 6/18 (0,333) e melhor ou igual a 3/60 (0,05)”. Desta forma, relacionando tal conceito com a Tabela 2.1, os indivíduos de baixa visão seriam aqueles das categorias **1**, **2** e **3**.

A baixa visão está relacionada a alterações na capacidade funcional da visão, podendo estar relacionada a diversos fatores, como exemplos: diminuição da acuidade visual, redução do campo visual e de contrastes visuais e limitação de outras capacidades (Gil, 2000). Em uma definição mais simples, Gil (2000, p.6) aponta a baixa visão como “a incapacidade de enxergar com clareza suficiente para contar os dedos da mão a uma distância de 3 metros, à luz do dia”.

Já a cegueira é definida por Sá et al. (2007) como uma alteração grave ou total de uma ou mais funções elementares da visão (percepção de cor, tamanho, distância, forma, posição). Além disso, Sá et al. (2007) descrevem que a cegueira também pode ser considerada como congênita, isto é, quando ocorre desde o nascimento, ou adquirida, quando ocorre em decorrência de doenças ou acidentes.

Nunes e Lomônaco (2010) apontam a cegueira congênita como aquela que se manifesta entre o nascimento e os 5 anos de idade, visto que através de pesquisas realizadas, não foi possível identificar resquícios de memória visual em cegos que perderam a visão antes disso.

Almeida e Araujo (2013, p.17) mostram que o cego congênito, por sua vez, “não apresenta sentimento de perda, pois ele nunca teve essa experiência, a cegueira para eles não é algo insuperável”. A pessoa com cegueira adquirida, em contrapartida,

---

<sup>1</sup>Informação disponibilizada pela Organização Mundial de Saúde em: <https://www.who.int/classifications/classification-of-diseases>

além de lidar com a perda do sentido da visão, precisa lidar com perdas emocionais, pessoais e profissionais, decorrentes da situação, necessitando, muitas vezes, também de acompanhamento terapêutico.

Ao discorrer sobre deficiência visual, é necessário ainda se atentar ao fato de que muitas informações do cotidiano das pessoas são transmitidas através de estímulos visuais (Sena, 2014). Desta forma, torna-se imprescindível não apenas o replanejamento na hora de transmissão das informações, tornando-as acessíveis às pessoas com deficiência visual, como também o treinamento dos sentidos remanescentes (audição, olfato, paladar e tato) dessas pessoas, como estratégia para que elas possam “enxergar” o mundo da sua forma, colaborando também para a sua participação social e cidadã.

Um dos sentidos remanescentes muito utilizado por pessoas com deficiência visual na hora de captar informações é o tato, mesmo sendo este considerado uma forma lenta de captação, devido ao seu caráter sequencial, uma vez que é necessário percorrer todo o objeto para que seja possível identificá-lo.

A falta da disponibilidade de informações e recursos para estas pessoas faz com que sejam restringidas a elas novas formas de possível aquisição de conhecimento, sendo a voz, muitas vezes o único recurso pedagógico para pessoas com deficiência visual (Nunes e Lomônaco, 2010). Desta maneira, através de recursos acessíveis que utilizam diversos sentidos, é possível integrar e interagir com todos os alunos, considerando suas dificuldades e potencialidades, na construção e uso de estratégias educacionais, colaborando principalmente, para a inclusão do indivíduo com deficiência.

Apesar de terem sido apresentados os conceitos social e médico da deficiência visual, neste trabalho serão utilizados o conceito social e as nomenclaturas cegueira e baixa visão.

## 2.2 Acessibilidade e Desenho Universal

A acessibilidade permite à pessoa com deficiência a superação de algumas barreiras e, como consequência, o exercício de seus direitos e deveres, permitindo e ampliando sua participação social cidadã. Conforme a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), número 13.146, a acessibilidade pode ser entendida como:

possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida (BRASIL, 2015, Cap.1, Art. 3, Inciso 1).



Outra definição de acessibilidade pode também ser encontrada na Norma Brasileira (ABNT NBR 9050), que classifica acessibilidade em diversos ambientes, sendo definida pela ABNT (2020, p. 2) como:

Possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos.

Pretende-se, através da acessibilidade, combater ou eliminar diferentes tipos barreiras encontradas por pessoas com alguma deficiência na realização de suas atividades rotineiras. Dentre as principais barreiras, destacam-se as urbanísticas, aquelas nas edificações, no transporte e na comunicação e no acesso à informação (BRASIL, 2015).

Conforme visto, a acessibilidade deve ser tratada em diferentes espectros, sendo alguns deles (Diretoria de Avaliação da Educação Superior, 2013):

- **Acessibilidade atitudinal:** se refere à percepção do outro sem os preconceitos e estereótipos. Tem relação com os demais tipos de acessibilidade, visto que a atitude das pessoas é percebida pelas suas ações, que, por sua vez, podem contribuir para a remoção das barreiras.
- **Acessibilidade física:** também conhecida como arquitetônica, é relacionada às barreiras físicas encontradas em residências, espaços e equipamentos urbanos.
- **Acessibilidade pedagógica:** também conhecida como metodológica, se relaciona às barreiras encontradas nas técnicas de estudo, relacionada à atuação dos docentes e utilização de recursos para viabilizar a aprendizagem dos estudantes.
- **Acessibilidade instrumental** se relaciona à superação de barreiras presentes nos mais diversos instrumentos, que podem auxiliar a execução de tarefas educacionais, profissionais, comunitárias, turísticas e esportivas.
- **Acessibilidade digital:** visa eliminar barreiras através da apresentação da informação em formatos alternativos.

Estes espectros de acessibilidade não são excludentes entre si, podendo ocorrer simultaneamente. A dificuldade de acesso a um determinado equipamento digital, por exemplo, pode ser incluída em diversos eixos (e.g. digital, física, instrumental).

Mesmo sendo a acessibilidade um direito de todos, muitos indivíduos ainda são privados ao acesso a informações físicas e/ou digitais, mostrando que, mesmo com recursos existentes, estas dificuldades/barreiras ainda existem (Duarte e Lima, 2016; Barbosa e Souza, 2019).

Para auxiliar a inclusão de pessoas com deficiência, alguns recursos podem ser utilizados, tais como: o uso do *Braille*, da Linguagem Brasileira de Sinais (LIBRAS), da audiodescrição, da legenda oculta e outros (Hott et al., 2018).

Além dos recursos existentes, também existem padrões e normas utilizados para assegurar a acessibilidade no desenvolvimento de ferramentas e conteúdos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza algumas diretrizes que visam garantir a transmissão da informação através da televisão (NBR 15290) e também a inclusão destas pessoas em diversos serviços públicos (NBR 15599) (ABNT, 2005, 2008).

Com o crescente uso e expansão da *internet*, tornou-se imprescindível também a construção de regulamentações e padrões que proporcionam a acessibilidade neste meio para as pessoas com deficiência. A WAI<sup>2</sup> (*WEB Accessibility Initiative*, em português, Iniciativa de Acessibilidade na WEB) disponibiliza algumas dicas e regulamentos quanto ao desenvolvimento de páginas WEB, abordando aspectos como: foco, contraste, atalhos, interrupções, uso de imagens e tantos outros.

Uma das formas de promover acessibilidade aos indivíduos que possuem alguma deficiência é através da utilização de Tecnologias Assistiva (TA). O conceito de TA vai muito além do desenvolvimento de recursos e dispositivos, englobando também os processos, as estratégias e as metodologias utilizados com o propósito de auxiliar pessoas com deficiência no rompimento ou na amenização de barreiras (Galvão Filho, 2009).

Um dos conceitos intrínsecos na proposta de promoção de acessibilidade é o de Desenho Universal (DU). Segundo ABNT (2020, p. 4) e BRASIL (2015, Cap.1, Art. 3, Inciso II) o DU descreve a “concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem utilizados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva”.

Desta maneira, através da proposta de um desenho universal, entende-se a necessidade de se buscar a criação de produtos que possam ser utilizados por todas as pessoas, independente de suas limitações. Alguns pressupostos presentes no desenvolvimento de produtos com DU, são apontados pela ABNT (2020) como:

- **uso equitativo:** um objeto pode ser usado por qualquer pessoa independente de sua idade ou habilidade, promovendo todas as funcionalidades de maneira igualitária a seus usuários sem deixar de oferecer um ambiente atraente.
- **uso flexível:** um objeto deve atender uma grande parte das preferências e habilidades das pessoas, para tanto devem ser oferecidas diversas formas de uso que possibilitem sua utilização com precisão e destreza.
- **uso simples e intuitivo:** um objeto deve ser facilmente compreendido, não necessitando assim de grande conhecimento e experiência por parte das pessoas para conseguir utilizá-lo.
- **informação de fácil percepção:** um objeto deve apresentar informações em diferentes formas (visual, verbal, tátil) maximizando a legibilidade das infor-

---

<sup>2</sup><http://www.w3c.br/traducoes/wcag/wcag21-pt-BR/>

mações por diferentes pessoas com diferentes limitações (cegos, surdos, analfabetos).

- **tolerância ao erro:** um objeto deve ser desenvolvido visando a redução dos riscos e adversas ações acidentais ou não, reduzindo elementos de risco e fornecendo maneiras de evitá-los ou minimizá-los.
- **baixo esforço físico:** um objeto deve oferecer uma maneira eficiente e confortável de ser utilizada, evitando ações repetitivas e também a fadiga muscular.
- **dimensão e espaço para aproximação e uso:** um objeto deve possuir uma organização para favorecer o uso independentemente do tamanho, corpo, postura e mobilidade de seu usuário.

Assim, o DU deve sempre ser tomado como uma regra de carácter geral, durante a concepção e implementação de diversos projetos (e.g. construções, transporte, tecnologias de informação e comunicação) para uso público ou privado de uso coletivo, devendo também ter como referência as normas de acessibilidade, sendo utilizado na criação de políticas públicas (BRASIL, 2015).

## 2.3 Tecnologias Assistivas

As Tecnologias Assistivas (TA), na visão de Sá et al. (2017); Brito et al. (2016), são recursos e dispositivos que contribuem de alguma forma para ampliar as habilidades funcionais de pessoas com algum tipo de deficiência, permitindo a realização independente de atividades (comunicação, mobilidade, desenvolvimento do aprendizado, controle do ambiente e outras), e, em decorrência, incluindo-as na sociedade em diferentes ambientes.

Vale ressaltar também que apenas a criação dos recursos não garantem necessariamente a inclusão das pessoas com deficiência, sendo também necessária a capacitação de pessoas que contribuam com a difusão do uso e o aproveitamento das TA, assim como com a formação e a autonomia da pessoa com deficiência (Sá et al., 2017).

Barbosa (2011) aponta que o uso da TA pode garantir o direito dos sujeitos em serem incluídos socialmente, independente de suas necessidades e até mesmo localizações geográficas, promovendo a acessibilidade. Além disso, a autora também destaca a importância de seu uso e conhecimento, como um fator para facilitar e motivar a permanência destes sujeitos na escola, visto os altos índices de evasão e reprovação de alunos com deficiência.

Barbosa (2011), em seu trabalho, relata que um dos motivos de índices de evasão e reprovação tão elevados é a falta de acessibilidade pedagógica, defendendo ainda que os estudos nesta área precisam ser mais fomentados e difundidos para contribuir com o processo de formação de alunos com deficiência.

Alguns dos recursos fundamentais para a contribuição da democratização no acesso a informação são as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). As TIC podem

ser definidas, segundo Oliveira et al. (2015, p.77, 78) como “todos os meios técnicos usados para tratar a informação e auxiliar na comunicação”. Portanto, as TIC podem ser consideradas como qualquer tecnologia que de alguma forma auxilia/transforma o processo de comunicação e informação da sociedade.

Com o crescente avanço das tecnologias, as TIC foram incorporadas nas mais variadas esferas sociais, fazendo parte do cotidiano das pessoas através da sua aplicação em diversos ramos, como exemplos: processo de automação das indústrias, publicidade, ensino, aprendizagem e ensino à distância (Oliveira et al., 2015). Além disso, as TIC oferecem diferentes recursos que se adéquam às distintas necessidades dos usuários, disponibilizando alternativas de acesso e de compreensão da informação (Oliveira et al., 2015).

Santos (2018) descreve as TIC como instrumentos capazes de superar barreiras, minimizando diferenças e criando possibilidades para a participação e a inclusão social de todos. Ao utilizar os recursos oferecidos pelas TIC, é possível tornar a informação acessível para diferentes pessoas, convertendo, por exemplo, uma informação em forma de texto para áudio ou vice-versa, fortalecendo a inclusão social de pessoas com deficiência visual ou auditiva.

Desta maneira, pode-se aliar os recursos das TIC para a promoção e o desenvolvimento de Tecnologias Assistivas Digitais (TAD). Fazendo um paralelo com Olphert et al. (2009), a TAD pode ser definida como a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação em ambientes digitais, auxiliando o rompimento ou amenização de alguma barreira digital que possa ser enfrentada por uma pessoa com deficiência.

Barbosa (2011) aponta, em seu trabalho, não apenas as vantagens para a utilização dos recursos digitais no processo de ensino e aprendizagem para todos os educandos, como, sobretudo, salienta seu potencial para alunos com deficiência ou com dificuldades de aprendizagem.

Em Sá et al. (2017), são encontrados alguns recursos ou adaptações utilizados para auxiliar as crianças no processo educacional, tais como: a) pulseiras de peso e teclados fixados, que auxiliam a interação dos alunos com os computadores; b) modificações em dispositivos ou desenvolvimento específico que facilitam, de alguma maneira, sua manipulação; e c) *softwares* específicos que possibilitam a interação do aluno com a máquina, tais como, leitores de tela e sintetizadores de voz. Além destes, Sá et al. (2017) apontam algumas TADs, tais como: auxílios ópticos, video-amplificadores, aparelhos de amplificação sonora, telefones para surdos, *softwares* especiais e aparelhos auditivos.

Através da utilização das tecnologias assistivas e dos benefícios promovidos também pelas TIC, é possível oferecer recursos que promovam o ensino inclusivo a diferentes pessoas, contribuindo desta forma para uma educação acolhedora e acessível, abraçando diferentes pessoas independentemente de suas particularidades.

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência salienta a necessidade de se oferecer uma educação inclusiva, sendo uma incumbência do poder público aprimorar

os sistemas educacionais, visando a garantia de acesso, permanência e participação dos indivíduos, por meio de recursos que removam ou amenizem as barreiras encontradas pelos mesmos, promovendo uma inclusão plena, condições de igualdade e autonomia. Além disso, também incumbe ao poder público estimular pesquisas voltadas para a inclusão de tal público através do desenvolvimento de equipamentos e recursos de tecnologias assistivas (BRASIL, 2015).

## 2.4 Interação Humano-Computador

Em constante evolução por causa dos grandes e rápidos avanços na tecnologia que permitiu a popularização do uso de computadores pessoais, a interação humano-computador (IHC) surgiu na intenção de que a produção das tecnologias fossem gradativamente voltada para as necessidades do indivíduo, atendendo suas demandas de acordo com as suas expectativas (Ghaoui, 2005).

Conhecida como uma disciplina que tradicionalmente é atraída por tópicos de inovação e criatividade, torna-se responsável por inspirar e desenvolver soluções voltadas para o benefício do usuário, que deve ser o centro das pesquisas, visto que ele deve ser servido pela tecnologia sendo, portanto, necessário que a tecnologia se molde a ele e não o contrário (Ghaoui, 2005).

A definição por trás do conceito de ICH é muito ampla, sendo difícil encontrar um consenso na literatura quanto a mesma. Uma das definições mais utilizadas pela comunidade é a do *ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction Curriculum Development* (no português, Grupo de Interesse Especial no Desenvolvimento do Currículo de IHC da ACM), citada por Hewett et al. (1992, p.15, tradução nossa), como “uma disciplina preocupada com o design, avaliação e implementação de sistemas de computação interativos para uso humano e com o estudo dos principais fenômenos que os cercam”.

As pesquisas que cercam a IHC são de interesses não apenas do meio acadêmico como também de grandes empresas, que visam produtos que se adéquem cada vez mais às necessidades de seus usuários. Mesmo assim, alguns usuários ainda apontam como problema a falta de atenção dos desenvolvedores para oferecer produtos mais “usáveis” (Ghaoui, 2005).

Vale ainda ressaltar que, pela própria definição, entende-se IHC como um área multidisciplinar, englobando dentro dela diversos aspectos que convergem não apenas para a entrega da tecnologia como também para a experiência e a aceitação do usuário. Neste sentido, envolve outras disciplinas, como exemplos: psicologia, ciência cognitiva, ergonomia, ciência da computação, engenharia de *software*, *design* de sistemas e outras (Ghaoui, 2005).

Entender como cada uma destas disciplinas auxiliam no processo de interação entre o homem e a máquina e, através disso, aplicá-las na criação do dispositivo é uma das maneiras de garantir um produto final não só utilizável como também de qualidade,

através do qual o usuário terá uma melhor experiência, com uma tecnologia que se adeque à sua necessidade. Nos tópicos seguintes, serão abordados alguns conceitos presentes nos estudos relacionados à IHC.

### 2.4.1 Qualidade em IHC

Melhorar a qualidade de uso de sistemas interativos traz diversos benefícios, não apenas para o usuário como também para o produto e seu processo de confecção. Barbosa e Silva (2010) relatam que, ao cuidar da qualidade de uso, é possível reduzir o custo do desenvolvimento, visto que as modificações realizadas que favorecem o uso do produto são identificadas em etapas mais iniciais do processo de desenvolvimento. Algumas das vantagens apontadas por Barbosa e Silva (2010) em relação ao aumento da qualidade de uso são:

- Aumento da produtividade dos usuários;
- redução do número e da gravidade de erros cometidos pelo usuário;
- redução do custo de treinamento, visto que os usuários podem aprender durante o próprio uso;
- redução do custo com suporte técnico, visto que os usuários cometem menos erros. Além disso, mesmo ao cometer erros, o sistema deve oferecer recursos para que os usuários possam se recuperar.

Barbosa e Silva (2010) apontam a importância do estudo dos fenômenos de interação entre humanos e computadores, permitindo que haja uma melhor compreensão, concepção, construção e inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na vida das pessoas, buscando melhores experiências de uso.

A qualidade de uma IHC deve analisar como os usuários podem aproveitar ao máximo o apoio computacional para alcançar objetivos em determinado contexto de uso. Barbosa e Silva (2010) descrevem algumas características que devem ser analisadas na interação e na interface para favorecer esse alcance, como exemplos: a usabilidade, a experiência de usuário, a acessibilidade e a comunicabilidade.

Rogers et al. (2013) relatam que, através da usabilidade, é possível mensurar o quão usável é um produto, sendo uma característica utilizada para avaliar também diversas aplicações digitais, como: sites, processadores de texto e ferramentas de busca. Estes autores relatam ainda que “o objetivo é testar se o produto que está sendo desenvolvido será utilizado pelos usuários para realizar as tarefas para as quais foi projetado” (Rogers et al., 2013, p. 476).

Para Barbosa e Silva (2010, p. 29), “a usabilidade endereça principalmente a capacidade cognitiva, perceptiva e motora dos usuários empregadas durante a interação”, sendo avaliada segundo alguns critérios, tais como:

- a facilidade de aprendizado: tempo e esforço necessários para o usuário realizar o sistema com um determinado nível de desempenho;

- a facilidade de recordação: esforço necessário para lembrar como interagir com a interface conforme um aprendizado anterior;
- eficiência: tempo necessário para a conclusão de uma determinada atividade;
- segurança: grau de proteção do sistema contra condições desfavoráveis ou, até mesmo, perigosas para o usuário;
- satisfação: avaliação subjetiva que expressa as emoções e os sentimentos do usuário durante o uso do sistema.

Wixon e Wilson (1997), citados por Rogers et al. (2013), relatam algumas medidas que podem ser encontradas para mensurar quantitativamente estes fatores, através de dados como:

- Tempo para completar uma tarefa;
- Tempo para completar uma tarefa, após um determinado tempo longe do produto (sem utilizá-lo);
- Número e tipo de erros por tarefa;
- Número de erros por unidade de tempo;
- Número de consulta à ajuda *online* ou aos manuais;
- Número de usuários que cometem um determinado erro;
- Número de usuários que completam uma tarefa com sucesso.

Além destas medidas, Barbosa e Silva (2010) relatam também a importância de se investigar os aspectos relacionados à subjetividade da satisfação do usuário e apontam a dificuldade para prever e controlar a experiência de cada usuário, sendo algo subjetivo e pessoal. Segundo a International Organization for Standardization - ISO (2010), a experiência do usuário (*user experience*) pode ser definida como as percepções e respostas do usuário em relação ao uso de um produto, sistema ou serviço. Para desenvolver produtos que revelem uma boa experiência aos seus usuários, Barbosa e Silva (2010) apontam a importância da utilização de características que promovam boas emoções, evitando sensações desagradáveis durante o uso e respeitando as limitações do usuário.

Alguns aspectos importantes que podem ser considerados, visando a promoção de uma boa experiência do usuário são: satisfação, prazer, diversão, entretenimento, interesse, atração, motivação, estética, criatividade, provocação, surpresa e desafio (Schrepp et al., 2017).

Também relacionada à qualidade de uso da IHC, a acessibilidade contribui para o oferecimento de um sistema sem obstáculos, possibilitando o acesso por diferentes pessoas, contribuindo assim para que mais pessoas possam usufruir do apoio computacional ofertado. Vale salientar que tal conceito já foi discutido mais amplamente na Seção 2.2.

Além da acessibilidade, a comunicabilidade também é responsável por promover uma boa experiência aos usuários. Através dela, é possível oferecer um sistema “comunicável”, isto é, um sistema capaz de “comunicar aos seus usuários a lógica do *design*”. Isto facilita o entendimento dos usuários em relação às decisões tomadas e aos princípios adotados para a construção do sistema (e.g. público-alvo, finalidade e vantagens de uso do sistema), corroborando para um uso mais criativo, eficiente e produtivo do sistema (Barbosa e Silva, 2010, p.38). Os autores acrescentam que entender a lógica do *design* não significa necessariamente conhecer os detalhes técnicos de seu desenvolvimento, mas sim compreender as relações de causa e efeito que ditam seu comportamento.

Por fim, Barbosa e Silva (2010) salientam que embora os aspectos relacionados à qualidade de uso sejam importantes no desenvolvimento de IHC, deve-se entender que nem sempre é possível satisfazer a todos eles, devido a questões orçamentárias, tempo de desenvolvimento, ou, até mesmo, incompatibilidade entre critérios. Desta maneira, deve-se priorizar e privilegiar os critérios que devem ser atendidos, levando em consideração o objetivo do sistema e o conhecimento sobre seus usuários.

## 2.4.2 Avaliação de qualidade em IHC

Para a avaliação de um produto, Barbosa e Silva (2010) descrevem a importância de analisá-los através da coleta de dados, salientando a importância de cuidados com os aspectos éticos nas pesquisas realizadas que envolvem pessoas. Além disso, sugerem que este processo de avaliação identifique os requisitos, desde as funcionalidades que são primordiais aos usuários até os critérios de qualidade relacionados à IHC.

Uma das possíveis avaliações de produtos está relacionada às ideias e às alternativas de *design*. Em Barbosa e Silva (2010), é descrito que, neste tipo de avaliação, é possível comparar diferentes alternativas de acordo com as características dos produtos, possibilitando verificar, por exemplo, a facilidade de aprendizado, o apoio à recuperação de erros, o tempo e o custo de cada uma das propostas.

Para a avaliação, devem ser coletados dados que refletem: características demográficas, experiência profissional, nível de educação, experiência com tecnologias/computadores ou, até mesmo, produtos semelhantes, entre outros (Barbosa e Silva, 2010). Neste sentido, para se obter uma avaliação representativa e abrangente, deve-se possuir um público misto, não contemplando apenas usuários experientes, uma vez que os diferentes usuários podem trazer diferentes opiniões, contribuindo para a construção de soluções acessíveis à uma maior parcela de usuários.

Além disso, os dados coletados podem ser subjetivos ou objetivos, quantitativos ou qualitativos e devem ser definidos de acordo com os objetivos relacionados ao que se está sendo avaliado. Desta forma, pode-se buscar respostas sobre: a satisfação dos usuários, a eficiência do produto, aspectos positivos e negativos, e outros Barbosa e Silva (2010).



