



ESCOLA SALESIANA SÃO JOSÉ
CENTRO PROFISSIONAL DOM BOSCO - CPDB
CURSO TÉCNICO EM INFORMÁTICA

Rafaela Ágatha Souza Camargo

Thyelly Kawane Lima Oliveira

Wesley Gabriel Evangelista Assumpção

**BRAILLE ACCESS: PROMOVENDO A INCLUSÃO E IGUALDADE POR MEIO DA
LEITURA TÁTIL**

Orientador: Geraldo Moreno Florentino Junior

Coorientador: Adriana Maia da Silva Coelho

CAMPINAS

2024

Rafaela Ágatha Souza Camargo, nº23, TI2B.

Thyelly Kawane Lima Oliveira, nº28, TI2B.

Wesley Gabriel Evangelista Assumpção, nº29, TI2B.

BRILLE ACESS: PROMOVENDO A INCLUSÃO E IGUALDADE POR MEIO DA LEITURA TÁTIL

Plano de Pesquisa referente ao trabalho de conclusão de curso do Centro Profissional Dom Bosco, apresentado para a obtenção de grau técnico no curso de Técnico em Informática.

CAMPINAS

2024

*Dedicamos este trabalho a nossos pais, pelo amor e incentivo constantes, aos
nossos amigos, por estarem sempre ao nosso lado compartilhando cada conquista,
e pôr fim aos nossos professores orientadores.*

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Aos professores orientadores Geraldo e Adriana, que durante 9 meses nos acompanharam pontualmente, dando todo o auxílio necessário para a elaboração do projeto.

Aos professores do Centro Profissional Dom Bosco, que através dos seus ensinamentos permitiram que pudéssemos estar concluindo este trabalho.

A todos que participaram das pesquisas, ao Pro visão Sociedade Campineira Atendimento Ao Deficiente Visual, que nos receberam com carinho para escutar e incentivar nosso projeto.

Aos nossos pais, nos incentivaram a cada momento e não permitiram que desistíssemos, trazendo apoio e conforto incondicional.

Aos nossos amigos, pela compreensão das ausências e pelo afastamento temporário durante o período do projeto e apoio e motivação.

“A verdadeira acessibilidade não é apenas sobre remover barreiras físicas, mas também sobre garantir que todas as pessoas possam participar plenamente da vida.”

Tim Berners-Lee

RESUMO

Dispositivos caros como um Linha Braille no mercado são uma realidade da inacessibilidade para pessoas que tem baixa ou perda total da visão, um problema que impacta principalmente no cotidiano de estudantes que acabam por optar em levar uma máquina Braille pesada para escola, que é disponibilizado como alternativa de acesso, por exemplo. Essa pesquisa foi além de baratear um dispositivo, ela contribuiu para o processo de alfabetização de crianças com deficiência visual. A importância de compreender esse fator residiu no desenvolvimento de um dispositivo de acesso econômico para essa população em relação aos estudos e envolvimento dessas pessoas nas inovações tecnológicas. Para alcançar esse objetivo, o projeto teve como proposta desenvolver um protótipo de baixo custo do Linha Braille que foi alcançado através do método de engenharia, visando proporcionar acessibilidade à leitura para alunos com deficiência visual e com suporte tecnológico para a alfabetização em Braille. Oferecendo assim uma alternativa mais leve e portátil em comparação as tradicionais máquinas de Linha Braille, eliminando a necessidade de carregar equipamentos pesados e permitindo acessibilidade no cotidiano. A pesquisa concluiu que o Braille Access proporcionou maior autonomia e inclusão para os alunos oferecendo solução para a leitura tátil facilitando principalmente o aprendizado em leitura braille. Para o alcance desses objetivos, foram feitas pesquisas de campo no instituto Pró-Visão para análise das necessidades dos alunos na qual se deu as razões que chegaram a esse projeto, que oferece um custo acessível e portátil que ajude no dia a dia.

Palavras-chave: Linha Braille, Acessibilidade, Inclusão.

ABSTRACT

The high cost of devices such as the Line Braille represents a significant accessibility barrier for individuals with visual impairments, particularly affecting students who often resort to carrying heavy machinery to school. This research not only aimed to reduce the cost of these devices, but also contributed to the literacy process for children with visual impairments. The importance of the project lies in the development of an affordable access device that increases educational engagement and technological innovation for this population. To this end, a low-cost prototype of a Braille writer was created using engineering methods, with a focus on providing reading accessibility for students with visual impairments and technological support for Braille literacy. The resulting device is lighter and more portable than traditional Braille writers, easing the burden of carrying heavy equipment and facilitating everyday accessibility. The study concluded that the Braille Access prototype significantly improved student autonomy and inclusion, offering a practical solution for tactile reading and improving Braille learning. Field research carried out at Instituto Pró-Visão identified the specific needs of students, ultimately guiding the development of an economical and portable solution to assist them in their daily lives.

Keywords: Line Braille, Accessibility, Inclusion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figure 1 - Arduino Uno	21
Figure 2 - Botões Chave	22
Figure 3 - Cabos Jumper.....	24
Figure 4 - Diodo 1N4007	25
Figure 5 - Eletroímã.....	25
Figure 6 - Protoboard	27
Figure 7 - Resistor 2.2k Ohm	28
Figure 8 -Transistor IRF 520	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha de custos do projeto	32
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. A importância da literatura na construção do imaginário da criança com deficiência visual.....	13
2.2. Processos de fabricação aplicados à célula Braille.....	13
2.3. O sistema Braille e suas aplicações.....	14
2.4. Acessibilidade e a população com deficiência visual no Brasil	14
2.5. Formas de leitura acessíveis e tecnologias assistivas	14
2.6. O papel do Sistema Braille na inclusão educacional.....	14
2.7. Desenvolvimento de células táteis para leitura Braille	15
2.8. Tecnologias assistivas e inclusão de pessoas com deficiência visual	15
2.9. O impacto do custo das máquinas Braille na educação.....	15
3. JUSTIFICATIVA	16
4. OBJETIVOS	17
4.1. Objetivo Geral	17
4.2. Objetivos Específicos	17
4.2.1. Pesquisar materiais e tecnologias adequadas para dispositivos táteis, considerando fatores como durabilidade, portabilidade e custo:.....	17
4.2.2. Identificar limitações técnicas e econômicas dos modelos de linhas Braille disponíveis no mercado:	17
4.2.3. Definir as especificações técnicas para uma linha Braille de baixo custo, com ênfase na redução do uso de motores:	18
4.2.4. Traçar o perfil do público-alvo e estabelecer parâmetros ergonômicos para o design do dispositivo:.....	18
4.2.5. Avaliar as tecnologias de fabricação disponíveis e sua viabilidade econômica:	18

