

OPEN: SISTEMA DE ABERTURA AUTOMÁTICA DE PORTAS DOMICILIARES PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA MOTORA

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.909112519031>

Data de submissão: 18/03/2025

Data de aceite: 19/03/2025

Júlia Naelly Machado Silva

Orientadora. Professora de Ensino Médio e Técnico da Escola Técnica Estadual (ETEC) de Taboão da Serra, Mestre e Doutoranda em Ciências (Química), pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2011156360972003>

Breno Almeida Ribeiro dos Reis

Graduando em Estatística pela Universidade de São Paulo (USP) e Técnico em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra
Taboão da Serra – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9642692475042871>

Deryck de Lucca

Graduando em Análise em Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Informática e Administração Paulista (FIAP) e Técnico em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra
São Paulo - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/4751091431746174>

Felipe Sanchez Inamine

Técnico em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra
Taboão da Serra – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1901705490250191>

Isabella Mamede Nogueira

Graduanda em Design pela Universidade de São Paulo (USP) e Técnica em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/5598944773011342>

Isabella Marques Souza da Silva

Graduanda em Design de Mídias Digitais pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo de Carapicuíba e Técnica em Desenvolvimento de Sistemas pela ETEC de Taboão da Serra
Taboão da Serra – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1264879338836123>

Dráusio de Castro

Professor da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC) de Carapicuíba.
Taboão da Serra – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3513196793674686>

Rodolfo Votto Filho

Professor de Ensino Médio e Técnico da Escola Técnica Estadual (ETEC) de Taboão da Serra
Taboão da Serra – São Paulo

RESUMO: Atualmente, aproximadamente 19 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência, sendo que as limitações motoras correspondem a uma parcela significativa das pessoas. Tais restrições dificultam a realização de tarefas cotidianas, como abrir uma porta. Diante disso, observa-se a necessidade de desenvolvimento de novos recursos, capazes de promover a garantia da acessibilidade. A partir disso, foi elaborado um protótipo em escala reduzida para um sistema de abertura de portas automático para pessoas com deficiência (PCDs), tendo como base a plataforma de sistemas embarcados Arduino, visando viabilizar o acesso a residências e espaços públicos de maneira segura e acessível. O presente trabalho foi desenvolvido por alunos do 3º ano do Ensino Médio integrado ao Ensino Técnico em Desenvolvimento de Sistemas da Etec de Taboão da Serra, construindo inicialmente um modelo digital do sistema e, posteriormente, o modelo físico. Como resultado, uma porta em escala reduzida (10x18x1.6 cm) foi projetada e impressa em 3D para simulação do protótipo. O sistema funciona por meio de um servomotor, o qual abre a porta quando o módulo RFID acoplado à cadeira de rodas é identificado, fechando-a somente quando um sensor ultrassônico confirma que não há nada nos limites da porta. Assim, conclui-se que a criação de protótipos permite a visualização de novas tecnologias, permitindo a otimização de tempo de trabalho, custos e desperdícios. Além de serem ferramentas que podem contribuir para melhoria da acessibilidade de pessoas com deficiência motora nos espaços domiciliares e públicos, garantindo bem-estar e segurança.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas embarcados; Arduino; Prototipagem Rápida; acessibilidade.

OPEN: AUTOMATIC HOME DOOR OPENING SYSTEM FOR PEOPLE WITH MOTOR DISABILITIES

ABSTRACT: Currently, approximately 19 million Brazilians have some type of disability, and motor disabilities account for a significant portion of these individuals. Such restrictions impair the performance of everyday tasks, such as opening a door. Given such, the need to develop new resources capable of ensuring accessibility becomes ever so apparent. Based on the aforementioned, a small-scale prototype for an automatic door opening system for people with disabilities (PWDs) was developed, based on the Arduino embedded systems platform, aiming to enable access to residential and public environments in a safe and accessible manner. This work was developed by 3rd year high school students integrated with the Technical Education course in Systems Development at Etec de Taboão da Serra, initially building a digital model of the system and, later, the physical prototype. As of results, a reduced-scale door (10x18x1.6 cm) was designed and 3D printed to simulate the prototype. The system operates by means of a servomotor, which opens the door when the RFID module attached to a wheelchair is identified, closing it only when an ultrasonic sensor confirms that there is nothing within the door's limits. Thus, it can be concluded that the creation of prototypes enables the visualization of new technologies, allowing the optimization of work, time, costs and waste. Furthermore, they are tools that can contribute to improving accessibility for people with motor disabilities in domestic and public spaces, ensuring well-being and safety.

KEYWORDS: embedded systems; Arduino; rapid prototyping; accessibility.