As avaliações podem ser realizadas em laboratório, permitindo um maior controle sobre as interferências do ambiente durante o processo, ou em contexto, sendo uma forma de estudo de campo mais precisa para avaliar a qualidade de uma solução IHC, visto que os usuários podem enfrentar situações não previstas em laboratórios (Barbosa e Silva, 2010).

Rogers et al. (2013) apontam que através de experimentos é possível obter medidas específicas que contribuem para testar uma hipótese, como por exemplo, comparar se um recurso é mais rápido que o outro. Desta maneira, através da comparação de hipótese pode testar o efeito de uma variável independente (que o avaliador seleciona) em relação a uma dependente. Por exemplo, na avaliação de tempo para a realização de uma tarefa em dois dispositivos, as variáveis dependentes e independentes seriam respectivamente o tempo e os dispositivos.

Por fim, com os dados é possível realizar estatísticas que testam a probabilidade de um resultado. Rogers et al. (2013) apontam o *teste t* como o mais utilizado em IHC, para testar a relevância da diferença entre as médias para as duas condições.

Para a síntese dos resultados, Barbosa e Silva (2010) recomendam a apresentação de algumas informações, tais como:

- objetivos e escopo da avaliação;
- método de avaliação;
- quantidade e perfil de usuários;
- sumário dos dados coletados;
- interpretação e análise dos dados;
- problemas encontrados;
- planejamento para reprojeto do sistema.

### 2.4.3 Design Centrado em Humanos

O Design Centrado no Humano (DCH) pode ser definido como uma abordagem que busca criar sistemas interativos mais usáveis, com foco no usuário, em suas necessidades e em seus desejos, aplicando conhecimentos e técnicas sobre usabilidade e ergonomia. A ergonomia, por sua vez, pode ser considerada como o estudo de fatores humanos, relacionados aos processos para otimização/avaliação da performance (eficiência) dos sistemas e do bem estar dos usuários (efetividade) ISO (2010).

A ISO 9241 aborda requisitos e recomendações relacionados aos princípios e atividades contidos no ciclo de sistemas computacionais, sendo importantes para sistemas que realizam a interação entre humano e computador através de *hardware* e *software* (ISO, 2010).

A utilização do DCH traz benefícios não só econômicos como também sociais para usuários, empregadores e fornecedores (ISO, 2010). Com o DCH, é possível reduzir

o risco de falha de um produto em atender às necessidades de seus usuários ou de uma futura rejeição, e também planejar sistemas com melhor qualidade (i.e. ser fácil de entender e de usar, com redução de custos de treinamento e de suporte; aumento de usabilidade para pessoas com diferentes capacidades, promovendo também acessibilidade e redução de desconforto e stress) (ISO, 2010).

Segundo a ISO (2010), alguns princípios devem ser seguidos ao se utilizar o DCH:

- **O *design* deve baseado na compreensão sobre os usuários, tarefas e ambientes:** soluções devem conhecer bem seu público alvo (direto ou indireto), evitando uma construção baseada em um entendimento inapropriado ou incompleto das necessidades dos usuários, resultando na criação de um produto com falhas;
- **Usuários devem se envolver no processo de *design* e desenvolvimento:** a inclusão de usuários é uma fonte valiosa de conhecimento sobre tarefas e formas de uso, sendo também responsáveis por avaliar as soluções propostas;
- **O *design* é guiado e refinado através das opiniões dos usuários:** a avaliação dos usuários é uma fonte de informação que promove meios de reduzir o risco de uma solução que não atenda aos requisitos dos usuários;
- **O processo é iterativo:** cada iteração revisa e refina os protótipos com novas avaliações que são feitas;
- **O *design* aborda a experiência completa do usuário:** deve-se avaliar todo o processo, através do *software* e *hardware*, verificando funções desempenhadas tanto pelos usuários quanto pela tecnologia;
- **A equipe de *design* inclui habilidades multidisciplinares e diferentes perspectivas:** deve-se promover um ambiente rico na troca de informações, verificando benefícios e malefícios em diversas áreas (e.g. ergonomia, usabilidade, acessibilidade, interface do usuário, engenharia de hardware e software, programação).

Chaves (2019) revela um problema no contexto nacional (língua portuguesa) em relação à falta de trabalhos que aprofundem o tema do DCH em publicações científicas ou tratem de assuntos como a ergonomia, o *design* universal (desenho universal) e o *Design* Centrado no Usuário (DCU).

Enquanto o DCU tem o seu foco voltado para o usuário final do produto, no DCH entende-se que nem sempre quem compra a tecnologia é o seu usuário, e, portanto, o foco deve ser centrado não apenas no usuário, mas sim em todas as partes envolvidas no processo (*stakeholders*), sendo, portanto, o DCH considerada uma forma mais abrangente do DCU (Chaves, 2019).

Assim como no DCH, o DCU também possui um ciclo de vida evolutivo e iterativo sendo este focado no desenvolvimento do produto para atender às demandas de seu usuário. A Figura 2.1 apresenta o ciclo do projeto centrado no usuário.

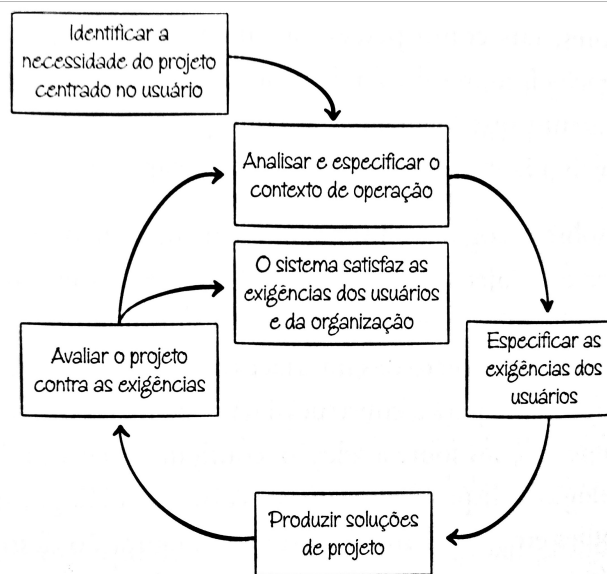


Figura 2.1: Projeto centrado no usuário

Fonte: ISO (1999) citado por Cybis et al. (2010)

Cybis et al. (2010) apontam que todas as etapas (Figura 2.1) devem contar com a participação adequada dos usuários, e que deve-se ter o máximo de cuidado ao definir os requisitos de usabilidade, certificando-se de que estes estão sendo cumpridos corretamente. Neste sentido, a interface deve satisfazer tais requisitos antes que seja liberada para a implementação ou para o mercado.

## 2.5 *Braillearning*

O *Braillearning* foi desenvolvido por Santana et al. (2019) com o intuito de tornar acessível o uso da máquina de escrever em *Braille* para pessoas com deficiência visual. É uma solução em *software* que utiliza o teclado como dispositivo de entrada para simular a máquina. A Figura 2.2 mostra como é realizada a simulação de teclas para deixar o uso do teclado semelhante ao uso da máquina de escrever em *Braille*.

Na Figura 2.2, cada um dos botões presentes na máquina de escrever em *Braille* representa um dos pontos da cela *Braille*. Estes botões foram convertidos, no *Braillearning*, para as teclas de um teclado padrão. Vale salientar que foram escolhidas as teclas "f" e "j" e suas vizinhas devido à presença de um relevo nestas teclas, auxiliando as pessoas com deficiência visual no posicionamento das mãos no teclado.

As saídas do sistema para o usuário com deficiência visual é realizada através do uso de tecnologia de síntese de voz, na qual os textos são convertidos para fala, possibilitando a interação com o sistema. Em seu estado atual, a ferramenta conta

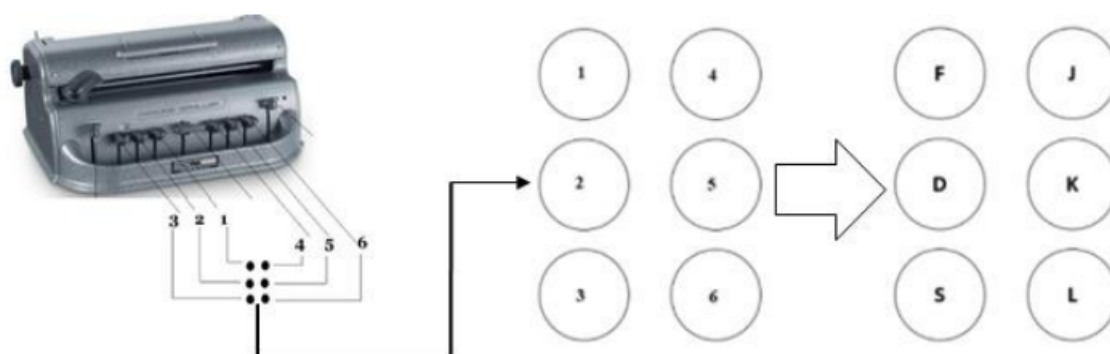


Figura 2.2: Funcionamento das teclas no *Braillelearning*.

Fonte: Santana et al. (2019)

com três módulos (Figura 2.3), sendo estes: modo tutorial, modo palavra e modo livre.

No modo tutorial, o usuário deve preencher uma célula vazia (Figura 2.3, Seta 1) com a letra solicitada pelo sistema e, para tanto, deve pressionar as teclas corretas para fazer aquela letra. Caso não saiba a combinação de teclas, poderá solicitar do sistema os pontos que são responsáveis pela sua formação. Esse modo tem como principal objetivo auxiliar os usuários no processo de conhecimento da ferramenta e treinamento do *Braille* (Santana et al., 2019; Santana, 2018).

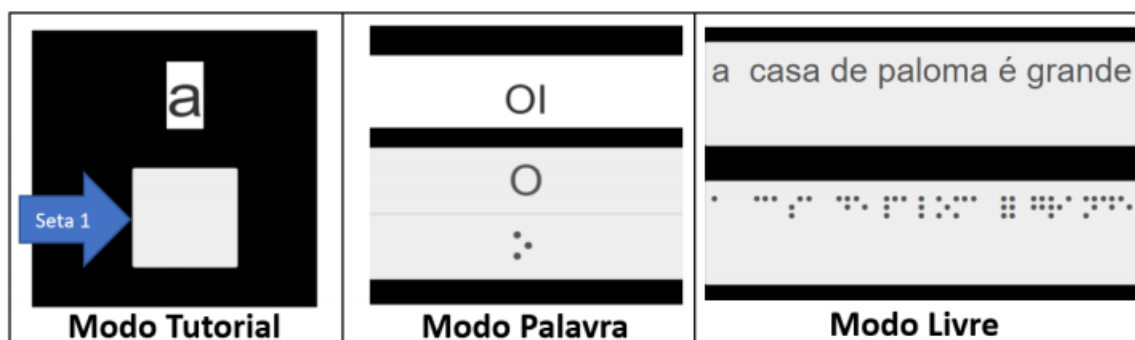


Figura 2.3: Modos de funcionamento do *Braillelearning*.

Fonte: Santana et al. (2019)

Já no modo palavra, os usuários recebem do sistema palavras aleatórias e devem escrevê-las corretamente no espaço em branco (Santana et al., 2019; Santana, 2018).

Por fim, no modo livre, o usuário pode digitar qualquer assunto de seu interesse (Santana et al., 2019; Santana, 2018).

Vale salientar que nos modos palavra e livre, durante o processo de escrita, os textos aparecem visualmente tanto na representação do alfabeto latino como na sua representação *Braille*, característica que pode ser utilizada por professores e familiares no processo de ensino e aprendizagem, além da síntese de voz.

Mais adiante, no capítulo de Resultados e Discussões, será apresentado o *The Braille Typist*, jogo sério desenvolvido com base no *Braillearning* para a escrita e treino do *Braille* através do teclado convencional e do *Braillestick*.

## Capítulo 3

### Trabalhos Correlatos

O trabalho de Maurel et al. (2012) apresenta reflexões importantes, sobretudo aquelas relacionadas à relevância de se pensar no ensino, na aprendizagem, na prática e na difusão do *Braille*. Os autores trazem dados que refletem que a maioria das pessoas com deficiência visual na França não sabe o *Braille*, e aquelas que sabem nem sempre costumam praticar seu uso regularmente, mesmo sendo o *Braille* e as tecnologias de sintetização de voz considerados como os principais meios para facilitar o uso de computadores por estas pessoas.

Os trabalhos apresentados nessa dissertação foram encontrados através de uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de identificar propostas semelhantes a do *Braillestick*. A *string* de busca continha termos em inglês e português, buscando pesquisas que abordassem a difusão/ensino/escrita do *Braille*. A string utilizada para a busca dos dados foi: **“(braille OR braile) AND (console OR joystick OR device OR input OR entry OR dispositivo OR teclado OR keyboard OR máquina OR machine OR typing) AND (teaching OR learning OR ensino OR aprendizagem OR reading OR writing)”**.

Para buscar dados mais atuais, foram filtrados os artigos dos últimos 10 anos (2010 a 2020) nas plataformas:

- IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org/>)
- Scielo (<https://scielo.org/>)
- ACM Digital Library (<https://acm.org/>)
- Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>)

Analisando parte dos artigos encontrados, percebeu-se o distanciamento em relação à proposta do *Braillestick* ou, até mesmo, a falta de soluções com a avaliação de usuários em relação ao dispositivo. Dentro dos resultados buscados, foram encontradas propostas de tecnologias assistivas, metodologias de ensino e até mesmo trabalhos que não descreviam dispositivos de entrada, sendo apenas teóricos ou apresentando tecnologias auxiliares para o desenvolvimento de tais soluções.

Desta forma, optou-se pela utilização do método de *snowballing* (Wohlin, 2016), em português bola de neve, no qual foram procurados novos artigos com base nas referências dos primeiros artigos encontrados e com base em outros trabalhos que também citavam estes artigos. Desta maneira, foram selecionados trabalhos que se adequavam aos seguintes critérios estabelecidos:

- **C1.** O trabalho propõe um dispositivo para escrita de pessoas com DV.
- **C2.** O trabalho apresenta avaliação em relação ao uso do dispositivo.
- **C3.** O trabalho apresenta o funcionamento do dispositivo de maneira clara.
- **C4.** O trabalho apresenta avaliação em relação à velocidade de uso do dispositivo.

Vale salientar ainda que o critério **C4** foi utilizado visando a comparação do *Brailletick* com tais trabalhos, sendo apresentados futuramente no capítulo de Resultados e Discussões.

No sentido de organizá-los de maneira mais clara, os trabalhos foram categorizados em três tipos, de acordo com a forma com a qual o mesmo foi desenvolvido para exercitar/realizar o uso/escrita do *Braille*:

- Soluções móveis (*mobile*): soluções para escrita em dispositivos móveis;
- Soluções vestíveis (*wearables*): modelos em forma de luva/anéis; e,
- Soluções físicas: trabalhos que propuseram a criação de dispositivos e que não se enquadram nas categorias anteriores.

### 3.1 Soluções Móveis (*Mobile*)

Nesta seção, serão abordados diversos trabalhos que, através do celular, permitem de alguma forma o exercício do *Braille* para a realização da escrita.

Para tornar os *smartphones* mais acessíveis ao público com deficiência visual, Hamzah e Fadzil (2016) propõem a utilização de um teclado, semelhante ao convencional mas com as letras em *Braille*. Quando acoplado aos dispositivos móveis, o teclado permite a escrita e o acompanhamento de mensagens (*Short Message Service* - SMS) de maneira autônoma para este público, através do aplicativo que desenvolveram (*Voice4Blind*) para funcionamento em plataformas *Android*. A Figura 3.1 mostra o teclado e uma captura de tela do aplicativo *Voice4Blind*.

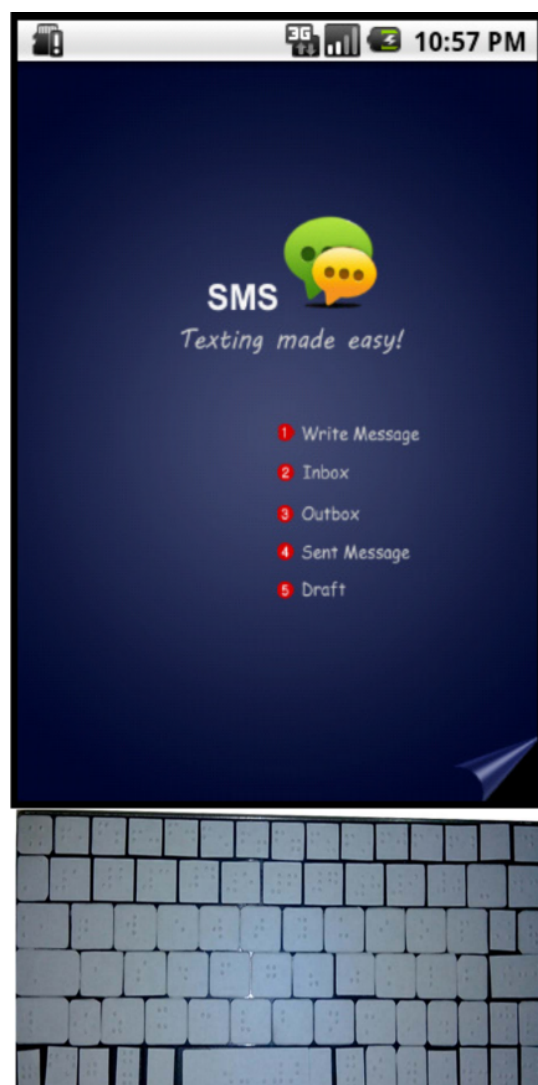


Figura 3.1: Menu do sistema de SMS e teclado em *Braille*.

Fonte: Hamzah e Fadzil (2016)

Através de tal proposta, Hamzah e Fadzil (2016) apresentam uma tecnologia assistiva adaptada, que, mesmo não utilizando o sistema de escrita da máquina *Braille*, possibilita seu treino e difusão, através da leitura tátil realizada no relevo (caracteres em *Braille*) presente nas teclas do teclado.

Outros trabalhos foram encontrados referentes à escrita do *Braille* através da utilização do toque nas telas dos celulares (*touchscreen*) (Mascetti et al., 2011; Azenkot et al., 2012; Ludi et al., 2014; Aquino et al., 2015; Mattheiss et al., 2015; AlBanna, 2016; Araújo et al., 2016; Alnfai e Sampali, 2017). Estes métodos encontrados possuem a vantagem de não necessitar de um dispositivo para a realização da entrada do texto no sistema.



Tais trabalhos revelam diferentes funcionamentos da escrita *Braille*, relacionando espaços ou toques na tela com uma cela *Braille*. Uma das propostas encontradas é a de AlBanna (2016) que pode ser verificada na Figura 3.2. Nela, o usuário precisa deslizar através dos botões (pontos) para que um caractere seja formado. Quando o dedo é levantado, o sistema reproduz o caractere em forma de áudio para o usuário.



Figura 3.2: Método de entrada baseado em *Braille* para dispositivos *touchscreen*.

Fonte: AlBanna (2016)

No *EdbeBraille*, proposto por Mattheiss et al. (2015), o processo de escrita, ainda que aconteça através do toque na tela do celular, é realizado de maneira diferente. Conforme pode ser visto na Figura 3.3, os caracteres podem ser feitos de diversas formas através da movimentação de tocar e arrastar. Para a escrita da letra “n” representada na imagem, o usuário pode escolher o menor caminho (Figura 3.3 - a), escolher o caminho conforme a ordem dos botões (Figura 3.3 - b), ou até mesmo selecionar e desselecionar um botão durante o processo (Figura 3.3 - c).

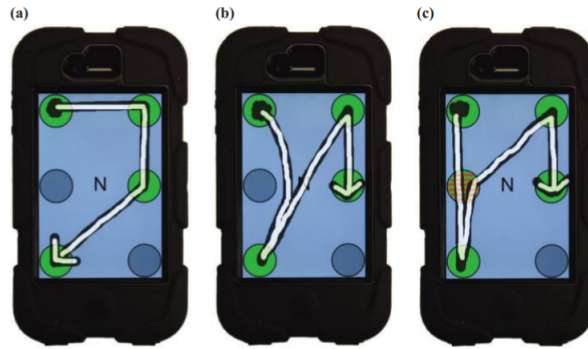


Figura 3.3: Escrita da letra “n” no *EdgeBraille*

Fonte: Mattheiss et al. (2015)

Já no *BrailleEnter* (Alnfiai e Sampali, 2017), o usuário não precisa necessariamente tocar em uma determinada localização da tela. A escrita é realizada através da análise dos gestos dos usuários.

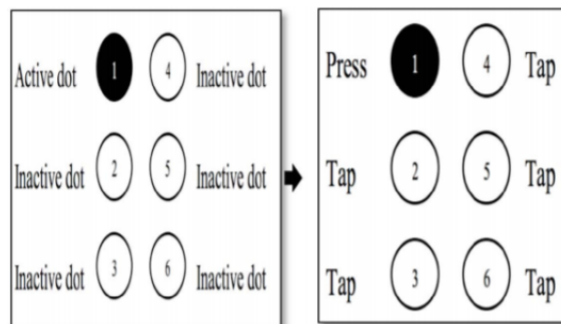


Figura 3.4: Escrita da letra “a” no *BrailleEnter*

Fonte: Alnfiai e Sampali (2017)

Para escrever uma letra no *BrailleEnter*, o usuário precisa pressionar a tela para sinalizar que o ponto é ativo e tocar nela para sinalizar que o ponto é inativo. No caso da formação da letra “a” (Figura 3.4), o usuário precisa inicialmente pressionar o dedo na tela, para indicar a ativação do ponto 1, e posteriormente tocar 5 vezes na tela para indicar que os pontos 2,3,4,5 e 6 estão desativados. Desta maneira, este método não utiliza a posição dos pontos na tela, mas sim a ordem em que os gestos são feitos (Alnfiai e Sampali, 2017).

Outra proposta de semelhante propósito foi a utilização do “Perkinput”, uma entrada de texto não visual que utiliza o *Braille*, com processo de escrita semelhante à máquina *Braille* (Azenkot et al., 2012). A proposta está apresentada na Figura 3.5.

Algo importante de ser mencionado sobre o “Perkinput” são os seus modos de entrada. Na Figura 3.5 (a), observa-se que o usuário está utilizando um dispositivo

maior, sendo aceita a entrada simultânea dos 6 pontos com a utilização das duas mãos. Já em Figura 3.5 (b), o usuário realiza o procedimento de escrita utilizando apenas uma das mãos, sendo necessário fazê-lo em duas etapas, para verificar respectivamente os conjuntos de pontos 1,2,3 e 4,5,6. Por fim, em Figura 3.5 (c), são utilizados dois celulares (primário e secundário), que são conectados entre si através do *bluetooth* para a realização do processo de escrita no dispositivo primário.

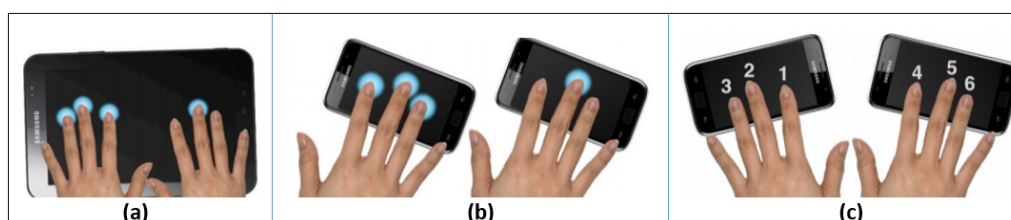


Figura 3.5: Entrada de texto através do “Perkinput”

Fonte: Adaptado de Azenkot et al. (2012)

Pelos trabalhos apresentados que utilizam dispositivos móveis para a escrita *Braille*, percebe-se que cada proposta possui sua peculiaridade em relação ao processo de escrita. Alguns oferecem também ferramentas complementares que permitem o exercício/treinamento do *Braille*.

## 3.2 Soluções Vestíveis ( *Wearable Devices* )

Outra crescente linha de pesquisa no desenvolvimento de propostas para o exercício do *Braille* por pessoas com deficiência é a utilização de dispositivos vestíveis, em inglês, *Wearable Devices*. Nesta seção, serão abordados alguns dos dispositivos encontrados através das buscas realizadas.