4.2.6. Explorar soluções técnicas para a apresentação do texto em uma linha Braille contínua:	18
4.2.7. Utilizar o leitor de tela NVDA para garantir acessibilidade aos usuários:	19
4.2.8. Analisar os materiais mais adequados para a estrutura do mecanismo Braille Access:.....	19
5. MATERIAIS E MÉTODOS	20
5.1. Arduino UNO:.....	21
5.2. Arduino IDE:.....	21
5.3. Botão chave:	22
5.4. Bloco de notas:	23
5.5. Biblioteca Virtual:	23
5.6. Cabo Jumper:.....	23
5.7. CMD (Prompt de Comando):.....	24
5.8. Diodo 1N4007:	24
5.9. Eletroímã:.....	25
5.10. Filamento PLA:	26
5.11. GitHub:.....	26
5.12. Laboratórios de Recursos Eletrônicos:	26
5.13. Protoboard	27
5.14. Python:.....	27
5.15. Resistor 2.2k Ohm	28
5.16. Tinkercad:	29
5.17. Transistor IRF 520:	29
5.18. Visual Studio Code:	30
6. CRONOGRAMA.....	31
7. PLANILHA DE CUSTOS DO PROJETO.....	31
8. RESULTADOS E ANÁLISES DE DADOS	32

9. DISCUSSÃO	33
10. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

O objeto de estudo desta pesquisa é a acessibilidade a tecnologias em Braille para pessoas com deficiência visual, com foco específico no desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo, denominado Braille Access. O tema central aborda a dificuldade de acesso a materiais Braille economicamente viáveis, especialmente para estudantes que frequentemente têm que utilizar máquinas Braille pesadas e caras em seu ambiente escolar.

Atualmente, o campo da acessibilidade para pessoas com deficiência visual tem sido amplamente explorado, com diversas abordagens voltadas para a criação e aprimoramento de tecnologias assistivas. O sistema Braille, criado por Louis Braille no século XIX, continua a ser uma ferramenta essencial para a inclusão de pessoas cegas e com baixa visão. No entanto, o custo elevado e o tamanho dos dispositivos Braille tradicionais representam uma barreira significativa, conforme evidenciado por estudos recentes. Por exemplo, pesquisas indicam que as máquinas Braille existentes no mercado são muitas vezes inadequadas para o uso diário dos estudantes devido ao seu peso e preço (Oliveira et al., 2022; Silva, 2021).

O problema da acessibilidade a dispositivos Braille no Brasil é exacerbado pela alta incidência de deficiência visual na população. Dados do último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelam que há aproximadamente 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual no país, sendo 500 mil totalmente cegas e 6 milhões com baixa visão (IBGE, 2011). Essa realidade destaca uma necessidade crítica de soluções mais acessíveis e práticas para a inclusão educacional dessas pessoas, considerando a importância da educação como um direito fundamental e pilar para o desenvolvimento sustentável.

A pesquisa de Silva (2021) analisou o impacto do custo dos dispositivos Braille na inclusão escolar, enquanto Oliveira et al. (2022) investigaram a eficácia de tecnologias alternativas para a educação de pessoas com deficiência visual. Esses estudos forneceram uma base sólida para a compreensão dos desafios enfrentados e das soluções propostas até o momento, evidenciando a necessidade de um dispositivo que combine baixo custo e funcionalidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento de uma célula Braille de baixo custo baseia-se em diversas teorias e estudos relacionados à inclusão de pessoas com deficiência visual, acessibilidade e tecnologias assistivas. A construção desse dispositivo é justificada pela necessidade de ampliar o acesso à leitura e escrita em Braille, conforme apontado por diferentes autores. As contribuições de Almeida (2014), Santiago et al. (2022) e Silva (2021), entre outros, oferecem o suporte necessário para a criação de uma tecnologia que promova a inclusão educacional e social de pessoas com deficiência visual.

2.1. A importância da literatura na construção do imaginário da criança com deficiência visual

Segundo Almeida (2014), a literatura desempenha um papel fundamental na construção do imaginário e na formação cognitiva das crianças com deficiência visual. O Braille é uma das principais ferramentas para garantir que essas crianças tenham acesso à literatura e possam desenvolver seu potencial intelectual e criativo. A construção de uma célula Braille de baixo custo se torna essencial nesse contexto, pois permitirá que mais crianças possam acessar livros e materiais de leitura em formato Braille, promovendo inclusão e igualdade de oportunidades.

2.2. Processos de fabricação aplicados à célula Braille

D'a Vila (s.d.) discute processos de fabricação que podem ser aplicados ao desenvolvimento de dispositivos de baixo custo, como a célula Braille. A escolha de materiais e técnicas de produção adequadas pode reduzir significativamente o custo final do dispositivo, tornando-o acessível a um público maior. Este referencial teórico é fundamental para guiar o projeto na busca por soluções que equilibrem qualidade e custo.

2.3. O sistema Braille e suas aplicações

Drezz (s.d.) descreve o funcionamento do sistema Braille e suas aplicações na educação e na comunicação de pessoas com deficiência visual. O estudo detalha a estrutura dos pontos em relevo e a importância da precisão na leitura tátil, o que é diretamente aplicável ao desenvolvimento de uma célula Braille de baixo custo. Esse conhecimento técnico é essencial para garantir que o dispositivo reproduza fielmente os caracteres Braille, mantendo a funcionalidade e a eficácia do sistema.

