



Plataforma Automática Educacional De Braille

Zapelão NLC, Moura TR, Pereira VBH, Sides VP, Rangel VE and Santos BJ*

**Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, Brasil.*

Resumo. A educação de crianças em seu desenvolvimento tem relações práticas e cotidianas vivenciadas, inicia-se sua construção de conhecimentos pela oportunidade de imaginar, aprender, observar, questionar, brincar e quando desenvolve habilidades e comportamentos competentes de práticas sociais. Em relação a educação de crianças com deficiência visual, as oportunidades de conhecimento se dão quando é dado o acesso a linguagem Braille, com isso incluímos ela ao âmbito social e cultural e assim o mundo vai sendo descoberto pelas mãos. O código Braille é um sistema universal e natural de leitura e escrita, utilizado por pessoas com deficiência visual, principalmente pelas pessoas cegas. O processo de alfabetização do código para uma criança portadora da perda total de visão, requer recursos especializados. A curva de aprendizado do sistema Braille se torna um processo lento, sendo a habilidade de leitura mais complexa, exigindo uma técnica analítica, principalmente com a destreza tátil e movimentos manuais coordenados. Para imergir uma criança no mundo da leitura Braille, é necessário construir sua alfabetização, principalmente baseada no letramento sintético, no qual estabelece uma correspondência entre o som e a grafia, entre o oral e o escrito, através do aprendizado por letra por letra, ou sílaba por sílaba e palavra por palavra. O presente projeto tem como objetivo criar um método capaz de auxiliar o processo de letramento infantil no sistema Braille. Nesse sentido, o sistema vem cumprir seu papel quando insere o deficiente visual no mundo das palavras, causando uma espécie de libertação intelectual.

Palavras-chave. *letramento, sistema Braille, aprendizagem, leitura.*

Introdução. Globalmente há 1,3 bilhão de pessoas com alguma forma de deficiência visual, onde 1,4 milhão são crianças (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, OMS). Somente no Brasil, 6,98 milhões com 2 ou mais anos possuem essa deficiência, cerca de 3,5% da população total. Entre as pessoas cegas, 110 mil tem 15 anos ou mais e não são alfabetizadas, e entre as pessoas com baixa visão, 1,5 milhão não sabem ler ou escrever. Isso significa que cerca de 1 em cada 4 pessoas (25%) com alguma deficiência visual era considerada não alfabetizada. Um índice maior do que o da população em geral, que, em 2010, era de aproximadamente 8% nessa faixa etária (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

A Professora Margareth de Oliveira Olegario Teixeira, do Instituto Benjamin Constant, integrante do GRUPEM/PUC-Rio (Grupo de Pesquisa em Educação e Mídia na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro) diz que o problema da não alfabetização, infelizmente,

são poucas as instituições especializadas para dar suporte e que o atendimento da sala de recursos é insuficiente. Também há poucos professores com conhecimento do Braille nas redes de ensino públicas e privadas do país. Contribuindo com a falta de profissionais capacitados, ainda faltam imprimir mais livros e materiais em Braille, bem como o amplo acesso a equipamentos que auxiliam no aprendizado, ainda muito caros.

As formas utilizadas para o apoio no ensino do Braille, muitas vezes, são ferramentas criadas pelos próprios professores a partir de materiais simples como EVA, bolinhas de gude e tampas de garrafas. Muitas dessas ferramentas apresentam formato muito maior que a da célula Braille padrão, onde facilitam o aprendizado, mas se afastam muito do cotidiano. Atualmente, há alguns produtos comercializados que foram desenvolvidos para esse auxílio, mas, no geral, ou são muito simples, ou são muito caros, chegando a custar mais de 1.300 dólares.

Com essa carência de um equipamento que seja viável, tanto em questão de custo quanto em questão de acesso, temos a proposta do desenvolvimento de um protótipo para suprir esses pontos. Utilizando um microcontrolador Arduino, que torna o projeto mais acessível e barato, a proposta é de um protótipo com 4 células de Braille e integração com um computador ou aplicativo de celular, capaz de formar letras, palavras e números. Sua proposta é ser utilizada de forma prática e mais rápida, sem a necessidade de uma impressão em papel, podendo ser facilmente transportado, além da possibilidade do autoaprendizado, onde, após uma introdução e certo desenvolvimento, o usuário consegue aprender sem a ajuda constante de um professor.

Justificativa. Ser alfabetizado, compreender a escrita e poder utilizá-la é tão importante para quem enxerga, quanto aprender o Braille para pessoas que possuem deficiência visual, principalmente para crianças, que estão em fase de desenvolvimento, pois há uma influência positiva no aprendizado e no desempenho acadêmico e social.

Ao discorrer sobre o tema, Costa (2018) pontua a necessidade de a criança cega experienciar diferentes situações e explorar o ambiente em que vive, recebendo estímulos multissensoriais, pois as crianças cegas deveriam ter acesso ao Braille e participar de atividades que envolvem a ação de ler e escrever, o que é importante para seu letramento.

Analisando as carências encontradas nos artigos e pesquisas, inclusive visitando a Instituição Dorina Nowill, foi identificado grande dificuldade de as crianças conseguirem contato com algum material que pudesse explorar o desenvolvimento e habilidade tátil na leitura do Braille. Na grande maioria, nem mesmo professores conseguem desenvolver materiais adequados para proporcionar uma experiência aos deficientes visuais, o que acaba impactando no desenvolvimento deles.

Levando em consideração, o FOCA visa reduzir essa dificuldade, trazendo uma plataforma automática para a educação e desenvolvimento do Braille.

O objetivo é projetar e construir a ferramenta FOCA Braille, que pode auxiliar no desenvolvimento da habilidade tátil de crianças com perda total de visão ou baixa visão, apresentando a grafia de letras e números em células Braille.

- Desenvolver uma programação que possua a lógica para a escrita do Braille;
- Com componentes de baixo custo, montar um circuito que seja prático e atenda às necessidades do projeto;
- Montar o conjunto de forma que comporte todos os componentes e seja ergonômico para o usuário do dispositivo;
- Desenvolver um dispositivo acessível e prático, que possa auxiliar a introdução do sistema Braille para uma pessoa portadora de deficiência visual.

Deficiência Visual. De acordo com o Decreto 3.298, de 20/12/1999, pessoa portadora de deficiência é aquela que apresenta, em caráter permanente, perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal. É considerada portadora de deficiência visual quando apresenta acuidade visual igual ou menor que 20/200 no melhor olho, após a melhor correção, ou campo visual inferior a 20° (tabela de Snellen), ou ocorrência simultânea de ambas as situações (art. 3º, I e II, combinado com art. 4º, III).

Deficiência visual é uma categoria que inclui pessoas cegas e pessoas com visão reduzida. Na definição pedagógica, a pessoa é cega, mesmo possuindo visão subnormal, quando necessita da instrução em braille; a pessoa com visão subnormal pode ler tipos impressos ampliados ou com auxílio de potentes recursos ópticos (Instituto Benjamin Constant, 2002).

A definição clínica afirma como cego o indivíduo que apresenta acuidade visual menor que 0,1 com a melhor correção ou campo visual abaixo de 20 graus; como visão reduzida quem possui acuidade visual de 6/60 e 18/60 (escala métrica) e/ou um campo visual entre 20 e 50 graus, e sua visão não pode ser corrigida por tratamento clínico ou cirúrgico nem com óculos convencionais (Carvalho, M.L.B. - Visão subnormal: orientações ao professor do ensino regular, 1994).

A cegueira classifica-se dependendo de onde se tenha produzido o dano que impede a visão. Este pode ser:

- Nas estruturas transparentes do olho, como as cataratas e a opacidade da córnea;
- Na retina, como a degeneração macular e a retinose pigmentária;
- No nervo óptico, como o glaucoma ou diabetes;
- No cérebro.



A cegueira pode ser congênita ou adquirida. O dano que impede a visão pode ser causado no nascimento, em algum evento ao longo da vida do indivíduo ou ainda no útero materno.

Em 2019, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS), 17,3 milhões de pessoas com dois anos ou mais de idade (8,4% dessa população) tinham alguma das deficiências investigadas, e cerca de 8,5 milhões (24,8%) de idosos estavam nessa condição.

Na população do país com 2 anos ou mais de idade, 3,4% (ou 6,978 milhões) tinham deficiência visual. Segundo a PNS, 3,4% da população do país com 2 anos ou mais de idade declararam ter muita dificuldade ou não conseguir de modo algum enxergar, o equivalente a 6,978 milhões de brasileiros com deficiência visual, que atingia a 2,7% dos homens e a 4,0% das mulheres. Cerca de 0,5% da população com 2 a 9 anos tinha deficiência visual. Aproximadamente 4,2% das pessoas com 18 anos ou mais de idade tinham deficiência visual, sendo 8,1% entre as pessoas sem instrução ou com nível fundamental incompleto, 3,2% para aquelas com fundamental completo ou médio incompleto, 2,1% para aquelas com médio completo ou superior incompleto e 1,0% para o nível superior completo.

Analisando as informações trazidas pela WHO (World Health Organization), crianças pequenas com deficiência visual grave e irreversível de início precoce podem apresentar atraso no desenvolvimento motor, de linguagem, emocional, social e cognitivo, com consequências para o resto da vida. Crianças em idade escolar com deficiência visual também podem apresentar níveis mais baixos de desempenho educacional.