O trabalho de Lee et al. (2002), desenvolvido na Universidade Sungkyunkwan (Coréia do Sul), utiliza um par de luvas para a realização da escrita, tanto de textos em *Braille* como em Coreano. Semelhante à máquina *Braille*, são utilizados os dedos indicadores, médios e anelares de ambas as mãos. Além destes dedos, também é utilizado o polegar, uma vez que a escrita é feita através do toque entre o polegar e os demais. O processo de escrita utilizando esta proposta pode ser visualizado na Figura 3.6.

Outra proposta baseada na utilização de luvas é a de Yang et al. (2017). Neste dispositivo (Figura 3.7), focado para o desenvolvimento da escrita do *Braille* Taiwanês, através de um par de luvas com sensores e *feedback* em forma de áudio (de um sistema para *tablets*), os usuários podem sentir (vibração) nas pontas dos dedos, os quais são responsáveis pela formação de um determinado caractere. O trabalho propõe não apenas a criação da luva como também de um sistema para *tabletes* que contém diferentes módulos para a prática do *Braille*.



Figura 3.6: Dispositivo de escrita em forma de luva.

Fonte: Lee et al. (2002)

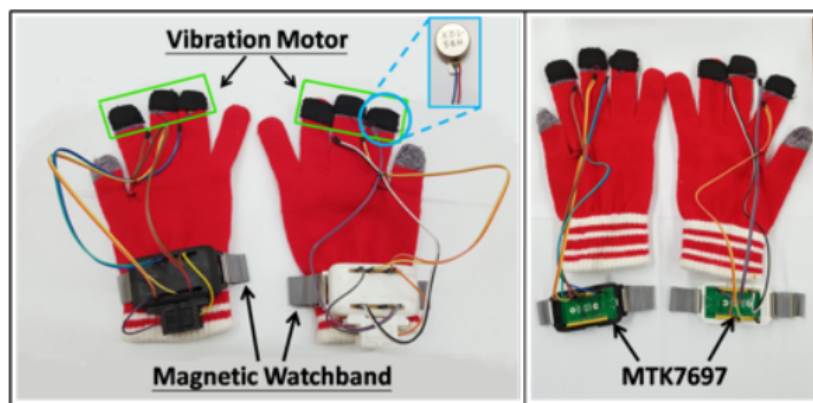


Figura 3.7: Luvas de aprendizagem do *Braille*.

Fonte: Yang et al. (2017)

Voltada para a leitura de textos em bengali (língua usada em Bangladesh) traduzidos para o *Braille*, Hazra e Hoque (2019) propõem a utilização de luvas que recebem um *Unicode* do *software* desenvolvido em java e traduzem tal informação para o Braille, sinalizando o caractere formado através de vibrações nos dedos dos usuários. Semelhante à proposta de Yang et al. (2017), nesta proposta também são utilizados sensores de vibração nas pontas dos dedos voltados para o aprendizado do *Braille*.

Conforme pode ser visualizado, a comunicação entre o *software* e as luvas são mediadas através de um Arduino, que é responsável por controlar a troca de mensagem entre os dois e realizar a alimentação dos motores, sinalizando o caractere formado. Além do *feedback* através da vibração, a aplicação desenvolvida em java também oferece uma interface gráfica para a exibição do texto em bengali.

Ainda seguindo o modelo de luva para o desenvolvimento do processo de escrita para pessoas com deficiência visual, a proposta de Sese et al. (2019) apresenta uma

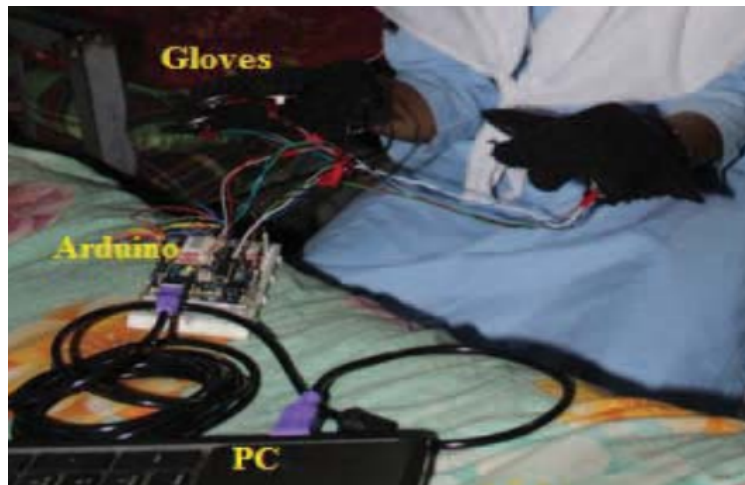


Figura 3.8: Luvas para *Braille* bengali.

Fonte: Yang et al. (2017)

solução para a escrita em dispositivos sem a representação do *Braille*. Sese et al. (2019) relatam que tal dispositivo pode ser uma boa alternativa por não utilizar o *Braille*, visto que existe uma demora no processo de aprendizagem do mesmo.

Além de ser um método de fácil transportação, outra vantagem do uso de luvas está também na facilidade de utilização do dispositivo em diferentes ambientes, principalmente quando a sua conexão com outros dispositivos é realizada sem fios.

### 3.3 Soluções Físicas

Nesta seção, serão abordadas algumas das propostas encontradas que mais se assemelham ao *Braillestick*, ou seja, dispositivos físicos com botões que almejam simular a escrita *Braille* de maneira semelhante à máquina *Braille*. São elas: Amemiya (2007); Sarkar et al. (2013); Jawasreh et al. (2017); Sultana et al. (2017); Vaca et al. (2018); Aqel et al. (2019).

As propostas de Vaca et al. (2018); Sultana et al. (2017) apresentam duas interfaces que funcionam de maneira semelhante tanto para a escrita (i.e. dispositivo físico) como para a leitura, com um visor para exibir a representação dos caracteres na tela. Ambas as propostas são representadas, respectivamente, na Figura 3.9 (a) e Figura 3.9 (b). Outro aspecto da proposta de Sultana et al. (2017) também semelhante ao *Braillestick* é a possibilidade de utilização do dispositivo para a escrita em um computador.

Outra proposta também interessante relacionada ao processo de aprendizagem do *Braille* é o “Braille Fingers Puller” de Jawasreh et al. (2017) (Figura 3.10). Com o seu uso, é possível simular a escrita e a leitura, através de um *smartphone Android*. Um educador/responsável pode selecionar uma letra que será exibida através do mo-

vimento de puxar dos anéis, ou o aluno também pode utilizá-lo independentemente, pressionando os anéis, o que fará com que o dispositivo pronuncie a respectiva letra.



Figura 3.9: Dispositivo de escrita e leitura.

Adaptado de: Vaca et al. (2018); Sultana et al. (2017)

Além disso, o “Braille Fingers Puller” utiliza também uma dobradiça que permite a modificação da estrutura do dispositivo, oferecendo semelhança à escrita através da máquina *Braille* e também à representação da cela *Braille*.



Figura 3.10: *Braille Fingers Puller*.

Fonte: Jawasreh et al. (2017)

Sarkar et al. (2013) desenvolveram uma solução para a escrita do *Braille* através da utilização de um teclado numérico, realizando o mapeamento dos botões “7,4,1,8,5 e 2” do teclado para a representação dos pontos “1,2,3,4,5 e 6” da cela *Braille* (Figura 3.11). Os demais botões são utilizados para outras funções relacionadas à utilização da ferramenta acoplada a um *software* para envio de SMS.

Além do teclado para a escrita, Sarkar et al. (2013) também propõem a utilização de 6 motores de micro-vibração, que possibilitam a representação de um caractere



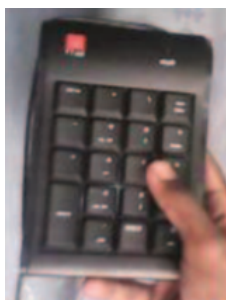


Figura 3.11: Dispositivo de escrita baseado no teclado numérico.

Fonte: Sarkar et al. (2013)

*Braille* através de vibrações no corpo da pessoa. Esta ferramenta foi idealizada objetivando a inclusão de pessoas que possuem surdocegueira.

Com semelhança a um Oboé (instrumento musical), Amemiya (2007) propõe o OBOE (*Oboe-like Braille interface for Outdoor Environment*), uma interface para uso do *Braille* japonês em ambientes externos (Figura 3.12), com disposição dos botões e método de escrita semelhantes ao da máquina *Braille*, sendo acessível também para pessoas com surdocegueira. Além disso, o dispositivo aparenta ser leve e fácil de ser transportado, dois problemas encontrados por usuários em relação à máquina *Braille*.

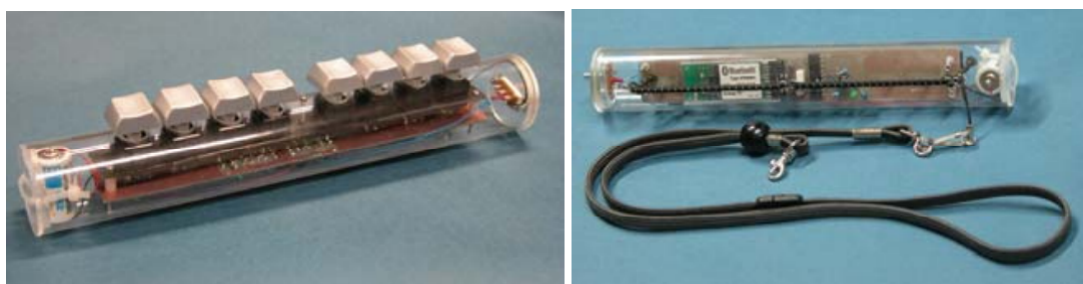


Figura 3.12: OBOE (*Oboe-like Braille interface for Outdoor Environment*)

Fonte: Amemiya (2007)

Com a idealização de desenvolvimento baseada na máquina Perkins (máquina *Braille*), Aqel et al. (2019) propuseram um dispositivo bem semelhante ao *Braillestick*, o “*Vibro-tactile Braille Display and Keyboard*” (VBDK), exibido na Figura 3.13. O VBDK utiliza microcontroladores que são responsáveis pela conversão do caractere formado em *Braille* para o ASCII correspondente, que será enviado e reproduzido em um computador, permitindo a leitura e a escrita em inglês e em árabe. O dispositivo também permite a leitura através da utilização de motores de vibração.

Nesse cenário, o *Braillestick* também apresenta uma solução voltada para o idioma português, visto que, as outras soluções encontradas em forma de dispositivo fí-



Figura 3.13: *Vibro-tactile Braille Display and Keyboard*

Fonte: Aqel et al. (2019)

sico foram desenvolvidas para a utilização em outras línguas (e.g. inglesa, árabe e japonesa).

Mais adiante, na Seção 5.5.5, serão apresentadas as velocidades encontradas dos usuários ao utilizar o *Braillestick* e as velocidades encontradas dos outros métodos/dispositivos/trabalhos correlatos aqui descritos, oferecendo um panorama comparativo entre as velocidades de digitação dos dispositivos *Braillestick*.



## Capítulo 4

# Metodologia

O objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar o *Braillestick* para/com pessoas com deficiência visual, do Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual de Feira de Santana.

Desta maneira, para a condução da pesquisa proposta neste trabalho, foi utilizado o método de pesquisa misto (qualitativo e quantitativo). Creswell (2010) relata que a utilização de métodos mistos é uma abordagem utilizada para a investigação na qual são associadas as abordagens qualitativas e quantitativas, realizando desta maneira uma análise abrangente do problema de pesquisa, capaz de fornecer mais informações sobre a ela.

Creswell (2010) aponta ainda que a realização da coleta de dados em métodos mistos pode ser realizada de maneira sequencial, quando o pesquisador coleta separadamente os dados quantitativos e qualitativos em uma pesquisa. Esta pesquisa propõe a coleta dos dois tipos de dado, de maneira sequencial. Inicialmente foi explorado um pouco sobre a opinião (dados qualitativos) dos participantes da pesquisa sobre a modelagem do dispositivo através da utilização de um protótipo e, posteriormente, o dispositivo desenvolvido foi avaliado através dos dados quantitativos que serão coletados.

Vale salientar ainda, que conforme Creswell (2010), a pesquisa mista pode priorizar um dos tipos de dados obtido. Neste sentido, mesmo realizando a coleta mista, foram priorizados neste trabalho os dados quantitativos, por possibilitarem uma melhor comparação do *Braillestick* com o teclado convencional e, até mesmo, com outros dispositivos com objetivos semelhantes encontrados na literatura com resultados baseados nas medidas que serão avaliadas nesta pesquisa.

Para a realização da pesquisa, decidiu-se utilizar uma metodologia de estudo de caso, que é uma estratégia de investigação na qual o pesquisador pode explorar profundamente eventos, atividades e processos em indivíduos (Creswell, 2010). Mafra e Travassos (2006) apontam o estudo de caso como um método experimental de investigação capaz de monitorar atributos presentes em uma entidade, através da

coleta de dados e realização de procedimentos estatísticos que permitem avaliar um atributo ou relacionamento de diversos atributos.

A Figura 4.1 retrata, de maneira sucinta e cronológica, os passos que foram tomados para a realização da pesquisa.

Como esta pesquisa envolve a participação de seres humanos, o estudo de caso foi precedido da etapa de submissão do projeto ao Comitê de Ética da Universidade Estadual de Feira de Santana, para posterior realização do estudo de caso. Nas seções seguintes, serão detalhadas informações relacionadas à realização da pesquisa.

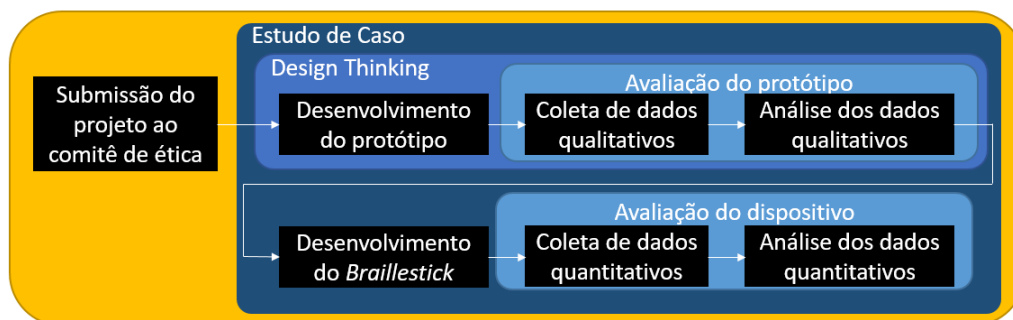


Figura 4.1: Passos Metodológicos.

## 4.1 Submissão do Projeto ao Comitê de Ética

Para esta etapa, foram elaborados e submetidos os documentos necessários para o aceite do projeto (CAAE: 30877120.5.0000.0053), tais como: brochura de pesquisa, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Apêndice A), Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B), declaração de autorização do local onde a pesquisa será realizada (Apêndice C), declaração dos pesquisadores se comprometendo a realizar a pesquisa em conformidade às Resoluções CNS 466/2012 e CNS 510/16, declaração de orçamento, cronograma de execução do trabalho e instrumentos de coleta que foram utilizados.

## 4.2 Estudo de Caso

O método adotado para investigação foi o estudo de caso, para tanto, optou-se pela realização de um único estudo descritivo. Meirinhos e Osório (2016) descrevem o estudo de caso como único, quando os estudos são baseados apenas em um caso, e descritivos, quando apresentam a descrição completa de um fenômeno inserido no seu contexto. A seguir são explicitados alguns aspectos importantes relacionados ao desenvolvimento do estudo.

O estudo com cada participante foi realizado seguindo a ordem de atividades presente na Figura 4.2. Desta maneira, a coleta de dados ocorreu em dois momentos:

no primeiro, foram avaliados os protótipos de cases para o *Braillestick* e, posteriormente, no segundo momento, foi avaliada a escrita com o teclado e a escrita com o *Braillestick*.

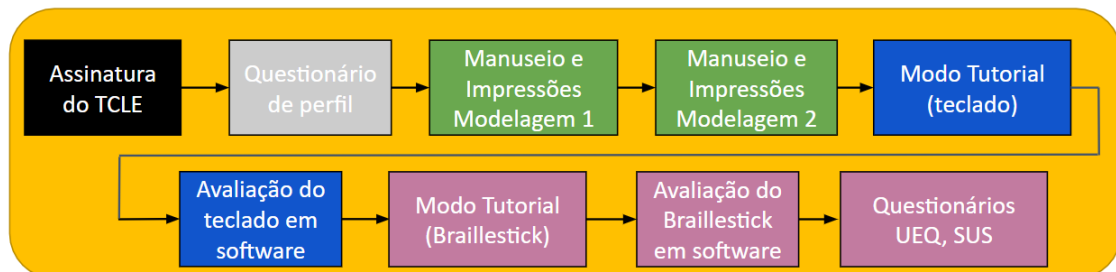


Figura 4.2: Passos realizados no estudo de caso.

### 4.2.1 Cenário

O estudo de caso foi realizado com membros do Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual (CAP-DV) da Associação Jonathas Telles Carvalho em Feira de Santana - Bahia. A instituição, localizada na avenida Eduardo Fróes da Mota, número 5, no bairro Santa Mônica, conta com um laboratório de informática, *internet* e computadores para os seus alunos. As coletas foram realizadas com o computador pessoal e teclado do pesquisador, além do *Braillestick* e seus protótipos.

O CAP-DV fornece assistência às pessoas com deficiência visual, promovendo acesso a recursos que atendam às necessidades básicas destas pessoas, capacitando-as para seu uso e preparando-as para a educação formal e para o exercício da cidadania, através de ações sociais que são promovidas.

Alguns programas e projetos ofertados pelo CAP-DV promovem: a estimulação sensorio-motora; a estimulação visual (visão subnormal); a pré-alfabetização; a alfabetização em *Braille*; a escrita cursiva; o acesso à Informática e a produção de livros em *Braille*.

### 4.2.2 Participantes

Os participantes da pesquisa foram pessoas que frequentam o CAP-DV de Feira de Santana, selecionados em função dos seguintes critérios de inclusão:

- Voluntário com deficiência visual.
- Voluntário com experiência no uso da máquina *Braille*, visto que um dos objetivos do dispositivo é que o processo de escrita seja semelhante ao da máquina.

Para a avaliação qualitativa e quantitativa do *Braillestick*, o dispositivo foi avaliado por dez pessoas.

### 4.2.3 Desenvolvimento do Protótipo

Em uma etapa inicial, foi realizada uma pesquisa exploratória para auxiliar o desenvolvimento do protótipo (modelagem física do dispositivo). Neste momento, foi utilizada a metodologia centrada no usuário, *Design Thinking*, empregando-a semelhante ao trabalho de Gómez et al. (2017), no qual são utilizados os seguintes passos:

- **Empatizar:** Entender mais sobre o objeto de estudo e seus usuários. Esta etapa foi realizada com base na fundamentação teórica sobre pessoas com deficiência visual e também com a realização de visitas ao CAP-DV, anteriores à pandemia do COVID-19.
- **Definir:** Definir como o *Braillestick* será desenvolvido com base nas necessidades dos usuários, para atendê-los da melhor forma.
- **Idealizar:** Começar a definir o modelo do dispositivo que será criado e como será seu funcionamento.
- **Prototipar:** Criar um protótipo do dispositivo para que o usuário possa opinar sobre possíveis melhorias e falhas.
- **Avaliar:** Através da utilização das técnicas de teste *Wizard of OZ* (no português, mágico de OZ) e *Feedback Capture Grid* (no português, Grade de captação de opinião), analisar a aceitação da modelagem do protótipo, isto é, o funcionamento e a adequação dos botões e o posicionamento da mão nas propostas de moldes para o *Braillestick*.

### 4.2.4 Coleta de dados do Protótipo

A fim de conhecer melhor o perfil dos participantes, em uma etapa antecessora à coleta dos dados do protótipo, foi aplicado o questionário de perfil (Apêndice D), levantando dados demográficos do participante e sua relação com o uso de tecnologias e da máquina *Braille*.

Posteriormente, para a avaliação do protótipo foram coletados os dados qualitativos que serviram para a construção e melhoria do *Braillestick* através da apresentação dos dois protótipos para manuseio dos participantes. Para tanto, foram utilizadas as técnicas *Wizard of Oz* e *Feedback Capture Grid*.

Com o uso da técnica *Wizard of Oz*, foi possível verificar como o usuário utilizava o dispositivo mesmo sem o seu funcionamento completo (d.school, 2018). Através dela, foi possível avaliar os protótipos, com simulações de saída do sistema, de acordo com o uso do participante. Desta maneira, o pesquisador solicita por exemplo, que o usuário digite a letra “f”, observando se o participante executou de maneira correta a tarefa e suas considerações em relação ao procedimento.

Já o *Feedback Capture Grid* permitiu o registro das observações para identificar aspectos bons e barreiras encontradas pelos usuários na avaliação do *Braillestick*. Para

tanto, foram anotadas as percepções que relatam basicamente: aspectos positivos, negativos, dúvidas dos usuários e possíveis ideias (d.school, 2018).

Com a combinação das duas técnicas, foi possível coletar dados que sugerem requisitos necessários de modelagem do *Braillestick*, possibilitando desta maneira uma correção antecipada de problemas que, de certa maneira, pudessem dificultar a usabilidade do dispositivo pelo seu público alvo.

#### 4.2.5 Avaliação do Protótipo

Para avaliação dos protótipos, foram utilizados os resultados qualitativos obtidos com as duas técnicas apresentadas anteriormente: *Wizard of Oz* e *Feedback Capture Grid*. Neste sentido, com a primeira delas foi possível verificar, através das falas, sugestões e comportamentos dos usuários, possíveis melhorias para o desenvolvimento do molde do *Braillestick*, e, com a segunda foi possível agrupar as opiniões dos usuários em relação às observações que foram percebidas.

#### 4.2.6 Desenvolvimento do *Braillestick*

Com a modelagem da estrutura externa do *Braillestick* já validada pelos seus usuários, foi necessária também a validação da parte lógica, para a integração com o molde, possibilitando a finalização do dispositivo. O critério para a escolha do protótipo para a realização dos testes foi resultante da etapa anterior de avaliação dos protótipos, considerando sobretudo as opiniões dos usuários e a semelhança entre o processo de escrita da máquina *Braille* e o protótipo.

Para a realização da parte programável que é responsável pelo funcionamento lógico dos botões do *Braillestick*, que funciona semelhante as teclas da máquina *Braille*, foi utilizado um Arduino Uno e a linguagem de programação Python (para criação de um *driver* capaz de receber e interpretar as saídas do Arduino). Desta maneira, realizou-se o mapeamento dos botões, para que quando pressionados gerassem um código que seria lido pelo *driver*, que o converteria para o caractere correspondente em um sistema, no caso desta pesquisa, o jogo *The Braille Typist*.

#### 4.2.7 Coleta de dados do *Braillestick*

Nesta etapa, foi testado o funcionamento do dispositivo de forma geral, isto é, sua modelagem e seu funcionamento. Para tanto, foi necessário apresentar ao usuário o *The Braille Typist*, visto que a ferramenta foi utilizada para a coleta de dados (velocidade e precisão).

Após a apresentação do *The Braille Typist*, cada usuário utilizou a ferramenta com o *Braillestick* e com o teclado convencional, por um determinado tempo através do modo tutorial, para que fosse possível se acostumar com o seu uso. Posteriormente, o voluntário foi redirecionado para o modo capaz de obter e mensurar os dados

de velocidade (taxa de palavras/caracteres escritos em um determinado tempo) e precisão (através do seu registro de erros).

Além disso, as medidas encontradas para velocidade também foram comparadas com as utilizadas em outros dispositivos para pessoas com deficiência visual, apresentados na seção de Trabalhos Correlatos.

