



DEPARTAMENTO DE ENSINO
CURSO TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA – FORMA INTEGRADA

EDNEY ALVES REIS MASCARENHAS
GLEYDSON DE JESUS SILVA
RAFAEL LUCIANO DAMIÃO BULCÃO
UALLACE UILLI DA CONCEIÇÃO DA CRUZ AZEVEDO

SISTEMA ELETRÔNICO PARA MOTORIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE CADEIRA
DE RODAS CONVENCIONAL

Santo Amaro – BA

2023

EDNEY ALVES REIS MASCARENHAS
GLEYDSON DE JESUS SILVA
RAFAEL LUCIANO DAMIÃO BULCÃO
UALLACE UILLI DA CONCEIÇÃO DA CRUZ AZEVEDO

SISTEMA ELETRÔNICO PARA MOTORIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE CADEIRA
DE RODAS CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do grau
Técnico de Nível Médio em Eletromecânica do
Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro.

Orientador: Prof. Dr. Silvando Vieira dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Ademir de Jesus Costa

Santo Amaro – BA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

S623 Sistema eletrônico para motorização de um protótipo de cadeira de rodas convencional.
/ Edney Alves Reis Mascarenhas ... [et al.]. – Santo Amaro, 2023.
51 f.: il. algumas color.

Orientador: Prof. Dr. Silvando Vieira dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Ademir de Jesus Costa

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Santo Amaro, 2023.

1. Automação. 2. Eletrônica. 3. Motores elétricos - Controle eletrônico. 4. Arduino (Controlador programável). 5. Cadeiras de rodas. 6. Engenharia de protótipos. I. Mascarenhas, Edney Alves Reis. II. Silva, Gleydson de Jesus. III. Bulcão, Rafael Luciano Damiano. IV. Azevedo, Wallace Uilli Conceição da Cruz. V. Santos, Silvando Vieira dos (Orientador). VI. Costa, Ademir de Jesus (Orientador). VII. Instituto Federal da Bahia.

CDU 681.5

Elaborado por Reginaldo Pereira Pascoal Junior – CRB-5/1470

Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal da Bahia (SIB-IFBA)

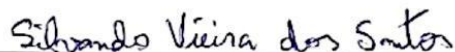
Biblioteca IFBA Campus Santo Amaro

SISTEMA ELETRÔNICO PARA MOTORIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE CADEIRA
DE RODAS CONVENCIONAL

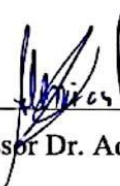
EDNEY ALVES REIS MASCARENHAS
GLEYDSON DE JESUS SILVA
RAFAEL LUCIANO DAMIÃO BULCÃO
UALLACE UILLI DA CONCEIÇÃO DA CRUZ AZEVEDO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro, como parte de requisitos necessários à obtenção do grau de Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

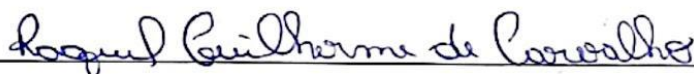
Aprovado em 18/10/2023, por:



Professor Dr. Silvano Vieira dos Santos
Orientador



Professor Dr. Ademir de Jesus Costa
Coorientador



Professora Dra. Raquel Guilherme de Carvalho
IFBA Campus Santo Amaro



Professor Me. Luís Alves Correia Filho
IFBA Campus Santo Amaro

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos os nossos familiares e amigos que estiveram ao nosso lado durante toda jornada acadêmica. As nossas famílias, pelo incentivo constante, e aos nossos amigos, pelos momentos de diversão e apoio compartilhados. Em especial, dedicamos este trabalho aos nossos orientadores, ao Professor Dr. Silvano Vieira do Santos, pela orientação, suporte e ajuda nos momentos complicados, e o Professor Dr. Ademir de Jesus Costa pelo auxílio durante o projeto. Sem a presença e apoio de todos vocês, esta conquista não teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus pelo dom da vida, da paciência e de nos ter proporcionado uma trajetória até aqui.

Aos nossos pais e familiares, pois sem eles nada disso seria possível, por todo apoio e suporte que nos foi dado.

Ao nosso orientador, Prof. Dr. Silvano Vieira dos Santos, pela orientação, acompanhamento, incentivo e paciência em nosso acompanhamento.

Ao coorientador, Prof. Dr. Ademir de Jesus Costa, pelo acompanhamento, pela ajuda e auxiliar nas dúvidas na construção do projeto.

Ao nosso colega Felipe Santana Pereira pelo auxílio na elaboração do protótipo, e aos demais colegas, Giovanna Salles, Mateus Teles, Messias Junior, Maely Saãma, Lana Casais, Breno Correia, Marcielle Ferreira e Mércia Silva.

Um agradecimento em especial aos nossos familiares que ajudaram no decorrer do trabalho.

Ao nosso colega Pedro Antônio que esteve conosco durante muitos anos no IFBA e nos ajudou enquanto esteve presente, mas não concluiu junto com todos nós.

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro como parte dos requisitos para obtenção do grau Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

SISTEMA ELETRÔNICO PARA MOTORIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE CADEIRA DE RODAS CONVENCIONAL

2023

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

RESUMO

A deficiência físico-motora é uma alteração completa ou parcial relacionada aos grupos musculares e estruturas ósseas e, comprometendo que pessoas a realizarem suas funções físicas. Quando os atingidos pela deficiência são os membros inferiores, o indivíduo em alguns dos casos vê-se obrigado a utilizar uma cadeira de rodas para efetuar sua locomoção. O principal objetivo desse trabalho é a elaboração de um circuito eletrônico voltado para a motorização de um protótipo de cadeira de rodas convencional, por conta do alto custo em relação às cadeiras de rodas motorizadas, o acesso ao equipamento torna-se cada vez mais difícil para a população com baixo poder econômico. O presente projeto, foi dividido entre a construção de um modelo de cadeira de rodas feito em tubo PVC que será utilizado como demonstração e elaboração do sistema eletrônico responsável pela transmissão e controle de sinais, que será acoplado à estrutura da cadeira, que possibilitou a movimentação do protótipo com joystick, o mesmo aciona os motores CC que constituem o funcionamento. Portanto, a combinação de uma estrutura de cadeira de rodas de PVC com um sistema eletrônico de controle permite que o usuário mova a cadeira de forma simplificada usando um joystick, permitindo uma opção que auxilie os cadeirantes que não possuem poder aquisitivo alto em seu deslocamento diário.

Palavras chaves: deficiência motora física, cadeira de rodas, sistema eletrônico.

Abstract of the Final Course Paper to the Curso Técnico em Eletromecânica presented at Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Santo Amaro as part of the requirements for obtaining the Medium Level Technical degree in Electromechanics.

ELECTRONIC SYSTEM FOR MOTORIZING A CONVENTIONAL WHEELCHAIR
PROTOTYPE
2023

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

ABSTRACT

Physical-motor disability is a complete or partial change related to muscle groups and bone structures, compromising people to perform their physical functions. When those affected by the disability are the lower limbs, the individual in some cases is forced to use a wheelchair to move around. The main objective of this work is the development of an electronic circuit aimed at the motorization of a conventional wheelchair prototype. Due to the high cost in relation to motorized wheelchairs, access to the equipment becomes increasingly difficult for the population with low economic power. This project was divided between the construction of a wheelchair model made from PVC tube that will be used as a demonstration and the elaboration of the electronic system responsible for transmitting and controlling signals, which will be coupled to the structure of the chair, which enabled movement. of the prototype with a joystick, it drives the DC motors that constitute the operation. Therefore, the combination of a PVC wheelchair structure with an electronic control system allows the user to move the chair in a simplified way using a joystick, providing an option that helps wheelchair users who do not have high purchasing power in their daily commute.