1 | INTRODUÇÃO

A acessibilidade é a possibilidade de alcance e utilização, de forma igualitária, do meio físico, de transporte, dos sistemas e tecnologias da informação e comunicação, entre outros. Assim, observa-se como tal prerrogativa, além de incluir o âmbito físico, engloba áreas como o próprio acesso e utilização da tecnologia da informação, nos mais diversos contextos (Brasil, 2015).

Dados providos da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD): Pessoas com Deficiência 2022 (2023), coletados no terceiro trimestre de 2022, estimam que, no Brasil, 18,6 milhões de pessoas com 2 anos ou mais possuam algum tipo de deficiência. Tal parcela corresponde a 8,9% da população dessa faixa etária. A pesquisa fornece características gerais desse grupo, demonstrando como, em comparação às pessoas sem deficiência, este se encontra socialmente marginalizado em âmbitos como educação, empregabilidade, renda, entre outros (PNAD, 2023). Dessa forma, observa-se como as pessoas com deficiência, apesar de corresponderem a grande parte da população, encontram-se em uma situação de vulnerabilidade e minoria de direitos sociais, demonstrando a demanda por ações de acessibilidade no Brasil atual.

Nesse contexto, verifica-se também que uma parcela significativa da população brasileira possui limitações motoras, que dificultam a execução de tarefas simples do dia a dia. Observa-se a dificuldade em levantar uma garrafa até a altura dos olhos (2,3%) e para pegar objetos pequenos ou abrir e fechar recipientes (1,4%) (PNAD, 2023). Essas dificuldades influenciam ações cotidianas como escrever, amarrar os sapatos, abrir portas e se locomover de um local a outro (Blog Rhema, 2024).

Para a promoção da acessibilidade na sociedade, criou-se o conceito de Tecnologia Assistiva (TA), sendo definida pela Lei Brasileira de Inclusão nº 13.146 de julho de 2015 como:

produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que tenham como objetivo promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Brasil, 2022).

Segundo Garcia e ITS Brasil (2017) as TAs podem ser categorizadas, baseadas nos desafios enfrentados por tal grupo minoritário em diferentes setores, como na área de atividades da vida diária, da mobilidade, da saúde, da educação e do trabalho e da cultura e do lazer. Abordando especificamente a primeira categoria citada, as Tecnologias Assistivas para as Atividades da Vida Diária (AVD) englobam todas as formas de solucionar ou auxiliar uma PCD em qualquer dificuldade enfrentada ao realizar uma tarefa cotidiana, já que essas podem demandar diferentes capacidades motoras, sensoriais e cognitivas (Garcia, ITS Brasil, 2017).

Apesar de existir uma grande parcela de pessoas com deficiência no país, ainda há uma falta considerável de estratégias voltadas à inclusão social no cotidiano. Conforme dados coletados por Garcia e TIS Brasil (2017), além da falta de políticas públicas, o acesso às TAs é elitizado, visto que tais serviços possuem um alto custo, tendo poucas opções nacionais e, como sua maioria é importada, submete-se a altas taxas de importação. Ademais, a pesquisa mostra que a oferta de tais produtos não suprimem sua demanda, uma vez que existem poucas lojas voltadas a sua produção e filas de espera para a sua obtenção.

Diante disso, evidencia-se a necessidade de desenvolvimento de novos produtos de base tecnológica de baixo custo, que estejam atrelados à melhoria da acessibilidade. Possibilitando assim, o acesso de pessoas com deficiência motora aos diversos locais, mas principalmente, viabilizando a locomoção e acesso aos seus domicílios. A abertura de porta é uma tarefa diária, que requer habilidades de coordenação motora e força física, que são fatores limitantes para indivíduos que possuem paralisia nos braços, mãos ou ombros, e também para cadeirantes, uma vez que a estrutura cadeira de rodas pode dificultar o acesso às maçanetas, bem como a entrada e saída dos ambientes.

O desenvolvimento de sistema que promova a segurança e conforto de Pessoas com Deficiência (PCDs) é de suma importância para a garantia da acessibilidade, estando em consonância com os deveres dispostos no Artigo 5º da Constituição Federal, que garante a inviolabilidade do direito à vida, liberdade, igualdade, e à segurança (Brasil, 1988).

Sistemas embarcados são caracterizados como circuitos integrados, equipamentos ou sistemas que podem se concentrar em uma única tarefa e interagir continuamente com o ambiente a sua volta, isso por meio de sensores e atuadores, que são projetos para realizar funções específicas (Chase, 2007). O Arduino é uma plataforma de código aberto que consiste em uma placa com microcontroladores programáveis, que utiliza uma linguagem derivada do C++ para desenvolvimento de prototipagem eletrônica, muito utilizada em sistemas embarcados (Makiyama, 2022).