Por fim, durante o estudo de caso, foram utilizados instrumentos de coleta para o levantamento quantitativo sobre questões relacionadas à usabilidade e à experiência do usuário a partir da utilização do dispositivo *Braillestick*. São eles:

- Questionário de Experiência do Usuário - Anexo E *User Experience Questionnaire* (Laugwitz et al., 2008): Questionário validado para verificar a aceitabilidade do dispositivo em relação à experiência do usuário através de 6 medidas (atratividade, perspicuidade, eficiência, confiabilidade, estimulação e inovação). O questionário possui 26 perguntas, que apresentam características opostas de avaliação, com propriedades relacionadas a produtos (e.g. desagradável e agradável, desinteressante e atrativo), em uma escala Likert, que varia de 1 a 7 pontos.
- Questionário de Usabilidade de Sistemas - Anexo F *System Usability Scale* (Brooke, 1996): para averiguar a usabilidade do sistema em termos de eficiência, efetividade e satisfação dos usuários. O questionário foi desenvolvido através de uma escala Likert que varia entre 1 (discordando totalmente da afirmação) a 5 (concordando totalmente com a afirmação).
- Questionário para avaliação de Jogos/Estratégias Educacionais - Anexo G: para a avaliação de motivação e desenvolvimento de habilidades dos usuários do *Braillestick*. O questionário foi desenvolvido por Silva (2015) com base na proposta de Savi et al. (2010).

#### 4.2.8 Avaliação do *Braillestick*

Para a análise dos dados quantitativos, foi utilizado o *software* estatístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 17.0.

Os resultados obtidos foram analisados através de estatística descritiva, gerando valores de média e desvio padrão para cada uma das medidas utilizadas para a avaliação da ferramenta. Além destas medidas, foram utilizados também *boxplots* para facilitar a análise de concentração e dispersão destes dados.

Além disso, também foram utilizados métodos da estatística inferencial, realizando testes de hipótese de t de *Student* para checar se existe diferença entre o desempenho dos usuários nos dispositivos utilizados.

Por fim, foram gerados gráficos que permitem identificar de maneira mais sucinta os dados obtidos através dos questionários que foram aplicados, mostrando a aceitação do *Braillestick* de acordo com as propriedades que foram analisadas.

# Capítulo 5

## Resultados e Discussões

O desenvolvimento do *Braillestick* foi realizado a partir das etapas metodológicas descritas no Capítulo 4, visando entregar à comunidade um dispositivo de baixo custo e de fácil mobilidade. O custo acessível e a mobilidade facilitada fortalecem a inclusão digital, e como consequência a social, das pessoas com deficiência visual. Este capítulo busca detalhar cada uma destas etapas do desenvolvimento do *Braillestick*, desde a concepção dos protótipos até a avaliação final do dispositivo físico/funcional por usuários com deficiência visual, assim como discutir e refletir os resultados obtidos. Além disso, também será detalhado o desenvolvimento e uso do *The Braille Typist*.

### 5.1 Ameaças à validade da Pesquisa

Ao longo da pesquisa, foram enfrentados alguns problemas e, com eles, detectadas ameaças a esta pesquisa que, de alguma forma, interferiram direta ou indiretamente nos resultados obtidos. A primeira delas, e talvez a de maior impacto, foram as questões sanitárias e de distanciamento social impostas pela pandemia do COVID-19. Com o planejamento do processo de validação do dispositivo proposto para o ano de 2020, com a chegada da pandemia esta atividade foi adiada para o segundo semestre do mesmo ano, com a expectativa de que o cenário melhorasse. Como isso não aconteceu, foi necessário repensar o projeto e, sobretudo, em que momento e como as avaliações poderiam acontecer.

A princípio, as validações aconteceriam no CAP-DV, mas como a instituição, neste período, estava com suas atividades suspensas, foi necessário um movimento no sentido de contactar a direção da instituição para viabilizar o estreitamento entre o pesquisador e os prováveis voluntários e a possibilidade de avaliação em suas residências ou em locais que eles achassem mais apropriados, garantindo todo o cuidado de distanciamento e de higiene necessários. Este procedimento foi realizado, permitindo o deslocamento do pesquisador até os locais indicados pelos participantes, com os respectivos consentimentos. De alguma forma, o processo de testes se tornou um

pouco mais lento e custoso do que o previsto, pois, em alguns casos, foi necessário o deslocamento para outras cidades vizinhas ou distritos.

Também decorrente da impossibilidade de acesso ao CAP-DV, os voluntários deixaram de ter acesso à máquina *Braille* e, com isso, muitos deles ficaram destreinados em relação a seu uso, assim como em relação à formação dos caracteres em Braille.

Este cenário também se revelou como uma ameaça para a validação das medidas de velocidade do dispositivo *Braillestick* e a precisão dos usuários, uma vez que a maioria ou parte deles relataram ter esquecido a composição de algumas letras por falta de prática. Vale ressaltar que toda a atenção foi dispensada a este momento de teste, possibilitando que os usuários utilizassem o modo tutorial (ver Seção 5.4) em ambos os dispositivos (i.e. teclado convencional e o *Braillestick*) pelo tempo que fosse necessário, lembrando que este modo oferece aos usuários a composição de cada caractere em Braille como resposta, funcionando como uma estratégia de treinamento. Desta forma, acredita-se que poderiam ser encontrados valores melhores da avaliação relacionada à velocidade do dispositivo e à precisão dos usuários (avaliação encontrada na Seção 5.5.1), opinião inclusive apontada por alguns participantes.

## 5.2 Perfil dos Participantes

Conforme descrito, a pesquisa foi dividida em dois momentos, dos quais participaram 10 pessoas com deficiência visual que conheciam a máquina *Braille*. Os 10 participantes voluntários da pesquisa foram os mesmos para os dois momentos, selecionados através da indicação dos profissionais do Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual (CAP-DV) na Associação Jonathas Telles Carvalho.

Para conhecer um pouco mais sobre os participantes, o estudo de caso teve início com um questionário de perfil (Apêndice D), com perguntas relacionadas à deficiência, à utilização de jogos/tecnologias e à relação dos mesmos com o Braille e a máquina *Braille*. A Figura 5.1 reflete um grupo misto em diferentes faixas etárias e gêneros, com predominância do sexo masculino. Essa diversidade é importante, pois permite que a ferramenta seja avaliada por diferentes pessoas em momentos distintos de suas vidas, o que impacta, em certa medida, no conhecimento do Braille e na sua futura experiência o uso do dispositivo *Braillestick*.

Conforme já abordado na Fundamentação Teórica, a deficiência visual pode ser classificada/diagnosticada de diferentes formas e em diferentes níveis, por isso também foi necessário conhecer alguns dados sobre a deficiência visual dos participantes da pesquisa, tais como o tipo da deficiência, se congênita ou adquirida, e quando teve início (Figura 5.2).

Embora na literatura, no geral se classifique o deficiente visual como cego ou com baixa visão, um dos participantes ao responder sobre o tipo de sua deficiência disse



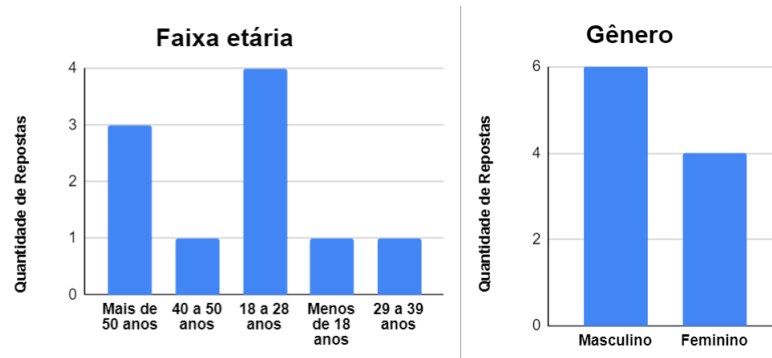


Figura 5.1: Gráfico de Perfil dos Participantes

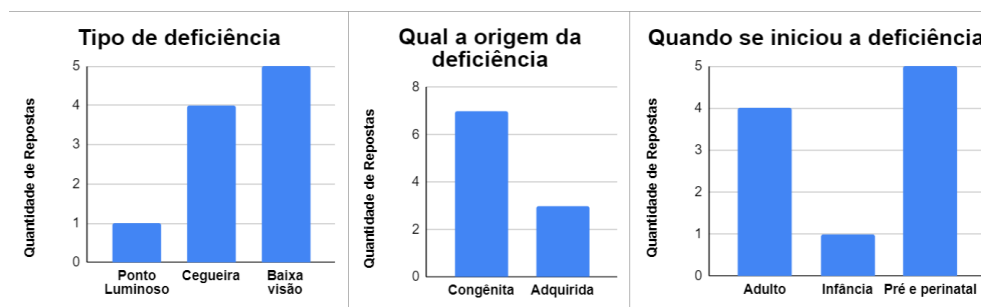


Figura 5.2: Gráfico de Deficiência dos Participantes

que não se considerava enquadrado nem como cegueira, nem como baixa visão, selecionando a opção “outros” e se caracterizando como ponto luminoso. Isso revela uma dificuldade entre as pessoas com deficiência em caracterizar o grau de sua deficiência. Embora sendo considerado por profissionais como baixa visão, ele não se sentia representado em tal grupo, visto que, mesmo possuindo resquícios de visão, não conseguia identificar objetos e a proximidade deles, apenas enxergando luminosidade. Relatou ainda que, ao procurar um médico especialista, o mesmo disse que a definição de ponto luminoso se adequava mais nesta situação.

Ainda sobre a deficiência, destaca-se que, em 7 dos participantes, ela é congênita, e, em 3, foi adquirida ao longo da vida. Quanto ao início da deficiência, 5 dos participantes afirmaram já nascer com tal condição (pré e perinatal), enquanto para 1 deles a deficiência tenha se desenvolvido na infância e para 4, adquirida já na fase adulta. Comparando as respostas de quando se iniciou a deficiência e se ela era congênita ou adquirida, percebe-se uma leve discrepância (congênita: 7, pré e perinatal: 5 + infância: 1), se considerarmos a congênita como aquela com a qual a pessoa já nasce ou que se manifesta ao longo dos primeiros anos de vida (Nunes e Lomônaco, 2010), em função de alguma doença (perda gradativa da visão). Estes dados mostram, mais uma vez, a dificuldade das próprias pessoas com deficiência visual e de seus familiares em apontar a origem e o momento no qual a deficiência teve início.

Assim como a diversidade de faixa etária e de gênero, estes dados podem ser importantes na avaliação do *Braillestick*, na compreensão de se o fato de uma pessoa nunca ter enxergado (congenita) ou ter perdido totalmente a visão ao longo da vida (adquirida), ou ainda com muita dificuldade de enxergar um pouco, interfere na verificação do funcionamento deste dispositivo.

Sendo um dos propósitos futuros do *Braillestick* a utilização do dispositivo como um controle para jogos, os usuários também foram perguntados sobre a relação que tinham com o uso de jogos digitais e não digitais (Figura 5.3). Através dos dados, pode-se perceber que os participantes não costumavam jogar com muita frequência. Ao serem perguntados quanto aos motivos, alguns dos problemas salientados foram: 1) encontram poucos jogos; 2) letras pequenas; 3) falta de jogos relacionados aos seus interesses (jogos de inteligência), a maioria dos jogos encontrados são de sorte; 4) falta de jogos novos (sempre jogam os mesmos); 5) falta de jogos acessíveis; e 6) os jogos encontrados são chatos.

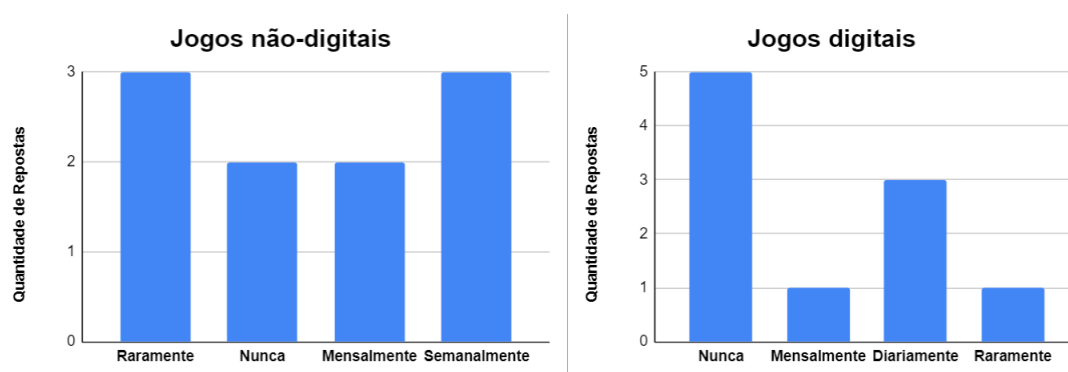


Figura 5.3: Gráfico de Uso de jogos entre os Participantes

Tais informações demonstram uma falta de preocupação ainda em relação à inclusão digital de pessoas com deficiência visual no desenvolvimento de jogos, além da dificuldade dos indivíduos em encontrar jogos que possam ser jogados por eles (acessibilidade) e da falta de divulgação de ferramentas para estas pessoas. Aqueles que costumam jogar com maior frequência relataram usar jogos de tabuleiro e cartas, digitais ou não digitais. Ademais, 2 participantes também apontaram não utilizar jogos por falta de interesse.

Por fim, os indivíduos foram questionados sobre a sua relação com a máquina *Braille* (Figura 5.4). Todos os dez relataram que já conheciam a máquina *Braille*, o que já era esperado, a princípio, visto que este foi um dos critérios de inclusão dos participantes. Quando perguntados se possuíam uma máquina, oito dos participantes responderam que não e dois responderam que sim. Vale salientar que estes 2 participantes era um casal com deficiência visual, que ganhou uma máquina sem funcionamento e fez o reparo.

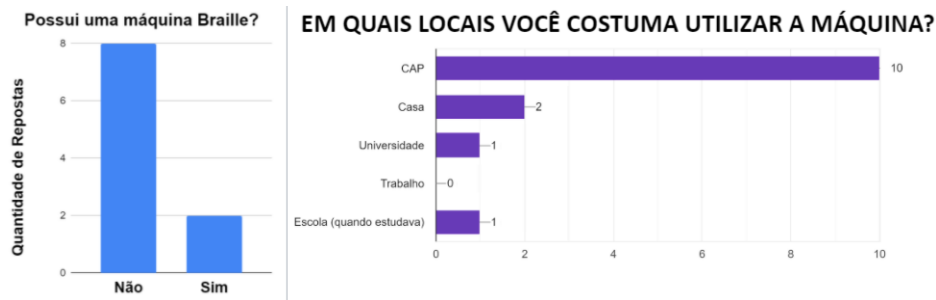


Figura 5.4: Gráficos relacionados à máquina *Braille*

Todos os participantes salientaram os altos preços para se comprar uma máquina *Braille*, sendo este um investimento muito caro. Algumas observações feitas neste sentido estão relatadas nas falas dos participantes a seguir:

- **Participante 1:** “Porque a máquina *Braille* é cara demais. Ela é muito boa, mas não possuo dinheiro para comprar”;
- **Participante 2:** “Não possuo pelo preço, o pessoal da universidade me ofereceu uma emprestada, mas é muito pesada para trazer para casa”;
- **Participante 3:** “Eu tenho pois ganhei de presente em 2019, se não eu não teria, uma máquina dessa é muito cara”;
- **Participante 4:** “Por que é cara”;
- **Participante 5:** “A máquina é muito cara. Inclusive já tentei enviar cartas para programas sociais para tentar conseguir novas máquinas para o centro”;
- **Participante 6:** “Ela é muito cara, eu ia comprar mas era muito cara. Eu fiquei pensando que se fosse utilizar para a minha profissão valeria o investimento, mas como não era essencial eu deixei pra lá”;
- **Participante 7:** “Eu ganhei a minha (não teria condições financeiras de comprar uma). Acho ela maravilhosa, linda e bela. Minha amiga de guerra, anos usando ela”;
- **Participante 8:** “Não é acessível financeiramente (muito cara); coisa de 2000 reais ou mais. A máquina é excelente para escrever, mas ela é pouco utilizada até por que hoje em dia não se manda mais carta. Com a utilização de celular e computador a gente quase não utiliza mais ela”;
- **Participante 9:** “Não possuo condições financeiras”;
- **Participante 10:** “Não possuo por causa da condição financeira. Eu tinha reglete mas não utilizava muito”.

Além disso, vale salientar que todos os participantes apontaram a máquina *Braille* como principal método utilizado para escrita do *Braille*. Dos 10 participantes, 7

apontaram que utilizavam a ferramenta apenas no CAP-DV (semanalmente). Os dois que possuíam uma máquina, sinalizaram que a utilizava em casa, na escola, quando estudavam, e no CAP-DV (diariamente). Um deles também conseguia utilizar diariamente, pois possuía uma à sua disposição no Núcleo de Acessibilidade da Universidade em que estuda.

Tais dados não só delineiam o perfil dos participantes da pesquisa como também apontam para a falta de acesso a tecnologias inclusivas e a ferramentas já existentes para pessoas com deficiência visual. Mesmo considerando a máquina como o método mais utilizado para a escrita Braille, a maioria dos participantes não só não possui a máquina, como não tem condições de adquiri-la. No período anterior à pandemia do COVID-19, ainda era possível utilizá-la uma vez por semana nas aulas no CAP-DV. Entretanto, neste momento do distanciamento social, estavam há mais de 4 meses sem utilizá-la, pois a instituição está sem atividades presenciais.

### 5.3 Desenvolvimento e Avaliação do Protótipo

Conforme já descrito na seção de Metodologia, a concepção dos protótipos do *Braillestick* seguiu a metodologia *Design Thinking*, pelo seu potencial de não pensar apenas no desenvolvimento do produto como também e, sobretudo, pensar nas pessoas diretamente envolvidas, neste caso, as pessoas com deficiência visual. Para tanto, as fases foram idealizadas e executadas como visto na Figura 5.5.

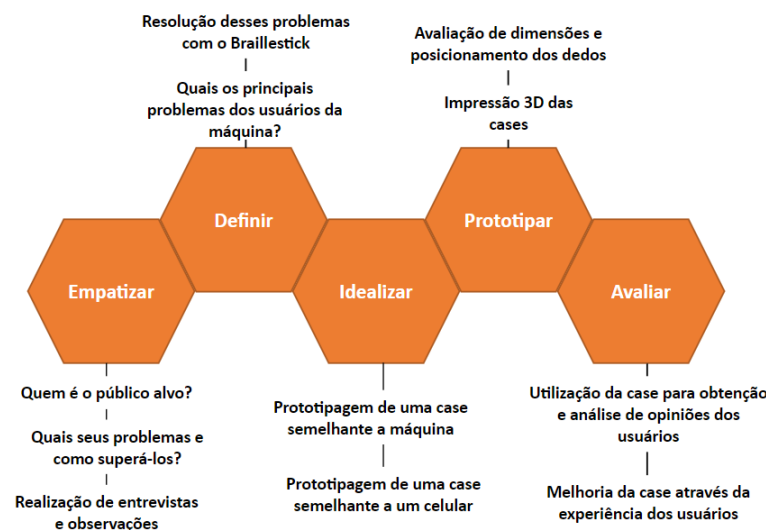


Figura 5.5: Design de Desenvolvimento do Protótipo.

Fonte: Adaptado de (Santana et al., 2020a)

Na primeira etapa (Empatizar), tornou-se necessário conhecer um pouco mais sobre a rotina dos usuários, suas limitações e potencialidades, para que fosse possível pensar e viabilizar a construção de um produto que trouxesse uma inovação significativa e

acessível para a escrita do *Braille*. Essa etapa se concretizou com visitas ao CAP-DV, anteriores à pandemia do COVID-19. Estes encontros permitiram, através de conversas informais e observações do pesquisador, conhecer um pouco da rotina destes sujeitos, suas potencialidades e barreiras enfrentadas, sobretudo em relação ao uso do *Braille*.

A segunda etapa é aquela na qual defini-se o problema. Segundo o Institute of Design at Stanford (2010), a definição correta do problema pode permitir a obtenção de uma solução mais adequada. Nesta etapa, foi possível verificar como as pessoas utilizavam a máquina e os principais problemas relacionados a ela, sendo destacado pela maioria: **o alto valor aquisitivo, o peso e a dificuldade em pressionar os botões**.

Através das observações obtidas, foram sintetizados os seguintes requisitos em relação ao desenvolvimento do *Braillestick*:

1. O processo de escrita/entrada precisa ser semelhante ao da máquina *Braille*;
2. Precisa ser fácil de transportar (tamanho e peso);
3. Precisa ser facilmente replicado;
4. Precisa ser uma solução com custo baixo.

Na terceira etapa (Idealizar), foram pensados aspectos importantes relacionados ao *Braillestick*, como por exemplo: quantidade de botões, disposição dos mesmos, distância entre eles, formatos para o dispositivo. Institute of Design at Stanford (2010) destaca que, com a apresentação de diferentes ideias, é possível não apenas encontrar uma solução, mas selecionar a melhor dentre aquelas idealizadas.

Através destes principais aspectos e sem perder a semelhança com o *Braille* e a máquina *Braille*, duas principais ideias foram propostas, sendo uma delas mais semelhante à máquina, com o uso sobre uma superfície, e a outra com uma forma de uso semelhante ao de um *smartphone* (i.e. posição horizontal, segurado com as duas mãos).

Ambas as ideias, presentes na Figura 5.6, possuem posicionamento dos dedos semelhante ao da máquina *Braille* para os botões responsáveis pelo procedimento de escrita (representados pelos círculos **1** a **6**). Além disso, foram adicionados botões para apagar (círculo **A**) e dar espaço (círculo **E**). Como também há a proposta futura de utilizar este dispositivo como controle para jogos, os botões de apagar e de espaço podem assumir funcionalidades distintas, dependendo dos atalhos do jogo (e.g. pausar/iniciar, selecionar, acelerar).

O posicionamento ideal dos dedos em cada uma das propostas também é retratado na Figura 5.6, com a indicação da primeira letra do dedo que será utilizado (**P**olegar, **I**ndicador **M**aior, **A**nelar), seguida pela letra da mão (**E**squerdo, **D**ireito).

Na quarta etapa (Prototipar), através da utilização de impressões 3D, foi possível gerar cinco *cases* com base na representação dos modelos propostos, para que testes



Figura 5.6: Protótipos Iniciais do Braillestick.

Fonte: Adaptado de (Santana et al., 2020a)

manuais fossem realizados com o pesquisador e o grupo de pesquisa envolvido. Estes testes com o grupo objetivaram encontrar uma posição em que os botões ficassem mais agradáveis para os dedos, independente do tamanho das mãos e dedos. Ao final desta etapa, foram desenvolvidas duas cases para a realização de testes com usuários (Figuras 5.7 e 5.8).



Figura 5.7: Proposta 1 do Braillestick

Por fim, foi o momento de realização da quinta etapa do *Design Thinking* (Avaliar), através do manuseio das cases impressas pelo público alvo. Este momento foi realizado com 10 pessoas que frequentam o CAP-DV, desta maneira, todos os usuários tiveram acesso aos protótipos e sabiam que o seu propósito era o funcionamento semelhante ao da máquina *Braille*.

Durante o estudo de caso, com o consentimento dos participantes, houve a gravação de algumas de suas falas para futura apuração dos aspectos positivos e negativos relacionados às cases. Ao entregar os protótipos aos usuários, era solicitado que inicialmente tentassem posicionar seus dedos de acordo com o uso da máquina *Braille*; caso não conseguissem, eram auxiliados pelo pesquisador. Em relação à proposta 1 (Figura 5.7), 6 usuários conseguiram posicionar os dedos conforme a indicação, e aqueles que não conseguiram salientaram que os botões "2", "5" e "apagar" acaba-

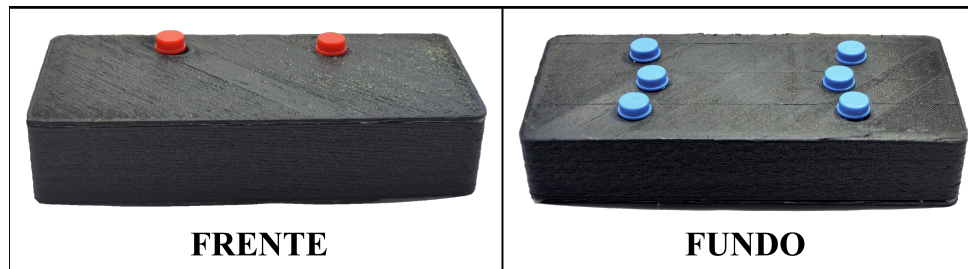


Figura 5.8: Proposta 2 do Braillestick

ram atrapalhando por não estarem alinhado aos demais. Em relação à proposta 2 (Figura 5.8), nenhum usuário conseguiu posicionar os dedos sem o auxílio inicial do pesquisador.