Keywords: physical motor disability, wheelchair, electromechanical system.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos de cadeiras de rodas motorizadas no mercado.

Tabela 2 - Lista de materiais utilizados.

Tabela 3 - Controle de acionamento dos pinos das entradas dos motores A e B.

Tabela 4 - Medidas das cadeiras.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Cadeira de rodas <i>Wheelesley</i>	7
Figura 2- Pirâmide do processo de automação.....	9
Figura 3- Demonstração da direção e do funcionamento das rodas com os comandos do Joystick.....	9
Figura 4- Conexões de ligação do joystick.....	10
Figura 5- Placa arduino uno e todos seus componentes.....	11
Figura 6- Ponte H. Organização dos transistores junto a um motor.....	12
Figura 7- Motor de Corrente Contínua em corte.....	14
Figura 8- Motor elétrico de corrente contínua (CC).....	15
Figura 9- Cadeira de Rodas Econômica - CDS Econômica.....	18
Figura 10- Ponte H terminais de conexões.....	20
Figura 11- Sequência da ordem de montagem dos equipamentos eletrônicos.....	22
Figura 12- Fixação dos motores com abraçadeira.....	23
Figura 13- Representação gráfica do protótipo.....	24
Figura 14- Corte do assento na chapa MDF.....	24
Figura 15- Estrutura mecânica do protótipo.....	26
Figura 16- Plataforma de suporte inferior onde estão alocados os componentes eletrônicos..	27
Figura 17- Implementação do joystick no protótipo.....	28
Figura 18- Protótipo da cadeira de rodas (vista frontal).....	29
Figura 19- Protótipo da cadeira de rodas (vista lateral).....	29
Figura 20- Protótipo da cadeira de rodas.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Corrente contínua.
cm	Centímetros.
FCEM	Força Contra Eletromotriz.
FEM	Força Eletromotriz.
GMFCS	Gross Motor Function Classification System.
IDE	Integrated Development Environment.
In	Input
kg	Quilograma
kgf	Quilograma-força
LBI	Lei Brasileira de Inclusão.
mAh	Miliampere-hora
MDF	Medium Density Fiberboard.
PC	Paralisia Cerebral.
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde.
PVC	Policloreto de vinila.
RPM	Rotação por minuto.
V	Volts.

Sumário

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 GERAL	4
1.3.2 ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 Deficiência motora e o auxílio da tecnologia assistiva.	5
2.2 Estudo sobre Cadeira de rodas motorizadas.	6
2.3 Estudos Sobre Componentes Eletrônicos.	8
2.3.1 Modulo Joystick.	8
2.3.2 Arduino.	10
2.3.3 Ponte H.	12
2.4 Estudos Sobre Motor de Corrente Contínua.	13
CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA	17
3.1 Materiais	17
3.2 Metodologia	18
3.2.1 Controle dos motores.	20
3.2.2 Conexões dos motores com o protótipo da cadeira de rodas.	23
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES	31
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
APÊNDICE A - CÓDIGO DE CONTROLE DOS MOTORES CC	35

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A deficiência físico-motora é um problema que acomete diversos tipos de pessoas, em diversas situações diferentes, como paraplegia, hemiplegia, tetraplegia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral etc. São situações que exigem superação dos indivíduos em relação aos desafios que serão vivenciados cotidianamente, sobretudo, pessoas com deficiência física são plenamente capazes de viverem uma vida feliz e saudável. Deficiência físico-motora é considerada condições que as pessoas estejam impossibilitadas de realizar determinados movimentos específicos, as alterações causadas por deficiência motora podem estar localizadas na estrutura óssea, grupos musculares e outras partes do corpo, conforme pessoas que apresentam paraplegia, hemiplegia, tetraplegia e paralisia cerebral (ORTOPONTO, 2017).

No ano de 2019, a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) constatou que no Brasil, cerca de 3,8% (7,8 milhões) de pessoas possuem uma deficiência física. O Brasil demonstra um número significativo de pessoas que são acometidas de limitações motoras, como pessoas com deficiência físico-motora, por volta de 1,7% da população brasileira (3,5 milhões de pessoas), necessitam do uso de cadeira de rodas, bengala, muletas, andador ou alguma prótese/órtese.

Ao longo do tempo as pessoas com deficiência motora vêm acompanhando a evolução de mecanismos e equipamentos que auxiliem sua mobilidade, sempre na ideia de trazer mais conforto às pessoas que possuam dificuldade locomotiva, é possível notar isso, no que diz respeito à evolução das cadeiras de rodas, que por sua vez passaram apenas de locomoção por esforço físico (puramente mecânica). A deficiência motora é uma condição que afeta não só as pessoas que foram atingidas, mas também as pessoas que estão à sua volta, como por exemplo, sua família que no dia a dia fornece apoio para a execução de tarefas essenciais como o deslocamento de cômodos, quarto, sala, idas ao banheiro para higiene pessoal. Essas necessidades básicas tornam-se um desafio para pessoas com deficiência motora, acometidas com paralisias, possam viver uma vida de forma independente. Nesse contexto, uma cadeira de rodas motorizada pode ser percebida como um equipamento capaz de promover autonomia para pessoas com incapacidades locomotivas, auxiliando nas necessidades básicas, tal como o deslocamento em sua residência, e possibilitando uma movimentação autônoma nas ruas e outros ambientes.

Um potencial problema que as famílias de pessoas com deficiência motora enfrentam, é a dificuldade de aquisição de uma cadeira de rodas motorizada. Adquirir um modelo motorizado é algo que se mostra inviável para grande parte das famílias brasileiras, uma vez que em 2022 o IBGE divulgou rendimento domiciliar per capita familiar, num formato em geral, o Brasil em média tem R\$ 1.625,00 de rendimento domiciliar per capita, figurando o estado do Maranhão com o menor rendimento R\$ 814,00 e o Distrito Federal com o maior: R\$ 2.913,00, valores estes que, mesmo estando no seu máximo, demonstram ser muito abaixo dos valores de cadeiras de rodas motorizadas encontradas no mercado.

As cadeiras de rodas, e as cadeiras de rodas motorizadas nascem como tecnologias assistivas, termo que é usado para identificar diversos recursos e serviços que tendem a promover independência e inclusão para pessoas com deficiências ampliando suas habilidades funcionais (ASSISTIVA, 2023). Mas, da mesma forma que essas tecnologias assistivas promovem a inclusão social, é de fato uma tecnologia que inclui a todos? Pois o próprio exemplo de uma cadeira de rodas motorizada é um equipamento, que se torna inacessível para famílias brasileiras que possuem renda na faixa de pobreza e extrema pobreza.

Uma possível solução para este agravante é a proposta de motorizar uma cadeira de rodas de modelo convencional, adaptando um circuito eletromecânico para diferentes tipos de cadeira, sobretudo de mesmo caráter para todos os modelos e situações, efetuando alterações no que diz respeito a potência dos motores e autonomia das baterias, ficando essas adaptações a critério das necessidades do usuário da cadeira de rodas.

