

## 15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

JOÃO PEDRO M. O. MEDEIROS<sup>1</sup>, GUSTAVO R. CARDILHO<sup>2</sup>, CARLOS H. SILVA SANTOS<sup>2</sup>,  
WILTON M. FERRAZ JUNIOR<sup>4</sup>

### Veículo Baseado em Arduino Controlado por Movimentos Faciais Assistido por Software

<sup>1</sup>Formando no Técnico Integrado em Informática, Bolsista, IFSP – Câmpus Itapetininga, martins.pedro@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Formando no Ensino Médio, E.E. Adherbal de Paula Ferreira, Itapetininga, gustavorafael1106@gmail.com.

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia Elétrica, professor EBTT, IFSP – Câmpus Itapetininga, carlos.santos@ifsp.edu.br.

<sup>4</sup>Mestrado em Ciência da Computação, professor EBTT, IFSP – Câmpus Itapetininga, wilton.jr@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

**RESUMO:** Pessoas com limitações psicomotoras e dificuldades de locomoção usualmente estão à margem da sociedade, por sequer conseguirem se deslocar sozinhos. O custo de tecnologias como cadeiras de rodas motorizadas é elevado, o que impede que boa parte destas possam tê-las. Neste contexto, esse projeto inicia estudos sobre o desenvolvimento tecnológico de hardware e software para motorização de baixo custo de cadeiras de rodas convencionais. Esse desenvolvimento pode impactar o acesso tecnológico de pessoas com limitações psicomotoras a se deslocarem de maneira mais autônoma. Para isso, nesta etapa é apresentado desenvolvimento e testes de software integrados com hardware para o controle de um carrinho baseado em Arduino conectado via USB com um dispositivo móvel (smartphone ou tablet), que via sua câmera, possibilita detectar os movimentos faciais do usuário para indicar a direção e sentido do trajeto deste carrinho. O software para o celular foi desenvolvido em Flutter e em C++ para o Arduino, tendo bons resultados no controle do veículo tanto na instrução de execução quanto no tempo de resposta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Limitação Psicomotora; Movimento Facial; Controle via Software; Arduino; Flutter.

### Arduino-Based Vehicle Controlled by Facial Movements in Software Assisted

**ABSTRACT:** People with psychomotor and mobility limitations are often marginalized in society because they cannot move around independently. The high financial cost of motorized wheelchairs makes them inaccessible for many. In this context, this project explores the technological development of low-cost hardware and software for motorizing conventional wheelchairs. The development of this solution may impact the technological entrance of psychomotor disabled person autonomy in locomotion. This stage presents the development and integration of software and hardware to control an Arduino-based trolley connected via USB to a mobile device (smartphone or tablet). Using the device's camera, the system detects the user's facial movements to guide the trolley's direction. The software was developed using Flutter for the smartphone and C++ for the Arduino, showing promising results in controlling the trolley with efficient instruction execution and runtime response.

**KEYWORDS:** Psychomotor Limitation; Facial Movement; Software Control; Arduino; Flutter.

## INTRODUÇÃO

Ao se observar a população brasileira, segundo dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aproximadamente 12,4 milhões de brasileiros apresentam algum tipo de deficiência motora (IBGE, 2010). Elas impedem que estas pessoas tenham acesso aos seus direitos básicos, como o direito à educação e à socialização, bem como o direito de ir e vir. Além disso, a legislação brasileira, como a Lei Brasileira de Inclusão (Estatuto da Pessoa com Deficiência), garante a essas pessoas o direito à mobilidade, mostrando assim a necessidade de soluções eficazes e acessíveis (Lei nº 13.146/2015). No mercado nacional, há uma escassez de dispositivos voltados especificamente para pessoas tetraplégicas, com a maioria dos modelos destinados a paraplégicos.