Nesse contexto, a utilização da plataforma Arduino se torna uma alternativa viável de criação de sistemas embarcados, voltados à promoção da acessibilidade, por se tratar de uma plataforma de baixo custo e de fácil programação. Assim, desenvolveu-se um protótipo em escala reduzida com a plataforma Arduino, capaz de abrir portas automaticamente com o uso de um módulo RFID, acoplado à cadeira de rodas, de modo a facilitar e tornar mais segura a entrada e saída de domicílios.

2 | METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no âmbito dos itinerários formativos Estudos Avançados em Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Estudos Avançados em Matemática e suas Tecnologias. Sendo desenvolvido por discentes do 3º ano do Ensino

Médio integrado ao curso técnico em Desenvolvimento de Sistemas da Escola Técnica Estadual (ETEC) de Taboão da Serra-SP. Para isso, construiu-se um modelo digital, para visualização das conexões do sistema e um modelo físico em escala reduzida do sistema para abertura de portas.

2.1 Desenvolvimento do modelo digital do sistema

Para a realização do modelo digital do sistema, utilizou-se o software Inkscape para projetar a organização e conexão dos sensores. O Inkscape não se trata de uma ferramenta de modelagem e prototipagem, mas de um sistema de editoração eletrônica capaz de criar imagens vetorizadas. Assim, o desenho que guiou a construção do modelo físico Arduino foi desenvolvido por meio de vetores, conforme mostra a Figura 1 a seguir.

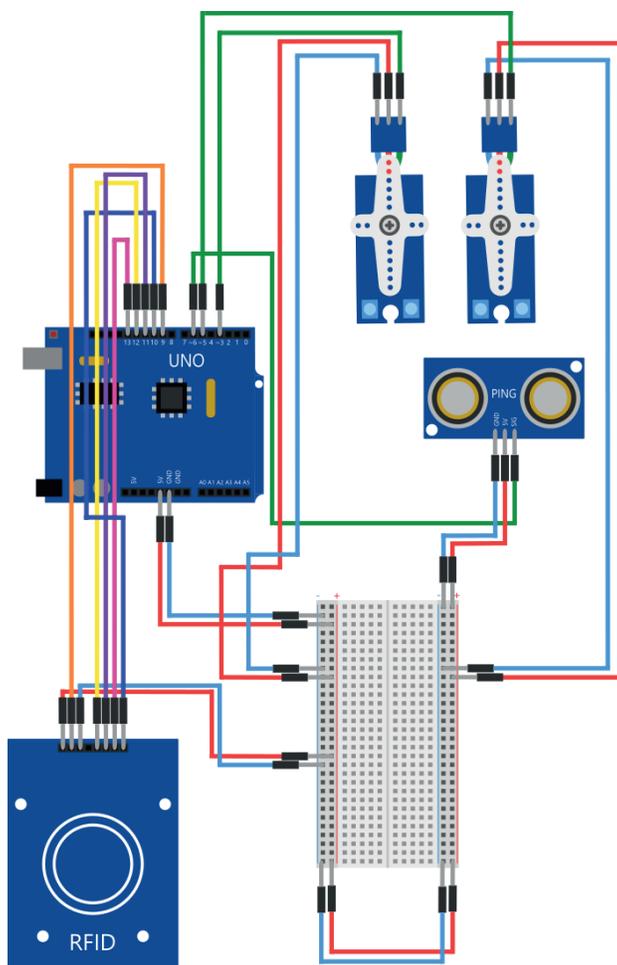


Figura 1 - Modelo do sistema de abertura de portas desenvolvido no Inkscape.

Fonte: Autoria própria (2024).

No modelo digital (Figura 1), foram utilizados os componentes descritos na Tabela 1 abaixo.

Componentes	Quantidades
Arduino UNO	1
Jumpers	20
Sensor ultrassônico	1
RFID	1
Servomotor	2
Protoboard	1

Tabela 1 - Componentes utilizados para a construção do modelo digital.

Fonte: Autoria própria (2024).

O Arduino Uno é o menor microcontrolador comercializado pela marca, ideal para a prototipação em escala reduzida. Os jumpers, também conhecidos como cabos jumpers, são os fios que realizam a interconexão entre a placa de prototipação e os demais sensores. Sendo disponibilizados em diversas cores para ajudar na organização do protótipo, eles possuem três variações, chamadas de: macho-macho, fêmea-fêmea e macho-fêmea.