Após os dedos posicionados, aplicou-se o Teste Mágico de Oz, através do qual o usuário simula a escrita de algumas letras, para a verificação pelo pesquisador se o usuário entendeu o funcionamento do dispositivo. Nesta etapa, em nenhum dos protótipos os usuários possuíram problema para simular a escrita, nem tão pouco relataram problemas.

Através da técnica de *Feedback Capture Grid*, foi possível sintetizar e destacar as opiniões dos usuários em relação às duas propostas (Figura 5.9). Estas sugestões foram utilizadas como dados de análise para a realização de melhorias para a confecção do dispositivo pretendido.

(1) Pode usar em qualquer lugar	(1) Parece um controle de videogame	(1) Possibilidade de apagar	(1) Difícil em primeiro contato	(6) Botões	(4) Não lembra a máquina braille
(1) Compacto	(1) Os pontos são semelhantes a máquina braille	(1) Não precisa estar com ele na mesa	(2) Posição dos dedos diferentes	(6) Botões	(6) Os botões não alinhados dificultam o posicionamento das mãos
(10) Parece com a máquina braille	(2) Pode analisar e perceber que os botões são parecidos da máquina na posição	(1) Mais acessível	<b>Aspectos Negativos</b>		
(1) Possibilidade de apagar	(1) Compacto		<b>Ideias</b>		
<b>Aspectos Positivos</b>			(1) Botão de apagar e voltar atrás	(1) Botão de apagar sobre o do espaço	(6) Alinhar os botões
<b>Dúvidas</b>			<b>LEGENDA</b> (X) -> Quantidade de Pessoas que Afiraram Proposta 1      Proposta 2		

Figura 5.9: Feedback Capture Grid da opinião dos usuários

Em relação à proposta 1, de maneira geral, os usuários reconheceram sua semelhança à máquina *Braille*, considerando-a compacta e acessível. Um dos problemas encontrados nessa proposta que não impediu seu uso, mas foi salientado como uma dificuldade para os usuários, foi o posicionamento elevado dos botões “2”, “5” e “apagar”. Este posicionamento mais elevado foi utilizado como uma estratégia para reduzir o

espaçamento entre os botões, para que eles não ficassem tão juntos, pensando também no descanso dos dedos, visto que nestes botões ficam os dedos maiores. Outra opinião também de remodelagem da proposta 1 foi a modificação de localização do botão de apagar, sendo sugerido posicioná-lo sobre o botão de espaço.

Como os usuários com deficiência visual se guiam através da lateral dos objetos, muitas vezes era difícil encontrar estes botões e realizar o posicionamento das mãos, por estes estarem em uma posição mais superior. Desta maneira, como essa foi uma reclamação recorrente, optou-se por modificar o *design* com o alinhamento entre os botões (Figura 5.10).

Já a ideia de modificar o posicionamento do botão apagar, como não foi uma opinião muito recorrente e também poderia gerar problema de maneira semelhante aos botões 2 e 5 (de também ficar elevado), optou-se por não acatá-la. Vale a pena salientar que a modificação de posicionamento dos botões não interfere na parte lógica do circuito, podendo a *case*, desta maneira, ser oferecida em diferentes formatos para o usuário, sendo apenas necessária a realização do mapeamento correto entre os botões, o circuito e o Arduino.

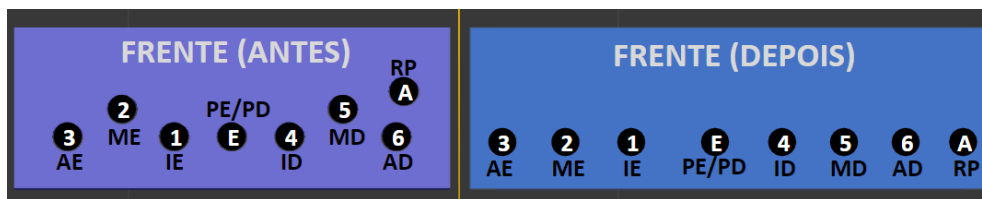


Figura 5.10: Modificação de design da Proposta 1

Já a proposta 2, alguns poucos usuários conseguiram assimilar a semelhança entre a mesma e a máquina *Braille*, mesmo com os botões sendo utilizados nos mesmos dedos. Pelo fato de os dedos ficarem posicionados verticalmente, os usuários não consideraram o uso e o posicionamento semelhantes à máquina. Além disso, também houve o relato de dificuldade do primeiro uso e a ideia de modificação da *case* para que os botões de “apagar” e “espaço” também ficassem no fundo, porém, como esta não foi uma opinião recorrente, tal modificação não foi realizada nesta *case*.

Os usuários gostaram da possibilidade de “apagar” das duas propostas, visto que na máquina *Braille* é necessário subir a folha, remover o relevo e posicionar novamente o papel, procedimento muito trabalhoso. Além disso, também elogiaram o fato de o dispositivo ser compacto, o que possibilita o transporte para outros locais, como trabalho, universidade, escola e até mesmo o CAP-DV. Um dos principais problemas relatados pelos usuários foram os botões utilizados, pelo fato de serem muito duros para pressionar, o que poderia gerar cansaço durante a escrita de longos textos. Sugeriram, neste sentido, botões que fossem mais facilmente pressionados.

De maneira geral, as duas propostas foram bem avaliadas. Ao serem perguntados sobre a preferência entre elas, 6 usuários escolheram a proposta 1 e os outros 4, a



proposta 2. Os usuários que preferiram a proposta 2 foram aqueles mais acostumados com o uso de tecnologias digitais e com a utilização de jogos.

Em função da escolha da proposta 1 pela maioria e da percepção de sua semelhança com a máquina *Braille* também pelos usuários, esta foi a *case* utilizada para a validação da parte lógica, com algumas alterações realizadas em função das sugestões.

Por fim, com a avaliação final realizada do dispositivo, foi possível validar também a parte lógica. Desta maneira, com o funcionamento correto, o circuito e Arduino podem ser utilizados em qualquer um dos protótipos, e até mesmo em outras propostas de diferentes *cases*, tornando possível que o usuário utilize aquela que mais lhe agrade, seja na criação de textos em *Braille* ou em jogos que utilizem a escrita *Braille*.

## 5.4 Desenvolvimento do *The Braille Typist*

A proposta de desenvolvimento do *The Braille Typist* surgiu a partir da necessidade de avaliação de uso do *Braillestick*, que é o objeto principal deste trabalho, e veio como expansão do *Braillearning* (vide Fundamentação Teórica). Do *Braillearning*, o *The Braille Typist* herdou: 1) a forma de utilização do teclado convencional para entrada semelhante ao *Braille*; 2) o modo tutorial, que auxilia os usuários na criação dos caracteres, quando requisitado, e; 3) Modo palavra.

Além disso, o *The Braille Typist* implementa a possibilidade de cadastro de novas palavras no banco de dados, armazenamento de dados referente aos usuários e suas partidas jogadas e possibilidade de interação com o uso do *Braillestick*.

O projeto foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Javascript e as seguintes tecnologias:

- **React Js:** para a construção de interfaces através do Javascript;
- **Responsive Voice:** para a sintetização de voz (promoção de *feedback* através de áudio ao usuário) através do Javascript;
- **Node Js:** para fazer o *backend* da aplicação, executando o Javascript sem a necessidade de um navegador *web* através do servidor;
- **SQLite:** para fazer o gerenciamento de dados armazenados no sistema.

A Figura 5.11 apresenta um diagrama que mostra a relação entre as tecnologias mencionadas. O *React*, além de exibir a interface para os clientes, é responsável pela comunicação com a API (*Application Programming Interface*) do *Responsive Voice* e com o servidor (*Node js*). Para reproduzir um texto em áudio, o *react* envia uma requisição para o *Responsive Voice*, que é responsável por reproduzir um texto em formato de áudio para o cliente. Ao cliente realizar uma requisição ao servidor, este (o servidor) realizará consultas ao banco de dados (se necessário), enviando uma

resposta para o cliente de acordo com a requisição que foi feita e a lógica de negócio implementada.

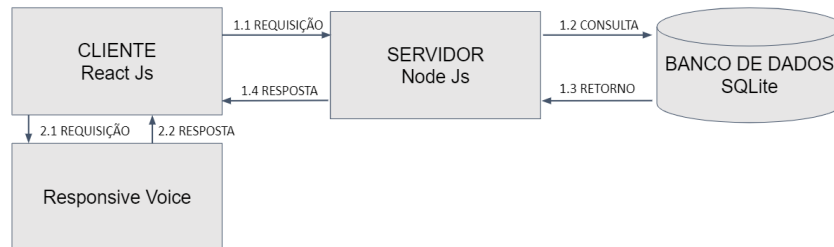


Figura 5.11: Diagrama de Tecnologias do *The Braille Typist*

O usuário para utilizar a ferramenta deve inicialmente acessá-la através de um navegador *web*, sendo direcionado para sua página inicial, na qual é possível realizar seu cadastro ou login (Figura 5.12). A navegação entre todos os elementos da tela pode ser feita através do teclado ou do mouse, incluindo pessoas com ou sem deficiência visual e com diferentes preferências de uso. O elemento com foco (botão de login, nesse caso) possui uma borda em amarelo para auxiliar as pessoas com baixa visão, além da utilização de síntese de voz para a devolução dos *feedbacks* ao usuário.

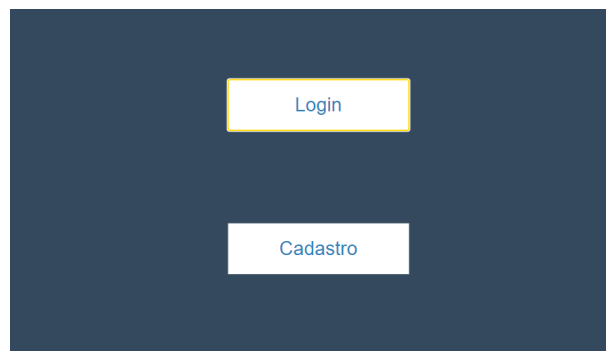


Figura 5.12: Tela Inicial do *The Braille Typist*

Após escolhida uma ação na tela inicial, o usuário será direcionado para a página de cadastro ou de login, ambas presentes na Figura 5.13. Tal procedimento é responsável pela identificação dos usuários, necessária para, posteriormente, registrar o histórico de uso do *The Braille Typist* juntamente com um dos dispositivos de escolha (i.e. teclado ou *Braillestick*)

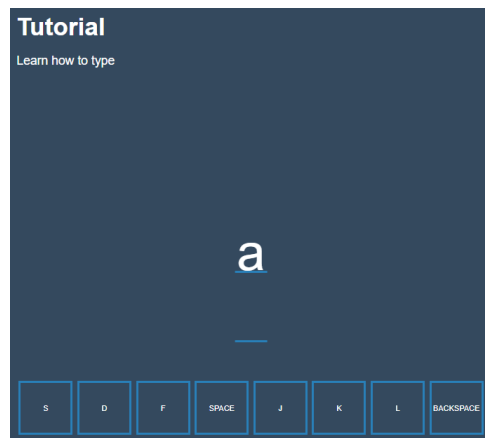
Semelhante ao *Braillearning*, o *Braille Typist* possui o modo tutorial, através do qual o usuário é capaz de treinar a escrita Braille das letras do alfabeto (Figura 5.14). Além deste, ambos possuem também o modo "palavras", embora com algumas pequenas diferenças. No *Braillearning*, o usuário digita as palavras que aparecem aleatoriamente, e diante de algum possível erro de uma das letras digitadas, o sistema reproduz a letra em forma de áudio (e a exibe, facilitando também para os usuários

(a) TELA DE CADASTRO

(b) TELA DE LOGIN

Figura 5.13: Telas de Login e Cadastro do *The Braille Typist*

videntes), permitindo que o usuário possa excluí-la e, em seguida, ter a oportunidade de digitar novamente. No *The Braille Typist*, como uma das intenções é medir a velocidade e a taxa de erro dos usuários, no modo palavras (Figura 5.15) o usuário deverá digitar a quantidade máxima de palavras que conseguir no intervalo de 60 segundos. Neste caso, o caractere *Braille* digitado de maneira equivocada não é exibido na formação da palavra (sendo exibido no campo de erro se for um caractere válido ou com “\*” se for inválido), e o sistema requisita que a letra seja novamente digitada. A palavra se completa quando todas as letras tenham sido digitadas de maneira correta. Em ambos os modos, na parte inferior, são exibidos os botões que são utilizados pelo teclado para a composição das letras em *Braille*, caso o teclado seja a opção de entrada ativa.

Figura 5.14: Tela de Tutorial do *The Braille Typist*

Na Figura 5.15, também é possível visualizar a dinâmica de funcionamento do jogo. A seta 1 indica a palavra sorteada que é disponibilizada ao usuário. Neste exemplo, o usuário deverá escrever a palavra “lagoa” logo abaixo, através do dispositivo de entrada que foi escolhido inicialmente (i.e. teclado ou *Braillestick*), que neste caso foi o teclado com a adaptação para a escrita semelhante à máquina *Braille*. A seta

2, por sua vez, indica que o usuário está pressionando simultaneamente as teclas “f”, “d” e “s”, que equivalem aos botões “1”, “2” e “3” da máquina *Braille*. A combinação destas teclas é responsável por formar a letra “l”. Quando o usuário solta as teclas pressionadas (seta 3), o sistema apresenta a letra “l” (seta 4), e assim sucessivamente para todas as demais letras. A seta 5 indica o campo destinado à sinalização dos erros do usuário em uma determinada palavra (neste caso, ainda não houve erros). Enquanto o tempo do usuário não acabar, ele receberá do sistema uma nova palavra sempre que a atual for concluída corretamente.

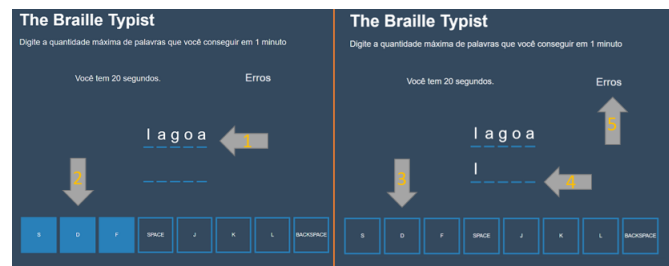


Figura 5.15: Tela do modo de coleta de dados do *The Braille Typist*

Ao final de cada partida (60 segundos), é armazenado no banco de dados do sistema todo o percurso do usuário, para possível análise e acompanhamento de seu desempenho. Os principais dados salvos são: mecanismo de entrada da partida, palavras sorteadas, tempo de digitação de cada palavra e erros realizados. A relação entre os dados pode ser vista também através do Modelo de Entidade Relacionamento apresentado na Figura 5.16. Esta figura mostra que cada partida está vinculada a um usuário e a diversas palavras sorteadas. Para cada palavra sorteada, será armazenado o tempo que o usuário levou para digitá-la, seus erros (letra obtida e letra esperada) e o que foi digitado, para armazenar palavras que foram digitadas incompletamente (última palavra da partida).

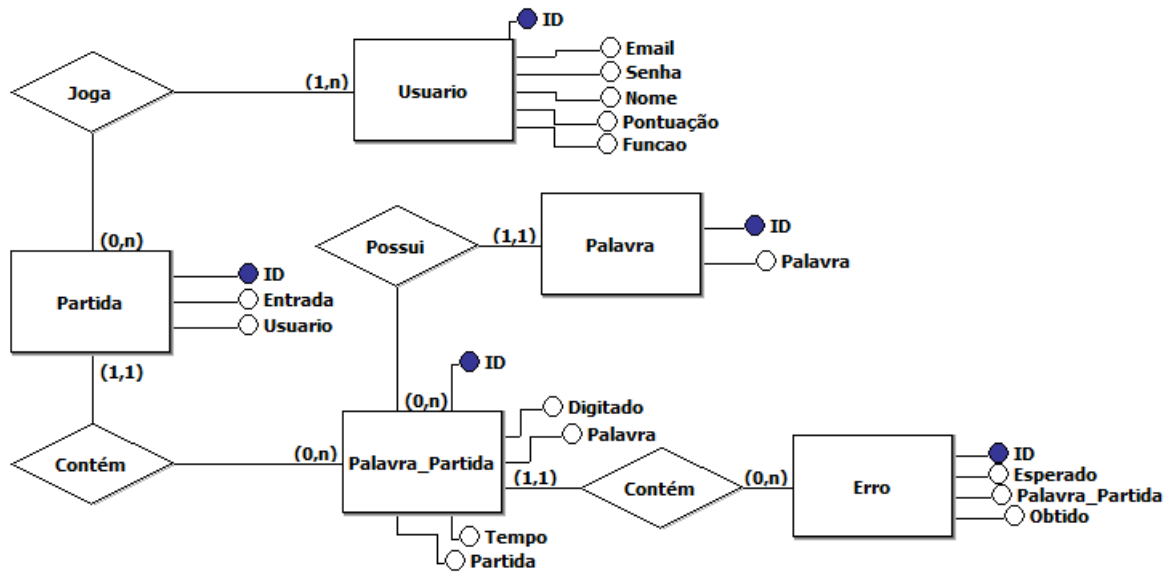


Figura 5.16: Modelo Entidade-Relacionamento do *The Braille Typist*

Com o armazenamento do histórico de partidas do usuário, torna-se possível a verificação de palavras/caracteres digitados por minuto, taxa de erros de cada usuário e, até mesmo, a verificação de padrões de erros.

## 5.5 Desenvolvimento e Avaliação do *Braillestick*

Com o protótipo já desenvolvido e avaliado pelos usuários com deficiência visual, foi realizado o desenvolvimento lógico do *Braillestick*, através da utilização de um Arduino Uno. A Figura 5.17 descreve como é feita a integração entre o dispositivo e um computador.

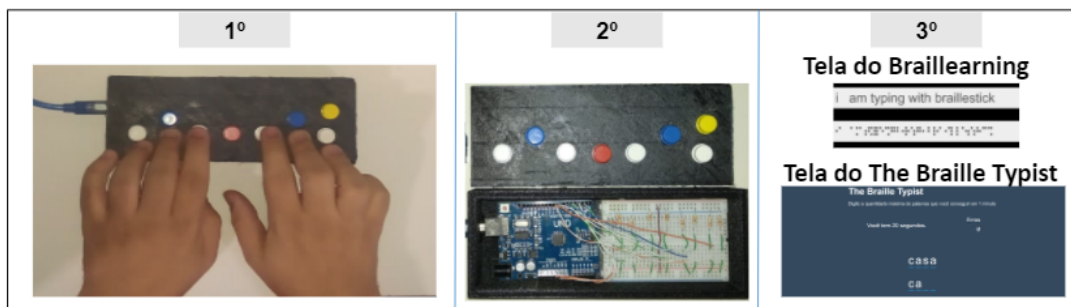


Figura 5.17: Funcionamento do *Braillestick*

Na primeira ilustração, presente na Figura 5.17, o usuário realiza uma função de escrita no *Braillestick*, como, por exemplo, o pressionamento dos botões “1” e “4”, responsáveis por formar a letra “c”.

A segunda ilustração (Figura 5.17) exhibe a parte interna do *Braillestick*, com a presença do Arduino programado para identificar os botões pressionados e enviar um código para o computador de acordo com os botões que foram pressionados. Neste momento, pensando em evitar erros devido à dificuldade de apertar todos os botões no exato momento e também evitar o envio repetido de caracteres, optou-se por realizar o envio do código apenas quando o usuário solta os botões, permitindo que o código só seja enviado para o computador no momento em que Arduino detecta uma transição de nível lógico 1 para o nível lógico 0.

Por fim, no terceiro momento, o computador recebe o código enviado pelo Arduino através de um *driver* que foi programado na linguagem de programação Python. Quando o *driver* (executado em segundo plano) recebe um código, ele identifica qual a letra ou ação (apagar ou espaçar) aquele código representa e realiza o procedimento de escrita no *Brillearnig* ou no *The Braille Typist* através do *Braillestick*. Vale salientar que o processo de escrita pode ser realizado em qualquer *software* que permita a criação de textos. A Figura 5.18 exemplifica, através de uma abordagem de alto nível, como é feito o procedimento de escrita de caracteres através do *The Braille Typist*.

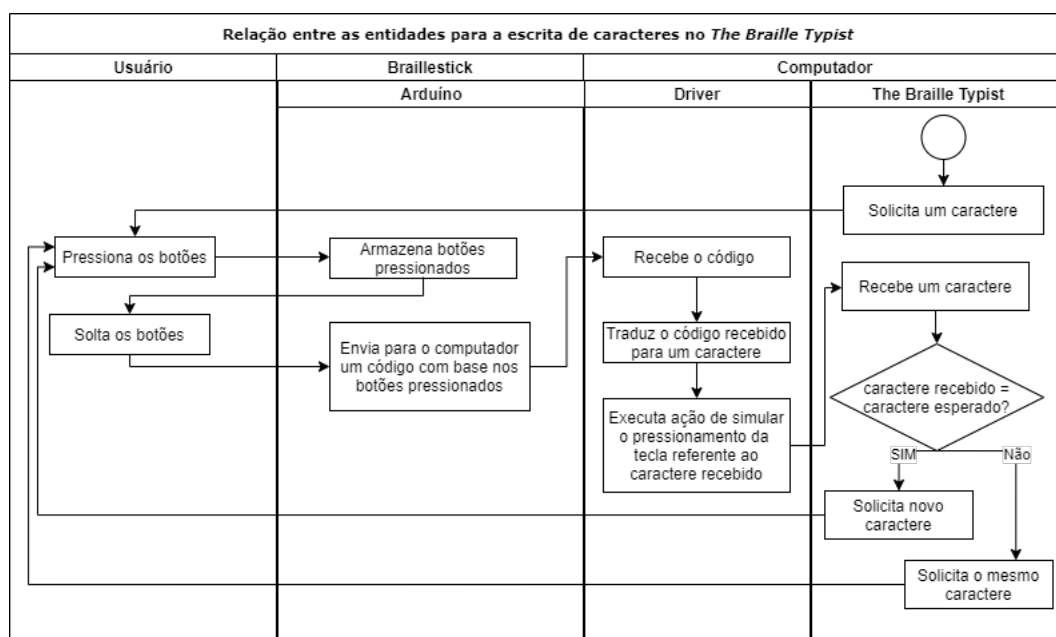


Figura 5.18: Detalhamento do processo de escrita no *The Braille Typist*

Ao iniciar a interação com o usuário, o *The Braille Typist* requisita um determinado caractere. O usuário, por sua vez, deve digitá-lo através do *Braillestick*. Neste momento, o Arduino detecta os botões pressionados e ao serem soltos, envia ao computador, através de comunicação serial (USB), um código que será traduzido por um *driver* Python, para a identificação do caractere digitado pelo usuário. Desta maneira, o *driver* realiza o processo de escrita no *The Braille Typist*. Caso o caractere

digitado seja o caractere que foi requisitado inicialmente, um novo caractere será solicitado ao usuário; caso contrário, será solicitado que digite novamente o mesmo caractere. Com o dispositivo funcional concluído, foi possível realizar a coleta de dados para aferir medidas do *Braillestick* e teclado, através do uso *The Braille Typist*.

### 5.5.1 Comparação entre o Teclado e o *Braillestick*

Com a coleta dos dados do *The Braille Typist*, foi possível realizar o comparativo entre a velocidade de digitação do usuário no computador, com o uso do teclado convencional e do *Braillestick*. Para tanto, foram agrupados os resultados de cada partida (com duração de 60 segundos) do usuário para verificação de todos os caracteres que foram digitados corretamente. Os dados sintetizados foram processados no *SPSS - Statistical Package for the Social Sciences*. Desta maneira, a velocidade do usuário em cada dispositivo foi obtida através da média de suas velocidades em relação à quantidade de partidas jogadas, sendo a velocidade considerada como a relação entre os caracteres corretos e o tempo de cada partida, portanto quanto maior o valor da velocidade, melhor o desempenho de uso, uma vez que representa mais caracteres por segundo. Os dados coletados através do uso dos dispositivos estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Velocidade de digitação dos participantes no teclado e no Braillestick

Participante	Velocidade no teclado (CPS)	Velocidade no Braillestick (CPS)
1	0,6333	0,6611
2	0,7583	0,6222
3	0,6000	0,4556
4	0,3083	0,4056
5	0,1833	0,2667
6	0,1833	0,2722
7	0,4500	0,5778
8	0,2667	0,3944
9	0,3083	0,4889
10	0,2000	0,4444
<b>Média</b>	<b>0,3892</b>	<b>0,4589</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,2089</b>	<b>0,1340</b>

CPS: Caracteres Por Segundo

Os dados da Tabela 5.1, relacionados à velocidade de cada participante ao utilizar o teclado e o *Braillestick*, foram obtidos através da média de sua velocidade em cada partida. Enquanto no teclado cada participante realizou o procedimento de escrita duas vezes, no *Braillestick* o procedimento foi realizado três vezes. Através da análise dos dados, percebe-se que alguns participantes foram mais rápidos ao utilizar

o teclado. Entretanto, de maneira geral, a média de velocidade no *Braillestick* foi maior que no teclado.