Esta lacuna tecnológica reforça a urgência para o desenvolvimento de alternativas acessíveis. Desta forma, o projeto busca implementar soluções alternativas de baixo custo, com hardware e software

aberto para automatizar cadeiras de rodas convencionais, que além disso possam ser controladas com movimentos faciais, justificando sua execução por buscar proporcionar locomoção de pessoas com tetraplegia. Isso exposto, buscando proporcionar benefícios de locomoção mais autônoma a essas pessoas (CÂNDIDO, et al, 2021).

Os resultados deste trabalho, em andamento, são apresentados neste artigo, iniciando com sua metodologia o desenvolvimento de um software para dispositivos móveis capaz de interpretar movimentos da cabeça e transformá-los em comandos para posteriormente enviar à cadeira de rodas, os casos de testes implementado em um hardware baseado em Arduino conectado ao dispositivo móvel para sua validação de conceito. Os resultados são apresentados na seção de Resultados e Discussão com imagens dos casos de testes validando o controle do veículo.

## MATERIAL E MÉTODOS

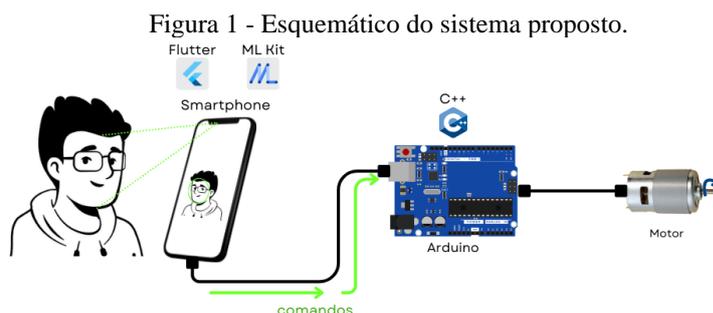
Como um trabalho tecnológico de caráter exploratório, a metodologia utilizada envolveu a pesquisa de projetos que propusessem algum modelo de tecnologia assistiva voltado para pessoas tetraplégicas. Vale-se destacar a proposta de Diego Albuquerque Carvalho, de 2018, a qual usa um giroscópio para enviar informações a um Arduino o qual processa esses dados e controla um carrinho de testes. Este trabalho serviu como um embasamento para quais rumos seriam tomados no desenvolvimento da solução proposta neste presente trabalho.

Há na literatura inúmeros iniciativas de se tentar adaptar recursos digitais ao controle de cadeiras de rodas com custo reduzido, como da perspectiva biomédica com a integração de sensores em cadeiras via software mas com contrações musculares (ALVES; BORGES; NAVES, 2016), de software para um controle via movimentos faciais (SOUSA, 2019) e de hardware com a integração de Arduino e seus sensores de eletroencefalograma (EEG) para um controle via pulsos elétricos do cérebro (PINHEIRO; ALVES; SOUZA, 2018).

Após a identificação de trabalhos com temáticas similares, o projeto seguiu com a análise das tecnologias disponíveis para o desenvolvimento da solução. Diferentemente da abordagem de Carvalho (2018), o objetivo era desenvolver um sistema que utilizasse sensores ópticos para o reconhecimento do movimento da cabeça, deste modo pensando na facilidade e acessibilidade o uso da câmera dos celulares se mostrou uma das opções mais viáveis. Desta maneira, o foco torna a identificar e avaliar as tecnologias de desenvolvimento de aplicativos móveis mais adequadas para implementar o sistema.

Duas tecnologias principais foram consideradas como viáveis para o desenvolvimento do aplicativo: React Native e Flutter. A seleção dessas tecnologias foi baseada na sua popularidade e compatibilidade com o objetivo do projeto que é desenvolver um sistema confiável e compatível com o maior número de dispositivos móveis com foco em acessibilidade (REBELO, 2024). Em seguida, foram usados os seguintes critérios para avaliar cada tecnologia: Curva de Aprendizagem, considerou-se o tempo e esforço necessários para aprender e dominar cada tecnologia, considerando a documentação disponível, tutoriais, e recursos educacionais; disponibilidade de bibliotecas e integração de hardware, na qual se avaliou as opções de comunicação entre o smartphone e o Arduino (GROSS; LERMEN, 2023).