O sensor ultrassônico é um dispositivo que permite detectar objetos a sua frente a partir de ondas sonoras, podendo ser utilizado em diversas situações, como para medir o nível de um líquido ou até para detecção de obstáculos (Elektra, 2022). E os servomotores são utilizados no protótipo para controlar a abertura e fechamento das portas, considerando posição, aceleração e velocidade, a partir das configurações de código.

2.2 Desenvolvimento do protótipo da estrutura da porta em escala

Para o desenvolvimento do protótipo físico, optou-se pela utilização de uma estrutura em escala reduzida, a qual simulará o ambiente no qual a solução será aplicada. Na construção de tal modelo, confeccionou-se uma porta por meio de impressão 3D utilizando a máquina Cliever CL2.5, aliada aos softwares Onshape e Prusa Slicer. Com isso, por meio de tais ferramentas, possibilitou-se a modelagem virtual da porta, a simulação computadorizada de sua ergonomia e o desenvolvimento de sua forma tangível.

O sistema de abertura e fechamento da porta foi desenvolvido utilizando um microcontrolador Arduino, um servomotor para movimentar a porta, um módulo RFID para identificação de usuários autorizados e um sensor ultrassônico para evitar o fechamento da porta caso haja algum obstáculo no caminho (Tabela 2).

Componentes	Quantidades
Arduino UNO	1
Jumpers	20
Sensor ultrassônico HC-SR04	1
Módulo RFID RC522	1
Servomotor SG90	1
Protoboard	1
Estrutura 3D (PLA)	1
Fonte de Alimentação 5V	1

Tabela 2 - Componentes utilizados para a construção do modelo físico.

Fonte: Autoria própria (2024).

O funcionamento do sistema Open inicia-se com a identificação do usuário. Quando um cartão RFID é aproximado do leitor, o sistema verifica se o código do cartão está autorizado, por meio da comparação com o ID pré-cadastrado no sistema. Caso o código do cartão seja reconhecido como autorizado, o servomotor gira 90°, realizando a abertura da porta. A abertura é feita de forma suave, onde o servomotor é acionado lentamente até atingir uma posição de 90°, conforme definido pelo código a seguir (Figura 2).

```
for (int pos = 0; pos <= 90; pos++) { // Gira o servo lentamente de 0 a 90 graus
  servoMotor.write(pos);
  delay(15); // Ajusta o tempo de atraso para controlar a velocidade
}
```

Figura 2 - Código da abertura em 90° da porta.

Fonte: Autoria própria (2024).

Após a abertura da porta, o sensor ultrassônico começa a monitorar continuamente a presença de objetos na passagem. Se um obstáculo for detectado, a porta permanecerá aberta até que o caminho esteja livre. O sensor ultrassônico calcula a distância entre a porta e qualquer objeto à frente. Se o sensor detectar um objeto a uma distância inferior a 20 cm, o sistema aguarda 5 segundos, mantendo a porta aberta para garantir que o caminho esteja seguro antes de qualquer ação. Caso não haja obstáculos por esse período de tempo, o sistema inicia o fechamento automático da porta, acionando o servomotor para retornar à posição inicial, fechando a porta lentamente de forma controlada, conforme mostra o código abaixo (Figura 3).

```

for (int pos = 90; pos >= 0; pos--) { // Gira o servo lentamente de 90 a 0 graus
  servoMotor.write(pos);
  delay(15); // Ajusta o tempo de atraso para controlar a velocidade
}

```

Figura 3 - Código de ajuste do tempo de fechamento da porta.

Fonte: Autoria própria (2024).

Esse mecanismo garante uma operação segura e automatizada, permitindo acessibilidade e prevenindo assim acidentes. Caso não haja obstáculos, o sistema fecha a porta automaticamente após 5 segundos, conforme especificado no código abaixo (Figura 4).

```

// Se a distância for maior que 20 cm (nada na frente), fecha a porta
if (distancia > 20) {
  if (millis() - tempoInicial >= 5000) { // Verifica se passaram 5 segundos
    fecharPorta(); // Função para fechar a porta
    break; // Sai do loop quando a porta fechar
  }
}
}

```

Figura 4 - Código de fechamento da porta.

Fonte: Autoria própria (2024).

2.2.1 Impressora 3D Cliever CL2.5

A Cliever Indústria e Comércio de Produtos Tecnológicos S.A. é uma empresa nacional focada no âmbito da impressão 3D, atuando na comercialização de filamentos, resinas e impressoras 3D. Devido ao desenvolvimento de novos produtos, a máquina Cliever CL2.5, utilizada na execução do protótipo, teve sua produção descontinuada (Figura 5). Atualmente, encontra-se fora do mercado, com pouca informação disponível online em relação a seu modelo. Todavia, apresentou todos os recursos necessários à ação, permitindo, dessa forma, a construção adequada do protótipo.