Para ilustrar graficamente as amostras, foram utilizados diagramas *boxplots*, a fim de prover uma melhor visualização das distribuições em termos de concentração e dispersão dos dados. Através da Figura 5.19, pode-se perceber uma maior dispersão nos dados referentes ao teclado quando comparado ao *Braillestick*. Uma possível suposição seria que os usuários mais acostumados com o uso do teclado possuíam melhor desempenho do que aqueles que não eram acostumados, gerando tal divergência. Além disso, a mediana da distribuição do teclado (0,3083) se encontra mais abaixo que a do *Braillestick* (0,4500) e as velocidades referentes ao *Braillestick* se concentram de maneira geral em valores superiores aos encontrados no teclado.

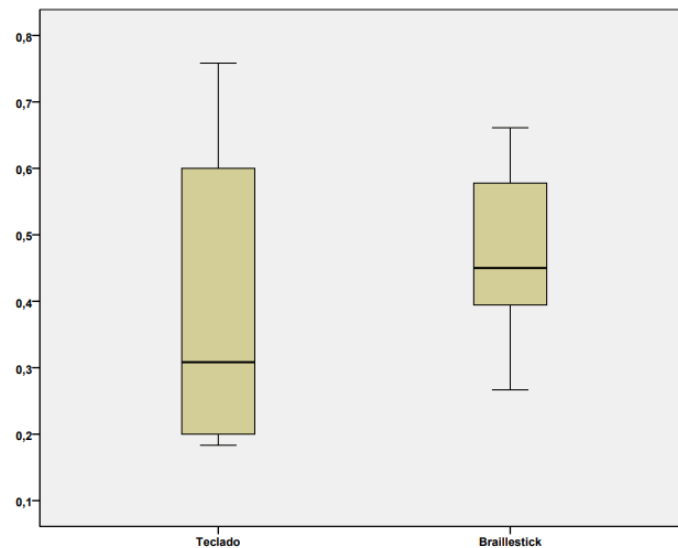


Figura 5.19: *Boxplots* das amostras de velocidade dos dispositivos

Para realizar a comparação entre as médias, verificando se houve diferença significativa entre elas, foi utilizado o Teste-t de *Student*. Desta forma, antes da aplicação do teste, averiguou-se inicialmente se as distribuições dos dados das amostras se assemelhavam a uma distribuição normal.

Para tal, foi realizado o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov*. Os valores de  $p$  encontrados através do teste de normalidade para os dados de velocidade no teclado e no *Braillestick*, com um grau de liberdade de 10, foram respectivamente  $\text{valor-}p = 0,075$  e  $\text{valor-}p = 0,200$ . Como  $\text{valor-}p > 0,05$ , é possível afirmar que há uma comprovação da hipótese nula do teste estatístico, a partir da qual pode-se dizer que os dados das amostras analisadas não diferem de uma distribuição normal.

Uma vez comprovada a normalidade da distribuição, foi possível então a realização do Teste-t de *Student* para as amostras pareadas. Com um grau de liberdade de 9 e grau de confiança de 95%, foi encontrado um valor de  $\text{valor-}p = 0,112$ . Como



o valor encontrado de *valor-p* é superior a 0,05, aceita-se a hipótese nula de que a diferença entre as duas médias seja igual a 0, mostrando portanto que não há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias das amostras.

De acordo com tal resultado, pode-se considerar que ambas as propostas, teclado e *Braillestick*, se apresentam como alternativas com velocidades semelhantes para o treinamento da escrita do *Braille*, conforme os dados encontrados através do estudo.

Durante o estudo, foram também coletados dados referentes aos erros dos usuários. A Tabela 5.2 mostra a média de erros das partidas de cada usuário para cada um dos dispositivos experimentados. Como cada partida tem duração de um minuto, a taxa de erro também pode ser representada como a quantidade de erros do usuário por cada minuto.

Tabela 5.2: Médias de erros obtidos através do uso dos dispositivos

Participante	Teclado (média de erros)	Braillestick (média de erros)
1	1,5000	1,0000
2	3,0000	4,0000
3	2,5000	3,0000
4	0,6667	0,6667
5	1,5000	0,3333
6	1,0000	2,3333
7	2,0000	1,3333
8	2,0000	2,0000
9	7,0000	3,3333
10	2,5000	2,0000
<b>Média</b>	<b>1,8519</b>	<b>1,8519</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,7564</b>	<b>1,1678</b>

Na análise estatística dos dados, a taxa de erro do participante 9 para o teclado foi considerada como uma *outlier* pelo *SPSS*, visto que seu valor diferenciava muito das outras amostras. Desta forma, para não enviesar um resultado tão negativo em relação à média do teclado, os dados do participante 9 foram desconsiderados para a análise de erros. Por isso, a média e desvio padrão encontrados foram calculados com os valores obtidos desconsiderando este participante e considerando os demais.

De acordo com a Tabela 5.2, a média geral de erros, considerando os dois dispositivos (i.e. teclado e *Braillestick*), foi a mesma, diferindo dos valores de desvio padrão. Para fazer a comparação entre as médias das amostras, foi utilizado o mesmo procedimento da velocidade, ou seja, a verificação de normalidade da distribuição através do teste de *Kolmogorov-Smirnov* e a comparação entre as médias através do teste-t de *Student*.

Para ambos os testes, o grau de liberdade utilizado foi de 9 e a confiança de 95%. No teste de normalidade, foram encontradas para ambas as amostras o *valor-p* = 0,200,

indicando que as amostras seguem uma distribuição normal. Já para o teste-t, o valor encontrado foi  $\text{valor-}p = 0,456$ . Com o  $\text{valor-}p > 0,05$ , aceita-se a hipótese nula, apontando a semelhança entre as duas médias, mostrando portanto que não há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias das amostras.

Com base em observações realizadas durante o uso dos dispositivos e também opinião dos usuários, acredita-se que tanto a taxa de erros como a velocidade dos usuários com a utilização do *Braillestick* poderia ser melhorada através da modificação de seus botões. Como os botões precisavam de um pouco de força para serem pressionados, em momentos pontuais, alguns usuários soltavam-nos involuntariamente ou, até mesmo, não os pressionavam simultaneamente. Por esta razão, muitas vezes os usuários reclamavam de ter errado pelo fato de o botão “ser duro”.

Outro aspecto importante em relação às medidas foram os erros e as demoras causados pelo esquecimento dos caracteres em *Braille*. Conforme salientado, os usuários, mesmo possuindo experiência, estavam há muito tempo sem utilizar a máquina *Braille* e sem praticar a escrita em *Braille*, o que, de alguma forma, ampliou os erros e a demora da digitação/escrita.

### 5.5.2 Usabilidade

Para a avaliação de usabilidade do usuário, foi utilizado o System Usability Scale - SUS (Apêndice F) (Brooke, 1996). A avaliação de usabilidade do usuário é medida através da análise de efetividade, eficiência e satisfação do produto em relação à opinião do usuário.

O teste possui 10 questões sobre usabilidade (Tabela 5.3), sendo as questões ímpares uma afirmação que revela características positivas sobre o dispositivo, enquanto as pares revelam características negativas. A Tabela 5.4 revela as respostas de cada um dos participantes do estudo de caso.

Tabela 5.3: Questões do *System Usability Scale*

Identificação	Questão
<b>Q1</b>	Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.
<b>Q2</b>	Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.
<b>Q3</b>	Eu achei o sistema fácil de usar.
<b>Q4</b>	Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.
<b>Q5</b>	Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.
<b>Q6</b>	Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.
<b>Q7</b>	Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.
<b>Q8</b>	Eu achei o sistema atrapalhado de usar.
<b>Q9</b>	Eu me senti confiante ao usar o sistema.
<b>Q10</b>	Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.

De maneira geral, os participantes avaliaram o dispositivo de maneira positiva, possuindo valores altos de avaliação nos itens ímpares e valores baixos nos itens pares (Tabela 5.4). Os processos para realizar a medição de usabilidade podem ser encontrados mais detalhadamente em (Lewis e Sauro, 2018).

Tabela 5.4: Resposta dos participantes

Participantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
2	5	1	5	1	4	1	5	1	4	1
3	5	1	5	1	4	1	5	1	5	1
4	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
5	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
8	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
9	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
10	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1

Lewis e Sauro (2018) aponta que após coletadas as amostras, precisa-se inicialmente transformar as respostas para uma escala de 0-4 pontos. Tal procedimento é obtido através da subtração por 1 das respostas obtidas nas perguntas ímpares e pela subtração de 5 pelo valor obtido nas respostas pares. Assim, para um item ímpar avaliado em 5 deve-se subtrair este valor por 1, resultando em uma pontuação 4; por outro lado, um item par avaliado em 2 deve ser subtraído por 5, resultando em uma pontuação 3. Por fim, a pontuação é dada pela soma de todos os itens de um determinado participante e, em seguida, pela multiplicação deste resultado por 2.5. A Tabela 5.4 demonstra as pontuações obtidas pelos participantes nos itens e a média geral de avaliação do produto.

Tabela 5.5: Pontuação dos quesitos em relação às respostas dos usuários

Participantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4
3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Pontuação</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>97,5</b>	<b>100</b>
<b>Média</b>	<b>99,25</b>									
<b>D. Padrão</b>	<b>1,687</b>									

Observa-se na Tabela 5.4, que, através da utilização do SUS, o *Braillestick* obteve uma avaliação média de 99.25. Lewis e Sauro (2018) apontam que pontuações

acima de 80 demonstram uma experiência acima da média de experiência dos usuários, sendo objetivo de alcance das indústrias em relação aos seus produtos. Ainda segundo Lewis e Sauro (2018), pontuações entre 84.1 e 100 demonstram uma nota A+, sendo considerada como uma nota excelente de aceitação de usabilidade dos produtos.

### 5.5.3 User Experience

Para a avaliação de experiência do usuário, foi utilizado o *User Experience Questionnaire - UEQ* (Apêndice E), proposto por (Laugwitz et al., 2008). A avaliação de experiência do usuário é medida através da análise de itens opostos, conforme a Figura 5.20.

	1	2	3	4	5	6	7	
Desagradável	○	○	○	○	○	○	○	Agradável

Figura 5.20: Exemplo de item do UEQ

Após coletados os dados, foi possível realizar a sua análise através de uma ferramenta disponibilizada pelos autores (planilha<sup>1</sup>). Inicialmente, os autores sugerem a padronização dos itens, para que as características boas estejam sempre à direita e, posteriormente, uma mudança de escala, com valores entre -3 (representando uma característica ruim) e +3 (representando uma característica boa). A Figura 5.21 mostra as médias obtidas para cada item após esta etapa.

De maneira geral, todos os itens (i.e. atratividade, perspicuidade, eficiência, confiabilidade, estimulação e inovação) obtiveram uma boa avaliação, com média superior à 2,8 (Figura 5.21). Agrupando estes itens, é possível verificar como cada uma destas características foi contemplada no *Braillestick* (Tabela 5.6).

Tabela 5.6: Medidas de User Experience

UEQ Medidas	Média	Variância
Atratividade	2,900	0,02
Perspicuidade	2,925	0,01
Eficiência	2,950	0,03
Confiabilidade	2,925	0,01
Estimulação	2,925	0,03
Inovação	3,000	0,00

Através dos dados apresentados na Tabela 5.6, é possível aferir que o *Braillestick* foi bem avaliado em todos os quesitos, com valores baixos de variância, que apontam pouca divergência entre as opiniões dos usuários em relação à média calculada. Pode-se também observar que no quesito inovação, todos os itens foram avaliados e

<sup>1</sup>Disponível em: <https://www.ueq-online.org/>. Acessado em: 21 out. 2020.

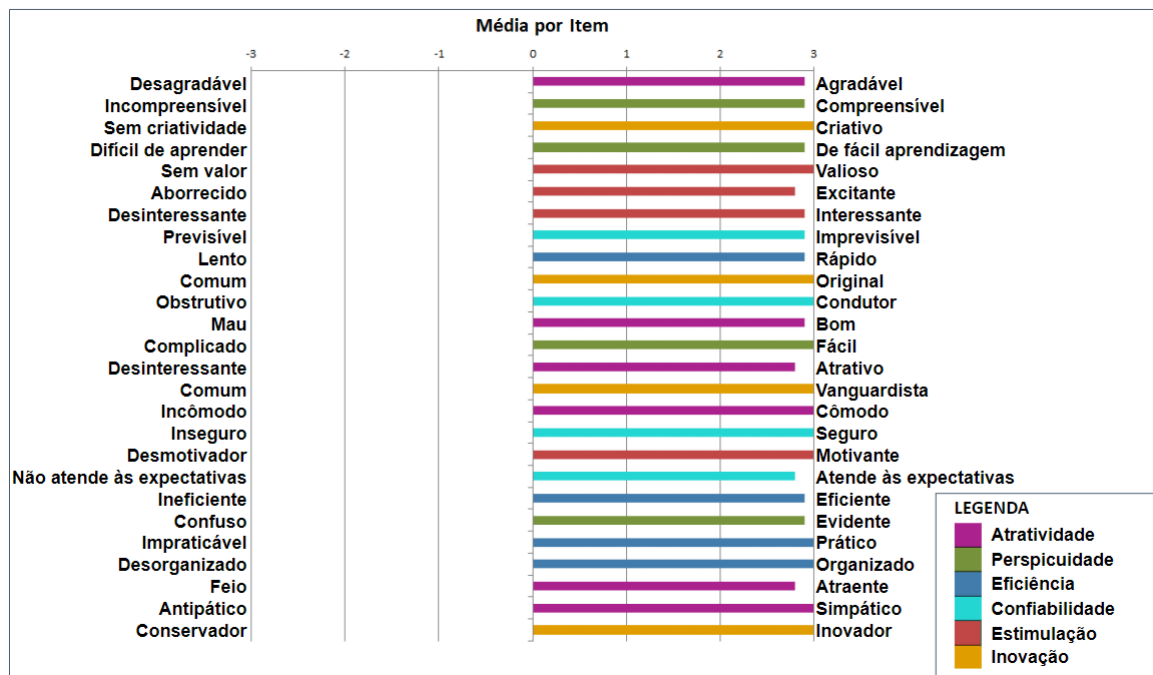


Figura 5.21: Avaliação de *User Experience* do *Braillestick*

contemplados com nota máxima. Por fim, a Figura 5.22 mostra estes dados organizados em forma de gráfico, no qual cada barra sinaliza a média e variância obtida em cada item.

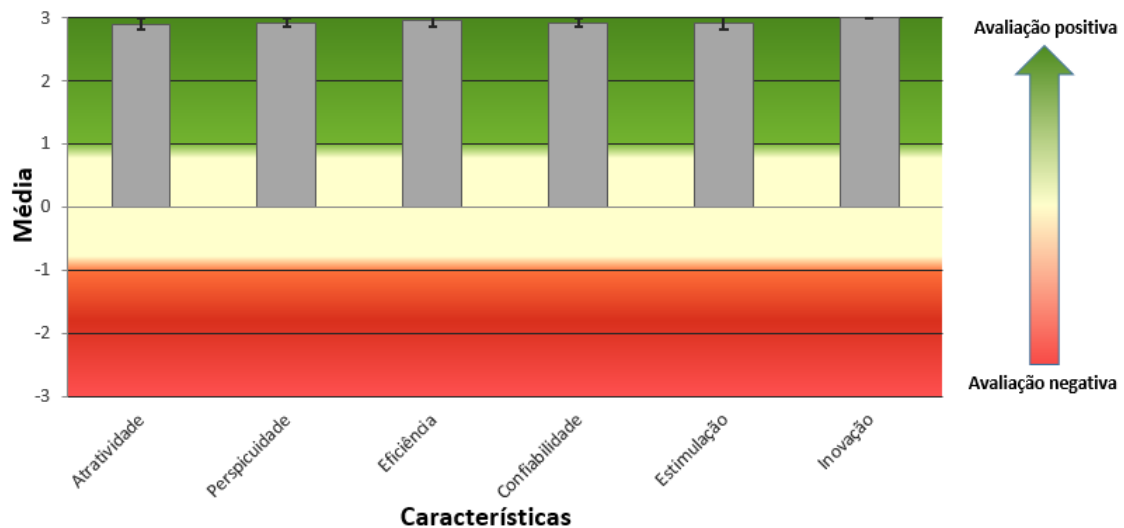


Figura 5.22: Avaliação Geral de *User Experience* do *Braillestick*

A Figura 5.22 demonstra que o Braillestick, em todos os quesitos, foi considerado como excelente (avaliação positiva, representada também pela cor verde). Tal re-

sultado aponta a aceitação do público em relação ao modo de funcionamento do *Braillestick* e suas experiências com a utilização do mesmo.

#### 5.5.4 Motivação e Habilidade

Outra avaliação realizada durante a pesquisa foi a verificação de motivação e habilidade dos usuários em relação ao *Braillestick*.

Para este momento, foi utilizado o Questionário para avaliação de Jogos/Estratégias Educacionais (Apêndice G), e as perguntas também podem ser vistas na Tabela 5.7. Tal questionário se baseia no modelo ARCS, proposto por (Keller, 2009) para a análise de quatro categorias que são importantes no processo de motivação, sendo elas: Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação. Além disso, também foi utilizada uma quinta categoria, aprendizagem, proposta a partir da taxonomia de Bloom (Bloom, 1956). As respostas dos participantes podem ser visualizadas na Tabela 5.8.

Tabela 5.7: Perguntas do Questionário para Avaliação de Jogos/Estratégias educacionais

Identificação	Afirmações
<b>A1</b>	As ações do <i>Braillestick</i> são de fácil compreensão
<b>A2</b>	O <i>Braillestick</i> é de fácil utilização
<b>A3</b>	Com o teclado posso digitar rapidamente
<b>A4</b>	Senti-me bem durante a digitação
<b>A5</b>	O <i>Braillestick</i> prende minha atenção
<b>A6</b>	Consigo relacionar o <i>Braillestick</i> com uma célula <i>Braille</i>
<b>A7</b>	Acredito que poderia utilizar o <i>Braillestick</i> para interagir com outros softwares para a minha aprendizagem
<b>A8</b>	Senti que estava tendo progresso durante o uso do <i>Braillestick</i>

Após obtidos os dados, foram calculadas as médias de cada participante em relação às categorias propostas pelo questionário. As afirmações A1 e A2 revelam aspectos relacionados à categoria confiança, já as afirmações A3 e A4 verificam a satisfação do usuário. A atenção do usuário é medida através da afirmação A5, as afirmações A6 e A7 representam dados sobre relevância, e por fim, a afirmação A8 representa a categoria de habilidade. Na tabela 5.8, é possível visualizar as médias de respostas de cada participante em relação às categorias e a média geral e desvio padrão encontrados.

Os dados da Tabela 5.8 mostram que o *Braillestick*, em todos os quesitos averiguados, influenciou positivamente no processo de motivação e de desenvolvimento de habilidades do usuário, apresentando valores muito próximos de 5 (valor máximo da escala). Tal dado aponta indícios de que o uso do *Braillestick* se apresenta como uma alternativa educacional motivante para os usuários, contribuindo tanto para o

processo de aprendizagem como também para o desenvolvimento da habilidade com a escrita na máquina *Braille*, e como consequência, do próprio *Braille*.

Tabela 5.8: Análise geral das categorias em relação às respostas dos participantes

Participantes	CONFIANÇA		SATISFAÇÃO		ATENÇÃO	RELEVÂNCIA		HABILIDADE
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1	5	5	5	5	4	5	5	5
2	5	5	4	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	5	5	5
9	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Média</b>	5,00		4,95		4,90	5,00		5,00
<b>D. Padrão</b>	0,00		0,22		0,32	0,00		0,00

### 5.5.5 Comparação do *Braillestick* com trabalhos correlatos

Esta seção se destina a comparação do *Braillestick* com os demais dispositivos encontrados na literatura, voltados para a escrita de pessoas com deficiência visual. Neste sentido, foram considerados apenas os trabalhos correlatos que apresentavam, em sua pesquisa, a medição de velocidade de tais dispositivos usados por pessoas com deficiência visual (critério utilizado para as escolhas comparativas).

A Tabela 5.9 apresenta as velocidades de 16 trabalhos para a comparação com o *Braillestick*. É importante salientar que, em situações nas quais o trabalho não informava diretamente a velocidade do usuário, mas apresentava os dados necessários para a realização destes cálculos, os procedimentos necessários foram tomados para a apresentação dos dados na tabela. Além disso, como alguns trabalhos correlatos já traziam a comparação entre alguns dispositivos, estes dados também foram considerados.

Vale salientar que as propostas foram categorizadas de maneira semelhante à realizada no capítulo de Trabalhos Correlatos, sendo elas: Soluções móveis (ou mobile), que realizam escrita através/em de dispositivos móveis; vestíveis (ou wearable), em formato de luva/anéis; e por fim; físicas, propostas de criação de dispositivos e que não se enquadram nas categorias anteriores.

Tabela 5.9: Comparação do Braillestick com outros dispositivos.

Proposta	Participantes	Treinamento (tempo)	Velocidade (PPM)	Desvio Padrao	Velocidade (CPS)	Desvio Padrao	Tipo
Braillestick	10	15min	7,2667	1,8843	0,4589	0,1340	físico
Braille Enter Alnfiai e Sampali (2017)	6	15min	1,840	-	0,1533	-	móvel
Swift Braille Alnfiai e Sampali (2017)	6	15min	3,326	-	0,2772	-	móvel
Vibro-Tactile Braille (Árabe) Aqel et al. (2019)	2	-	-	-	2,3729	0,6452	físico
Vibro-Tactile Braille (Inglês) Aqel et al. (2019)	2	-	-	-	2,1952	0,3315	físico
Wearable-text input device Sese et al. (2019)	7	-	-	-	0,3316	-	vestível
Type in Braille Mascetti et al. (2011)	7	20min	6,3	-	-	-	móvel
OBOE Amemiya (2007)	6	-	-	-	0,59	-	físico
Chording Gloves Lee et al. (2002)	10	9h	-	-	2,025	0,4966	vestível
Braille KeyPad Lee et al. (2002)	10	9h	-	-	2,265	0,6166	físico
Braille Typewriter Nicolau et al. (2013)	11	-	20,79	12,9638	-	-	físico
VoiceOver Oliveira et al. (2011)	15	15min	2,11	-	0,175	-	móvel
BrailleType Oliveira et al. (2011)	15	15min	1,45	-	0,120	-	móvel
VoiceOver Azenkot et al. (2012)	8	livre	4,52	1,51	-	-	móvel
Perkinput Azenkot et al. (2012)	8	livre	7,26	2,64	-	-	móvel
EdgeBraille (curto tempo) Mattheiss et al. (2015)	14	5min	3,97	1	0,331	-	móvel
EdgeBraille (longo tempo) Mattheiss et al. (2015)	7	2sem	7,17	2,14	0,5975	-	móvel

Legenda: PPM (Palavra Por Minuto), CPS (Caractere por Segundo), min (minuto), h (hora), s (segundos), sem (semanas).

Para as propostas apresentadas em Alnfiai e Sampali (2017), Oliveira et al. (2011) e Mattheiss et al. (2015), os valores de velocidade foram transformados para CPS (Caracteres Por Segundo). Tais autores descrevem a medida de PPM (Palavras Por Minuto), considerando cada palavra como um conjunto de 5 caracteres, sendo portanto possível a transformação da unidade de medida.

No trabalho de Alnfiai e Sampali (2017), foram realizados experimentos para duas propostas móveis, sendo elas: o *BrailleEnter* e o *SwiftBraille*. Para participar dos testes, os estudantes precisavam conhecer bem o *Braille* e estar habituado a utilizar dispositivos *mobile*. Dentre os experimentos feitos pelos autores e apresentados



em seu trabalho, para a comparação de velocidades foi escolhida a velocidade de digitação de sentenças, que se assemelha mais com a forma de coleta de dados do *Braillestick*, devido a sua menor complexidade de escrita, se comparada com a digitação de endereços, e-mails e números.