Assim, tendo os materiais e tecnologias em mão, foi necessário a estruturação do sistema. Este esquema, está demonstrado na Figura 1, na qual há a representação do um dispositivo móvel, que realiza o reconhecimento dos movimentos da cabeça, e envia comando para uma placa Arduino, a qual aciona a movimentação de um motor. Na Figura 1 também são apresentados os ícones das linguagens de programação usadas no desenvolvimento de software, sendo elas o Flutter, junto à biblioteca ML Kit, e C++ (BOTELHO, 2022).



Fonte: autoria própria

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a metodologia de desenvolvimento estabelecida, passou-se para o desenvolvimento de um carrinho modelo para o teste do sistema. Este utilizou uma placa Arduino, a qual foi escolhida devido à sua versatilidade e ampla compatibilidade com diversos sensores e módulos, ligada a dois motores, com uma estrutura simples em MDF feita em uma corte a Laser, tendo como objetivo simular uma cadeira de rodas. O carrinho construído está apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo do carrinho desenvolvido.

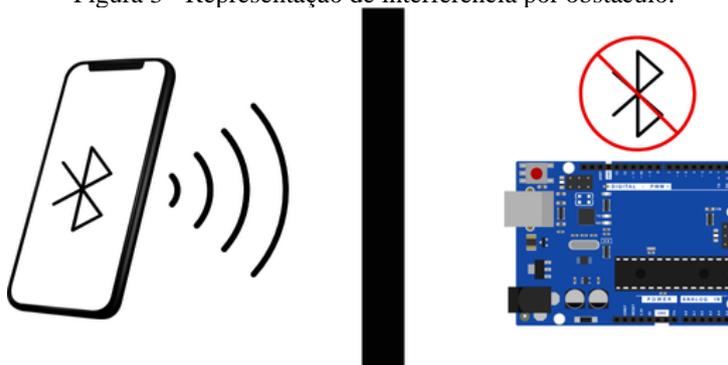


Fonte: autoria própria

A conexão entre o dispositivo móvel e o Arduino, envolveu a exploração das possibilidades de estabelecer uma conexão segura e estável entre os dois dispositivos. A princípio, foi cogitado a possibilidade de se usar uma conexão sem fio por permitir que o sistema dependesse menos de cabos, por meio de Bluetooth, entretanto este apresentou dois problemas:

- 1) Ambos os softwares, React Native e Flutter, mostraram limitações com implementação de uma conexão Bluetooth. Assim, a configuração inicial e a manutenção da conexão foram atividades desafiadoras, exigindo pesquisas para o desenvolvimento de uma conexão funcional.
- 2) Quando a conexão foi estabelecida, ela se mostrou instável e com frequentes interrupções na comunicação, principalmente quando um obstáculo se encontrava entre os dispositivos. Isso comprometeu a confiabilidade do sistema, tornando essa abordagem inviável para o controle preciso e contínuo necessário para o projeto.

Figura 3 - Representação de interferência por obstáculo.



obstáculo

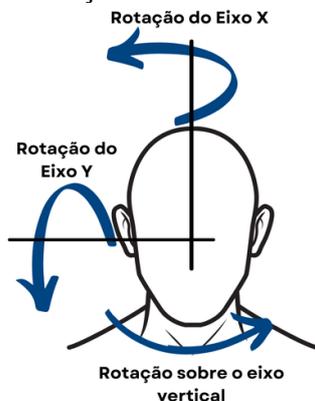
Fonte: autoria própria

A etapa seguinte focou-se no desenvolvimento com o uso de cabo para a comunicação, o qual apresentou melhores resultados, utilizando a tecnologia Flutter para a comunicação via cabo USB, a qual ofereceu suporte nativo e bibliotecas bem documentadas para essa forma de conexão. Por outro lado, o React Native não retornou o mesmo nível de suporte, limitando sua viabilidade para o projeto.