Figura 5 - Imagem da impressora 3D Cliever CL2.5 utilizada no projeto.

Fonte: A autoria própria (2024).

2.2.2 *Software Onshape*

Voltado à área de modelagem e design de produtos, o software Onshape é um sistema de desenho assistido por computador, ou CAD (Computer Aided Design). É utilizado nos mais variados âmbitos, dentre os quais se destaca o uso no projeto de componentes eletrônicos, de máquinas mecânicas, de dispositivos médicos e de impressão 3D. No trabalho em questão, tal sistema foi utilizado na modelagem tridimensional da porta utilizada no protótipo em escala, permitindo o desenvolvimento dos componentes envolvidos uma visualização mais assertiva do posicionamento dos sensores.

2.2.3 *Software Prusa Slice*

O Prusa Slice é um software de fatiamento para impressão 3D de código aberto (*OpenSource*). Tais ferramentas se propõem a converter o modelo tridimensional montado em instruções compreensíveis à impressora, transformando um arquivo STL em um arquivo G-code. Nelas, pode-se ajustar configurações como a densidade de preenchimento, a altura da camada, a velocidade de impressão e a adição de suportes ao projeto. O Prusa Slice vem se tornando um dos fatiadores mais populares na comunidade, por sua interface intuitiva e por permitir ajustes finos à peça. Com isso, tal software foi utilizado para configurar e ajustar o modelo feito à impressora 3D.

2.3 Análise de dados

A análise do funcionamento do sistema Open foi realizada a partir de observações, com base em tempo de respostas, sendo os dados tratados no programa Excel® e os gráficos construídos por meio da linguagem de programação R, utilizando a interface de desenvolvimento R studio.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da utilização do *Onshape*, pode-se desenvolver o modelo tridimensional computadorizado da porta junto a seu batente, para visualização dos movimentos programados (Figura 6). Buscou-se construir um modelo com design compacto, assertivo e visualmente agradável, tendo uma base oca em forma de um paralelepípedo de 15.6x10x3 cm (D), cortado por um chanfro central transversal no qual a moldura principal da porta é fixada, com 10x18x1.6 cm (A). A porta é constituída de uma placa de 2 mm de espessura com dimensões 8X16 cm (B) que é fixada por 2 pinos cilíndricos de 1.5 cm de altura e 7.5 mm de diâmetro (C).

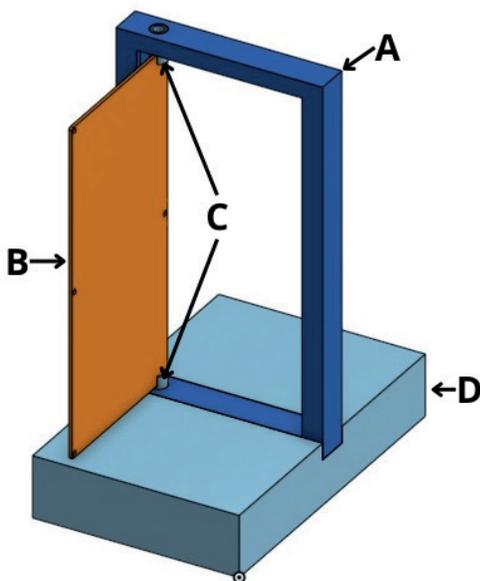


Figura 6 - Modelo digital da porta produzido no *Onshape*.

Fonte: Autoria própria (2024).

Dentre os diferentes componentes estruturais que constituíram o modelo (Figura 6), a estrutura A cumpre a função de moldura ou batente que sustenta a porta, peça B, uma placa fina e leve que cumpre os requisitos dimensionais para o protótipo. Ademais, os pinos representados pelo componente C, além de suportarem a peça B em um eixo pivotante,

conectam todo o mecanismo ao servomotor pelo seu interior oco. Por fim, a peça D, além de sustentar toda a estrutura do modelo, encapsula e protege todos os aparatos eletrônicos que constituem o sistema.

A partir do desenvolvimento do protótipo virtual da porta, o modelo foi impresso na impressora 3D, montado e acoplado ao sistema Arduino, para validação de seu funcionamento (Figuras 7 e 8).



Figura 7 – Modelo 3D da porta impresso na impressora Cliever CL2.5.

Fonte: Autoria própria (2024).