1.2 JUSTIFICATIVA

As cadeiras de rodas convencionais possibilitam ao usuário uma autonomia, podendo translocar-se para diferentes lugares. Esses equipamentos limitam-se à movimentação a partir de esforços físicos que podem ser gerados pelo usuário ou por um acompanhante condutor, contudo, esses esforços físicos repetitivos e de longa duração, em casos de um deslocamento mais longínquo, deste modo essas ações acabam fadigando os condutores, e os cadeirantes. Com o objetivo de proporcionar uma autonomia e conforto maior para os deficientes, criou-se a cadeira de rodas motorizada, totalmente livre de esforços físicos, todavia, as cadeiras de rodas motorizadas apresentam um alto custo de compra e manutenção, o qual nem toda família brasileira seria capaz de comprar e manter um equipamento desse porte.

No Brasil uma família classe baixa não consegue arcar financeiramente de forma confortável com a aquisição desse tipo de equipamento, então a única alternativa é recorrer as

cadeiras de rodas que utilizam de força mecânica para locomoção, entretanto, as cadeiras de rodas convencionais, fogem da prerrogativa de conforto e até certa independência do usuário, uma vez que o próprio pode se desgastar fisicamente, ou torne-se sujeito de terceiros para poder efetuar seus movimentos, até pelo fato de algumas cadeiras de rodas convencionais, não possuírem as rodas traseiras disponíveis para o cadeirante segurar e se locomover ou ainda pelo fato do cadeirante não possuir condições motoras necessárias a ação de girar as rodas com suas próprias mãos.

Um exemplo prático é a existência de algumas condições motoras que não permitem um maior esforço nos membros superiores de pessoas cadeirantes, como é o caso da Paralisia Cerebral (PC), que segundo o Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS) a partir do grau 3 conforme informa o Ministério da Saúde (BRASIL, 2014), pessoas com paralisia cerebral já podem necessitar de cadeiras de rodas para efetuar seu deslocamento, já no grau 4, esforços maiores com membros superiores se tornam inviáveis, sendo possível apenas, toques sutis com as mãos o que limita o cadeirante a executar movimentos de forma autônoma numa cadeira convencional.

Diante desse contexto, é importante estudar sistemas eletromecânicos capazes de viabilizar a implementação da motorização de cadeira de rodas convencionais, com o intuito de proporcionar aos cadeirantes de classes mais vulneráveis a utilização de equipamentos de tecnologia assistiva com valores mais acessíveis. Possibilitando a inserção dos cadeirantes no meio social sem a necessidade de maiores esforços físicos e da presença e controle de familiares responsáveis. Com isso o sistema de motorização, passa a ser uma implementação de tecnologia assistiva, que leva ao cadeirante uma autonomia e um custo reduzido em relação aos modelos encontrados no mercado atual, podendo melhorar a qualidade de vida desse público e inseri-lo socialmente, sem uma vigilância minuciosa de seu familiar ou acompanhante.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GERAL

Montar um sistema eletrônico para implementá-lo na motorização de um protótipo de uma cadeira de rodas convencional, cuja finalidade é permitir ao cadeirante que o controle de movimentos seja realizado por meio de um periférico que permita ao cadeirante uma maior autonomia.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Desenvolver um sistema de motorização para uma cadeira de rodas convencional.
- Criar um sistema eletrônico de controle com joystick.
- Estabelecer a integração entre o esqueleto da cadeira de rodas e o sistema de motorização e controle.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Deficiência motora e o auxílio da tecnologia assistiva

A deficiência motora pode ser definida como alterações no corpo que promovem dificuldades nas movimentações das pessoas, impedindo o desempenho das atividades motoras naturais dos indivíduos. O comprometimento do sistema ósteo - articular, muscular, nervoso e ausência de membros inferiores, podem levar a quadros de limitações físicas de gravidades que variam segundo o tipo de doença ou lesão que afetar as estruturas do corpo. (TEIXEIRA, 2010).

Segundo Teixeira (2010) pode-se classificar a deficiência motora em:

- Distúrbios ortopédicos; Problemas originados nos músculos, ossos ou articulações.
- Distúrbios neurológicos; Deterioração ou lesão do sistema nervoso.

Os distúrbios citados acima podem ser classificados pelas paralisias (ARAÚJO, 2021):

- Paraplegia: Trata-se da perda total da função motora dos membros inferiores.
- Hemiplegia: Perda total das funções motoras de um só membro superior ou inferior.
- Tetraplegia: Perda total das funções motoras dos membros inferiores e superiores.
- Paralisia Cerebral: Lesão de uma ou mais áreas do sistema nervoso central, resultando em mudanças psicomotoras, causando ou não deficiência mental.

Indivíduos que possuem alguma dentre as deficiências motoras citadas, necessitam de equipamentos que os ajudem diariamente para exercer suas tarefas de maneira independente. No que confere a Lei Brasileira de Inclusão (LBI), Lei de nº 13.146/2015, é estabelecido no Art. 3, incisos I e III, que tem-se em vista garantir a inclusão e direitos de pessoas com deficiência física na sociedade (BRASIL, 2015), assim destacam-se os conceitos sobre acessibilidade e tecnologia assistiva:

I. Acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados

de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida;

[...]

III. Tecnologia assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem 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; (LEI Nº 13.146/2015).

A Lei nº 13.146/2015 possui o intuito de garantir a integridade e inclusão das pessoas com deficiência ao meio cotidiano, e o uso de tecnologias assistivas é muito importante para a integração social. No contexto de uma cadeira de rodas motorizada, pode-se proporcionar aos seus usuários uma autonomia e uma melhora na qualidade de vida.

Para Martin (2017), o desenvolvimento de uma cadeira de rodas que seja adaptada ao usuário que tem paralisia cerebral de grau 5, pode possibilitar o bem-estar, conforto e a correção da postura para quem possui o equipamento. O desenvolvimento da cadeira de rodas possui pontos de construção que são desenvolvidos para melhora da postura, pois é o grau mais alto e pode causar escoliose no usuário. Possui também um apoio para cabeça e tronco, outro para os braços e pernas, o desenvolvimento desses apoios são feitas, visto que pessoas com paralisia cerebral de grau 5 não possuem sustentação em boa parte de seu corpo, desse modo sendo de extrema necessidade o uso de uma cadeira de rodas para a melhora da qualidade de vida.

2.2 Estudo sobre cadeira de rodas motorizadas

As cadeiras de rodas motorizadas são equipamentos que buscam dar autonomia aos seus usuários. Na década de 1990 ocorreu o desenvolvimento de uma cadeira de rodas motorizada para fins acadêmicos chamada de *Wheelesley*, que pode ser observada na Figura 1, controlada por um sistema com joystick, possuindo 2 motores elétricos e diversos sensores para cuidar da segurança (BRANCO, 2018). Foi um projeto para fins acadêmicos que apresentou o desenvolvimento e implementação de motores em cadeira de rodas.

Figura 1 - Cadeira de rodas *Wheelesley*.



Fonte: YANCO et al. (1995).

Com os desenvolvimentos de diversos tipos de cadeiras de rodas motorizadas, no Brasil esse produto é facilmente encontrado à venda. No entanto, ao tratar-se de cadeira de rodas motorizadas, os valores são inacessíveis a uma parte da população brasileira, com seu custo sendo orçado em outubro 2023, a partir de R\$ 10.000,00 (dez mil reais), na Tabela 1, pode-se observar uma pesquisa de mercado em que levantou-se os preços de aquisição de diferentes modelos de cadeiras de rodas motorizadas, seu valor, loja/empresa, potência e tipo dos motores, autonomia da bateria, quantos quilômetros a cadeira pode fazer com ela carregada, e o comando das cadeiras, que em sua maioria foi feito por joysticks.