Com toda a infraestrutura do projeto construída, tanto em conectividade quanto em hardware, passou-se a trabalhar no processamento e controle do carrinho. Para análise do movimento da cabeça

foi utilizado a ferramenta ML Kit da Google, a qual utiliza redes neurais para permitir detectar a posição da cabeça e as características faciais, como posição do nariz, olhos e boca e principalmente os ângulos da cabeça, já que os arcos de movimento do pescoço são o componente central do controle de movimento do sistema, como demonstrado no esquema a seguir, no qual se tem representado os eixos de movimentação do pescoço:

Figura 4: representação dos eixos de movimento do pescoço.



Fonte: Carvalho 2018

Na Figura 4 estão representados os movimentos de: *Rotação do Eixo X*, que representa o aceno da cabeça para esquerda e direita; *Rotação do Eixo Y*, o qual reflete a flexão e extensão do pescoço e, por fim, *Rotação Sobre o Eixo Vertical*, representando a inclinação da cabeça ou para esquerda ou direita (Carvalho, 2018). Assim, para movimentar o carrinho foram utilizados a *Rotação do Eixo X e do Eixo Y*.

Com esse desenvolvimento consolidado, a aplicabilidade prática do sistema passou a ser promissora, pois ele pode ser implementado em cadeiras de rodas convencionais, transformando-as em dispositivos motorizados acessíveis. A facilidade de controle por movimentos faciais oferece uma forma de locomoção mais independente para pessoas com tetraplegia, melhorando sua mobilidade e, conseqüentemente, sua qualidade de vida. No entanto, para que o sistema seja completamente confiável e seguro em situações reais, será necessário integrar sistemas de segurança robustos que protejam o usuário contra falhas durante o uso.

Embora o projeto tenha demonstrado resultados positivos, é importante reconhecer suas limitações. A primeira destas limitações é a iluminação do ambiente, em locais com baixa iluminação o sistema apresentou maior dificuldade de reconhecer o rosto do usuário. Ademais, os testes foram realizados em um ambiente controlado e com um protótipo de carrinho, em vez de uma cadeira de rodas real. Isso significa que os resultados ainda precisam ser validados em um cenário mais complexo e realista, onde variáveis adicionais, como terrenos irregulares e interferências ambientais, possam ser introduzidas. Além disso, a ausência de testes com usuários finais limita a compreensão completa da usabilidade do sistema, especialmente em relação ao conforto e à facilidade de uso.

## CONCLUSÕES

O projeto demonstrou com sucesso a viabilidade de usar uma solução de software junto a um hardware de baixo custo a possibilidade de desenvolver um sistema de controle de cadeira de rodas baseado em movimentos faciais. Os resultados indicam que a solução apresenta boa precisão e confiabilidade, oferecendo um potencial significativo para melhorar a mobilidade e a qualidade de vida das pessoas com tetraplegia. Entretanto, o trabalho identificou a necessidade de implementar sistemas de segurança mais robustos para garantir a segurança dos usuários. Além disso, é necessário desenvolver uma versão final da cadeira de rodas que utilize o sistema criado, permitindo uma validação completa em um ambiente real. Por fim, vale destacar que futuros trabalhos devem focar na construção e teste de uma cadeira de rodas real utilizando o sistema desenvolvido. É essencial conduzir testes em condições reais e com usuários finais para avaliar plenamente a eficácia e segurança do sistema. Além disso, melhorias tecnológicas, como o aprimoramento do reconhecimento facial em condições de baixa luminosidade, podem ser exploradas.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Os Autores J.P.M.O.M. e G.R.C. contribuíram com o desenvolvimento do software mobile e do Arduino. Os autores C.H.S.S. e W.M.F.J. foram orientadores do projeto. O autor W.M.F.J. contribuiu com a construção do carrinho, juntamente com a programação do Arduino. O Autor J.P.M.O.M. contribuiu com a escrita do artigo. O autor C.H.S.S. contribuiu com a revisão do trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo por ter oportunizado a realização deste projeto, tanto por meio dos incentivos diretos como o oferecimento de bolsas, quanto de forma indireta, proporcionando um ensino libertador o qual promove, incentiva e valoriza a realização de projetos como este. Aos nossos pais, familiares e amigos, deixamos um agradecimento especial por todo apoio e suporte, antes e durante, a realização do projeto.