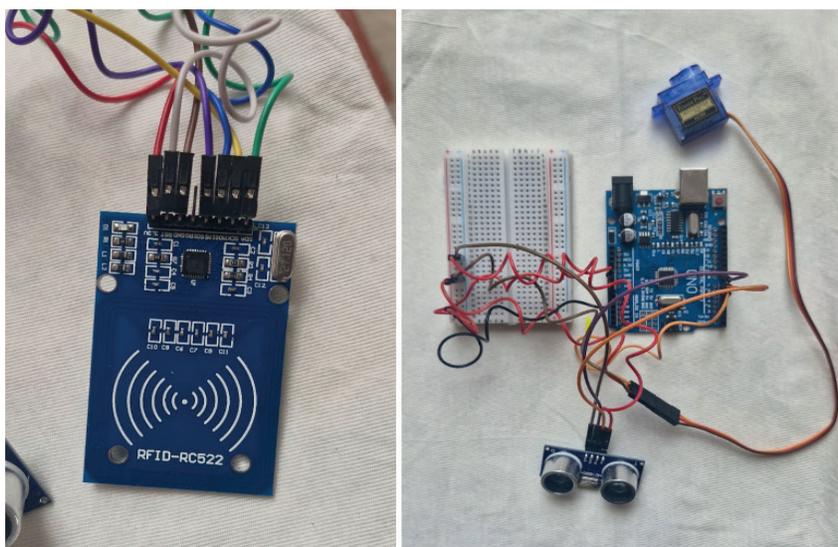


Figura 8 – Sistema Arduino montado.

Fonte: Autoria própria (2024).

A partir da montagem protótipo, foram realizados testes para verificar o funcionamento do sistema Open. Para isso, considerou-se a abertura da porta no ângulo de 90° quando a *tag* cadastrada, que estava acoplada a modelo de cadeira de rodas, tocava o sensor RFID. Além disso, utilizou-se também, outra *tag* não cadastrada, para determinar se o equipamento seria ativado, fato que não foi observado, demonstrando a eficiência do sensor. Foram também realizadas observações sobre o tempo de resposta do sistema, em relação ao fechamento da porta, programado para 5 segundos. Para isso, tal período de espera foi cronometrado, sendo contado, em segundos, até o instante em que a porta iniciou seu fechamento. Para a análise do sistema, foram coletados dois conjuntos de dados com 16 observações cada. No primeiro, cronometrou-se o tempo a partir da interação da *tag* com o sensor RFID, juntamente ao uso do sensor ultrassônico. No segundo, foi realizado o mesmo processo, todavia sem o uso do sensor ultrassônico. Assim, ao todo, foram feitas 32 observações, analisando o fechamento da porta com e sem a utilização do sensor ultrassônico.

Considerou-se como ponto principal da análise o tempo de reação humano para parar o cronômetro, o qual, inevitavelmente, causaria variações nos valores coletados. Segundo Silva *et al.* (2016), o tempo de reação motora a um estímulo visual de um jovem saudável varia entre 0,15 e 0,45. Tais valores foram usados como parâmetro para o erro em relação ao tempo estipulado na programação do protótipo. Com isso, se a diferença entre a média dos dados analisados e o valor esperado (5 segundos) for menor ou igual a 0,45 segundos, o tempo será validado como correto.

Primeiramente, realizou-se uma análise comparativa entre os dois conjuntos analisados, sendo observado que, em ambos, a média dos valores se encontrava dentro do esperado. Nas observações com o uso do sensor, a média foi de 5,30, enquanto, nos dados sem o sensor, foi de 5,26 (Figura 9).

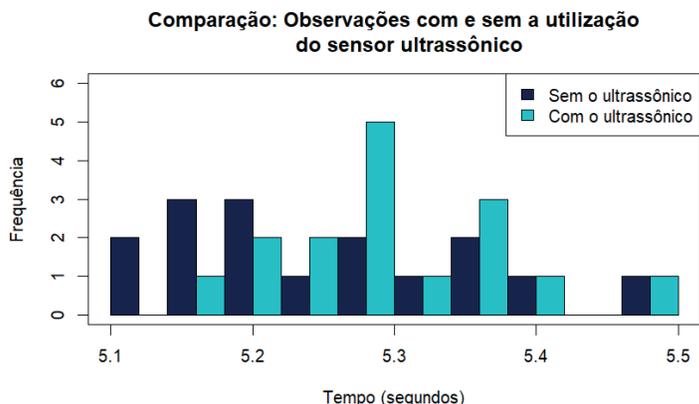


Figura 9 – Comparação da frequência de observações com o tempo de fechamento da porta entre os dois conjuntos analisados.

Fonte: Autoria própria (2024).