2.4. Acessibilidade e a população com deficiência visual no Brasil

O Censo Demográfico do IBGE (2010) destaca a quantidade significativa de pessoas com deficiência visual no Brasil, evidenciando a necessidade de tecnologias acessíveis para essa população. Esses dados reforçam a importância do desenvolvimento de uma célula Braille de baixo custo, que poderá atender a uma parcela relevante da população brasileira, contribuindo para sua inclusão educacional e social.

2.5. Formas de leitura acessíveis e tecnologias assistivas

O estudo de Acessibilidade na Prática (2011) aborda as diferentes formas de leitura disponíveis para pessoas com deficiência visual e enfatiza a necessidade de tecnologias assistivas mais acessíveis. Este estudo fundamenta a criação de um dispositivo como a célula Braille de baixo custo, oferecendo uma alternativa viável e eficaz para a leitura e escrita em Braille, especialmente em contextos educacionais.

2.6. O papel do Sistema Braille na inclusão educacional

Reino (2000) apresenta uma análise histórica do Sistema Braille e discute sua relevância contínua na educação de pessoas com deficiência visual. Essa base teórica é importante para compreender a durabilidade e a eficácia do Braille como método de alfabetização e comunicação, justificando a criação de dispositivos

modernos, como a célula Braille de baixo custo, que possam manter esse legado vivo em um formato mais acessível.

2.7. Desenvolvimento de células táteis para leitura Braille

O estudo de Santiago et al. (2022) sobre o desenvolvimento de uma célula tátil para leitura Braille é um referencial técnico fundamental para o projeto. O trabalho detalha as especificidades do funcionamento de uma célula Braille e oferece insights sobre como adaptar o design e os componentes para reduzir os custos de produção. Este estudo serve como um guia prático para o desenvolvimento de uma célula Braille que atenda às exigências de acessibilidade e baixo custo.

2.8. Tecnologias assistivas e inclusão de pessoas com deficiência visual

Oliveira et al. (2022) discutem as tecnologias assistivas voltadas para pessoas com deficiência visual, destacando a importância de dispositivos acessíveis para garantir a inclusão educacional e social. A fundamentação teórica oferecida por esse estudo corrobora a relevância de uma célula Braille de baixo custo, que visa democratizar o acesso à leitura e escrita em Braille, reduzindo as barreiras econômicas que impedem muitas pessoas de utilizar essas tecnologias.

2.9. O impacto do custo das máquinas Braille na educação

Silva (2021) destaca o alto custo das máquinas Braille como uma barreira para a educação de pessoas com deficiência visual. Este estudo justifica diretamente o desenvolvimento de uma célula Braille de baixo custo, que busca mitigar essa dificuldade e fornecer uma solução acessível para escolas e indivíduos. A redução de custos permitirá que mais pessoas possam se beneficiar do uso do Braille em seu dia a dia, promovendo a inclusão educacional e social.

3. JUSTIFICATIVA

A inclusão digital é essencial para garantir que todos os cidadãos possam participar plenamente da sociedade contemporânea. No entanto, pessoas com deficiência visual enfrentam barreiras significativas ao acessar informações e recursos digitais. A falta de ferramentas acessíveis e adaptadas às suas necessidades limita drasticamente suas oportunidades educacionais, profissionais e sociais, perpetuando a exclusão e a desigualdade.

A falta de iniciativas para resolver essas barreiras resulta em uma exclusão digital que não apenas impede o desenvolvimento pessoal e profissional dessas pessoas, mas também priva a sociedade de suas contribuições valiosas. Em um mundo cada vez mais dependente de tecnologias, a ausência de soluções acessíveis para pessoas com deficiência visual representa uma falha crítica na promoção da igualdade e da justiça social.

Portanto, é de extrema importância desenvolver ferramentas que sejam acessíveis e economicamente viáveis para essa população. Este trabalho se propõe a abordar essa necessidade, buscando criar uma solução tecnológica que amplie o acesso à informação e ao conhecimento para pessoas com deficiência visual. Ao fazê-lo, pretende-se não apenas promover a inclusão e a equidade, mas também contribuir para uma sociedade mais justa e inclusiva, onde todos possam ter as mesmas oportunidades de interação e participação no ambiente digital.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Desenvolvimento de uma célula Braille de baixo custo, utilizando métodos de visual, focando na inclusão tecnológica. O projeto criou uma alternativa mais leve, portátil e econômica em comparação às máquinas tradicionais, eliminando a necessidade de equipamentos volumosos.

4.2. Objetivos Específicos

4.2.1. *Pesquisar materiais e tecnologias adequadas para dispositivos táteis, considerando fatores como durabilidade, portabilidade e custo:*

Este objetivo envolve a investigação de diferentes componentes que possam compor a célula Braille, como materiais para os pinos e mecanismos de movimentação. Serão avaliados materiais que ofereçam boa resistência ao desgaste pelo uso contínuo, sejam leves para facilitar a portabilidade e que apresentem um custo acessível, permitindo a viabilidade de um dispositivo de baixo custo.

4.2.2. *Identificar limitações técnicas e econômicas dos modelos de linhas Braille disponíveis no mercado:*

A pesquisa de dispositivos Braille já existentes permitirá identificar as principais barreiras, tanto tecnológicas quanto financeiras, que dificultam a ampla adoção desses dispositivos. Limitações como o alto custo de produção, o uso intensivo de motores para movimentação dos pinos e a complexidade de manutenção serão analisadas para que o projeto possa propor soluções mais simples e eficientes.

4.2.3. Definir as especificações técnicas para uma linha Braille de baixo custo, com ênfase na redução do uso de motores:

Para tornar o dispositivo mais econômico, o projeto busca soluções que reduzam a dependência de motores, que são comumente utilizados em linhas Braille e representam um dos principais custos de fabricação. Serão propostas alternativas como a utilização de eletroímãs e sistemas mais simples de movimentação, mantendo a funcionalidade necessária para a leitura tátil eficiente.