De acordo com SILVA (2018), os altos custos de uma cadeira de rodas impactam diretamente no estilo e qualidade de vida do usuário, por não possuir o equipamento necessário que lhe fornece autonomia a um valor acessível. Com essa condição há necessidade de desenvolver-se um projeto capaz motorizar cadeiras de rodas convencionais com equipamentos de fácil aquisição, por exemplo adição de motores elétricos mais baratos, como pode ser observado na Tabela 1, o alto custo das cadeiras de rodas passam pelos valores dos equipamentos utilizados, a cadeira de rodas da linha 3 possui um motor trifásico Weg W12, que possui uma potência de 250W. Este equipamento possui o valor de mercado de R\$1.356,96, um preço alto, o que torna a acessibilidade das TA somente para indivíduos que possuem alto poder econômico.

Tabela 1: : Preços de comercialização para diferentes modelos de cadeiras de rodas motorizadas (Outubro de 2023).

Foto de Modelo	Valor	Especificação comercial	Especificação produto	Empresa/Loja
	R\$10.999,99	Cadeira de Rodas Motorizada Elétrica Wingus Ottobock Ajustável	Potência do Motor: 160 W / 200 W Controle: Joystick Autonomia da bateria: 25 km	Magazine Luiza
	R\$ 15.785,20	Cadeira Rodas Motorizada Compact Street Power Lite	Potência do Motor: 500W/ dois motores Brushless Controle: Joystick Autonomia da bateria: 20km	Santa Apolônia
	R\$ 23.900,00	Cadeira de Rodas Motorizada Divinità 16' Up Full Power Fixo	Potência do Motor: 250W/Elétrico Trifásico Weg W12 Controle: Joystick Autonomia da bateria: 18/20 km	Green Innovation

Fonte: Green Innovation, (2023), Santa Apolônia, (2023), Magazine Luiza, (2023).

2.3 Estudos sobre componentes eletrônicos

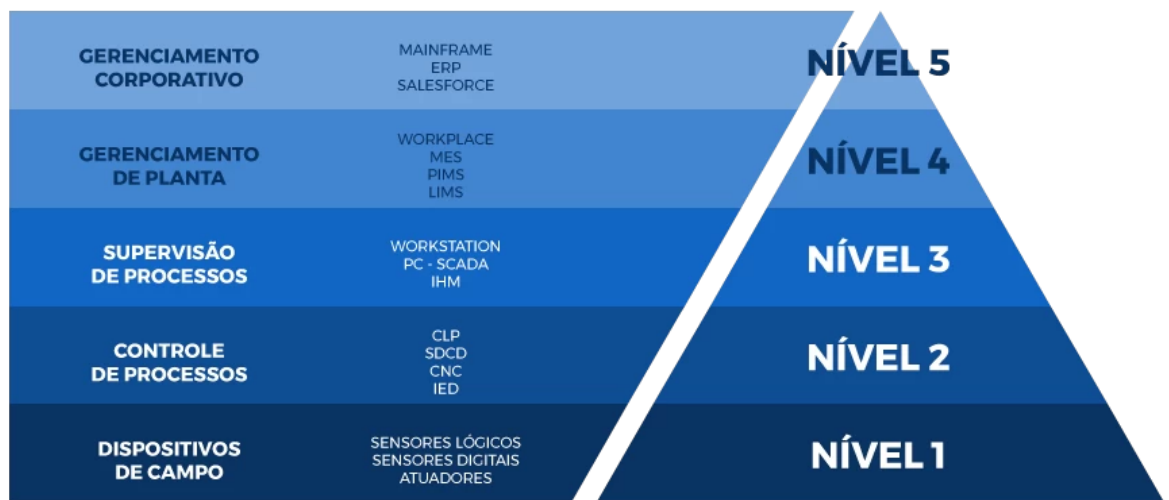
2.3.1 Módulo Joystick

Joystick são dispositivos eletrônicos que contém alavanca e botões, ou somente alavancas, por meio dos quais pode-se controlar a transmissão de movimentos. Mais conhecidos por serem utilizados em jogos de modelo console, como watar, possui diversas adaptações para o ramo da automação. Os joysticks são equipamentos que funcionam como

sensores de entradas analógicas, a partir dos sinais mecânicos são enviados pulsos elétricos aos outros equipamentos que devem estar presentes no circuito utilizado (ENGENHARIA, 2015).

Como pode ser observado na Figura 2, o dispositivo joystick compõe a parte de acionamento de todo processo da automação de um equipamento, ou seja, encontra-se na base da pirâmide, pois pode ser utilizado como sensor que opera a partir dos esforços mecânicos recebidos, e a partir desse estímulo inicia-se todo o processo de automação.

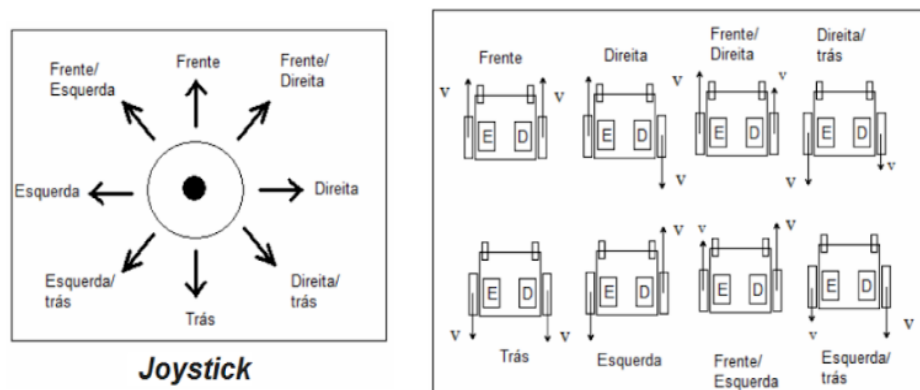
Figura 2 - Pirâmide do processo de automação.



Fonte: <https://www.altus.com.br/post/502/o-que-e-automacao-industrial-3f> (2017)

O joystick recebe sinais mecânicos, como para frente e para trás, e envia os sinais para o microcontrolador que aciona as movimentações indicadas aos motores, ou outras máquinas, como sentido e direção, como observa-se na Figura 3.

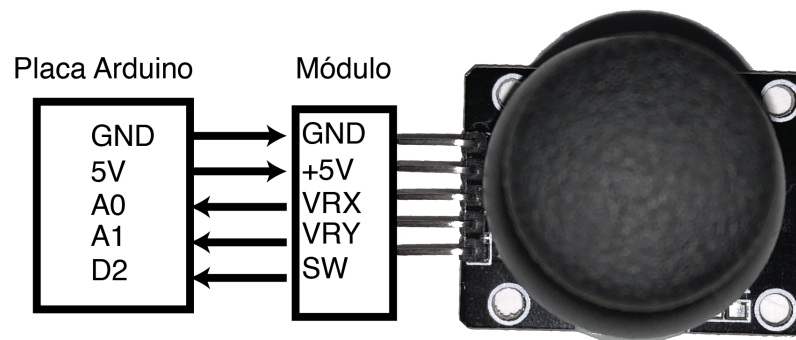
Figura 3 - Demonstração da direção e do funcionamento das rodas com os comandos do Joystick.



Fonte: FILHO et al. (2010).

A partir dos movimentos executados no joystick são enviados sinais analógicos para o dispositivo, microcontroladores, que recebem esses sinais e operam seu funcionamento, como por exemplo, o controle de um motor CC. Podem ser observadas na Figura 4 as entradas com as setas direita, e as saídas setas para a esquerda do módulo joystick (BARCELOS, et al, 2015).