Feito isso, analisou-se os dados como um todo, unindo os dois conjuntos. Com as observações, verificou-se que o tempo médio para o fechamento da porta, considerando-se o uso da *tag* com e sem o sensor ultrassônico que detecta a presença de objetos no entorno da porta foi de 5,28 segundos (Figura 10), valor que se aproxima muito da média da faixa estipulada como aceitável, que é de 5,30. Além disso, o desvio padrão de todos os dados foi de 0,1, reforçando seu agrupamento em torno da média. Assim, a diferença entre a média dos dados analisados e o valor esperado foi de 0,30 segundos, número dentro do aceitável.

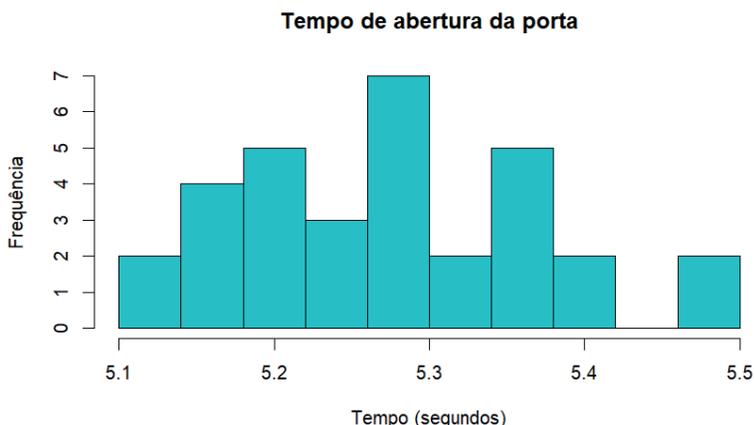


Figura 10 – Relação da frequência de observações com o tempo de fechamento da porta dos dois conjuntos agrupados.

Fonte: Autoria própria (2024).

É válido ressaltar que, em todas as análises, tem-se uma grande eficiência do sistema, havendo um desvio mínimo e máximo do valor programado de 0,1 e 0,5 segundos, respectivamente, na amostra coletada. Dessa forma, segundo os critérios estabelecidos previamente, considerando o tempo de reação média de um jovem saudável, tem-se que o tempo de espera para a abertura da porta, seja com ou sem a interação do sensor ultrassônico, é condizente com o valor de 5 segundos estipulado na programação.

A viabilidade de funcionamento do sistema Open foi validada e pode ser considerada como modelo-base para criação de um sistema de abertura de portas em tamanho real. Segundo Silveira Júnior e Loos (2018) a Prototipagem Rápida se refere a um conjunto de tecnologias desenvolvido através de informações geométricas extraídas de um sistema CAD (*Computer Aided Design*) que são posteriormente utilizados para fabricação de modelos tridimensionais está atrelado à melhoria do desenvolvimento de produtos, adequação das falhas, redução de tempo e custo, estando atrelada a diversas áreas do conhecimento científico e tecnológico.

O uso de uma *tag* viabiliza a utilização do dispositivo nas portas principais de casas e apartamentos. Esse recurso permite que somente o usuário terá acesso ao local, possibilitando que a entrada e saída de seus domicílios seja fácil, ágil e segura.

Para a construção em escala real, tendo como base o sistema Open desenvolvido, é necessário considerar fatores como o aumento da demanda energética, resistência natural dos materiais e a otimização dos sistemas utilizados. Sendo assim, propõe-se utilização do motor pivotante para a abertura de portas automáticas no lugar do servomotor, utilizado na prototipagem do sistema, ambos proporcionam uma solução eficiente e de baixo custo para ambientes que o sistema se encaixa, como em portas de estabelecimentos residenciais. O motor pivotante oferece um movimento suave e controlado permitindo a abertura da porta com precisão sem a necessidade de grande esforço físico e de grandes obras envolvidas para a instalação.

A utilização de Prototipagem Rápida é uma abordagem economicamente viável para a construção de novos produtos e para a garantia da acessibilidade. O desenvolvimento de dispositivos capazes que facilitar a execução de tarefas cotidianas para pessoas com deficiência motora, garante o direito de ir e vir e de utilização dos espaços de forma plena e livre de barreiras (Lima *et al.*, 2018).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de softwares para prototipagem e impressão 3D, permite a otimização de processos de criação de novos sistemas, permitindo a visualização do funcionamento, verificação de possíveis falhas na fase inicial, ajustes de escala e de acessórios. Com isso, diminui-se os gastos com materiais, tempo de trabalho para implementação do sistema e até mesmo o desperdício de materiais, além de tornar a instalação dos projetos mais segura.