4.2.4. Traçar o perfil do público-alvo e estabelecer parâmetros ergonômicos para o design do dispositivo:

O sucesso do projeto depende de atender às necessidades específicas dos usuários com deficiência visual. Será realizada uma análise do perfil do público-alvo, considerando idade, nível de familiaridade com tecnologia assistiva e preferências de uso. A ergonomia do dispositivo também será um foco importante, garantindo que o design seja confortável e intuitivo para diferentes perfis de usuários, sem comprometer a usabilidade.

4.2.5. Avaliar as tecnologias de fabricação disponíveis e sua viabilidade econômica:

Será realizada uma análise das opções de fabricação em larga escala, considerando tecnologias como impressão 3D, moldagem de plásticos e outros processos de manufatura que possam oferecer uma produção em massa eficiente e de baixo custo. Serão consideradas também as alternativas de produção local, facilitando a implementação em diferentes regiões.

4.2.6. Explorar soluções técnicas para a apresentação do texto em uma linha Braille contínua:

Em vez de desenvolver uma célula com múltiplas linhas, que aumentaria o custo e a complexidade do dispositivo, o projeto investigará formas de apresentar o

conteúdo em uma única linha Braille. Isso permitirá que o dispositivo seja mais compacto e portátil, sem perder a eficiência na leitura.

4.2.7. Utilizar o leitor de tela NVDA para garantir acessibilidade aos usuários:

O NVDA será utilizado como base para a captura de texto e conversão em padrões Braille, garantindo que o dispositivo possa ser usado com a tecnologia assistiva já amplamente difundida. O objetivo é garantir uma integração eficiente entre o software e o hardware, para que o sistema seja funcional desde a leitura até a representação tátil do conteúdo.

4.2.8. Analisar os materiais mais adequados para a estrutura do mecanismo Braille Access:

Além dos pinos e do sistema de movimentação, será estudado o material para a carcaça do dispositivo, buscando um equilíbrio entre resistência, leveza e custo. Serão considerados polímeros, ligas metálicas leves e outros materiais que possam garantir a durabilidade do dispositivo sem aumentar significativamente seu peso ou custo de produção.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste projeto esteve em desenvolvimento para ajudar na educação acadêmica de deficientes visuais em conjunto com a tecnologia. A abordagem escolhida foi o método de engenharia para explorar a pesquisa e experiências subjetivas sobre o uso dessas tecnologias, como a Linha Braille, no ambiente escolar. Para isso, realizou-se uma visita à instituição Pró-visão, renomada por sua atuação na promoção da acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Nessa visita, obteve-se a oportunidade de interagir com profissionais experientes, o que proporcionou valiosos insights sobre as necessidades e desafios enfrentados por essa comunidade.

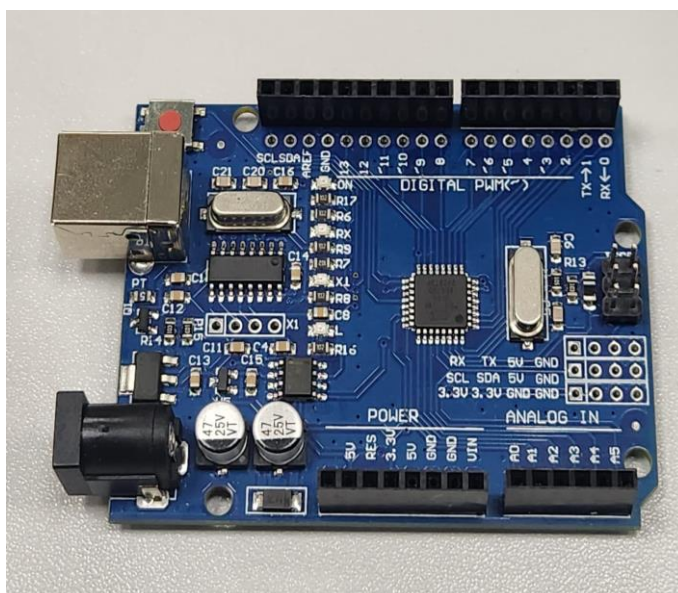
Para auxiliar no desenvolvimento do projeto, contou-se com a ajuda do software NVDA (NonVisual Desktop Access), um leitor de tela, ferramenta essencial que permitiu aos usuários com deficiência visual acessarem e interagirem com interfaces digitais de forma eficaz. O leitor passou informações para o Braille Access (dispositivo), que enviou dados sobre o cursor do computador e a letra que estava sendo lida para o Arduino Uno, uma plataforma de prototipagem eletrônica amplamente utilizada na criação de dispositivos interativos. Inicialmente o foco foi a construção de um script dentro do NVDA que transferisse os dados por meio da porta serial, longos testes com o arquivo foram feitos para garantir o funcionamento, após isso foi realizado testes com LEDs ligados ao Arduino para garantir o mapeamento funcional das letras e do script implementado. O Arduino analisou qual dos seis eletroímãs deveria ser ativado. Quando ativados, os eletroímãs tem seus pinos abaixados, e os desativados mantinham se levantados. Assim, formou-se a letra na parte superior do projeto, a qual o usuário leu com as mãos, célula por célula.

Para a parte externa do projeto, utilizou-se softwares avançados de modelagem 3D para projetar e visualizar o protótipo antes da fabricação. Isso permitiu uma análise detalhada da estrutura e dos componentes antes da produção, utilizando ferramentas como o SketchUp. Após o processo de modelagem, as peças foram enviadas para impressão 3D utilizando filamento PLA, uma tecnologia de fabricação aditiva que possibilitou a criação dos componentes necessários conforme o projeto inicial, proporcionando flexibilidade e agilidade na criação de peças personalizadas.

5.1. Arduino UNO:

O Arduino Uno é uma placa de prototipagem eletrônica amplamente utilizada, conhecida por sua facilidade de uso e versatilidade. Baseado no microcontrolador ATmega328P, ele oferece 14 pinos digitais e 6 pinos analógicos, permitindo a conexão de diversos sensores e atuadores. Além disso, sua capacidade de se comunicar via protocolos como I2C e SPI expande as possibilidades de interação com outros dispositivos. Por essas razões, o Arduino Uno se tornou uma escolha popular em projetos de eletrônica, automação e robótica, estimulando a criatividade e a inovação.