Figura 4 - Conexões de ligação do joystick.



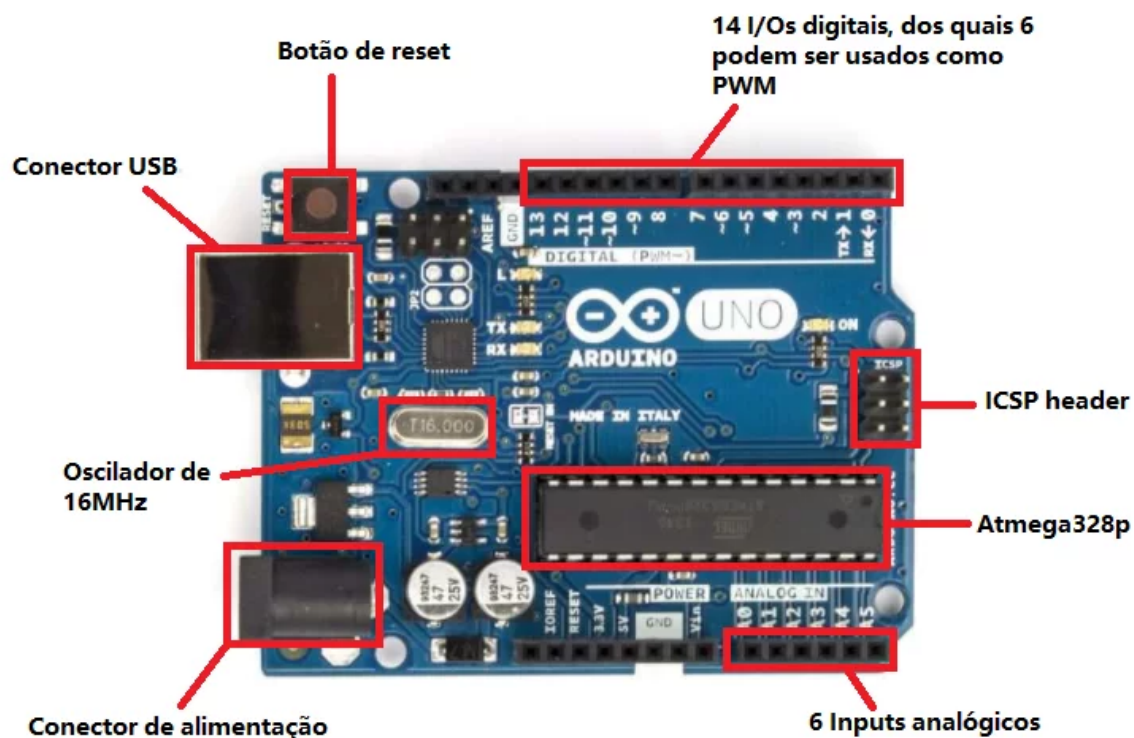
Fonte: [https://www.automatizacionparatodos.com/joystick-arduino-opencv/\(2021\)](https://www.automatizacionparatodos.com/joystick-arduino-opencv/(2021))

Os terminais de entradas do módulo joystick é o GND, que possui uma saída com mesmo nome e função no arduino, o +5V que é a tensão aplicada no joystick enviada pelo arduino. As saídas, VRX, VRY e SW possuem as funções de controle, pois as entradas no arduino, A0, A1 e D2, são terminais de leitura no código, e operam na recepção dos sinais analógicos que foram conduzidos (BARCELOS, et al, 2015).

2.3.2 Arduino

O arduino é uma plataforma que opera a partir do uso do microcontrolador, sendo aplicado na linguagem de programação que funciona a partir do uso das linguagens: C e C++. A plataforma possui uma placa única, composta de microprocessadores, cristal ou oscilador, são relógios simples que sua função é enviar pulsos em uma frequência específica para operar na velocidade correta das funções que serão feitas (MCROBERTS, 2015). Esse microcontrolador possui uma saída USB para ser conectado em computadores. Como pode ser observado na Figura 5 está sendo apresentada a estrutura da placa de arduino uno, seus componentes e sua saída em USB.

Figura 5 - Placa arduino uno e todos seus componentes.



Fonte: <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/> (2020)

O arduino possui um sistema de software próprio para leitura e escrita de códigos, o Arduino Integrated Development Environment - Ambiente de Desenvolvimento Integrado Arduino (IDE), é um software destinado a programação em linguagem C ou C ++, para a escrita dos códigos de comandos (REINOSO et al, 2017).

Existem algumas variações do arduino, como o duemilanove, arduino uno, arduino mega, arduino Lilypad, entre outros. A escolha de uma placa de arduino em específico explica-se pela função que o equipamento será aplicado, como o uso de motores para controlar seu sentido de rotação, controle de velocidade em motores, controle de irrigação, fechaduras automáticas, entre outras diversas aplicações.

A utilização da placa arduino uno possui sua composição, como seus microprocessadores com chips Atmega, que converte a sua saída USB, promovendo que outros aparelhos façam leituras como um dispositivo, exemplo: um mouse ou joystick (MCROBERTS, 2015).

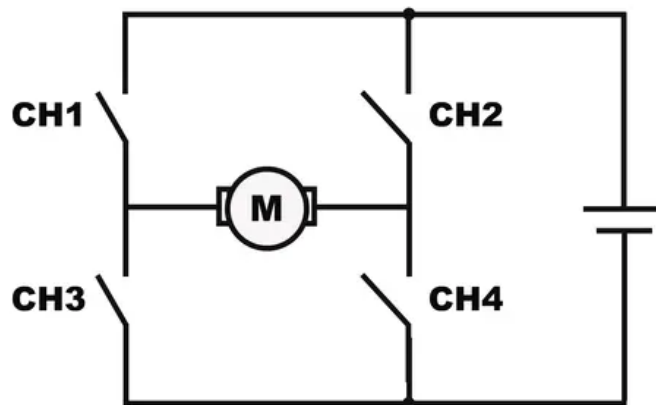
O uso do microcontrolador está presente em trabalhos no processo de irrigação na agricultura familiar, que utiliza o arduino para controle e monitoramento do solo, em conjunto

com os sensores de umidade, que recebe os sinais de quando o solo está seco e envia para o arduino que precisa ser ativada a irrigação (CUNHA, ROCHA, 2015). O mesmo microcontrolador pode operar com o acionamento de motores CC, a partir do uso de um controle com envio de sinais analógicos e alimentado por baterias recarregáveis, motorizando uma cadeira de rodas comum, oferecendo um controle de velocidade através dos sinais enviado do controle para o arduino (SILVA, 2018).

2.3.3 Ponte H

O módulo driver ponte H é um dispositivo eletrônico, que consiste em uma organização de 4 transistores, dispostos no circuito em formato da letra “H”, que pode ser observado na Figura 6, onde CH são chaveiros, entradas, para a conexão de outros equipamentos.

Figura 6 - Ponte H. Organização dos transistores junto a um motor.



Fonte: ALVES, (2019).

O dispositivo ponte H executa a função de alterar a polaridade dentro do circuito, com isso muda o sentido da corrente, oferecendo a mudança de direção em motores de corrente contínua (MATOS, 2008). Esse componente é amplamente utilizado em áreas como automação industrial, robótica e eletrônica.

IVO, (2017) desenvolveu um sistema de controle de cadeira de rodas motorizada para pessoas com tetraplegia. Trata-se de um projeto de baixo custo, que utiliza equipamentos eletrônicos, como a ponte H, para a construção do sistema de controle no qual proporciona a possibilidade de inversão do sentido de rotação do motor.