Sistema Braille. O sistema Braille é um sistema universal de leitura e escrita para pessoas cegas ou com deficiência visual. Foi criado por Louis Braille, nascido em 1809 na França, que ficou cego aos 3 anos de idade em um acidente doméstico. Ele estudou no Instituto Real de Jovens Cegos de Paris e, em 1825, decidiu a criar um método de leitura eficaz, desenvolveu a célula Braille, um sistema de seis pontos, com duas colunas de três pontos. Em 1892 o americano Frank H. Hall incorporou avanços ao método de escrita com a criação de uma máquina Braille, composta por sete teclas que formam diferentes combinações representando letras, números e outros sinais.

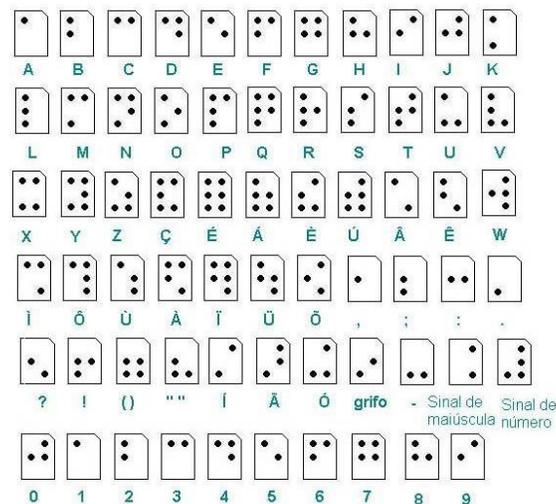
O Brasil foi o primeiro da América Latina a adotar oficialmente o sistema, inaugurando o Instituto Imperial dos Meninos Cegos, na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 1854. Nessa escola, na década de 1870, teve início a produção de livros em Braille. Hoje, a entidade se chama Instituto Benjamin Constant, e mais do que uma escola que atende crianças e adolescentes cegos, surdo cegos, com baixa visão e deficiência múltipla, é também um centro de referência, em nível nacional, para questões da deficiência visual, capacitando profissionais e

assessorando instituições públicas e privadas nessa área, além de reabilitar pessoas que perderam ou estão em processo de perda da visão.

O Sistema Braille tem sua escrita composta por pontos em relevo que pessoas com baixa visão podem ler pelo tato e que lhes permite também escrever com o uso de uma impressora especial. O conjunto de pontos possibilita a formação de 63 símbolos. No entanto, o espaço que não é ocupado pelos pontos também é considerado como um sinal e, por isso, muitos especialistas consideram que o sistema Braille possui 64 símbolos.

A escrita possui normas que devem ser seguidas. Há regras para o uso de letras maiúsculas e minúsculas, assim como regras para siglas, abreviações, utilização de números e letras em conjunto e muitas outras. No caso da língua portuguesa, os sinais conservam as características originais, mas como há alguns vogais com acentos e outros símbolos, no Brasil, há alguns sinais exclusivos.

Figura 1 - Correspondência para o Braille. Fonte: Instituição Braille de Santos – IBS



The figure shows a grid of Braille characters corresponding to the following symbols:

- Row 1: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K
- Row 2: L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V
- Row 3: X, Y, Z, Ç, É, Á, Ê, Ú, Â, Ë, W
- Row 4: Ì, Ò, Û, Ä, Ï, Ù, Ö, ¸, ;, :
- Row 5: ? , ! , () , " " , ´ , ¨ , Ó , grifo , - (Sinal de maiúscula) , (Sinal de número)
- Row 6: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Fonte: Instituição Braille de Santos – IBS

Figura 2 - Correspondência Simbologia para o Braille. Fonte: ALIANÇA TRADUÇÕES.

Vogais	a	⠁	e	⠑	i	⠃	o	⠋	u	⠚
Acento agudo	á	⠁⠠	é	⠑⠠	í	⠃⠠	ó	⠋⠠	ú	⠚⠠
Acento grave	à	⠁⠨	-	-	-	-	-	-	-	-
Acento circunflexo	â	⠁⠠⠨	ê	⠑⠠⠨	-	-	ô	⠋⠠⠨	-	-
Til	ã	⠁⠨⠠	-	-	-	-	õ	⠋⠨⠠	-	-
Trema	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	⠚⠨⠠



A Pedagogia E A Alfabetização Da Criança Com Deficiência Visual. A criança cega obtém imagem mental de um objeto por meio de informações. Essas informações são transmitidas à mesma mediante percepção tátil, auditiva, cinestésica, olfativa ou gustativa. Elas são processadas pelo sistema nervoso central, mais especificamente pelo córtex cerebral, integradas a outras informações armazenadas e, finalmente, memorizadas em um esquema/imagem mental. As impressões visuais registram-se na memória a partir dos seis anos de idade, aproximadamente; se uma pessoa se torna cega antes dessa faixa etária, na prática é como se estivesse nascido sem ver (OLIVEIRA, 2002).

Para se definir o tipo de estratégias educacionais, faz-se necessário que sejam submetidos a uma avaliação, diagnosticado o grau de deficiência, adota-se a alfabetização através de letras ampliadas para o indivíduo com baixa visão, se o resíduo visual deste permitir que o mesmo enxergue essas letras, e a aplicação do Sistema Braille para os cegos ou para aquele indivíduo que tem baixa visão, mas não consegue ver letra do tipo ampliado.

Há dois tipos de aprendizado: o pré-escolar e o escolar. O primeiro é o aprendizado não sistematizado, ele é a base para o sistematizado, sendo as experiências que a criança adquire na vida familiar, como a linguagem, a leitura de mundo e os hábitos, devem ser considerados pelos professores quando ela chega à escola. O aprendizado escolar, ou, o sistematizado, produzirá algo fundamentalmente novo para essa criança. O ambiente deve ser estimulante, a sala de aula necessita de livros, cartazes com listas, nomes e textos elaborados pelos alunos nas paredes e recortes de jornais e revistas do interesse e no alcance de todos. A criança, na fase inicial da escrita, faz rabiscos, desenha e brinca. Numa segunda etapa, ela entra em contato com a leitura e a escrita por meio de palavras.

Em se tratando de crianças com limitação visual, em fase de alfabetização, é necessário que o professor faça um trabalho sistemático para desenvolver os órgãos sensoriais antes de introduzir a leitura e a escrita, como veremos daqui em diante. Lembrando que, no caso da alfabetização por meio do Sistema Braille, deve-se trabalhar, em primeiro momento, a leitura e, posteriormente, a escrita. Isso se dá pelo fato de a escrita feita na reglete exigir um maior desenvolvimento da coordenação motora fina. E durante o processo de leitura, os alunos usuários do referido sistema vão adquirindo destrezas nas pontas dos dedos.

Estimulação Do Sistema Braille. É importante ressaltar que assim como as crianças normovisuais, o estímulo ao desenvolvimento de crianças cegas ou com baixa visão, deve ser levado em conta que nesta fase a criança deve brincar, porém cabe aos pais, professores, tutores, estimular nas brincadeiras e no cotidiano, situações que desenvolvam o tato, seja



associado a situações ou objetos concretos. Com isso, a linguagem Braille pode ser estimulada e enriquecida de forma mais fácil.

De acordo com Sá e Magalhães (2009, p.45), para a realização da escrita ou leitura em Braille, é necessário que a criança conheça convenções, assimile conceitos gerais e específicos, desenvolva habilidades e destreza tátil.

A leitura mediante o tato é realizada letra a letra e não por meio de reconhecimento de palavras completas, como acontece com a leitura à tinta. Trata-se, portanto, de uma tarefa lenta, que a princípio, requer grande concentração, difícil de atingir em idades precoces (PIÑERO, QUEIROZ E DÍAZ, 2003, p. 234).

A pessoa com deficiência visual nem sempre consegue suficiente velocidade na leitura. O tato precisa “perceber” as letras isoladamente e elaborar as palavras. De modo geral, a aquisição de conceitos pelas pessoas com deficiência visual é conquistada inicialmente pelo sentido tátil e pela apropriação do concreto. Para essa aquisição acontecer, é necessário um amadurecimento das estruturas motoras que geram os alicerces para essas aprendizagens. Assim, a aquisição dos conceitos como discriminação, classificação, forma, tamanho, comprimento e largura estão intimamente dependentes do amadurecimento motor e, progressivamente, do cognitivo da criança.

A aplicabilidade deste sistema de leitura e escrita tátil para os deficientes visuais é de extrema importância, pois se configura como a principal ferramenta de comunicação escrita e de leitura das pessoas cegas. Portanto, o uso Braille recurso metodológico para o processo de ensino e aprendizagem de pessoas cegas deve ser estimulado desde a educação infantil e, desenvolvido ao longo de todas as demais etapas da educação básica, para que ao adentrar no ensino superior, o aluno com deficiência visual não apresente dificuldades na comunicação escrita e leitura.

Dispositivos Eletrônicos Para Ensino Do Braille. Se torna claro, a importância da leitura em Braille para o desenvolvimento de uma pessoa com deficiência visual. Para situações, principalmente em que a compreensão de um texto é prioridade, como na escola, no mercado de trabalho, na resolução de tarefas cotidianas. Além disso, para conteúdo que exigem técnica, como notação matemática e musical.