Figure 1 - Arduino Uno



Fonte: Autoria própria

5.2. Arduino IDE:

Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para programar as placas Arduino. Oferece uma interface simples para escrever código, compilar e transferir programas para a placa.

5.3. Botão chave:

O botão chave é um componente fundamental para o controle de circuitos elétricos, funcionando como um interruptor que liga e desliga a passagem de corrente. Ao ser pressionado, ele fecha o circuito, permitindo que a energia flua para o dispositivo conectado. Esse tipo de botão é muito versátil, podendo ser utilizado em diversas aplicações, desde o acionamento de luzes até o controle de pequenos motores.

Existem diferentes tipos de botões chaves, como os normalmente abertos (NA), que permitem a passagem de corrente apenas quando pressionados, e os normalmente fechados (NF), que fazem o oposto. A escolha do tipo certo depende da lógica desejada para o circuito. Com sua simplicidade e eficácia, o botão chave é uma solução prática para quem busca um controle manual em projetos eletrônicos.

Figure 2 - Botões Chave



Fonte: Autoria própria

5.4. Bloco de notas:

Editor de texto simples e básico, pré-instalado em sistemas operacionais Windows. Usado para edição de scripts, anotações e manipulação de arquivos de texto.

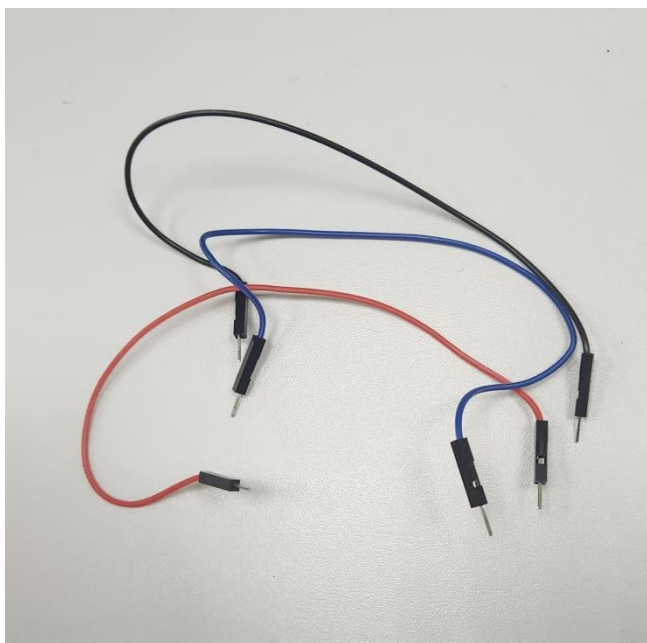
5.5. Biblioteca Virtual:

O acesso a uma vasta gama de recursos digitais, incluindo livros eletrônicos, artigos acadêmicos e revistas especializadas, foi uma ferramenta essencial para a pesquisa e o aprofundamento no tema abordado no TCC (Trabalho de Conclusão de Curso).

5.6. Cabo Jumper:

O cabo jumper, utilizado em protoboards, é um componente fundamental para montar circuitos eletrônicos de forma rápida e prática. Esses cabos flexíveis permitem fazer conexões entre diferentes pinos de componentes, como resistores, LEDs e microcontroladores, sem a necessidade de solda. Eles vêm em diversas cores e tamanhos, facilitando a identificação e organização dos circuitos. Ao trabalhar com jumpers, é possível explorar conceitos eletrônicos, testar ideias e realizar protótipos de maneira eficiente. A versatilidade dos cabos jumpers os torna indispensáveis para estudantes e entusiastas da eletrônica.

Figure 3 - Cabos Jumper



Fonte: Autoria própria

5.7. CMD (Prompt de Comando):

Ferramenta de linha de comando disponível no Windows, usada para executar comandos e scripts diretamente no sistema, facilitando a automação e a execução de processos de forma manual ou automatizada.

5.8. Diodo 1N4007:

O diodo 1N4007 é um componente eletrônico amplamente utilizado em circuitos de retificação e proteção. Ele é um diodo de junção de silício, capaz de suportar uma tensão reversa de até 1000 volts e uma corrente contínua de até 1 ampere. Sua principal função é permitir a passagem da corrente em uma única direção, bloqueando a inversa, o que o torna ideal para converter corrente alternada em corrente contínua. O 1N4007 é popular entre entusiastas e profissionais, oferecendo uma solução confiável para projetos eletrônicos, onde a proteção de circuitos é a prioridade.

Figure 4 - Diodo 1N4007



Fonte: Autoria própria

5.9. Eletroímã:

Dispositivo que gera um campo magnético quando uma corrente elétrica passa através de uma bobina. Muito utilizado em projetos de eletrônica e automação, sendo um dos componentes essenciais em mecanismos de movimento ou controle.

Figure 5 - Eletroímã



Fonte: Autoria própria

5.10. Filamento PLA:

O filamento PLA (Ácido Polilático) é um dos materiais mais populares usados em impressão 3D. Ele é um termoplástico derivado de recursos naturais renováveis, como o amido de milho, a mandioca e a cana-de-açúcar. Isso o diferencia de outros plásticos convencionais, que são derivados do petróleo.

Uma das principais razões pelas quais o uso do PLA é considerado melhor para o meio ambiente é o fato de ele ser biodegradável em condições industriais específicas. Ao contrário de plásticos à base de petróleo, que podem levar centenas de anos para se decompor, o PLA pode ser degradado mais rapidamente, reduzindo a poluição plástica.

Além disso, a produção do PLA emite menos gases de efeito estufa do que a fabricação de plásticos convencionais. Como ele é feito de recursos renováveis, sua pegada de carbono é menor. Também é *não tóxico*, o que significa que, em caso de exposição ao calor ou quando processado, ele não libera vapores nocivos como outros tipos de plásticos, tornando-o mais seguro tanto para o ambiente quanto para os usuários.