## REFERÊNCIAS

ALVES, C. M.; BORGES, L. R.; NAVES, E. L. M. **Controle De Cadeira De Rodas Motorizada Por Meio De Comandos Musculares Faciais Via Tablet**. IX Simpósio de Engenharia Biomédica – SEB 2016.

BOTELHO, Gabriel Jacinto. **Sistema para Avaliação de Postura com Utilização de Sensores**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade NOVA de Lisboa (Portugal). Disponível em: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/135421/1/Botelho\\_2022.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/135421/1/Botelho_2022.pdf) Acesso em: 09 out. 2024

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Senado Federal, 2019. Disponível em: [https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/554329/estatuto\\_da\\_pessoa\\_com\\_deficiencia\\_3ed.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/554329/estatuto_da_pessoa_com_deficiencia_3ed.pdf). Acesso em: 21 ago. 2024

CANDIDO, Paulo Henrique Vieira et al. **Panda: Uma Nova Ferramenta Web Responsiva Para Auxiliar no Ensino e Comunicação de Pessoas com Limitações Psicomotoras**. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 29, p. 25-47, 2021.

CARVALHO, Diego Albuquerque. **Desenvolvimento de um Sistema de Controle para Cadeira de Rodas Automatizada Baseada em Movimentos da Cabeça**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/6813/1/diegoalbuquerquecarvalho.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2024

FACEBOOK. **React Native documentation**. Disponível em: <https://reactnative.dev/docs>. Acesso em: 21 ago. 2024

GOOGLE. **Flutter: Beautiful native apps in record time**. Disponível em: <https://docs.flutter.dev/>. Acesso em: 21 ago. 2024.

GOOGLE. **Machine learning para desenvolvedores de dispositivos móveis: Detecção Facial**. Disponível em: <https://developers.google.com/ml-kit?hl=pt-br>. Acesso em: 21 ago. 2024

GROSS, Dennys Antony; LERMEN, Richard Thomas. **Desenvolvimento De Uma Cadeira De Rodas Motorizada De Baixo Custo Utilizando Arduino: Um Protótipo Funcional Para Melhorar A Acessibilidade**. IX Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: População residente por tipo de deficiência, segundo a situação do domicílio, o sexo e os grupos de idade - Amostra - Características Gerais da População**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

PINHEIRO, Oberdan Rocha; ALVES, Lynn Rosalina Gama; SOUZA, J. R. D. **EEG signals classification: Motor imagery for driving an intelligent wheelchair.** IEEE Latin America Transactions, v. 16, n. 1, p. 254-259, 2018.

REBELO, Iasmin Corrêa. **Usabilidade e acessibilidade para idosos: protótipo mobile para realizar compras em supermercados.** Trabalho de Conclusão de Curso UDESC, 2023. Disponível em: <http://200.18.15.28/handle/1/10349> Acesso em: 09 de out. 2024

SOUSA, Ingrid Miranda de. **Estudo e desenvolvimento de um sistema de reconhecimento de expressões faciais para controle de cadeira de rodas.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)—Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama, 2019. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/25070> Acesso em: 09 out. 2024

ZAMMETTI, Frank. **Flutter na prática: melhore seu desenvolvimento mobile com o SDK open source mais recente do Google.** São Paulo: Apress, 2020. 362 p. ISBN 9788575228227.