Analisando as condições reais, de acordo com a AFB (American Foundation for the Blind), quando você toca pela primeira vez em algo escrito em Braille, provavelmente parecerá uma confusão de pontos. Porém, como qualquer outro código, o Braille é baseado em um sistema lógico. Depois de entendê-lo, você será capaz de ler e escrever Braille facilmente.



Existem muitas ferramentas disponíveis para melhorar essa condição, aprender a usar dispositivos como lupas e computadores equipados com software que simula a voz humana, ou dispositivos eletrônicos portáteis em Braille também pode abrir o mundo da alfabetização para alguém com deficiência visual.

De acordo com Russomanno (2015, p.2), existem três fatores que atualmente trabalham contra o uso do Braille como principal modalidade de leitura para cegos leitores:

- 1) O custo das linhas Braille atualizáveis, que variam de aproximadamente US\$ 2.000 para um display de 18 caracteres a US\$ 50.000 por meia página de Braille;
- 2) o declínio no apoio ao ensino de Braille para crianças cegas e recém-cegas adultos, o que resultou em uma queda correspondente nos níveis da alfabetização Braille;
- 3) O custo crescente de produção de livros em Braille impressos, o que reduziu a disponibilidade de livros publicados recentemente em formato Braille, que por sua vez impactam no interesse e na prática da leitura em Braille.

A necessidade de produzir um dispositivo em Braille num formato que possa ser mais facilmente identificado, acessível e reproduzido, é reconhecido há muito tempo. Já em 1916, foi registrada uma patente para um display atualizável com mola, desde então, um número surpreendente de tecnologias de atuadores foi adaptado para criar métodos de leitura Braille. A diversidade destas tecnologias, no entanto, não se reflete na variedade de dispositivos atualmente disponíveis para compra. É importante ressaltar que muitas adaptações da tecnologia para o Braille também exigiram adaptações por parte dos leitores de Braille. Adaptações que nos futuros desenvolvimentos tecnológicos explorarão a leitura, o método, no entanto, pode ter efeitos adversos na velocidade da leitura, compreensão ou prazer de ler, e esses efeitos não foram estudados sistematicamente.

Metodologia. O primeiro passo para iniciar o desenvolvimento do projeto foi pensar em como gostaríamos que este funcionasse e quais seriam os passos necessários para alcançarmos este objetivo, tendo definido que seria mais prático realizar a construção do protótipo se ele fosse iniciado pela parte interna, como programação e circuito elétrico para então seguir para a construção da parte física dele.

Abaixo, serão apresentados os pontos que foram separados para desenvolvimento do projeto, seguindo a sequência que foi desenvolvida para facilitar a construção dele.

Programação. O primeiro passo para iniciar o desenvolvimento da programação foi definir em qual linguagem e para qual placa a mesma seria feita, por motivos práticos e pela



facilidade de uso, programação e aplicação, foi definido que seria utilizado o Arduino para controle do projeto.

O Arduino possui diversas bibliotecas já embutidas em sua IDE de programação, o que facilita o acesso às funcionalidades do mesmo que abrangem dos projetos mais simples, como acender LEDs até os projetos mais complexos, como controlar diversos atuadores de acordo com sinais de sensores ou enviados por meio de um módulo bluetooth.

Foi utilizada a IDE do Arduino para a programação e então se iniciaram as pesquisas de como a mesma poderia ser desenvolvida de forma a ser de fácil compreensão e funcionamento, agilizando a atuação do protótipo que será desenvolvido de forma a não sobrecarregar nenhum de seus componentes, mas ainda assim garantindo a qualidade da informação que será transmitida e recebida.

Componentes. Trata-se de um eletroímã solenóide de corrente contínua, do tipo puxar-empurrar, com movimento linear e retorno do êmbolo, identificado como Modelo JF-0530B. Este eletroímã solenóide é predominantemente empregado em diversas aplicações, incluindo máquinas de venda, equipamentos de transporte, instalações de escritório, eletrodomésticos e sistemas mecânicos. Solenoides dessa categoria operam externamente por meio de ações de puxar e empurrar com o êmbolo. Ao ser energizado, esse solenóide executa trabalho ao puxar ou empurrar o êmbolo, conforme a aplicação à qual está conectado.

Especificações:

- Modelo: JF-0530B;
- Voltagem Nominal: CC 6V;
- Tipo: Puxar Empurrar;
- Corrente Nominal: 300mA;
- Força e Curso: 5N/10mm;
- Tamanho do Corpo: 30x16x15mm;
- Tamanho da Barra do Êmbolo: 6x58mm;
- Diâmetro do Furo de Montagem: 2.5mm;
- Comprimento do Cabo: 20cm;
- Material: Metal, Peças Eletrônicas;

Figura 3 - Solenóide. Fonte: AUTOCORE ROBÓTICA.



O Módulo Relé de 16 Canais é um dispositivo de controle projetado para integrar-se facilmente a uma variedade de sistemas microcontrolados, incluindo Arduino, AVR, PIC, ARM, entre outros. Esta placa de acionamento permite o controle de vários dispositivos de corrente alternada, cada um com capacidade de até 10 A.

Com seus 16 relés incorporados, o Módulo Relé 16 Canais 12V oferece a flexibilidade de ser aplicado em dezesseis sistemas independentes, eliminando a necessidade de montagem de circuitos complexos. Esta placa abrange praticamente todos os componentes essenciais, como diodos, transistores, relés e conectores, simplificando ainda mais o processo de implementação.

Um destaque notável do Módulo Relé 16 Canais é a inclusão de optoacopladores. Esses componentes desempenham um papel crucial ao isolar uma região da outra, proporcionando um sistema de segurança eficaz. Em situações como descargas elétricas (raios), os optoacopladores protegem o sistema microcontrolador, garantindo uma operação segura e confiável.

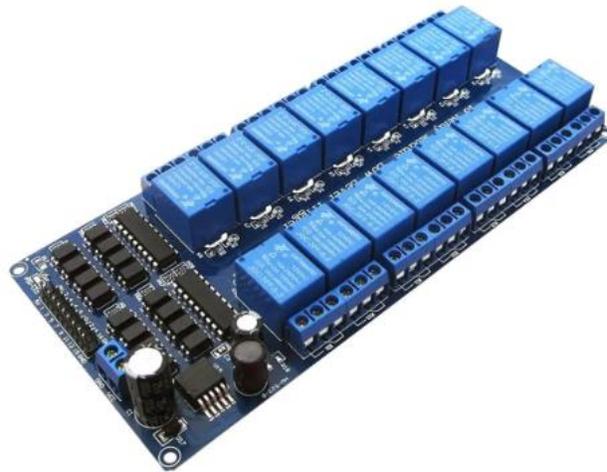
Especificações:

- Módulo Relé 16 Canais;
- 16 Relés;
- Sistema mais seguro, possui optoacopladores;
- Compatível com Arduino, AVR, PIC, ARM, etc.;
- Controle AC/DC;
- LED indicador de status;
- 4 Buracos de 3mm para fixação na extremidades da placa;
- Carga nominal: 10A 250VAC/ 10A 125VAC/ 10A 30VDC/ 10A 28VDC;
- Entradas: Gnd (negativo), 5v (para parte lógica do microcontrolador), 12v

(fonte de 1,5A para alimentar os relés) e IN x16 (sinal de controle);

- Saídas: Contato reversível NA (normal aberto), NF (normal fechado), C (comum);
- Voltagem nominal 12v (alimentação dos relés).
- 5V (para a parte lógica do microcontrolador).
- Corrente nominal de 20 mA por canal;
- Corrente por canal: até 10A;
- Dimensões totais (CxLxA): 18x9x1,8cm;

Figura 4 - Módulo relé. Fonte: Casa da robótica, 2023.



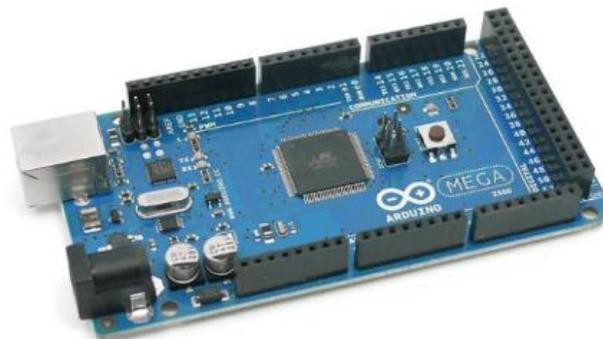
O Arduino Mega 2560 é uma placa de microcontrolador que utiliza como base o ATmega2560 (datasheet). Com 54 pinos digitais de entrada/saída (sendo 14 deles disponíveis para saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de hardware), um oscilador de cristal de 16MHz, uma conexão USB, uma entrada de energia, um cabeçalho ICSP e um botão de reset, a placa contém todos os componentes necessários para suportar o microcontrolador. Para iniciar, basta conectá-lo a um computador por meio de um cabo USB ou alimentá-lo com um adaptador AC-DC ou bateria. O Mega é compatível com a maioria dos shields projetados para o Arduino.