O funcionamento da ponte H pode ser dividido em quatro estados distintos, que determinam a direção e o estado do motor: avançar, retroceder, frenagem e parada. Cada um desses estados é alcançado controlando a ativação e desativação dos transistores da ponte H de acordo com a sequência adequada:

- Avançar: Ativa-se, fecha os contatos de CH1 e CH3 (geralmente um na parte superior e outro na parte inferior) para permitir a passagem da corrente dentro dos motores em uma direção, resultando na rotação em uma direção específica, e mantém o CH2 e CH4 abertos, desligados.
- Retroceder: Inverte-se o estado dos CH1 e CH3 ativos para permitir que a corrente flua na direção oposta, revertendo a rotação do motor, dessa forma fechando os contatos CH2 e CH4 e deixando os outros dois chaveamentos abertos, desligados.
- Frenagem: É desativada a passagem de corrente através do motor, mas direciona a corrente de volta para a fonte de alimentação. Isso gera uma frenagem controlada do motor.
- Parada: Desativam-se todos os CH, interrompendo completamente a corrente e parando o motor.

Para controlar a ponte H, geralmente utiliza-se um microcontrolador, como o arduino uno, que geram sinais de controle correspondentes a cada estado, de ligado ou desligado. Esses sinais controlam a ativação e desativação dos transistores, garantindo o funcionamento desejado do motor (MATOS, 2008).

2.4 Estudos sobre motor de corrente contínua

Motores de corrente contínua (CC) são máquinas elétricas que possuem tensões e correntes em seus terminais com uma única direção. Com isso os motores CC têm a funcionalidade de converter energia elétrica em energia mecânica, proporcionando a partir da sua rotação os movimentos de funcionamento (SANTOS, 2011).

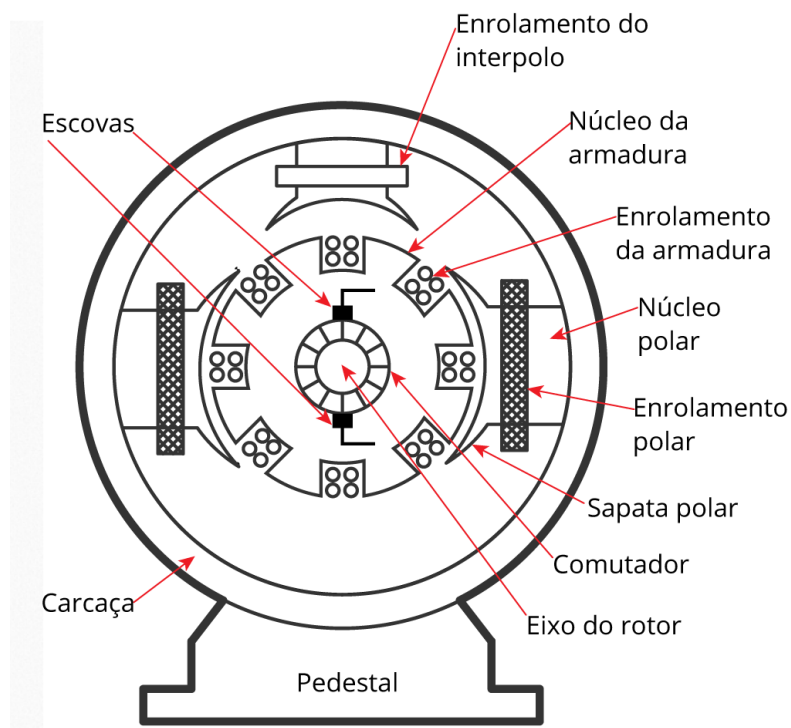
A composição de um motor de CC se dá em diversos itens, uma armadura, que se divide em estator e rotor constituído por um material ferromagnético, o rotor é a parte girante do motor. O estator também é formado pelo mesmo material e um ímã permanente, na Figura 7 pode-se observar onde está situada cada parte do motor CC. Essa combinação faz com que se gere um campo magnético que possibilita o funcionamento do motor CC (SANTOS, 2011).

Estão presentes itens como o comutador que assegura que o sentido da corrente que circula nas bobinas da armadura mantenha-se o mesmo, garantindo uma contínua repulsão

entre os campos eletromagnéticos do estator e do rotor, que mantém o motor girando. As escovas, que geralmente são compostas de ligas de carbono, estão sempre em atrito com o comutador, pois essas mesmas escovas são quem fazem o contato elétrico entre a parte fixa e a parte girante do motor, então por conta desse atrito, é previsível que ocorra um desgaste desse material, sendo necessária a manutenção, como inspeções regularmente e trocas preventivas (CARVALHO, 2011).

Os interpolos são enrolamentos inseridos no estator entre os polos e na sapata polar, respectivamente, conectados em série com a armadura que reduzem os efeitos da reação da armadura (deslocamento da linha neutra) quando ela é percorrida por uma corrente significativa (CARVALHO, 2011).

Figura 7 - Motor de Corrente Contínua em corte.



Fonte: VILLAR, 2006.

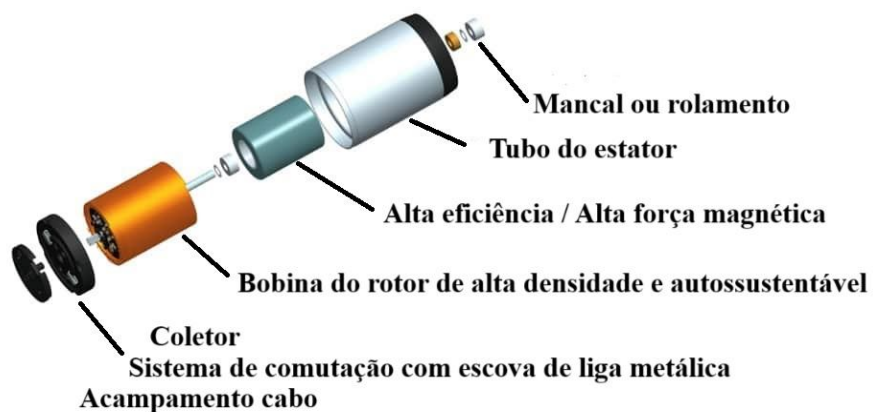
Um dos princípios básicos do funcionamento do motor de CC são as Forças Eletromotriz (FEM) e Contra Eletromotriz (FCEM) que são medidas de trabalho de força elétrica por carga. As bobinas de campo do estator alimentadas com tensão produzem campo magnético no estator cujas linhas cortam a armadura. Havendo uma FEM na armadura, ela gira e suas bobinas atravessam constantemente as linhas de campo do estator, criando na

armadura uma FCEM. O que define a velocidade do motor é a quantidade de FEM em ação, ou seja, quanto maior a FEM mais rápido, ou quanto menor a FCEM, mais velocidade será obtida (CARVALHO, 2011).

Os motores CC são acionados com uma fonte de tensão que introduz a sua atuação a partir da sua construção, operando basicamente no fluxo eletromagnético que é feito com a alimentação de tensão e sua composição estrutural. De acordo com Vasconcellos (2006), os motores CC são máquinas que atuam com a conversão de energia elétrica para a mecânica de rotação.

O motor possui a parte rotativa, que é denominada de rotor, consiste em um núcleo de ferro com enrolamentos em fios de cobre, onde a corrente elétrica flui através dos enrolamentos. A produção do campo magnético é feito pelo estator que é a parte fixa do motor e contém os ímãs que geram o campo magnético permanente. Por possuir campos magnéticos os pólos podem se inverter e mudar a direção da rotação do motor, o comutador é a peça que permite que esse movimento ocorra sem problemas, invertendo a direção da corrente elétrica que passa pela bobina de armadura. A transferência de corrente elétrica para a bobina de armadura é feita pelas escovas, pelas condutoras que ficam em contato com o comutador. Na Figura 8 especifica-se cada componente do motor citado.