Por ser uma alternativa mais sustentável e ter um ciclo de vida menos prejudicial ao planeta, o filamento PLA é amplamente adotado por pessoas e indústrias que buscam soluções ecologicamente corretas para a impressão 3D.

5.11. GitHub:

Plataforma de hospedagem de código-fonte, baseada no sistema de controle de versão Git. Permite que desenvolvedores colaborem em projetos, gerenciem versões de software e compartilhem código de forma aberta ou privada.

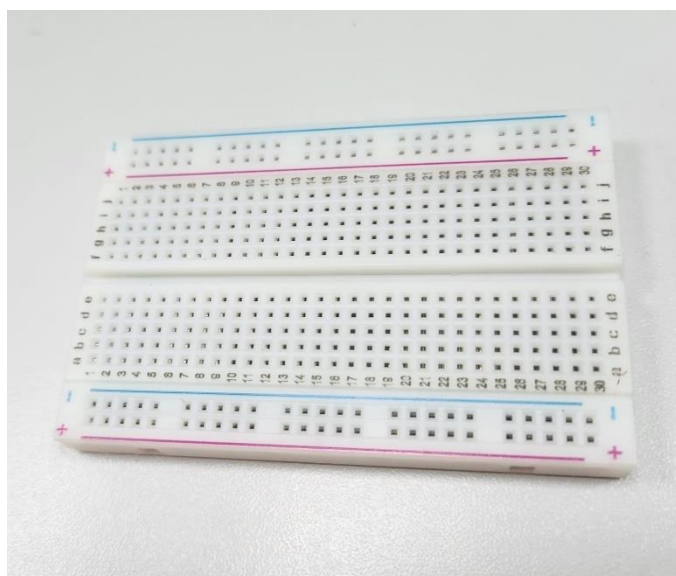
5.12. Laboratórios de Recursos Eletrônicos:

Equipados com computadores de última geração, softwares especializados e conexão de alta velocidade à internet, impressoras 3D e ferramentas, esses laboratórios proporcionaram ambientes propícios para a experimentação e prática de programação, design e análise de dados.

5.13. Protoboard

A protoboard, também conhecida como placa de ensaio ou breadboard, é uma ferramenta essencial para prototipagem eletrônica, permitindo a montagem rápida e fácil de circuitos sem a necessidade de soldagem. Com um layout de conectores internos, ela permite que componentes como resistores, LEDs, transistores e microcontroladores sejam inseridos e interligados de maneira flexível. Isso possibilita testes e modificações rápidas, facilitando o processo de aprendizado e experimentação em eletrônica. A protoboard é amplamente utilizada por iniciantes e profissionais, pois oferece uma maneira prática de validar ideias antes de avançar para montagens permanentes. Sua versatilidade e simplicidade tornam-na indispensável em laboratórios e oficinas de eletrônica.

Figure 6 - Protoboard



Fonte: Autoria própria

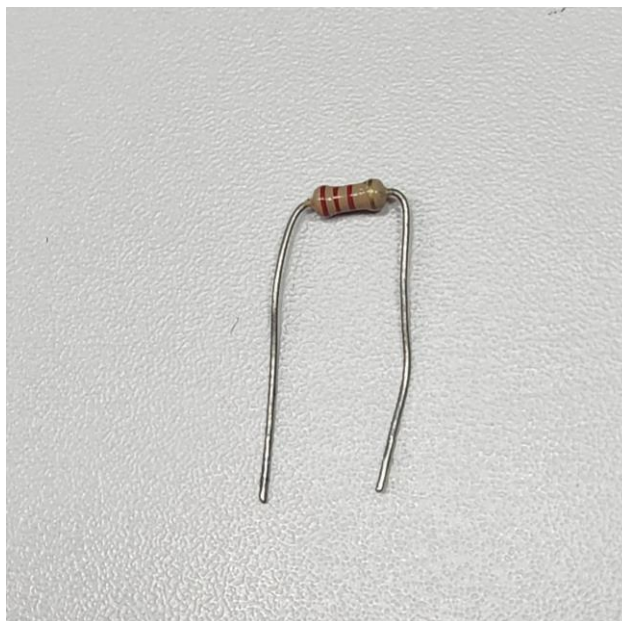
5.14. Python:

Linguagem de programação de alto nível, interpretada e de propósito geral. Conhecida por sua sintaxe clara e legibilidade, Python é amplamente usada em diversas áreas, como desenvolvimento web, automação, análise de dados, inteligência artificial e aprendizado de máquina. A linguagem oferece uma vasta biblioteca padrão, além de uma grande comunidade de desenvolvedores, o que facilita a criação e a manutenção de projetos. Seu design prioriza a simplicidade e a produtividade, tornando-a ideal tanto para iniciantes quanto para desenvolvedores experientes.

5.15. Resistor 2.2k Ohm

O resistor de 2.2k Ohm (corresponde à relação entre a tensão (medida em volts) e uma corrente (medida em amperes) sobre um elemento, seja ele um condutor ou isolante) é um componente fundamental em circuitos eletrônicos, utilizado para limitar a corrente elétrica e proteger outros dispositivos. Com uma resistência de 2.200 ohms, ele é frequentemente empregado em divisores de tensão, circuitos de polarização e filtros. Sua versatilidade o torna ideal em aplicações que vão desde eletrônicos simples até projetos mais complexos, ajudando a garantir o funcionamento adequado dos circuitos. Além disso, a escolha do valor correto é crucial para otimizar o desempenho e a eficiência dos sistemas.