Especificações:

- Microcontrolador ATmega2560;
- Tensão de Operação: 5V;
- Tensão de Entrada (recomendada): 7-12V;
- Tensão de Entrada (limites): 6-20V;
- Pinos de Entrada/Saída Digitais: 54 (dos quais 14 oferecem saída PWM);

- Pinos de Entrada Analógica: 16;
- Corrente Contínua por Pino de E/S: 40 mA;
- Corrente Contínua para Pino de 3,3V: 50 mA;
- Memória Flash: 256 KB, dos quais 8 KB são utilizados pelo bootloader;
- SRAM: 8 KB;
- EEPROM: 4 KB;
- Velocidade do Clock: 16 MHz;

Figura 5 - Arduino Mega. Fonte: AUTOCORE ROBÓTICA.



A fonte chaveada proporciona estabilidade à alimentação eletrônica por meio de um processo de chaveamento, permitindo o controle preciso da corrente para estabilizar a tensão de saída.

Essa tecnologia oferece maior segurança ao alimentar dispositivos como fitas de LED, câmeras de segurança, sistemas de som automotivo e diversos outros equipamentos.

A instalação é extremamente simples, eliminando a necessidade de conectores especiais. É uma escolha ideal para aplicações como câmeras de CFTV, circuitos de alimentação, sistemas de som automotivo, rádios comunicadores e muito mais.

Informações técnicas:

- Produto: Fonte chaveada;
- Potência: 240w;
- Entrada: AC 110-220v;
- Frequência: AC 50/60Hz;
- Saída: DC 12v 20A;
- Conexão por borne;
- 2 Transistores;
- Material: Alumínio e metal;
- Ajuste de tensão não automático;

Figura 6 - Fonte chaveada 12v



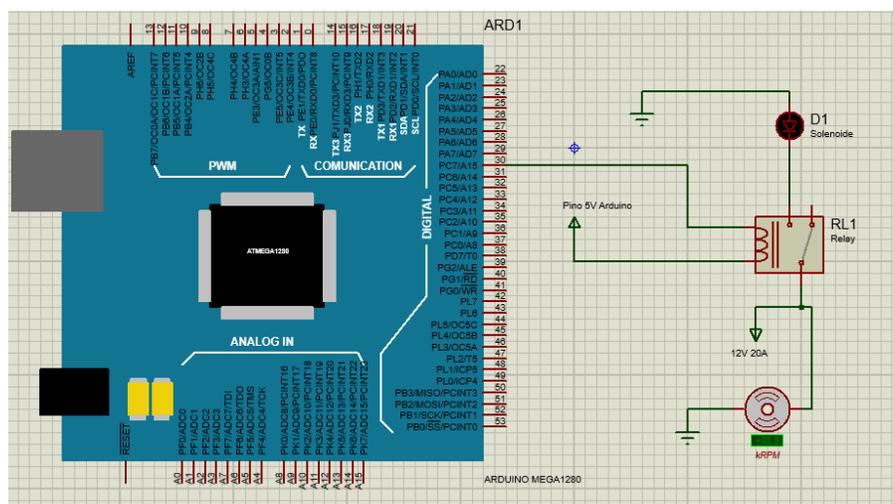
Microventilador, utilizado para resfriamento do circuito e principalmente dos solenóides.

Informações técnicas:

- Tensão: 12V;
- Dimensões: 50x50x10mm;
- 0,11 Amp;
- 1,08W;
- 5000 Rpm;

A figura abaixo mostra a representação simplificada do esquema elétrico utilizado na montagem do projeto. Devido à falta de recursos no software utilizado para modelagem do esquema, alguns componentes foram representados de outras maneiras, como a placa de relé utilizada, representada por apenas um relé e o atuador solenóide representado por um LED.

Figura 7 – Representação de esquema elétrico



O circuito representado foi multiplicado por 24, para que pudesse compor as 4 células determinadas para montagem do protótipo.

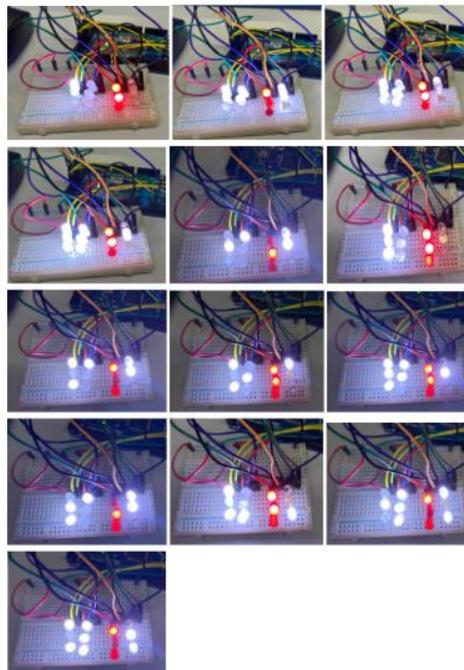
Como testes do circuito, primeiramente foi acionado 4 solenóides simultaneamente, ligando diretamente os pinos de sinal da placa de relé no GND do arduino, para testes com a fonte. Foi testado também o tempo de aquecimento de cada solenóide após ativação.

Figura 8 – Testes com solenóides



Para testes da programação foi montado um circuito com 12 LEDs, simulando as duas primeiras células do Braille e arduino. A partir disso, foram realizados testes acionando todas as letras, números ímpares e uma sequência de letras maiúsculas, devido à limitação de visualização.

Figura 9 – Teste alfabeto com LEDs

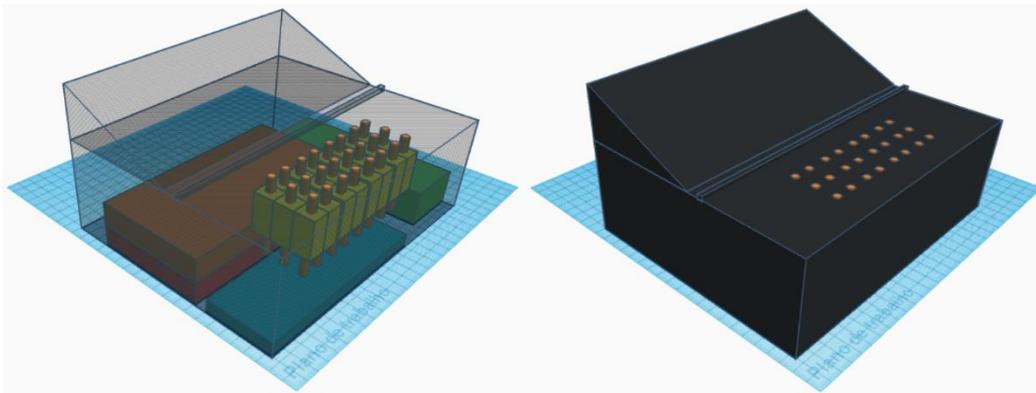


Para as dimensões da caixa, foi desenvolvido um Rascunho em 3D utilizando o Software Tinkercad. Criando paralelepípedos com as dimensões dos componentes que iriam dentro do protótipo: as duas placas de relés, o Arduino Mega e a fonte de alimentação. Também as 24 solenóides com formato aproximado da realidade destas, com um cilindro central e um paralelepípedo para seu corpo.

Com os componentes criados separadamente, foi realizado o agrupamento de todos, como ficariam na caixa, para posteriormente desenvolver o paralelepípedo para o corpo externo do protótipo. Foi colocado também, um apoio triangular, com um pequeno paralelepípedo na parte de cima para o usuário apoiar uma folha, caderno ou celular.

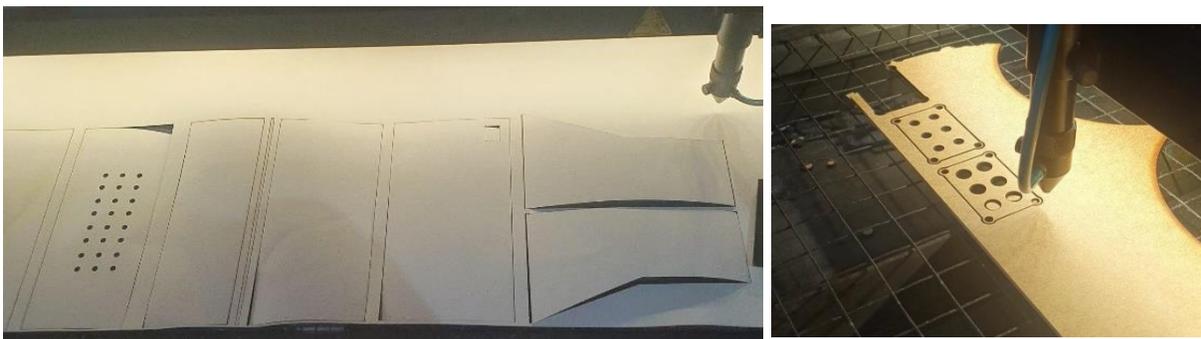
Após finalizado esse processo, obteve-se o protótipo como na imagem abaixo, com dimensões externas da caixa principal de 74 mm de altura, 227 mm de largura e 184 mm de comprimento.