Em Aqel et al. (2019), foram realizados testes de escrita da velocidade do dispositivo para o *Braille* em Árabe e em Inglês. No experimento em Árabe, cada participante digitou 3 vezes duas frases diferentes; já no experimento em Inglês, digitaram apenas uma frase, com 3 repetições. Os dados representados na tabela foram obtidos através dos cálculos realizados com base nas amostras que foram encontradas na pesquisa dos autores.

Como os dados apresentados em Sese et al. (2019) revelavam a quantidade de Caractere Por Minutos (CPM), foi realizado o cálculo para a conversão para CPS. Embora o *Braillestick* apresente uma velocidade melhor (0,4589 CPS) se comparada ao dispositivo proposto (0,3316 CPS), no trabalho o autor apresenta como um dos benefícios da luva uma aprendizagem mais rápida de uso, visto que não há necessidade de conhecimento do *Braille* para a sua utilização.

No trabalho de Amemiya (2007), foram realizados dois tipos de experimentos, o considerado não semântico, no qual os usuários digitavam apenas caracteres em *Braille* japonês, e o semântico, no qual eram digitadas frases predefinidas. Vale salientar que tal valor apresentado (0,59 CPS) foi obtido através de experimentos realizados com pessoas SEM deficiência visual que não possuíam experiência no uso da máquina *Braille*, embora os autores também apresentem um experimento realizado com *experts* que apontam uma velocidade de 112,4 CPM (1,87 CPS).

Lee et al. (2002) apresentam em seus experimentos as medições de velocidades tanto do *Keypad Braille* (teclado *Braille*) como também de uma entrada baseada na *Chording Glove* (dispositivo de entrada em forma de luva). Os resultados encontrados (teclado: 2,265 CPS, luva: 2,265 CPS) são notoriamente superiores aos do *Braillestick* (0,4589 CPS), mesmo considerando os limites inferiores obtidos através do desvio padrão. Vale a pena salientar que, para cada dispositivo deste experimento, os usuários tiveram pelo menos 540 minutos (9 horas), divididos em três sessões que precederam a etapa de coleta dos dados. Desta maneira, o tempo de treinamento foi 36 vezes superior ao tempo de treinamento do *Braillestick*, o que possivelmente pode impactar na habilidade de escrita dos usuários, e portanto, em sua velocidade.

No trabalho de Nicolau et al. (2013), para a análise do perfil dos participantes é realizado um estudo no qual foi medida a velocidade de escrita dos participantes através do uso de uma máquina *Braille*. Desta forma, a velocidade apontada neste trabalho é aquela obtida pelo uso da própria máquina *Perkins* (ou máquina *Braille*) e não de um novo dispositivo criado pelos autores. Embora os valores encontrados para velocidade da máquina seja relativamente mais alta (aproximadamente 2,86 vezes), o desvio padrão também é consideravelmente superior (aproximadamente 6,88 vezes maior), se comparados ao *Braillestick*, mostrando uma grande dispersão

entre os resultados, que aponta diferentes velocidades variando, possivelmente, de acordo com o perfil e as habilidades de cada participante.

Na pesquisa de Azenkot et al. (2012), o *Perkinput* foi comparado com o *VoiceOver*, ambas soluções móveis. Os valores apontados na Tabela 5.1 (respectivamente 7,26 PPM e 4,52 PPM) refletem a média dos resultados obtidos na última sessão de experimentos das duas ferramentas. Vale salientar que embora o tempo de treinamento inicial tenha sido livre, os participantes tiveram 8 sessões nas quais utilizavam cada um dos dispositivos por 30 minutos, resultando em um treinamento de pelo menos 210 minutos (considerando apenas as 7 primeiras sessões), desta maneira, os usuários tiveram mais tempo para se habituar com o uso dos dispositivos, se comparado ao tempo disponibilizado para o *Braillestick*.

Além destes resultados, também foram apresentados, no trabalho de Azenkot et al. (2012), testes do *Perkinput*, utilizando as duas mãos e também dois *smartphones*, conforme exemplificado na seção de Trabalhos Correlatos. O experimento foi realizado apenas com o participante mais rápido, obtendo como resultados: 17,56 PPM ( $\pm 3,36$ ) no experimento com um dispositivo e uma mão; 20,43 PPM ( $\pm 8,41$ ) no experimento com um dispositivo e as duas mãos, e 38,02 PPM ( $\pm 9,31$ ) no experimento com dois dispositivos e as duas mãos (Azenkot et al., 2012).

De uma maneira geral, dos 16 trabalhos que apresentam as velocidades de diferentes dispositivos, considerando apenas a média, o experimento com o *Braillestick* apresentou velocidade superior a 9 deles (representação em vermelho na Tabela 5.1), sendo, portanto, mais rápido que 56,25% dos dispositivos comparados e mais lento que 43,75% (representação em verde na Tabela 5.1).

Vale salientar que embora tais dados sejam apontados a fim de comparação, cada proposta traz consigo um funcionamento diferente para a realização da escrita *Braille* e um processo diferente de realização do experimento.

Em relação aos experimentos, diversos fatores podem ser também considerados no processo de avaliação, como exemplos: a) tempo de treinamento; b) escrita das mesmas/diferentes frases/palavras no treinamento e no momento de coleta dos dados; c) se o usuário já sabe o que seria digitado antes de iniciar o experimento, ou se saberá durante o experimento, visto que, no segundo caso, o tempo de apresentação do texto estará incluído no experimento.

Dentre estes fatores, é importante salientar que tais valores não representam em si a velocidade de entrada dos dispositivos, e sim as velocidades obtidas através de experimentos com um determinado grupo. Acredita-se também que o tempo de treinamento antes da coleta dos dados seja uma forte influência em relação à velocidade dos usuários, como pode ser visto no trabalho de Mattheiss et al. (2015), que apresenta um estudo a longo prazo com velocidade relativamente superior ao de curto prazo.

Outro aspecto importante em relação às comparações, e talvez o mais importante quando consideramos trabalhos envolvendo pessoas, são os participantes e suas parti-

cularidades. Como os estudos encontrados são oriundos de experimentos em diversos países e com diferentes sujeitos, tal fator também influencia a *performance* dos usuários, uma vez que seus países e centros podem possuir melhores recursos e políticas para a inclusão das pessoas com deficiência visual e, com isso, mais oportunidades.

## Capítulo 6

### Considerações Finais

Garantir a segurança, a educação, a profissionalização e acessibilidade das pessoas com deficiência é mais do que um ato de humanidade, é um direito assistido pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência e um dever do estado, da sociedade e da família (BRASIL, 2015).

O direito à educação, sobretudo, deve ser assegurado em todos os níveis de aprendizado, fortalecendo os talentos e as habilidades das pessoas, de acordo com suas características, interesses e necessidades de aprendizagem. É uma obrigação do poder público criar, desenvolver, incentivar e avaliar não apenas o sistema educacional e o aprendizado da pessoa com deficiência, como também de “pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novos métodos e técnicas pedagógicas, de materiais didáticos, de equipamentos e de recursos de tecnologia assistiva” (BRASIL, 2015, Cap. 4, Art.28 Inciso VI). Além disso, também cabe ao poder público a oferta do ensino do sistema *Braille* e do uso de recursos de tecnologias assistivas, promovendo as habilidades funcionais dos estudantes a favor de sua autonomia, participação e inclusão social (BRASIL, 2015).

Neste contexto, o *Braillestick* se apresenta não apenas como um dispositivo de entrada voltado para pessoas com deficiência visual, como também uma ferramenta educacional voltada para o exercício, treinamento e uso do *Braille* (focado no processo de escrita), utilizando a tecnologia a favor da sociedade. Conforme apresentado, embora a máquina *Braille* fosse apontada por todos como o principal meio para a escrita do *Braille*, apenas 2 dos 10 participantes possuíam uma, devido ao seu alto valor no mercado.

Para o seu desenvolvimento, o *Braillestick* foi idealizado e construído através de encontros e entrevistas com pessoas com deficiência visual, analisando as principais barreiras enfrentadas e reportadas por estas pessoas em relação à escrita do *Braille*, para que pudesse ser construído um dispositivo acessível em diversos aspectos (preço, peso, tamanho e outros) e com a participação efetiva dos usuários em seu processo de idealização.

Ademais, nesta proposta também foi apresentado o jogo *The Braille Typist*, cuja utilização pode ser realizada tanto com o *Braillestick* como com um teclado convencional (adaptado para uma entrada semelhante à da máquina *Braille*), possibilitando o exercício e o treinamento do *Braille*, através de um sistema lúdico, permitindo inclusive o acompanhamento dos seus usuários por professores ou responsáveis.

Nas seções seguintes, serão explicitadas as principais contribuições encontradas com o desenvolvimento desta pesquisa, as limitações e dificuldades que se apresentaram no decorrer da pesquisa e também o relato de trabalhos futuros.

## 6.1 Contribuições

Nesta seção, estão descritas as contribuições relacionadas ao trabalho desenvolvido. Para tanto, são endereçados os principais resultados encontrados que respondem aos objetivos e questões de pesquisa.

Através da busca por trabalhos correlatos em diferentes bases de conhecimento (capítulo 3), foram apontados e exemplificados diversos trabalhos com objetivos semelhantes, além de agrupá-los em soluções móveis (*mobile*), vestíveis e físicas. Tal feito, além de contribuir para a comparação com o *Braillestick*, também difunde diversas tecnologias assistivas criadas ao longo dos tempos, mostrando suas evoluções e formas de uso. As informações encontradas são importantes para pesquisadores, especialistas, professores, pais e pessoas com deficiência visual, apontando diferentes propostas que abordam tecnologias assistivas para o ensino, a aprendizagem, o treinamento, a escrita e o uso do *Braille*.

Visando a qualidade na criação do dispositivo, foi empregada uma metodologia de desenvolvimento centrada no usuário. Neste sentido, as etapas iniciais do *Braillestick* foram realizadas através do *feedback* dos usuários, envolvendo-os desde o processo de idealização, contribuindo também para eliminar ou amenizar as possíveis barreiras de uso. Através desta metodologia foram avaliadas duas propostas nas quais os usuários puderem opinar sobre o seu desenvolvimento e a forma de uso, salientando pontos fortes, pontos fracos e possíveis melhorias.

De maneira geral, as duas propostas foram bem avaliadas, sendo uma delas escolhida para a realização da coleta de dados relacionados à performance, devido ao fato de que todos os usuários apontaram-na como aquela de maior semelhança à máquina *Braille*. Outra característica importante é que a implementação em hardware desenvolvida pode ser utilizada para diferentes propostas físicas, necessitando apenas da realização do mapeamento correto dos botões com o Arduíno.

Para a realização da coleta dos dados referentes ao uso do teclado e do *Braillestick*, foi utilizado o *The Braille Typist* (Santana et al., 2020b), um jogo sério desenvolvido para exercitar o uso do *Braille* e da máquina *Braille*, em português.

Em relação ao teclado, também foi implementada uma interface para sua representação visual, permitindo a visualização em tela das teclas pressionadas pelo usuário

em tempo real, o que permite que os usuários possam ser acompanhados por professores/responsáveis.

Vale salientar que embora o *The Braille Typist* seja focado para o uso com o Brailles-tick, através do jogo, ao selecionar o *Braillestick* como dispositivo de entrada, podem ser utilizados quaisquer dispositivos que tenham como saída caracteres/ações para o computador. Com isso, o jogo pode ser utilizada por diferentes pessoas, com diferentes dispositivos e, até mesmo, por outros pesquisadores que desejem testar seu dispositivo através do jogo.

Através do *The Braille Typist*, é possível também armazenar as informações dos usuários e de suas partidas, possibilitando o acompanhamento do desenvolvimento de suas habilidades, através da verificação de sua velocidade e taxa de erros.

Com o apoio institucional do CAP-DV, foi possível realizar os testes que possibilitaram a coleta dos dados do *Braillestick*. Entretanto, devido à pandemia do COVID-19, o projeto não foi ainda apresentado diretamente aos profissionais e responsáveis pelo CAP-DV, etapa planejada para acontecer assim que as atividades presenciais forem retomadas na instituição. Além disso, os resultados serão disponibilizados através da publicação de artigos científicos e do envio de uma cópia da dissertação à instituição.

Através do estudo de caso realizado com 10 pessoas com deficiência visual, verificou-se a velocidade e a taxa de erro dos usuários no *Braillestick* e no *Teclado (adaptado para entrada semelhante à máquina Braille)*. Visando atender um público mais abrangente e ouvir diferentes opiniões, buscou-se um grupo mais heterogêneo, com pessoas de diferentes faixas etárias, gêneros, níveis, origem de deficiência visual, e também com diferentes níveis de experiência com uso de tecnologias, de jogos e do *Braille*.

A velocidade de entrada média no *Braillestick* foi de  $0,4889 \pm 0,1340$  CPS (Caracteres por Segundo); e no teclado, a velocidade foi de  $0,3892 \pm 0,2089$  CPS. Em relação à quantidade média de erros por minuto, o *Braillestick* obteve uma média de  $1,8519 \pm 1,1678$ , já o teclado a média foi de  $1,8519 \pm 0,7564$ .

Através da realização do teste *t-student* para amostras pareadas dependentes, observou-se que não houve uma diferença estatisticamente significativa entre as médias encontradas para a velocidade e para a taxa de erros entre os dois dispositivos, mostrando que ambos apresentam semelhantes resultados quando utilizados por pessoas com deficiência visual.

Em relação à aceitação do *Braillestick*, em termos de usabilidade a partir do instrumento de coleta *System Usability Scale*, o dispositivo foi avaliado com uma pontuação de 99,25, refletindo uma nota excelente de aceitação.

Além disso, através de um questionário de experiência do usuário, foi possível concluir que o *Braillestick* se apresenta como uma solução atrativa, perspicua, eficiente, confiável, estimulante e inovadora, sendo o quesito inovador avaliado por todos os usuários com nota máxima.

Por fim, foram também analisados os sentimentos dos usuários durante a realização do estudo. Ao utilizar o *Braillestick* e o *The Braille Typist*, as respostas dos usuários revelaram avaliações superiores a 4,90 (em uma escala de 0 a 5) para a análise dos quesitos: confiança, satisfação, atenção, relevância e habilidade.

Considerando apenas a velocidade média, foi feita uma comparação com resultados encontrados em diferentes propostas, apontando que o *Braillestick* obteve uma performance melhor que 9 dos dispositivos encontrados, e pior que 7 deles.

Tal resultado mostra um bom desempenho do *Braillestick* em relação aos demais trabalhos encontrados na literatura, porém é importante mencionar que, como as pesquisas são realizadas com diferentes indivíduos e procedimentos, cada grupo/experimento pode apresentar diferentes fatores (e.g. experiência dos usuários em tecnologia/*Braille*, tempo de treinamento, políticas inclusivas no país, dentre outros) que influenciam o desempenho dos participantes.

Outro aspecto também importante, salientado por um dos participantes da pesquisa, foi quanto ao *Braillestick* ser uma solução digital, já que, segundo o participante, embora a máquina seja excelente para a realização da escrita, hoje pouco se escreve em meio físico, sendo utilizado mais o celular e o computador. Desta maneira, o *Braillestick* é uma solução que contribui para o uso e a difusão do *Braille* em ambientes digitais, podendo ser utilizado como dispositivo de entrada alternativo para a utilização da escrita *Braille* em diversos ambientes virtuais (editores de texto, navegadores *web*, jogos e tantos outros).

A seção seguinte discutirá sobre algumas limitações e dificuldades encontradas durante a realização da pesquisa.

## 6.2 Dificuldades e Limitações

O período destinado para o desenvolvimento e a análise deste trabalho coincidiu com a pandemia mundial do COVID-19, sendo esta, talvez, a maior dificuldade para a realização deste trabalho, visto que parte dos equipamentos necessários para a construção do dispositivo se encontrava nos laboratórios da universidade, que por sua vez, estavam fechados.

Além disso, por se tratar de uma pesquisa que envolve seres humanos, os testes foram realizados em uma quantidade menor de encontros e com menor duração, ainda que todos os cuidados tenham sido tomados para a proteção de todos os envolvidos, participantes e pesquisador. Além da quantidade e da duração dos encontros, o local destes também sofreu alteração. Anteriormente planejados para acontecerem no CAP-DV, ocorreram nas casas de cada um dos voluntários.

Outro aspecto de importante menção foi em relação ao uso do *Braille* e da máquina *Braille* durante a pandemia. Como a maioria dos participantes não possuía uma máquina *Braille*, muitos estavam desacostumados com a sua dinâmica e inclusive

esqueciam, ao longo do uso, como se formavam alguns caracteres (pontos Braille), o que demandava um tempo maior na digitação. Além disso, o esquecimento e a troca dos pontos causaram também maiores erros.

Mesmo com as limitações apontadas, foi possível concluir o desenvolvimento do dispositivo *Braillestick* e realizar os testes desejados. As avaliações reforçam, inclusive, a importância do *Braillestick* como uma interface de divulgação do *Braille* e de ampliação do uso da máquina, uma vez que os próprios participantes da pesquisa relataram não ter condições financeiras para a aquisição de uma máquina *Braille*, e que o *Braillestick* poderia ser uma alternativa viável para o treinamento da escrita em Braille, especialmente nestes tempos nos quais os alunos não possuem acesso às aulas presenciais no CAP-DV.

Desta maneira, resumidamente, as principais dificuldades e limitações foram relacionadas à pandemia do COVID-19, sendo elas: falta de acesso aos recursos para o desenvolvimento do dispositivo, menor tempo para o uso dos dispositivos e a falta de experiência dos participantes com a máquina *Braille*.

Ademais, uma limitação observada a partir das avaliações realizadas por meio dos questionários é que as notas de usabilidade e experiência do usuário talvez reflitam a falta de tecnologias assistivas e de outras alternativas para as pessoas com deficiência visual, sendo difícil para elas, inclusive, avaliar determinados critérios, uma vez que não possuem um comparativo que os permita avaliar quantitativamente tais características (e.g. facilidade de uso, atratividade, eficiência, confiabilidade, inovação e outras).

## 6.3 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, espera-se a realização de um experimento de longo prazo, no qual o usuário possa treinar por mais horas, permitindo a análise de sua performance com base no tempo de uso.

Atualmente, o *Braillestick* já se apresenta como uma solução viável para os usuários, atendendo os principais requisitos que foram levantados durante o seu processo de produção. Espera-se baratear ainda mais o seu custo, com a utilização de componentes mais baratos, oferecendo uma solução acessível financeiramente para os usuários. Ainda assim, mesmo com o custo atual de, aproximadamente R\$ 200,00, todos os participantes afirmaram que comprariam o dispositivo neste valor.

Futuramente, espera-se também implementar no *Braillestick* *feedbacks* em forma de vibração, com a utilização de sensores de vibração que sinalizem, através dos botões, um determinado caractere, oferecendo outra modalidade de saída do sistema além das atuais (áudio e imagem), o que pode favorecer inclusive a inclusão de pessoas surdocegas. Outra possível funcionalidade futura é a utilização de motores para implementação de celas *Braille* no dispositivo, oferecendo um *feedback* tátil para o



usuário, fortalecendo também o desenvolvimento da habilidade de leitura através do tato.

Com a possibilidade de utilização do *The Braille Typist* com diversos dispositivos, espera-se a realização de pesquisas utilizando controles tradicionais de *videogames*, tais como os de *playstation* e *xbox*. Desta forma, pretende-se averiguar como os usuários interagem com tais dispositivos para aperfeiçoar e treinar a escrita do *Braille*.

Almeja-se a ampliação do *The Braille Typist*, oferecendo mais opções de jogos com a utilização do *Braillestick* e do Teclado, como interface que favoreça o ensino e o treinamento do *Braille* através de soluções lúdicas. Além disso, deseja-se avaliar, através desta ferramenta, como a ortografia e o processo de escrita das pessoas evoluem ao longo do uso.

Ademais espera-se também a implementação de novos tipos de jogos que podem ser utilizados juntos ao *Braillestick*, como exemplo, o *Braille Hero*, um jogo que simula a experiência do *Guitar Hero*, porém com o uso do *Braille*. O desenvolvimento de novos jogos para o público com deficiência visual pode colaborar com o processo de inclusão digital e social, reforçado pelos relatos dos participantes sobre a pouca disponibilidade de jogos acessíveis.

Por fim, com base na limitação observada em relação aos questionários, entende-se que seja interessante a condução de estudos que busquem e ofereçam melhores soluções para o desenvolvimento e a avaliação de tecnologias e recursos, sendo eles digitais ou não, destinados a pessoas com deficiência visual.

# Referências

- ABNT (2005). *ABNT NBR 15290: Acessibilidade em comunicação na televisão*. ABNT.
- ABNT (2008). *BNT NBR 15599: Acessibilidade – Comunicação na prestação de serviços*. ABNT.
- ABNT (2020). *ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. ABNT.
- AlBanna, M. M. (2016). Swiftbraille soft keyboard. <https://www.mbanna.me/swiftbraille-soft-keyboard/>.
- Almeida, T. S. e Araujo, F. V. (2013). Diferenças experienciais entre pessoas com cegueira congênita e adquirida: Uma breve apreciação. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, 1(2).
- Alnfiai, M. e Sampali, S. (2017). An evaluation of the brailleenter keyboard: An input method based on braille patterns for touchscreen devices. In *2017 International Conference on Computer and Applications (ICCA)*, pages 107–119.
- Amemiya, T. (2007). Handheld haptic display with braille i/o. In *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*, pages 730–739. Springer.
- Aqel, M. O., Issa, A., Harb, A., e Shehada, J. (2019). Development of vibro-tactile braille display and keyboard. In *2019 International Conference on Promising Electronic Technologies (ICPET)*, pages 28–33. IEEE.
- Aquino, W., Felix, Z., Almeida, I., e Belo, I. (2015). Abcnum braille: Proposta de um aplicativo para auxiliar no aprendizado do alfabeto braille para pessoas com baixa visão. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 26(1):837.
- Araújo, M. C. C., Silva, A. R. S., Darin, T. G. R., de Castro, E. L., Andrade, R. M. C., de Lima, E. T., Sánchez, J., de C. Filho, J. A., e Viana, W. (2016). Design and usability of a braille-based mobile audiogame environment. In *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC '16*, page 232–238, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.

- Azenkot, S., Wobbrock, J. O., Prasain, S., e Ladner, R. E. (2012). Input finger detection for nonvisual touch screen text entry in perkinput. In *Proceedings of Graphics Interface 2012*, pages 121–129.
- Barbosa, A. L. C. e Souza, R. D. C. S. (2019). Letramento e acessibilidade:: Redimensionando a leitura através do sistema braille. *Anais do Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade"*, 13(4):e13190404–e13190404.
- Barbosa, J. S. L. (2011). A tecnologia assistiva digital na alfabetização de crianças surdas. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação), Núcleo de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.
- Barbosa, S. D. J. e Silva, B. S. (2010). *Interação Humano-Computador*. Elsevier, primeira edition.
- Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. *Cognitive domain*.
- BRASIL (2015). Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência (estatuto da pessoa com deficiência). [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm#art112](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm#art112). Acessado em: 11 nov. 2019.
- Brito, R. R., Silva, A. P., Farias, Á. L., Almeida, L. R., e Silva, P. R. P. (2016). Tecnologias assistivas na educação: Ferramentas facilitadoras de inclusão digital.
- Brooke, J. (1996). Sus: a “quick and dirty” usability. *Usability evaluation in industry*, page 189.
- Chaves, I. G. (2019). *O design centrado no humano conectado e colaborativo*. PhD thesis, Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado em Design e Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, University of São Paulo, São Paulo.
- Creswell, J. W. (2010). Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto. In *Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto*.
- Cybis, W., Betiol, A. H., e Faust, R. (2010). *Ergonomia e Usabilidade - Conhecimentos, Métodos e Aplicações*. Novatec, segunda edition.
- Diretoria de Avaliação da Educação Superior (2013). Referenciais de acessibilidade na educação superior e a avaliação in loco do sistema nacional de avaliação da educação superior (sinaes).
- d.school (2018). Design thinking bootleg.