Figure 7 - Resistor 2.2k Ohm



Fonte: Autoria própria

5.16. Tinkercad:

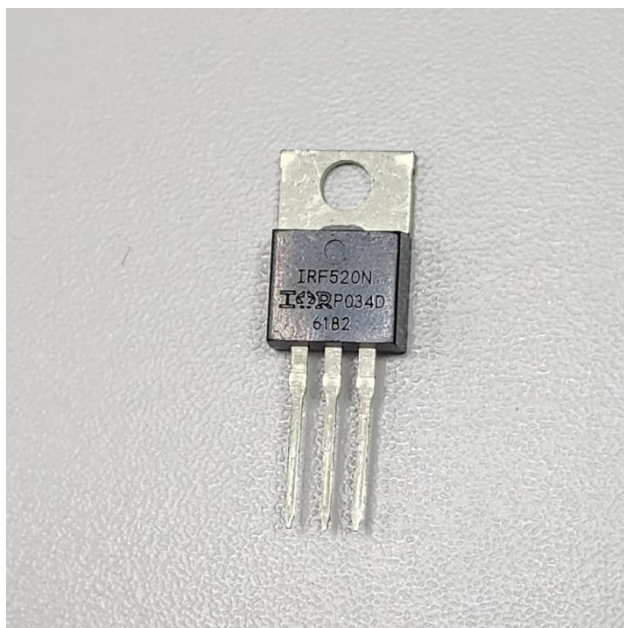
Plataforma online gratuita da Autodesk que permite o desenvolvimento de modelos 3D e simulações de circuitos eletrônicos. Muito usada em ambientes educacionais e por iniciantes em design 3D e eletrônica.

5.17. Transistor IRF 520:

O IRF520 é um transistor MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) de potência amplamente utilizado em circuitos de chaveamento e controle de cargas elevadas. Ele suporta uma tensão máxima de drenagem (V_{DS} , a tensão entre o dreno e a fonte) de 100V e uma corrente máxima de drenagem (I_D , a corrente que passa pelo dreno) de 9.2A, tornando-o ideal para aplicações que exigem robustez. Sua resistência em estado ligado ($R_{DS(on)}$, a resistência entre o dreno e a fonte quando o transistor está ligado) é tipicamente 0.27 Ohm, o que minimiza a perda de energia e o calor gerado durante a operação. Para acioná-lo, é necessária uma tensão na porta (V_{GS} , a tensão aplicada à porta) de pelo menos 10V para garantir que ele conduza eficientemente. O IRF520 é comumente utilizado em circuitos para ligar e desligar dispositivos como motores e relés, além de ser empregado em

amplificadores. É importante considerar a dissipação de calor em aplicações de alta corrente e usar diodos de proteção em circuitos indutivos para evitar danos ao transistor. Com sua eficiência e versatilidade, o IRF520 é uma escolha popular em projetos de eletrônica de potência.

Figure 8 -Transistor IRF 520



Fonte: Autoria própria

5.18. Visual Studio Code:

Editor de código-fonte desenvolvido pela Microsoft, utilizado para programar em várias linguagens. Oferece ferramentas avançadas, como depuração, controle de versão e integração com outras plataformas, além de ser personalizável com extensões.

6. CRONOGRAMA

Etapa	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Definição do Tema	x								
Pesquisa Bibliográfica	x	x	x	x	x				
Pesquisa de campo	x								
Plano de Pesquisa	x	x	x						
Protótipo			x	x	x	x			
Compra dos Materiais			x	x					
Testes do Projeto					x	x			
Relatório de Pesquisa				x	x	x	x	x	
Apresentação na feira								x	

7. PLANILHA DE CUSTOS DO PROJETO

Tabela 1 - Planilha de custos do projeto

QTD	DESCRIÇÃO DO RECURSO	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	FONTE
1	Arduino uno	R\$45,00	R\$45,00	Mercado Livre
1	ArduinoIDE	Gratuito	Gratuito	Arduino.cc
1	Botão Chave 3	R\$14,90	R\$14,90	Mercado Livre
1	Botão Chave Micro switch 4 pinos	R\$9,99	R\$9,99	Mercado Livre
1	Kit 40 Unidades Cabo Jumper	R\$13,91	R\$13,91	Mercado Livre
7	Eletroímã	R\$5,03	R\$80,77	Aliexpress
1	GitHub	Gratuito	Gratuito	GitHub
1	NVDA	Gratuito	Gratuito	NVDA
1	Notebook	R\$2.123,99	R\$2.123,99	Magazine Luiza
1	Protoboard	R\$9,08	R\$9,08	Mercado Livre
1	Kit 10 Unidades Resistor 2.2k Ohm	R\$11,70	R\$11,70	Mercado Livre
1	Tinkerkard	Gratuito	Gratuito	Tinkerkard
2	Kit 5 Unidades Transistor IRF520	R\$25,90	R\$51,80	Mercado Livre
1	Visual Studio 2022	Gratuito	Gratuito	Visual Studio
TOTAL			R\$2.361,14	-----

Fonte: Autoria própria

8. RESULTADOS E ANÁLISES DE DADOS

O desenvolvimento da célula Braille de baixo custo começou com a criação de um script no NVDA, projetado para capturar os caracteres exibidos na tela do computador e enviá-los ao Arduino por meio da porta serial. Cada letra foi convertida em um código binário, que indicava quais pinos da célula Braille deveriam ser ativados ou desativados, utilizando eletroímãs.

Os primeiros testes foram feitos com LEDs, que simulavam a ativação dos pinos. Quando uma letra era digitada no teclado, o script do NVDA enviava o código binário correspondente ao Arduino, que ativava os LEDs conforme o padrão Braille da letra. Essa fase inicial foi crucial para validar o funcionamento do sistema, embora alguns erros tenham sido detectados durante os primeiros testes, como a ativação incorreta de LEDs para algumas letras devido a problemas na comunicação entre o NVDA e o Arduino.

Após corrigir esses erros no script e na comunicação serial, os LEDs começaram a responder corretamente às letras digitadas, mostrando que o mapeamento binário estava correto. Com o sucesso dos testes iniciais, o sistema avançou para a substituição dos LEDs por eletroímãs, que passaram a movimentar os pinos da célula Braille de acordo com o código binário.

Os testes com os eletroímãs mostraram que, após ajustes na calibração, o protótipo foi capaz de formar corretamente as letras em Braille na célula. Entretanto, falhas esporádicas ainda ocorreram nos primeiros testes, como a movimentação incorreta de pinos em situações específicas, exigindo melhorias na precisão do controle dos eletroímãs.