Figura 10 – Simulação de Protótipo com Tinkercad



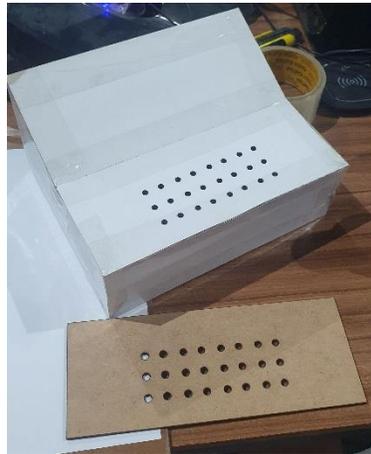
Posteriormente, foi notado que as dimensões estavam erradas, pois as placas de relés eram maiores do que desenhamos. Sendo assim, realizado alguns ajustes para a montagem final, passando para 117 mm de altura, 234 mm de largura e 226 mm de comprimento.

Figura 11 – Modelos para teste de tamanho



Para realização dos cortes em laser, foi utilizado a infraestrutura da empresa ST.A.M (Estúdio Arte e Modelismo), que também forneceu as placas para o corte do protótipo.

Figura 12 – Protótipo em papel cartão para teste



Com as placas prontas, realizamos uma montagem para testar as dimensões escolhidas, onde percebemos que as bobinas das solenóides que utilizamos são um pouco maiores que sua caixa metálica, medidas nas quais nos baseamos para as aberturas. Sendo assim, necessitamos de aberturas maiores, para acomodar as solenóides corretamente. Outro ponto foram os pinos das solenóides que estavam muito justos nas aberturas superiores, que foram alargados para 07 mm de diâmetro.

Figura 13 – Correspondência de pinos arduino

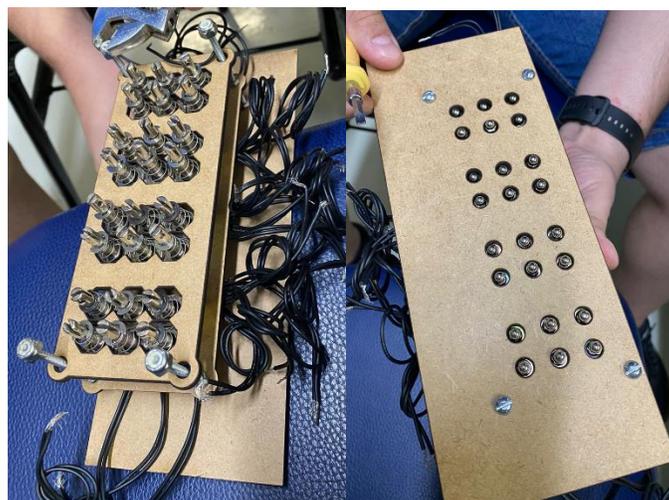


DIAGRAMA DE BLOCOS

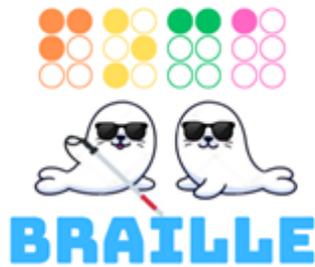
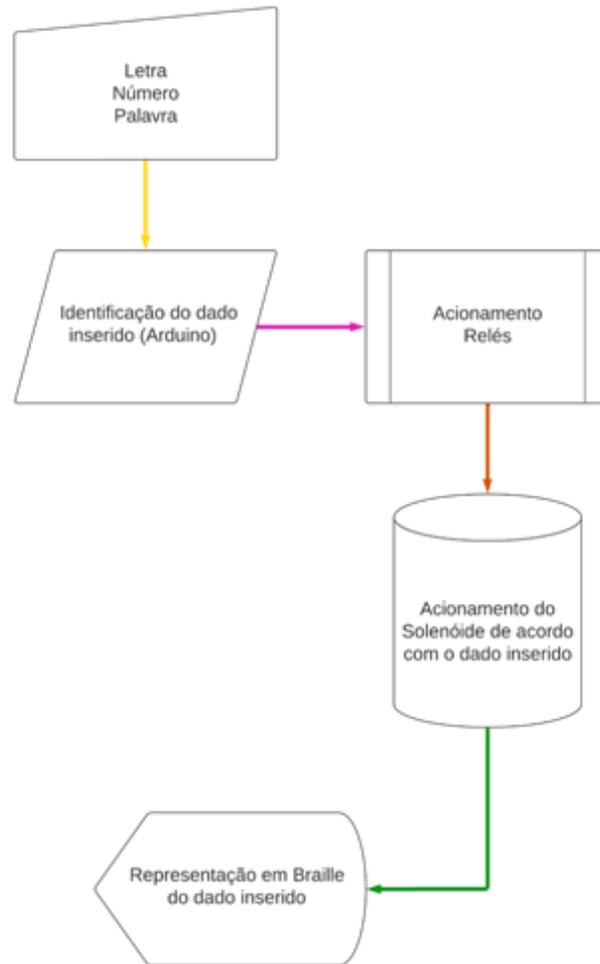
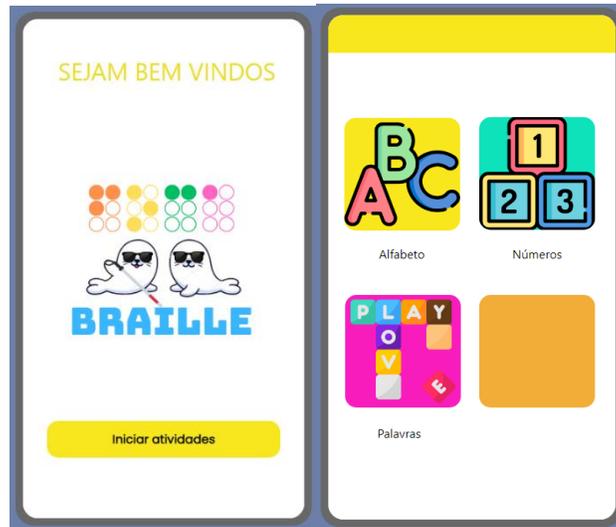


Diagrama de Funcionamento
Foca Braille



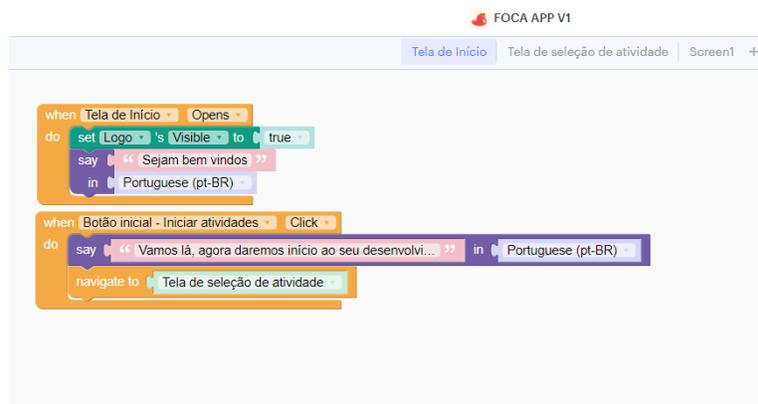
Para facilitar e ampliar as possibilidades de uso do protótipo, realizamos o desenvolvimento de um aplicativo que se comunicaria por bluetooth para acionar a placa de acordo com a atividade que o usuário selecionasse. Foi utilizado o software Thunkable para a criação, por ser de fácil manipulação.

Figura 14 – Telas do Aplicativo



Para que houvesse a transição e uma narração nas primeiras telas realizamos a seguinte programação em blocos.

Figura 15 – Programação do Aplicativo

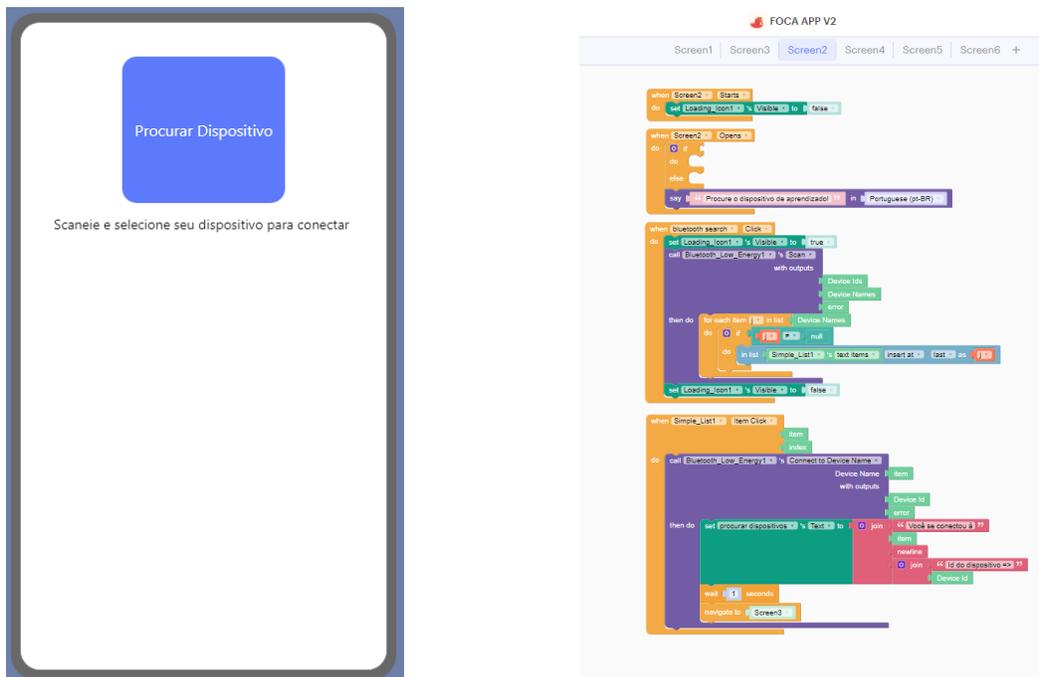


Desenvolvemos a programação que faria contato com o Bluetooth do protótipo, fazendo com que as atividades se comunicassem diretamente com os pinos, acionando-os de acordo com o que fosse proposto no aplicativo. Para isso, foi necessário criar uma tela que possibilitasse a seleção de dispositivos dentro do aplicativo.