A remoção de barreiras, a partir da criação de sistemas que facilitam a execução de tarefas do dia a dia para pessoas com deficiência motora é uma maneira de promover a acessibilidade, garantindo os direitos e o bem-estar social desse público.

É válido ainda ressaltar, a importância do desenvolvimento desses trabalhos no âmbito de disciplinas de cursos técnicos, uma vez que permite que o discente implemente e aperfeiçoe seus conhecimentos teóricos em projetos reais, desenvolva o pensamento crítico e a consciência coletiva e social, a partir do momento, em que estes devem olhar para os problemas do mundo contemporâneo e propor soluções inovadoras.

Por fim, este estudo demonstra de modo preliminar, a viabilidade de construção de um sistema de abertura de portas para domicílios, tendo como base, um sistema embarcado criado com Arduino. É válido ressaltar, a necessidade de adequação do modelo em escala real, verificando questões de gasto energético, sustentabilidade e custo de materiais, de

modo a tornar o sistema acessível não somente na promoção da livre circulação, mas também economicamente, para que todos possam ter acesso.

REFERÊNCIAS

BLOG RHEMA. **Dificuldade na Coordenação Motora: Estratégias e Orientações para Ajudar Crianças**. 7 fev. 2024. Disponível em: <https://blog.rhemaeducacao.com.br/dificuldade-na-coordenacao-motora-estrategias-e-orientacoes-para-ajudar-criancas-e-jovens/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Ministério Público. **Acessibilidade**. CNMP, 2015. Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/acessibilidade#:~:text=Acessibilidade%20pode%20ser%20definida%20como,e%20comunica%C3%A7%C3%A3o%2C%20bem%20como%20de>. Acesso em: 12 jun. 2024.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. **Capítulo I, Art. 5º**. Brasília, DF: Presidente da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 de março de 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **O que é tecnologia assistiva?** Gov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-da-pessoa-com-deficiencia/faq/o-que-e-tecnologia-assistiva>. Acesso em: 14 de março de 2025.

CHASE, O. **Sistemas Embarcados**. Integrante da SBA Jovem – Comitê Estudantil da Sociedade Brasileira de Automática. 2007. Disponível em: https://www.maxpezzin.com.br/aulas/6_EAC_Sistemas_Embarcados/1_SE_Introducao.pdf. Acesso em: 30 maio 2024.

ELEKTRA. **Sensor ultrassônico: veja quais são as principais aplicações na indústria**. [S. l.], 26 set. 2022. Disponível em: <https://tipotemporario.com.br/elektra/blog/sensor-ultrassonico-veja-quais-sao-as-principais-aplicacoes-na-industria/#:~:text=O%20sensor%20ultrass%C3%B4nico%20%C3%A9%20amplamente%20utilizado%20em%20aplica%C3%A7%C3%B5es%20industriais%2C%20como,ondas%20ultrass%C3%B4nicas%20emitidas%20pelo%20sensor>. Acesso em: 9 jun. 2024.

GARCIA, J. C. D.; Instituto de Tecnologia Social – ITS Brasil. **Livro Branco da Tecnologia Assistiva no Brasil**. São Paulo: ITS BRASIL, 2017.

MAKIYAMA, Marcio. **O que é arduino, para que serve, benefícios e projetos [Exemplos]**. [S. l.], 29 nov. 2022. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 9 jun. 2024.

LIMA, K. D. N.; OLIVEIRA, F. E. B.; VILELA, A. T.; ROSÁRIO, V. H.; OLIVEIRA, P. S. P.; TRIANI, F. S. Os desafios encontrados pelos deficientes para o ingresso nas academias de ginástica da Barra da Tijuca no Rio de Janeiro. **Rev. Assoc. Bras. Ativ. Mot. Adapt.**, Marília, v. 19, n. 1, p. 49-58, Jan./Jun., 2018.

PNAD. **Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda**. [S. l.], 24 ago. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>. Acesso em: 12 jun. 2024.

SILVA, A. C. A.; SILVA, M. P. M.; LIMA, J. L.; MARQUES, A. F.; FARIAS, V. S. O. Medição do tempo de reação de uma pessoa: facilitando a compreensão do conteúdo da disciplina de Física Geral e Experimental. In: **Anais do Congresso Nacional de Educação (CONEDU)**, Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2016/TRABALHO_EV056_MD4_SA18_ID719_18082016211512.pdf. Acesso em: 27 nov. 2024.

SILVEIRA-JÚNIOR, V.; LOOS, M. J. Aplicação da Prototipagem Rápida no desenvolvimento de novos produtos: um estudo de caso em uma empresa de tecnologia do estado do Ceará. **Produto & Produção**, v. 19, n.1, p.19-33. 2018.