Figura 8 - Motor elétrico de corrente contínua (CC).



Fonte: <https://www.abecom.com.br/tipos-de-motor-eletrico/>

O uso dos motores CC permite controlar a velocidade de rotação do eixo do motor através de microcontroladores conectados, o arduino uno e uma ponte H, que é um circuito eletrônico de potência, que serve para o chaveamento dos componentes eletrônicos, servindo como o conversor de tensão.

Para que os motores efetuem suas atividades são necessários dispositivos que controlem os sentidos de rotação e velocidade, com o uso de equipamentos eletroeletrônicos, pode-se controlar as funções dos motores (BARCELOS, 2015).

O controle dos motores, pode ser feito por um joystick, que fornece o sentido de direção através do sinais analógicos como pode ser observado no item 2.3.1, os mesmo sinais também promovem o controle de velocidade, a partir da intensidade aplicada sobre a direção do joystick o que reflete na aceleração e rotação dos motores. Para obter o controle sobre a velocidade e sentido dos motores CC é necessário o auxílio de outros equipamentos, como o arduino uno, que em sua linha de código é especificado a RPM (rotação por minuto) que o motor irá operar em seus níveis de aceleração. Esse circuito é protegido pela ponte H, pois ela controla as tensões e correntes que fazem os motores ativarem seu funcionamento (ROCHA, 2018). Com essa variação das correntes, o motor CC passa a ter um controle de velocidade a partir do que seu equipamento exige.

CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA

3.1 Materiais

Para a construção do protótipo, foram utilizados o conjunto de materiais que estão listados na Tabela 2, esses materiais caracterizam-se por constituírem o corpo mecânico e eletrônico do protótipo de cadeira de rodas, também são descritas as características de cada componente, que foram selecionado de acordo com a disponibilidade e função que exerce dentro da construção do circuito.

Tabela 2: Lista de materiais utilizados.

Equipamentos	Valor de Mercado	Características	Quantidade
Motores CC	R\$ 16,00	Tensão: 6V Torque: 0,80 kgf	4
Arduino uno	R\$ 36,00	Tensão: 5V Corrente: 40 mA	1
Ponte H - L298N	R\$ 18,00	Tensão: de 5V até 12V	1
Cabos Jumper	R\$ 15,00	Macho-Fêmea e Macho-Macho (pacote)	2
Bateria Elgin Recarregável	R\$ 35,87	Tensão 9V / 250mAh	2
Módulo Joystick Analógico Ps2 5v Arduino Nodemcu Raspberry	R\$ 10,00	Tensão operacional: 5V	1
Fios	A partir de 25m R\$ 28,00	Bitola: 0,5mm / 1m total	8
Tubos de PVC	R\$ 4,00 por 3m	25mm diâmetro	5 metros
Joelho PVC	R\$ 0,60	25mm diâmetro	10
“Tê” PVC	R\$ 0,70	25mm diâmetro	10
Abraçadeira	Kit c/ 30 R\$ 30,00	Aço Inox 1 Polegada	4
Parafusos	R\$ 1,20	2,5x25mm	4
Tábua fina de madeira	R\$ 5,00	95x90x6mm	2
Abraçadeira “Enforca-Gato”	R\$ 1,00	2,5x200mm	4
Total Gasto	R\$ 209,50

Fonte: Autoria própria.

3.2 Metodologia

O presente trabalho teve como base a realização de pesquisa bibliográfica, em artigos e trabalhos acadêmicos, para o desenvolvimento de um sistema eletrônico que se adeque ao protótipo de uma cadeira de rodas convencional, proporcionando a motorização e controle de sua funcionalidade de forma a estabelecer autonomia ao cadeirante.

Foi desenvolvido um sistema de motorização que se adequa às cadeiras de rodas convencionais, buscando a instalação de motores nas rodas e a criação de um sistema eletroeletrônico para o controle. Com essa premissa, através de trabalhos similares desenvolveu-se um protótipo de cadeira de rodas em que a estrutura foi montada com tubos PVC, conforme Miranda e colaboradores (2020) que desenvolveram a ideia de uma cadeira de rodas motorizada com a estrutura mecânica feita a partir de tubos PVC, o que inspirou utilizar o mesmo material para replicar um modelo a ser motorizado.

O desenvolvimento da estrutura mecânica do protótipo de cadeira de rodas, foi inspirado no modelo “Cadeira de rodas econômica”, como observa-se na Figura 9, o qual representa o modelo de uma cadeira de rodas convencional com valor acessível no mercado, custando R\$450,00. Em seguida partiu-se para o momento da elaboração do sistema de motorização, utilizando equipamentos eletrônicos para o controle da movimentação a partir de um joystick.

Figura 9 - Cadeira de Rodas Econômica - CDS Econômica.



Fonte: <https://dentalpassaro.com.br/cadeira-de-rodas-economica-cds>

Com o uso da cadeira de rodas apresentada na Figura 9 como referência, foi confeccionado um protótipo de cadeira de rodas a partir de tubos de PVC, que proporcionam a estrutura física para o acoplamento dos motores. A cadeira de rodas desenvolvida, possui

dimensões menores que a cadeira usada como referência, por conta dos equipamentos utilizados no protótipo, essa redução de tamanho possibilitou a adição dos motores CC e do sistema de controle, sem que ocorresse avarias nos equipamentos utilizados.

O sistema de motorização foi idealizado por meio de estudos, trabalhos e projetos, que apresentaram ideias sobre a construção de uma cadeira de rodas e sistemas eletrônicos que utilizam os motores e equipamentos eletrônicos, para a construção como um equipamento de tecnologia assistiva. De acordo com Gonçalves (2013), o desenvolvimento de um sistema universal de motorização para acoplamento em cadeira de rodas, permitindo uma utilização versátil pelos cadeirantes na deslocação diária, ajudaria na melhora na qualidade de vida, com o uso de equipamentos que fosse adaptável a qualquer cadeira de rodas.

Os motores utilizados foram motores CC com caixa de redução, eixo duplo e um suporte que recebe uma alimentação de tensão de 3V a 6V. O motor CC fornece giro nos sentidos horário e anti-horário, contendo um torque de 0,80 kgf, equivalente para suportar o peso, quando no protótipo há a presença de 4 motores, resulta então num torque de 3,2 kgf de torque.

Para acionar os motores e a rotação dos seus respectivos eixos, utilizou-se o sensor analógico, joystick, conectado ao arduino uno, que foi alimentado por uma bateria de 9V, ambos componente interligado, ele passam a fornecer comandos para a ponte H, permitindo o controle do fluxo da corrente elétrica nos motores, que foram alimentados por uma bateria de 9V. Essas alimentações de componentes separadamente, possibilitam o acionamento do joystick, que emite os sinais analógicos para outro componente, a plataforma arduino uno, que converteia esses sinais em comando binários para ponte H operando os motores, com sentidos horários e anti-horários, possibilitando a sua frenagem quando um dos motores estiver sem fluxo de corrente passando.