Para que a função funcionasse usando a programação de blocos, utilizamos códigos que geraram funções para BLE (Bluetooth Low Energy). Isso permitiu controlar funções do Bluetooth, buscar e enviar informações por meio dele. Além disso, foi inserida uma saudação

em voz que informa o que deve ser feito na tela, visando maior acessibilidade para pessoas com deficiência visual.

Figura 16 – Tela de Busca de conexão e programação



Devido a alguns problemas na comunicação da ferramenta com o aplicativo, optamos por pausar o desenvolvimento deste último, a fim de focar na montagem e finalização do protótipo em si. A aplicação será elaborada futuramente, para ampliar o uso da ferramenta.

Resultados. Após todos os testes realizados e pré-montagens dos componentes e circuitos, foi possível chegar ao resultado do projeto de forma a atender àquilo que havia sido planejado inicialmente. Abaixo serão apresentados os resultados dos tópicos tratados anteriormente na metodologia, porém eles estarão agrupados de acordo em componentes maiores, de forma apresentar a integração entres estes.

Desenvolvido para arduino em linguagem C, a programação foi efetuada pelo software IDE da Arduino, tendo como objetivo principal, receber uma palavra, letra ou número, pelo monitor serial, onde é efetuado a leitura da variável e o carácter é recebido e distribuído em outras 4 variáveis. A partir dessas ações temos um ciclo de leitura, para que cada variável corresponda a uma ação específica.

Para início da programação executamos a declaração das variáveis “palavra” e “letra (1, 2, 3 e 4)” tipo Char, que armazena caracteres, e serão utilizadas para armazenar as palavras e letras recebidas pelo monitor serial. Em seguida temos a declaração dos pinos utilizados no arduino Mega. Para facilitar no segmento da programação, foi determinado o número dos pinos equivalentes para cada célula do Braille, contando de cima para baixo, da esquerda para direita, mantendo assim pinos de 1 a 24, cada um correspondendo a uma entrada da placa.

Figura 17 – Correspondência de pinos arduino

```
char palavra[5]; // Um array para armazenar a palavra (4 letras + 1 para o caractere nulo)
char letra1, letra2, letra3, letra4;
int pin1 = 30, pin2 = 31, pin3 = 32, pin4 = 33, pin5 = 34, pin6 = 35;
int pin7 = 36, pin8 = 37, pin9 = 38, pin10 = 39, pin11 = 40, pin12 = 41;
int pin13 = 10, pin14 = 11, pin15 = 12, pin16 = 13, pin17 = 14, pin18 = 15;
int pin19 = 16, pin20 = 17, pin21 = 18, pin22 = 19, pin23 = 20, pin24 = 21;
```

Visando eficiência do código as funções a serem executadas foram divididas em funções do tipo Void, estas são funções que não retornam nenhum valor e não exigem algum tipo de informação ou variável para realizarem ações na programação, estas serão chamados ao decorrer da lógica para realizar uma ação específica em um conjunto de saídas determinado e cada ‘Void’ deve ser declarado no início do código.

Figura 18 – Definição de função de pinos e funções secundárias

```
void A(int pin);
void B(int pin);
void C(int pin);
void D(int pin);
void E(int pin);
void F(int pin);
void G(int pin);
void H(int pin);
void I(int pin);
void J(int pin);
void K(int pin);
void L(int pin);
void M(int pin);
void N(int pin);
void O(int pin);
void P(int pin);
void Q(int pin);
void R(int pin);
void S(int pin);
void T(int pin);
void U(int pin);
void V(int pin);
void W(int pin);
void X(int pin);
void Y(int pin);
void Z(int pin);
void Maiusc (int pin);
void num(int pin);
void Zerar(int pin);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pin1, OUTPUT);
  pinMode(pin2, OUTPUT);
  pinMode(pin3, OUTPUT);
  pinMode(pin4, OUTPUT);
  pinMode(pin5, OUTPUT);
  pinMode(pin6, OUTPUT);
  pinMode(pin7, OUTPUT);
  pinMode(pin8, OUTPUT);
  pinMode(pin9, OUTPUT);
  pinMode(pin10, OUTPUT);
  pinMode(pin11, OUTPUT);
  pinMode(pin12, OUTPUT);
  pinMode(pin13, OUTPUT);
  pinMode(pin14, OUTPUT);
  pinMode(pin15, OUTPUT);
  pinMode(pin16, OUTPUT);
  pinMode(pin17, OUTPUT);
  pinMode(pin18, OUTPUT);
  pinMode(pin19, OUTPUT);
  pinMode(pin20, OUTPUT);
  pinMode(pin21, OUTPUT);
  pinMode(pin22, OUTPUT);
  pinMode(pin23, OUTPUT);
  pinMode(pin24, OUTPUT);
}
```

A função ‘*Serial.begin(9600)*’ inicializa a comunicação serial com uma taxa de *baud* de 9600, que é a velocidade de troca de informações com que a entrada de comunicação trabalha e em seguida são configurados todos os pinos a serem utilizados como ‘*OUTPUT*’(saída).

Figura 19 – Correspondência de pinos arduino

```
void loop()
{
  if (Serial.available())
  {
    // Leia a palavra completa no array
    Serial.readBytesUntil('\n', palavra, sizeof(palavra));

    int tamanhoPalavra = strlen(palavra);

    if (tamanhoPalavra > 0 && tamanhoPalavra <= 4)
    {
      // Preencha com espaços em branco se a palavra for menor que 4 letras
      for (int i = tamanhoPalavra; i < 4; i++)
      {
        palavra[i] = ' ';
      }
      letra1 = palavra[0];
      letra2 = palavra[1];
      letra3 = palavra[2];
      letra4 = palavra[3];
      Serial.println(letra1);
      Serial.println(letra2);
      Serial.println(letra3);
      Serial.println(letra4);
    }
    else
    {
      Serial.println("A palavra deve conter de 1 a 4 letras.");
    }
  }
}
```

O *loop* principal, que é a função que executa a programação em si e continua repetindo o ciclo, até que seja tomada alguma ação que encerre o mesmo, verifica se há dados disponíveis na porta serial, se houver dados, ele lê a palavra e armazena em um *array* ‘palavra’. cada letra é separada nas variáveis ‘letra’, e caso a palavra inserida disponha de mais de 4 letras, é retornado no monitor serial a frase “A palavra deve conter de 1 a 4 letras”.

Inicialmente, para palavras que possuíam menos de 4 letras ou caracteres únicos enviados, era necessário preencher os espaços que não seriam utilizados com a tecla de espaço, para que as informações que foram armazenadas pudessem ser substituídas com um espaço vazio, caso contrário se a variável já estivesse com um valor armazenado esta informação seria apresentada junto à nova digitação, para resolver este problemas e tornar a digitação de informações mais intuitiva e fácil de se realizar, criamos uma nova função *void* que foi chamada de Zerar, esta função ficou responsável por desligar todas as saídas do Arduino e também por aplicar o caracter nulo nas variáveis que se encarregam por representar as letras na programação.

Figura 20 – Comparação para letras minúsculas com função *If*

```

if (letra1 == 'a' || letra2 == 'a' || letra3 == 'a' || letra4 == 'a')
{
    if (letra1 == 'a') A(pin1);
    if (letra2 == 'a') A(pin7);
    if (letra3 == 'a') A(pin13);
    if (letra4 == 'a') A(pin19);
}
if (letra1 == 'b' || letra2 == 'b' || letra3 == 'b' || letra4 == 'b')
{
    if (letra1 == 'b') B(pin1);
    if (letra2 == 'b') B(pin7);
    if (letra3 == 'b') B(pin13);
    if (letra4 == 'b') B(pin19);
}

```

Após a identificação da palavra será definido em qual célula cada letra será representada, a função *If*, que é uma função que literalmente significa “se” e realiza comparações entre aquilo que se deseja analisar um ponto de referência estabelecido, efetuará a comparação das variáveis com cada letra, e caso seja encontrada uma compatibilidade esta definirá o primeiro pino da célula correspondente chamando o *void* da função de cada letra. Esse trecho se repete para cada letra.

Na representação de letras maiúsculas no *Braille* é necessário a utilização de duas células, onde a primeira representa um símbolo de maiúsculas e a seguinte o símbolo da letra. Para letras maiúsculas independente de qual em variável ela seja escrita, temos a seguinte função para comparar, e será acionado alternadamente nas células, sendo juntamente as duas primeiras e duas últimas consecutivamente. por exemplo, a letra maiúscula A sempre será representada nas duas primeiras células, o B sempre nas duas últimas células, seguindo consecutivamente para as outras letras.