9. DISCUSSÃO

O desenvolvimento do dispositivo Braille Access reflete diretamente as lacunas identificadas por diversos estudos sobre acessibilidade e inclusão de pessoas com deficiência visual. A pesquisa buscou responder ao desafio central da introdução: a falta de dispositivos Braille acessíveis, especialmente em contextos educacionais. O alto custo das máquinas Braille tradicionais, destacado por Silva (2021), e a necessidade de tecnologias assistivas mais eficientes, conforme Oliveira et al. (2022), guiaram a criação de uma célula Braille de baixo custo, oferecendo uma alternativa portátil e econômica.

Os dados do IBGE (2011) evidenciam a urgência de tecnologias acessíveis para um público numeroso no Brasil, com mais de 6 milhões de pessoas com deficiência visual. O Braille Access propõe reduzir as barreiras ao desenvolvimento educacional dessas pessoas, alinhando-se às recomendações de Reino (2000) sobre a importância do Braille como ferramenta de alfabetização. Ao criar um dispositivo que reduz custos e facilita o acesso, o projeto contribui diretamente para a inclusão educacional, objetivo principal desta pesquisa.

O uso do leitor de tela NVDA como parte fundamental do sistema é coerente com as propostas de tecnologias assistivas destacadas por Acessibilidade na Prática (2011), que enfatizam a necessidade de soluções que combinem eficiência e baixo custo. A implementação do método proposto no projeto, não só soluciona questões econômicas como também possibilita a replicação do dispositivo em maior escala, beneficiando estudantes de baixa renda.

Além disso, o projeto utilizou conceitos sobre processos de fabricação de baixo custo, como discutido por D'a Vila (s.d.), para garantir que a célula Braille fosse produzida com materiais acessíveis e duráveis, sem comprometer a funcionalidade. A substituição de tecnologias tradicionais, como motores caros, por eletroímãs, assegura que o dispositivo seja leve e fácil de transportar, alinhando-se ao objetivo de proporcionar maior portabilidade, conforme estabelecido nos objetivos específicos.

Portanto, o Braille Access representa uma solução inovadora para os desafios descritos na introdução. O projeto não apenas responde aos problemas práticos levantados na literatura sobre acessibilidade, mas também oferece uma alternativa que pode transformar a experiência educacional de pessoas com deficiência visual, especialmente no Brasil. A redução de barreiras econômicas e a criação de uma tecnologia inclusiva demonstram o sucesso do projeto em atender aos seus objetivos, promovendo maior equidade no acesso à educação.

10. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do dispositivo Braille Access alcançou com sucesso o objetivo de criar uma célula Braille de baixo custo, acessível e funcional para pessoas com

deficiência visual, especialmente estudantes. A pesquisa partiu de uma necessidade clara: a dificuldade de acesso a dispositivos Braille, que são tradicionalmente caros e volumosos, o que limita o seu uso no cotidiano educacional. O protótipo criado conseguiu demonstrar que, por meio de tecnologias como o leitor de tela NVDA, a comunicação serial com o Arduino, e a utilização de eletroímãs no lugar de motores mais caros, é possível oferecer uma solução portátil e econômica. O projeto mostrou-se viável e pronto para evoluir com melhorias adicionais, como o aperfeiçoamento da precisão dos pinos e a otimização da resposta dos eletroímãs.

O Braille Access representa um passo significativo para ampliar o acesso à leitura e à educação de pessoas com deficiência visual no Brasil, especialmente considerando o contexto socioeconômico de grande parte da população. Com um custo significativamente mais baixo que os dispositivos tradicionais, o protótipo tem potencial para impactar positivamente a inclusão educacional e social de milhares de pessoas que, até então, enfrentam barreiras econômicas para acessar a tecnologia Braille.

Assim, o projeto cumpriu seus objetivos principais e específicos, proporcionando uma alternativa acessível, portátil e eficiente para o uso do sistema Braille. As perspectivas futuras incluem a expansão do protótipo para outros contextos e a possibilidade de parcerias para a produção em maior escala, a fim de beneficiar um número ainda maior de usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. G. S. A importância da literatura como elemento de construção do imaginário da criança com deficiência visual. Rio de Janeiro, 2014.

D'A VILA, V. Juliano. Programa de Pós-Graduação em Projetos e Processos de Fabricação. Universidade Passo Fundo. Disponível em: <Universidade Passo Fundo>.

DREZZ, E. R. O sistema Braille. ÉRIKA RACK. Sistema Braille. Disponível em: <Cartilha-O-sistema-braille.pdf>.

GUILHERME, A. Luiz. Estudo do efeito da Geometria das Extremidades do Núcleo Sobre a deflexão do arco sem moldagem. Faculdade.

IBGE. Censo Demográfico: Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência. Brasil: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010.

OLIVEIRA, J.; SILVA, M.; SOUZA, A. Acessibilidade e Inclusão: Tecnologias Assistivas para Deficientes Visuais. Editora Universitária, 2022.

PRÁTICA, Acessibilidade na (Ed.). Deficiência Visual: Formas de leitura e acessibilidade à informação. 2011.

QUEIROZ, Virginia Magliano; ONO, Rosaria. A experiência de uma pessoa com deficiência visual em local desconhecido: o papel da maquete tátil. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP. Disponível em: <A EXPERIÊNCIA DE UMA PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM LOCAL.pdf>.

REINO, Vitor. 170 anos depois: Considerações sobre o Sistema Braille. Lisboa: Biblioteca Nacional, 2000.

SANTIAGO, G.; BENGTON, C.; PINO, D.; PENDENGA, C.; SANTOS, J. CELTA: Sistema de célula tátil para leitura Braille. UFSCar, São Carlos. Disponível em: <Manual-de-confecção-Celta[1].pdf>.

SILVA, L. O Impacto do Custo das Máquinas Braille na Educação. Revista Brasileira de Tecnologia Assistiva, 12(3), 45-60, 2021.