- Duarte, T. R. e Lima, N. R. W. (2016). Oficina de capacitação para impressão braille nas salas de recursos multifuncionais. *Pontos de vista em diversidade e inclusão*, pages 151–154.
- Galvão Filho, T. A. (2009). A tecnologia assistiva: de que se trata. *Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade*, 1:207–235.
- Ghaoui, C. (2005). *Encyclopedia of human computer interaction*. IGI Global.
- Gil, M. (2000). *Deficiência Visual*. Ministério da Educação - Secretaria de educação a distância, Brasília - DF.
- Gómez, N. L. C., Sánchez, Á. Q., López, E. K. G., e Rocha, M. A. M. (2017). Sbk: Smart braille keyboard for learning braille literacy in blind or visually impaired people. In *Proceedings of the 8th Latin American Conference on Human-Computer Interaction*, page 26. ACM.
- Hamzah, R. e Fadzil, M. I. M. (2016). Voice4blind: The talking braille keyboard to assist the visual impaired users in text messaging. In *2016 4th International Conference on User Science and Engineering (i-USEr)*, pages 265–270.
- Hazra, A. e Hoque, M. M. (2019). Braille gloves: An intelligent hand-glove to generate bengali braille characters for visually impaired people. In *2019 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)*, pages 523–528. IEEE.
- Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., Perlman, G., Strong, G., e Verplank, W. (1992). Acm sigchi curricula for human-computer interaction. Technical report, New York, NY, USA.
- Hott, D., Rodrigues, G., e Oliveira, L. (2018). Acesso e acessibilidade em ambientes web para pessoas com deficiência. *Brazilian Journal of Information Science: research trends*, 12(4):45–52.
- IBGE (2012). Censo 2010: número de católicos cai e aumenta o de evangélicos, espíritas e sem religião. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14244-asi-censo-2010-numero-de-catolicos-cai-e-aumenta-o-de-evangelicos-espíritas-e-sem-religiao.html>. Acessado em: 11 nov. 2019.
- Institute of Design at Stanford (2010). An introduction to design thinking: Process guide.
- ISO (1999). Iso 13407:1999. human-centred design processes for interactive systems. *International Standardization Organization (ISO)*.
- ISO (2010). 9241-210: 2010. ergonomics of human system interaction-part 210: Human-centred design for interactive systems. *International Standardization Organization (ISO)*. Switzerland.

- Jawasreh, Z. H. M., Ashaari, N. S., e Dahnil, D. P. (2017). Braille tutorial model using braille fingers puller. In *2017 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, pages 1–5. IEEE.
- Keller, J. M. (2009). *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. Springer Science & Business Media.
- Laugwitz, B., Held, T., e Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In *Symposium of the Austrian HCI and usability engineering group*, pages 63–76. Springer.
- Lee, S., Hong, S. H., e Jeon, J. W. (2002). Designing a universal keyboard using chording gloves. In *Proceedings of the 2003 Conference on Universal Usability, CUU '03*, page 142–147, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Lewis, J. R. e Sauro, J. (2018). Item benchmarks for the system usability scale. *Journal of Usability Studies*, 13(3).
- Ludi, S., Timbrook, M., e Chester, P. (2014). Accessbraille: tablet-based braille entry. In *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*, pages 341–342. ACM.
- Mafra, S. N. e Travassos, G. H. (2006). Estudos primários e secundários apoiando a busca por evidência em engenharia de software. *Relatório Técnico, RT-ES*, 687(06).
- Mascetti, S., Bernareggi, C., e Belotti, M. (2011). Typeinbraille: Quick typing on smart phones by blind users. *Universita Degli Studi*, pages 100–107.
- Mattheiss, E., Regal, G., Schrammel, J., Garschall, M., e Tscheligi, M. (2015). Edgebraille: Braille-based text input for touch devices. *Journal of Assistive Technologies*.
- Maurel, F., Dias, G., Routoure, J.-M., Vautier, M., Beust, P., Molina, M., e Sann, C. (2012). Haptic perception of document structure for visually impaired people on handled devices. *Procedia Computer Science*, 14:319–329.
- Meirinhos, M. e Osório, A. (2016). O estudo de caso como estratégia de investigação em educação. *EduSer-Revista de educação*, 2(2).
- Nicolau, H., Guerreiro, J., Guerreiro, T., e Carriço, L. (2013). Ubibraille: designing and evaluating a vibrotactile braille-reading device. In *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 1–8.
- Nunes, S. e Lomônaco, J. F. B. (2010). O aluno cego: preconceitos e potencialidades. *Psicologia Escolar e Educacional (Impresso)*, 14(1):55–64.

- Oliveira, C., Moura, S. P., e Sousa, E. R. (2015). Tic's na educação: a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. *Pedagogia em Ação*, 7(1).
- Oliveira, J., Guerreiro, T., Nicolau, H., Jorge, J., e Gonçalves, D. (2011). Brailletype: unleashing braille over touch screen mobile phones. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, pages 100–107. Springer.
- Olphert, W., Damodaran, L., Balatsoukas, P., e Parkinson, C. (2009). Process requirements for building sustainable digital assistive technology for older people. *Journal of Assistive Technologies*.
- ONU (2006). Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência. <http://www.un.org/disabilities/documents/natl/portugal-c.doc>. Acessado em: 25 nov. 2019.
- Ottaiano, J. A. A., de Ávila, M. P., Umbelino, C. C., e Taleb, A. C. (2019). *As Condições de Saúde Ocular no Brasil*. Conselho Brasileiro de Oftalmologia, São Paulo - SP.
- Reinaldi, L. R., de Camargo Júnior, C. R., e Calazans, A. T. S. (2011). Acessibilidade para pessoas com deficiência visual como fator de inclusão digital. *Universitas: Gestão e TI*, 1(2).
- Rogers, Y., Sharp, H., e Preece, J. (2013). *Interação Humano-Computador: além da interação humano-computador*. Bookman, terceira edition.
- Sá, A. L., Gomes, C. A. D., Silva, G. D., Azevedo, I. F., Machado, M. C., e Silva, M. R. (2017). Aplicabilidade da tecnologia assistiva na educação inclusiva. *Anais do Colóquio Interdisciplinar de Cognição e Linguagem*, 1(1).
- Santana, K. (2018). Braillearning: ferramenta para simular a utilização da máquina de escrita em braille. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Computação), UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), Feira de Santana, Bahia, Brasil.
- Santana, K., Galvão, A., Azevedo, G., Sarinho, V., e Pereira, C. (2020a). Braillestick: A game control proposal for blind users based on the braille typewriter. In *The 19th International Federation for Information Processing - International Conference on Entertainment Computing*. No prelo.
- Santana, K., Pereira, C., e Santana, B. (2019). Braillearning: Software para simular a máquina de escrever em braille. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 30(1):1101.
- Santana, K., Sarinho, V., e Pereira, C. (2020b). The braille typist: A serious game proposal for braille typewriter training. In *The 19th International Federation for*

- Information Processing - International Conference on Entertainment Computing*. No prelo.
- Santos, A. F. (2018). Uso das tecnologias da informação e comunicação - tic – tecnologia assistiva – sistema inteligente para a capacitação e inclusão de pessoa com deficiência visual no mercado de trabalho – um estudo de caso. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias), Centro Universitário Internacional Uninter, Curitiba , Paraná, Brasil.
- Sarkar, R., Das, S., e Rudrapal, D. (2013). A low cost microelectromechanical braille for blind people to communicate with blind or deaf blind people through sms subsystem. In *2013 3rd IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, pages 1529–1532. IEEE.
- Savi, R., Von Wangenheim, C. G., Ulbricht, V., e Vanzin, T. (2010). Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, 8(3).
- Schrepp, M., Hinderks, A., e Thomaschewski, J. (2017). Construction of a benchmark for the user experience questionnaire (ueq). *IJIMAI*, 4(4):40–44.
- Sena, C. P. P. (2014). Colaboração e mediaÇÃO no processo de construção e representação do conhecimento por pessoas com deficiência visual, a partir da utilização da aprendizagem baseada em problemas. Tese de Doutorado (Doutor em Difusão do Conhecimento), UFBA (Universidade Federal da Bahia), Salvador, Bahia, Brasil.
- Sese, J. T., Cruz, J. C. D., Cruz, P. C. S. D., Garon, J. M. M., Reyes, J. A. G., Tan, K. C., e Miaou, S.-G. (2019). Adaptation of the itu-t e. 161 international standard as mapping layout for a wearable text-input device for the blind. In *2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pages 590–591. IEEE.
- Silva, A. R. D. S. (2015). Escrita braille e práticas de língua portuguesa com suporte de dispositivos móveis. Dissertação de Mestrado (Mestrado Integrado Profissional em Computação Aplicada), Universidade Estadual do Ceará e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Sultana, S., Rahman, A., Chowdhury, F. H., e Zaman, H. U. (2017). A novel braille pad with dual text-to-braille and braille-to-text capabilities with an integrated lcd display. In *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT)*, pages 195–200. IEEE.
- Sá, E. D., de Campos, I. M., e Silva, M. B. C. (2007). *Atendimento Educacional Especializado. Deficiência Visual*. SEESP / SEED / MEC, Brasília - DF.
- Vaca, D., Jácome, C., Saeteros, M., e Caiza, G. (2018). Braille grade 1 learning and monitoring system. In *2018 IEEE 2nd Colombian Conference on Robotics and Automation (CCRA)*, pages 1–5. IEEE.

- WHO (2007). Global initiative for the elimination of avoidable blindness: action plan 2006-2011.
- WHO (2019). World report on vision. <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-vision>. Acessado em: 20 nov. 2020.
- WHO (2020). ICD-11 for mortality and morbidity statistics. Acessado em: 24 nov. 2020.
- Wixon, D. e Wilson, C. (1997). The usability engineering framework for product design and evaluation. In *Handbook of human-computer interaction*, pages 653–688. Elsevier.
- Wohlin, C. (2016). Second-generation systematic literature studies using snowballing. In *Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, pages 1–6.
- Yang, T.-J., Chen, W.-A., Chu, Y.-L., You, Z.-X., e Chou, C.-H. (2017). Tactile braille learning system to assist visual impaired users to learn taiwanese braille. In *SIGGRAPH Asia 2017 Posters*, SA '17, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.



## **Apêndice A**

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE**



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título do projeto:** Braillestick: desenvolvimento e análise do dispositivo de entrada para pessoas com deficiência visual baseado na máquina de escrever em Braille

**Pesquisador responsável:** Claudia Pinto Pereira

**Pesquisadores colaboradores:** Kayo Costa de Santana, Abel Ramalho Galvão, Gabriel Silva de Azevedo, Victor Travassos Sarinho.

Convidamos você ou seu filho ou o menor sobre sua responsabilidade para participar desta pesquisa, cujo objetivo é validar o funcionamento do dispositivo Braillestick através de uma avaliação geral que será feita após o seu uso e coleta de dados de velocidade e precisão com o uso do software *Braillearning* e de um questionário que será entregue no final da pesquisa para avaliação do dispositivo. Através desse estudo, será possível desenvolver melhorias do dispositivo que simula o uso da máquina de escrita em Braille, e, por consequência a utilização da linguagem, ajudando as pessoas com e sem deficiência visual no processo de ensino-aprendizagem utilizando a tecnologia a favor da sociedade; analisar como o dispositivo de entrada pode ser melhorado e comparar sua performance com outro dispositivos (teclado e controle de videogame adaptados para entrada semelhante ao uso da máquina Braille).

Como benefício, a pesquisa apresenta, além do dispositivo para representação do conhecimento para pessoas com e sem deficiência visual, que poderá ser utilizado em escolas e instituições de ensino, outros correlacionados: inclusão social e digital da pessoa com deficiência visual, aproximação da pessoas com e sem deficiência visual das Tecnologias de Informação e Comunicação e estimulação de aspectos cognitivos relacionados ao processo de aprendizagem, tais como, atenção, memorização, aprendizagem, representação de conceitos. Um possível risco seria se, por algum motivo, você se sentir constrangido ao responder o questionário ou ainda mesmo ao ser observado. Porém, poderá abandonar a pesquisa a qualquer momento que desejar. De todo modo, estaremos atentos para perceber possíveis desconfortos e fazer propostas para saná-los. Se os mesmos permanecerem, a pesquisa poderá ser interrompida imediatamente sem qualquer tipo de penalidade. Além disso, conforme seu direito à privacidade na realização de pesquisas, as informações desta pesquisa serão confidenciais, garantindo o seu anonimato e respeitando sua integridade intelectual, social e cultural. Neste sentido, o questionário não exige identificação do seu nome ou de qualquer outro documento de identificação. Você terá direito ao ressarcimento de qualquer gasto que tenha para a realização da pesquisa, assim como o direito de buscar indenização caso tenha sofrido eventual dano decorrente da realização da mesma. Caso haja danos decorrentes dos riscos previstos, o pesquisador assumirá a responsabilidade pelos mesmos.

Não haverá remuneração ou qualquer custo com a participação na pesquisa. A escolha em participar desta pesquisa é livre e, se permitida, pedimos autorização de divulgação dos dados analisados e fotos (que poderão ser tiradas durante a aplicação dos questionários) em eventos científicos ou publicação em revistas, congressos e outros meios, lembrando que será mantido sigilo absoluto a respeito de seus dados pessoais. Ao final da pesquisa, os resultados serão disponibilizados ao CAP-DV em formato digital. Caso haja qualquer dúvida antes, durante ou depois da realização da pesquisa, você poderá saná-la através do contato do pesquisador responsável, indicado abaixo. Em qualquer dúvida, no ponto de vista ético, o sujeito poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Feira de Santana através do telefone (75) 3161-8124, e-mail [cep@uefs.br](mailto:cep@uefs.br), ou até mesmo presencialmente, na UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), Módulo 1, MA-17 de segunda à sexta das 13:30 às 17:30.

Caso aceite participar desta pesquisa, indique o seu nome completo e assine as duas vias deste termo. Uma via será sua e a outra, do pesquisador. Caso você seja menor de idade, é necessário que este termo seja assinado pelo seu responsável legal.

Feira de Santana, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador responsável

Claudia Pinto Pereira  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
MT 57, Sala 6, (75) 3161-8086

## **Apêndice B**

### **Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE**

## TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título do projeto:** *Braillestick*: desenvolvimento e análise do dispositivo de entrada para pessoas com deficiência visual baseado na máquina de escrever em Braille

**Pesquisador responsável:** Claudia Pinto Pereira

**Pesquisadores colaboradores:** Kayo Costa de Santana, Abel Ramalho Galvão, Gabriel Silva de Azevedo, Victor Travassos Sarinho

### Informação ao sujeito da pesquisa:

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de encontrar melhorias e analisar o dispositivo Braillestick. Pode ser que este documento possua palavras que você não entenda. Caso isso aconteça, você poderá pedir a qualquer pessoa relacionada ao estudo que explique a palavra ou informação que você não entenda. Através desse dispositivo, você pode simular o uso da máquina de Braille, para que assim melhore o seu uso e o conhecimento da linguagem Braille. Esta pesquisa será realizada para que seja verificado o funcionamento do dispositivo e como ele poderá ser melhorado. Para isso, você deverá primeiro utilizá-lo e outros dispositivos com semelhante propósito (teclado convencional e controle de videogame, ambos adaptados para realização do processo de escrita semelhante ao da máquina Braille), através de uma ferramenta que armazenará informações relacionadas à sua velocidade e à precisão de digitação e, posteriormente, poderá responder um questionário com base na sua experiência com o uso do dispositivo. Seus dados pessoais não serão divulgados.

Como benefício, a pesquisa apresenta o *Braillestick* que é uma alternativa de menor custo quando comparado à máquina de escrever em Braille que poderá ser utilizada em escolas, instituições de ensino e para o desenvolvimento de futuros jogos. Além disso, a pesquisa também promove inclusão social e digital da pessoa com deficiência visual, aproximação das pessoas com e sem deficiência visual das Tecnologias de Informação e Comunicação e estimulação de aspectos cognitivos relacionados ao processo de aprendizagem, tais como, atenção, memorização, aprendizagem, representação de conceitos.

Caso concorde em realizar essa pesquisa, deve-se salientar que será algo voluntário, ou seja, não será oferecido nada em troca para que haja a sua participação. Um possível risco seria se, por algum motivo, você se sentir envergonhado ao responder o questionário ou ao ser observado. É importante deixar claro que você poderá deixar a pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo ou impedimento.

Conforme seu direito à privacidade na realização de pesquisas, as informações desta pesquisa serão confidenciais, mas poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, mediante a não divulgação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo. Ao final da pesquisa, os resultados serão disponibilizados ao CAP-DV em formato digital.

Caso haja qualquer dúvida antes, durante ou depois da realização da pesquisa, você poderá saná-la através do contato do pesquisador responsável, indicado abaixo. Em qualquer dúvida, no ponto de vista ético, o sujeito poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Feira de Santana através do telefone (75) 3161-8124, e-mail cep@uefs.br, ou até mesmo presencialmente, na UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), Módulo 1, MA-17 de segunda à sexta das 13:30 às 17:30.

Caso aceite participar desta pesquisa, indique o seu nome completo e assine as duas vias deste termo. Uma via será sua e a outra, do pesquisador.

Feira de Santana, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Assinatura do Participante

---

Assinatura do Pesquisador Responsável  
Claudia Pinto Pereira  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
MT 57, Sala 6, (75) 3161-8086

## **Apêndice C**

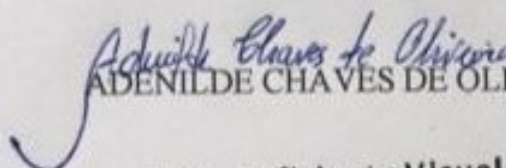
### **Termo de Autorização da Instituição**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO**

Eu, **Adenilde Chaves de Oliveira**, representante legal do Centro de Apoio pedagógico ao Deficiente Visual (CAP-DV), da **Associação Jonathas Telles de Carvalho**, estou ciente e autorizo a pesquisadora **Claudia Pinto Pereira** (pesquisadora responsável) e sua equipe a desenvolverem o projeto intitulado como **Braillestick: desenvolvimento e análise do dispositivo de entrada para pessoas com deficiência visual baseado na máquina de escrever em braille**, o qual será executado em consonância com as normas e resoluções que norteiam a pesquisa envolvendo seres humanos, em especial as resoluções CSN 466/2012 e 510/2016. Declaro estar ciente de que a instituição proponente é corresponsável pela atividade de pesquisa proposta e executada pelos pesquisadores e dispõe de infraestrutura necessária para garantir o resguardo e bem-estar do participante da pesquisa.

Este trabalho não oferece qualquer tipo de risco para os participantes, sejam eles físicos e/ou psicológicos. Tem relevância social, no sentido que permite a socialização de conhecimentos entre os participantes da pesquisa, inclusão e/ou aprimoramento sócio digital.

Feira de Santana, 05 de abril de 2020

  
ADENILDE CHAVES DE OLIVEIRA

**CAP - Deficiente Visual**  
**Adenilde Chaves de Oliveira**  
Representante Legal  
**Aut. 19:098/19 NTE-19**

**Centro de Apoio Pedagógico ao  
Deficiente Visual**

Jonathas Telles de Carvalho  
Av. Eduardo Fróes da Mota, 05  
Bairro: Santa Mônica  
P: 44.078-015 - Feira de Santana-Ba  
Tel.: (75) 3625-7755

## **Apêndice D**

### **Questionário de Perfil**

# Perfil - Braillestick

## 1. Faixa etária

*Mark only one oval.*

- ☐ Menos de 18 anos
- ☐ 18 a 28 anos
- ☐ 29 a 39 anos
- ☐ 40 a 50 anos
- ☐ Mais de 50 anos

## 2. Sexo

*Mark only one oval.*

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

## 3. Qual o tipo de deficiência?

*Mark only one oval.*

- ☐ Cegueira
- ☐ Baixa visão
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

## 4. Qual a razão da deficiência?

*Mark only one oval.*

- ☐ Congênita
- ☐ Adquirida



## 5. Quando se inicio a deficiência?

*Mark only one oval.*

- ☐ Pré e perinatal
- ☐ Infância
- ☐ Adolescência
- ☐ Adulto

## 6. Com que frequência você costuma jogar jogos digitais?

*Mark only one oval.*

- ☐ Nunca: nunca jogo.
- ☐ Raramente: jogo de tempos em tempos.
- ☐ Mensalmente: jogo pelo menos uma vez por mês.
- ☐ Semanalmente: jogo pelo menos uma vez por semana.
- ☐ Diariamente: jogo todos os dias.

## 7. Uma breve explicação sobre a pergunta anterior (você encontra muitos jogos?)

---

---

---

---

---

8. Com que frequência você costuma jogar jogos não-digitais (de cartas, tabuleiro, etc.)?

*Mark only one oval.*

- ☐ Nunca: nunca jogo.
- ☐ Raramente: jogo de tempos em tempos.
- ☐ Mensalmente: jogo pelo menos uma vez por mês.
- ☐ Semanalmente: jogo pelo menos uma vez por semana.
- ☐ Diariamente: jogo todos os dias.

9. Você conhece a máquina de escrever em braille (perkins)?

*Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

10. Você possui uma máquina de escrever em braille (perkins)?

*Mark only one oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

11. Uma breve explicação sobre quando comprou, por que comprou, o que acha da máquina, por que não comprou

---

---

---

---

---

12. Com que frequência você costuma usar a máquina de escrever em Braille?

*Mark only one oval.*

- ☐ Nunca: nunca uso.
- ☐ Raramente: uso de tempos em tempos.
- ☐ Mensalmente: uso pelo menos uma vez por mês.
- ☐ Semanalmente: uso pelo menos uma vez por semana.
- ☐ Diariamente: uso todos os dias.

13. Em quais locais você utiliza a máquina braille?

*Check all that apply.*

- ☐ CAP
- ☐ Casa
- ☐ Universidade
- ☐ Trabalho

Other: ☐ \_\_\_\_\_

14. Como você está mais acostumado a escrever em braille?

*Mark only one oval.*

- ☐ Reglete e Punção
- ☐ Máquina Braille
- ☐ Computadores com impressora em braille

---

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

## **Apêndice E**

# **User Experience Questionnaire - UEQ**

Fonte: Laugwitz et al. (2008)

Mais informações disponíveis em: <https://www.ueq-online.org/>. Último acesso: 26 nov. 2020

**Por favor dê-nos a sua opinião.**

A fim de avaliar o produto, por favor preencha o seguinte questionário. É constituído por pares de opostos relativos às propriedades que o produto possa ter. As graduações entre os opostos são representadas por círculos. Ao marcar um dos círculos, você pode expressar sua opinião sobre um conceito.

**Exemplo:**

<b>Atraente</b>	○	●	○	○	○	○	○	<b>Feio</b>
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	-------------

Esta resposta significa que avalia o produto mais **atraente** do que **feio**.

Marque a sua resposta da forma mais espontânea possível. É importante que não pense demasiado na resposta porque a sua avaliação imediata é que é importante.

Por favor, assinale sempre uma resposta, mesmo que não tenha certezas sobre um par de termos ou que os termos não se enquadrem com o produto.

Não há respostas "certas" ou respostas "erradas". A sua opinião pessoal é que conta!

Por favor, dê-nos a sua avaliação atual do produto em causa.

Por favor, marque apenas um círculo por linha.

[illegible]

## **Apêndice F**

### **System Usability Scale - SUS**

Fonte: Brooke (1996)

## 1. Marque de acordo com a sua opinião os seguintes itens

*Mark only one oval per row.*

	1 (Discordo Totalmente)	2	3	4	5 (Concordo Totalmente)
Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu achei o sistema fácil de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu achei o sistema atrapalhado de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu me senti confiante ao usar o sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## **Apêndice G**

### **Questionário para avaliação de Jogos/Estratégias Educacionais**

Adaptado com base na proposta de: Silva (2015)



## ARC - Braillestick

### 1. Responda as seguintes questões

*Mark only one oval per row.*

	1	2	3	4	5
As ações do braillestick são de fácil compreensão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O braillestick é de fácil utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Com o teclado posso digitar rapidamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Senti-me bem durante a digitação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O braillestick prende minha atenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consigo relacionar o braillestick com uma célula Braille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acredito que poderia utilizar o braillestick para interagir com outros softwares para a minha aprendizagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Senti que estava tendo progresso durante o uso do Braillestick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>