Figura 21 – Comparação para letras maiúsculas com função *If*

```

if (letra1 == 'A' || letra2 == 'A' || letra3 == 'A' || letra4 == 'A')
{
    Maiusc(pin1);
    A(pin7);
}
if (letra1 == 'B' || letra2 == 'B' || letra3 == 'B' || letra4 == 'B')
{
    Maiusc(pin13);
    B(pin19);
}

```

Caso seja identificada, chama o *void* correspondente do símbolo maiúsculo e o da letra.

Para os números, temos a mesma situação, onde é necessário a utilização de duas células para a representação, a primeira requer um símbolo específico para numeração seguindo da segunda com o número correspondente. Assim também como as letras maiúsculas, temos a visualização fixa e alternada nos pinos, onde números ímpares sempre serão representados nas duas primeiras células e números pares nas duas últimas.

Figura 22 – Comparação para números com função *If*

```

if (letra1 == '1' || letra2 == '1' || letra3 == '1' || letra4 == '1')
{
  num(pin1);
  A(pin7);
}
if (letra1 == '2' || letra2 == '2' || letra3 == '2' || letra4 == '2')
{
  num(pin13);
  B(pin19);
}

```

Cada representação acionada ficará disponível por apenas 10 s, podendo ser alterada para até 1 minuto, devido limitações de hardware, e para que essa condição seja aplicada, temos um *delay* após a ação de acionamento dos pinos e é chamada a função para reset das variáveis e pinos.

Figura 23 – Chamada de função para Reset

```

  delay 10000;
  Zerar();
}

```

Tendo o *void loop* definido, seguimos para as funções *voids* individuais, que foram utilizados nos exemplos acima.

Figura 24 – Função Zerar

```

void Zerar()
{
  letra1 = "\0";
  letra2 = "\0";
  letra3 = "\0";
  letra4 = "\0";
  digitalWrite(pin1, HIGH);
  digitalWrite(pin2, HIGH);
  digitalWrite(pin3, HIGH);
  digitalWrite(pin4, HIGH);
  digitalWrite(pin5, HIGH);
  digitalWrite(pin6, HIGH);
  digitalWrite(pin7, HIGH);
  digitalWrite(pin8, HIGH);
  digitalWrite(pin9, HIGH);
}

```

Para o void ‘Zerar’ temos o reset das variáveis ‘letra’ e uma função ‘For’ para que todos os pinos utilizados recebam status ‘LOW’

Figura 25 – Função para símbolo de letra maiúscula e letra A

```
void Miusc (int pin)
{
    digitalWrite(pin, HIGH);
    digitalWrite(pin + 1, HIGH);
    digitalWrite(pin + 2, HIGH);
    digitalWrite(pin + 3, LOW);
    digitalWrite(pin + 4, HIGH);
    digitalWrite(pin + 5, LOW);
}

void A (int pin)
{
    digitalWrite(pin, LOW);
    digitalWrite(pin + 1, HIGH);
    digitalWrite(pin + 2, HIGH);
    digitalWrite(pin + 3, HIGH);
    digitalWrite(pin + 4, HIGH);
    digitalWrite(pin + 5, HIGH);
}
```

Para as funções de letras, símbolos maiúsculo e número seguimos com o modelo acima, onde a partir do pino definido na lógica das comparações é seguido a sequência e aplicado os status correspondentes nas células. A placa de relé, trabalha com sinal baixo, sendo assim, para acionar os solenóides certos é necessário definir ‘LOW’ para ativar e ‘HIGH’ para desativar.

Após a finalização da programação e testes realizados com o circuito, foi possível montar o circuito completo, já com os componentes corretos, para verificar se o funcionamento do mesmo condizia com o esperado, e se a programação atenderia às expectativas. Com o circuito montado e a placa do arduino conectada à serial do computador, foram realizados os devidos testes de funcionamento dos solenóides sendo ativados através da placa de relés, o que tornou possível constatar que tanto a programação quanto o circuito atenderam àquilo que foi determinado no início do projeto.

Figura 26 - Palavra ‘CASA’

Para abrigar os componentes, decidiu-se que a caixa final do protótipo seria feita em acrílico por ser um material barato e de fácil manuseio, além de o mesmo também atender à necessidade que o projeto possui, foram instaladas ventoinhas em ambos os lados da caixa para que as mesmas auxiliassem no processo de ventilação e resfriamento das solenóides, uma vez que as mesmas aquecem rapidamente caso passem vários segundos acionadas.

Figura 27 - Palavra ‘GALO’

Por fim, foram unidas as partes do protótipo, colocando os componentes dentro da caixa de forma que pudessem ficar devidamente localizados na mesma, garantindo assim um bom aproveitamento do espaço da mesma e também o bom funcionamento do equipamento.

Como não foi desenvolvida uma forma de abertura da caixa após a colagem da mesma, foi necessário garantir que todos os componentes estivessem adequadamente alocados em suas posições, em especial a placa do arduino para que a mesma possa ser conectada ao computador para a comunicação com a serial onde são enviadas as informações, antes que a mesma pudesse ser diretamente colada, deixando ainda um espaço de acesso para passagem dos fios das fontes de alimentação e comunicação do controlador.

Figura 28 - Montagem final



Figura 29 - Montagem final



Figura 30 - Montagem final

Discussão. Com o protótipo montado e em funcionamento, foi possível verificar que ele atende aos requisitos estabelecidos no objetivo do projeto. O grande motivador para a criação deste protótipo foi a constatação de que as ferramentas existentes para o ensino do Braille são, em sua maioria, caras e de difícil acesso. Esse é o principal problema encontrado no ensino do Braille para a maioria das pessoas que precisam dessa forma de escrita.

O desafio de tornar mais acessível essas ferramentas é um grande motivador para gerar pesquisas na área, pois como a necessidade de inclusão social de pessoas com deficiência visual é cada vez mais urgente o Braille permite-lhes ter acesso à informação e à cultura de forma igualitária, possibilitando a autonomia e independência dessas pessoas.

Os projetos que já haviam sido feitos e estudados foram voltados para tornar o Braille mais acessível usando a tecnologia atual. Para isso, eles se basearam em experiências anteriores que funcionaram e atenderam às necessidades das pessoas com deficiência visual. As tecnologias utilizadas se apoiam principalmente no apoio sonoro, para que o usuário possa relacionar o que é digitado com a palavra, letra ou número em si, utilizando um software criado que inclui ferramentas variadas para facilitar o uso do Braille digital.



Porém, é possível afirmar de forma clara e objetiva que apenas a digitação e apoio sonoro não são suficientes para suprir a necessidade, uma vez que quando se fala de experiência reais no dia-a-dia, é necessário que a pessoa consiga realizar a leitura manual para poder se localizar e utilizar aquilo que estiver à disposição dela.

O grande complicador quando se trata de ferramentas que tentam facilitar o aprendizado da leitura do *Braille* está na diferença de espaçamento de tamanho que existe no modelo usado para ensino e no modelo real de leitura, sendo este ponto o de maior discussão sobre formas de resolvê-lo.

Considerações Finais. A partir dos estudos realizados, conclui-se que o processo de alfabetização da criança cega, como para muitas crianças videntes, também é permeado por barreiras como, dificuldades para decodificar palavras, dificuldades de fluência, de leitura e para compreender o que foi lido e a falta do desenvolvimento tátil, que acaba dificultando e impactando grandemente na leitura em Braille.

Podem ser citados como os fatores que mais prejudicam o ensino do Braille precocemente, a falta de materiais em Braille nas casas das crianças cegas, que dificultam o aprendizado do Braille de forma precoce, bem como a sua memorização e decodificação que se tornam um obstáculo ao letramento em Braille e ao interesse da criança pelo seu desenvolvimento.

O atraso na aquisição da linguagem das crianças cegas têm sido uma tendência das famílias que contêm crianças com deficiência visual dentro do lar, ressalta-se a importância da estimulação multissensorial, em especial de habilidades táteis e a coordenação motora.

O presente trabalho identificou que há uma carência de materiais e métodos de ensinar o sistema Braille aos deficientes visuais, além da dificuldade de familiares e professores encontrarem algo eficaz que possa ser inserido no cotidiano para o desenvolvimento da leitura. Considerando as dificuldades, foi desenvolvido um protótipo para que possam ter maior facilidade no contato e inserção do Braille na vida de uma criança, e assim conseguir desenvolver o seu tato, para que futuramente não encontre tantas barreiras na sua vida acadêmica e social.

O FOCA Braille é um projeto de baixo custo, e que não exige um conhecimento prévio do sistema, onde familiares e ambientes educacionais possam adquirir e utilizar para auxiliar nos métodos de alfabetização do Braille.



Referencias.

ALIANÇA TRADUÇÕES. COMO FUNCIONA O SISTEMA BRAILLE?. [S. l.], 12 jan. 2022. Disponível em: <https://aliancatraducoes.com/como-funciona-o-sistema-braille/>. Acesso em: 12 out. 2023.

AMERICAN FOUNDATION FOR THE BLIND (USA). Using Technology for Reading: Solutions for People with Visual Impairments and Blindness. In: Using Technology for Reading: Solutions for People with Visual Impairments and Blindness. <https://www.afb.org>, [2017]. Disponível em: <https://www.afb.org/blindness-and-low-vision/using-technology/using-technology-reading-solutions-people-visual>. Acesso em: 23 out. 2023.

ANDER, Janina. BrailleBox: Android Things Braille news display. BrailleBox: Android Things Braille news display, [s. l.], 12 out. 2017. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/news/braillebox-android-things/>. Acesso em: 3 out. 2023.

BIRCH, Joe. BrailleBox - Braille News Reader. BrailleBox - Braille News Reader, [s. l.], 3 out. 2017. Disponível em: <https://www.hackster.io/hitherejoe/braillebox-braille-news-reader-e86060>. Acesso em: 9 out. 2023.

BRAILLE E SUAS PECULIARIDADES NO ENSINO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL. BRAILLE E SUAS PECULIARIDADES NO ENSINO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL, [s. l.], 11 out. 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/78e2b7bf-b3c0-4a62-bd36-079bdcf2d0a6/Braille%20e%20suas%20peculiaridades%20no%20ensino%20das%20pessoas%20com%20defici%C3%Aancia%20visual%20%282022%29.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2023.

BRUNO, Marilda Moraes Garcia. Educação infantil: saberes e práticas da inclusão: dificuldades de comunicação sinalização. Deficiência visual. 4. ed. Brasília: MEC: SEESP, 2006. 81p.

BRUNO, Marilda Moraes Garcia. O desenvolvimento integral do portador de deficiência visual: da intervenção precoce à integração escolar. Apoio: Laramara - Associação Brasileira de Assistência ao Deficiente. São Paulo: Newswork, 1993.

CÂMARA DOS DEPUTADOS (Brasil). GUIA LEGAL - PORTADOR DE DEFICIÊNCIA VISUAL: UM GUIA PELA DIGNIDADE HUMANA E PELA JUSTIÇA SOCIAL. [S. l.], 2004. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/gestao-na-camara-dos-deputados/responsabilidade-social-e-ambiental/acessibilidade/pdfs#preliminares>. Acesso em: 18 out. 2023.

DWIVEDI, Aditya Bhushan. 20-year-olds create an innovative braille learning device, to demo at PYCON 2014 in Montreal this April. [S. l.], 7 fev. 2014. Disponível em: <https://yourstory.com/2014/02/braille-learning-device>. Acesso em: 9 nov. 2023.

EINSFELD, Lucas. Desenvolvimento de dispositivo para o estímulo da percepção tátil e ensino do sistema braille a pessoas com cegueira adquirida. 2023. TCC (Bacharel em Design de Produto) - Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2023.



Disponível em:
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/267066/001187676.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
Acesso em: 6 nov. 2023.

FERREIRA, Elise de Melo Borba. SISTEMA BRAILLE: Simbologia Básica Aplicada à Língua Portuguesa. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: https://www.gov.br/ibc/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/revista-cientifica-2014-benjamin-constant/copy_of_livros/materiais-didaticos-1/simbologia-braille_2019_public.pdf. Acesso em: 23 out. 2023.

FIOCRUZ (BRA). Deficiência visual atinge cerca de 1,4 milhão de crianças no mundo. FIOCRUZ, 14 jun. 2017. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/deficiencia-visual-atinge-cerca-de-14-milhao-de-criancas-no-mundo#:~:text=A%20OMS%20classifica%20a%20defici%C3%Aancia,cegueira%20e%20a%20baixa%20vis%C3%A3o>. Acesso em: 7 nov. 2023.

GLEISON, Leonardo. O que é e como funciona uma Linha Braille?. [S. l.], [2021]. Disponível em: <https://oampliadordeideias.com.br/como-funciona-uma-linha-braille/>. Acesso em: 22 out. 2023.

GLOBAL BURDEN OD DISEASE (USA). Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: an analysis for the Global Burden of Disease Study. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators* on behalf of the Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study†

GRUPO DE ESTUDO E PESQUISA EM ADAPTAÇÃO. Manual de adaptação de textos para o sistema braille. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: https://www.gov.br/ibc/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/revista-cientifica-2014-benjamin-constant/copy_of_livros/materiais-didaticos-1/manual_de_adaptao_de_textos_para_o_sistema_braille.pdf. Acesso em: 31 out. 2023.

IBGE (BRA). Estatísticas Sociais. PNS 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 12 out. 2023.

LARAMARA. O QUE É SOROBAN PARA CEGOS?. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://laramara.org.br/o-que-e-soroban-para-cegos/>. Acesso em: 13 out. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Biblioteca Virtual em Saúde. 08/4 – Dia Nacional do Sistema Braille. [S. l.], Desconhecido [2010 - 2016]. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/08-4-dia-nacional-do-sistema-braille/>. Acesso em: 11 set. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Biblioteca Virtual em Saúde. 13/12 – Dia do Cego. [S. l.], Desconhecido [2010 - 2016]. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/13-12-dia-do-cego-4/#:~:text=Do%20total%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o%20brasileira,%2C5%25%20t%C3%AAm%20defici%C3%Aancia%20visual>. Acesso em: 11 set. 2023.



MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO (Brasil). IBGE. PNS 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. [S. l.], 6 out. 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia#:~:text=Na>

%20população%20do%20país%20com,5%20milhões)%20tinham%20deficiência%20mental. Acesso em: 10 out. 2023.

NINHOS DO BRASIL (BRA). Criança cega: como estimular o desenvolvimento com autonomia?, 18 mar. 2022. Disponível em: <https://www.ninhosdobrasil.com.br/autonomia-criancas-cegas>. Acesso em: 7 nov. 2023.

OLIVEIRA, Josélia de Jesus Araujo Braga de. Sistema braille no processo de ensino-aprendizagem das pessoas com deficiência visual: da educação infantil ao ensino superior. [S. l.], 18 nov. 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/sistema-braille>. Acesso em: 22 set. 2023.

PCD ONLINE. Deficiência Visual. Cegueira - Tipos e Definição. [S. l.], Desconhecido [2006 - 2012]. Disponível em: https://www.deficienteonline.com.br/deficiencia-visual-classificacao-e-definicao___14.html. Acesso em: 8 out. 2023.

ROCHA, V.C. UM MÉTODO PARA ENSINO DE BRAILLE UTILIZANDO DISPLAY TÁTIL. 2020. 103 p. Tese (pós-graduação em ciências da computação) - Universidade Federal de Pernambuco Centro de Informática, Recife, BRA, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/40072/1/TESE%20Victor%20Hazin%20da%20Rocha.pdf>. Acesso em: 3 out. 2023.

RODRIGUES, M. R. Campello; CAMACHO, G. O.; BERNARDO, L. T.; OLIVEIRA, M. L. C.; GONÇALVES, P. S. P. ESTIMULAÇÃO PRECOCE: na Temática da Deficiência Visual. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: https://www.gov.br/ibc/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/revista-cientifica-2014-benjamin-constant/copy_of_livros/materiais-didaticos-1/estimulacao__precoce_finaliz__.pdf. Acesso em: 2 nov. 2023.

RUIZ, Luciana. Desafios da leitura em braille. [S. l.], 27 abr. 2021. Disponível em: <https://estudoeleitura.com.br/desafios-da-leitura-em-braille/>. Acesso em: 7 nov. 2023.

SILVA, J.A. Letramento e alfabetização dos deficientes visuais na rede regular de ensino: uma prática envolvendo professores, [s. l.], [2011]. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/520/o/32.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2023.

STAFF. Mudra: Raspberry Pi Based Braille Teacher. [S. l.], 19 out. 2016. Disponível em: <https://circuitdigest.com/project/mudra-raspberry-pi-based-braille-teacher>. Acesso em: 19 out. 2023.

SUPER AUTOR (BRA). Alfabetização e Letramento: Conheça os principais métodos e saiba como aplicá-los!. [s. l.], 15 out. 2020. Disponível em: <https://superautor.com.br/alfabetizacao-e-letramento-conheca-os-metodos-e-saiba-como-aplica-los/>. Acesso em: 5 nov. 2023.



THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON AMBIENT SYSTEMS, NETWORKS AND TECHNOLOGIES (ANT 2017), 2017, Journal of Visual Impairment & Blindness,. BrailleEnter: A Touch Screen Braille Text Entry Method for the Blind [...]. [S. l.: s. n.], 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.349>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917310189?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=828aa6f5b9b11cdb. Acesso em: 9 out. 2023.

USING A NEW ELECTRONIC BRAILLER TO IMPROVE BRAILLE LEARNING AT THE FLORIDA SCHOOL FOR THE DEAF AND BLIND, 2015, Journal of Visual Impairment & Blindness,. Using a New Electronic Braille to Improve Braille Learning at the Florida School for the Deaf and Blind [...]. [S. l.: s. n.], 2015. DOI 10.1177/0145482X1510900308. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1177/0145482X1510900308>. Acesso em: 9 out. 2023.

USP (BRA); GREPI, Giovanna. Cegueira e deficiência visual devem dobrar até 2050, aponta estudo, 10 dez. 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/cegueira-e-deficiencia-visual-devem-dobrar-ate-2050-aponta-estudo/>. Acesso em: 7 nov. 2023.