Para o controle do motor com o uso do joystick, a plataforma arduino foi integrada para a conversão dos sinais analógicos para sinais binários que acionam os motores, com o uso do código que pode ser observado no apêndice A. Para que ocorresse o acionamento entre os motores, arduino e ponte H, utilizou-se uma alimentação para a ponte H e o arduino, cada um desses equipamentos eletrônicos são alimentados por uma bateria de 9V. Cada componente necessita de uma tensão específica, como o arduino uno que é regulado para receber de 6 a 12 VCC em seu sistema, mas fornece para sistemas externos somente 5V, como é realizado no joystick que recebe essa alimentação de 5V, entretanto a ponte H recebe uma alimentação separada de 9V para operar os motores, fazendo a variação do fluxo de corrente,

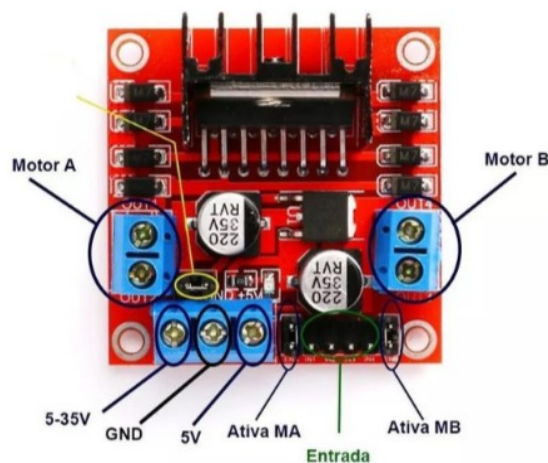
variação de polos e alterações do campo magnético que possui nos motores CC, essas mudanças invertem o sentido de rotação dos eixos e geram movimentação nos motores.

3.2.1 Controle dos motores

Com a finalidade que ocorra o funcionamento adequado dos motores foi utilizado o software arduino IDE, plataforma para o desenvolvimento e inserção do código de programação no placa arduino uno. Este procedimento necessita do uso de um computador para envio do código apresentado no apêndice A, com destino ao dispositivo físico. Após a instalação do programa, a placa passa a identificar os sinais e fornece comandos aos motores, automaticamente, a fim de que seja feito o controle de velocidade de RPM, movimentos de direção, para frente e para trás, freios e movimentação de como deve ser feito o controle dos eixos para realização de curvas, com a rotação dos ângulos de 0° a 360° . Essa rotação ocorre por conta dos comandos feitos pelo joystick, que aciona como deve ser operado o sentido dos motores.

O controle de rotação dos motores foi executado com o uso do driver ponte H L298N, que inverte o sentido da corrente elétrica que é fornecida aos motores, essa alteração estabelece a variação dos sentidos de direção, sentido horário e anti-horário. A configuração para orientação nos motores, pode ser observada na distribuição do chaveamento nos motores A e B da Figura 10, que apresenta também alimentação em 5V, GND e entrada de conexões do arduino uno.

Figura 10 - Ponte H terminais de conexões.



Fonte: [https://www.ardurobotica.com.br/MLB-1347048749-driver-motor-ponte-h-dupla-l298n-arduino-pic-automaco-_JM\(adpatado\)](https://www.ardurobotica.com.br/MLB-1347048749-driver-motor-ponte-h-dupla-l298n-arduino-pic-automaco-_JM(adpatado)).

Uma vez instalado o código apresentado no Apêndice A na placa arduino uno, o controle dos motores foi feito de forma a definir a velocidade dos motores que se manteve constante a partir da tensão aplicada. Para que os motores possuam sentido de rotação diferente em seus eixos, utilizou-se o circuito ponte H, conectados por cabos jumper nos terminais “motor A” e “motor B” como pode ser observado na Figura 10, para o acionamento foi necessário a utilização uma bateria de 9V na ponte H, pois o circuito requer uma fonte de alimentação de tensão aplicada para seu funcionamento.

Esses terminais de conexão, motor A e B, são entradas de controle. O Input é a entrada que é dividida em In1, In2, In3 e In4, cada uma com uma função na comunicação entre os motores e o arduino uno. Essa comunicação foi estabelecida no código de programação, que utiliza da sigla In para especificar a chave de entradas do motor, pois os controles são escritas para que cada motor exerça suas funções de giro e direção, como pode ser observado na Quadro 1 de motor A e motor B:

Quadro 1 - Controle de acionamento dos pinos das entradas dos motores A e B.

Motor A	In1	In2
Sentido direto	Alto	Baixo
Sentido Reverso	Baixo	Alto
Freio	Baixo	Baixo
Freio	Alto	Alto
Motor B	In3	In4
Sentido direto	Alto	Baixo
Sentido Reverso	Baixo	Alto
Freio	Baixo	Baixo
Freio	Alto	Alto

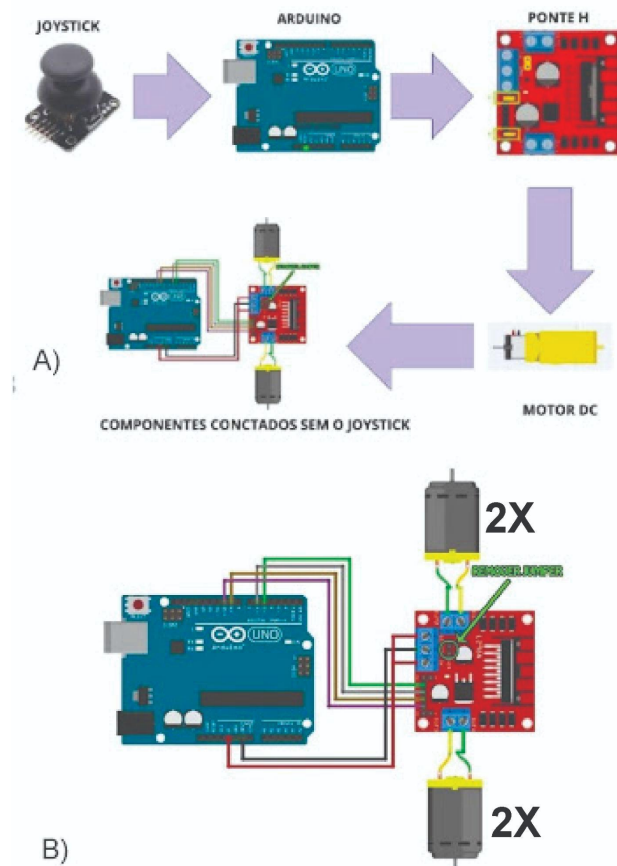
Fonte: [blog.eletrogate.com/guia-definitivo-de-uso-da-ponte-h-l298n /](http://blog.eletrogate.com/guia-definitivo-de-uso-da-ponte-h-l298n/), adaptado e traduzido (2023).

De acordo com o Quadro 1, o acionamento dos motores podem ser feitos pelos bornes do motor A e B, em suas respectivas entradas, onde alto significa ligado e baixo desligado, essa especificação fornece os comandos de sentido de giro dos motores, quando acionado pelo joystick passem a movimentar-se. No que se refere ao acionamento dos motores, foram

conectadas nos terminais da ponte H os fios de ligação que possuem em cada motor, um fio para cada lado dos seus respectivos chaveamentos nas entradas da ponte H, como observa-se na Figura 10, circulado em motor A e motor B. Posteriormente foi feita a alimentação ligada por cabos jumper aos seus respectivos nos dispositivos, GND no negativo de uma bateria de 9V e 5-35V no positivo.

A construção para fazer o acionamento dos motores exigiu uma sequência de conexão dos equipamentos: primeiro, houve a integração do joystick com a plataforma arduino uno; em seguida, o arduino uno foi conectada à ponte H; por fim, a ponte H foi ligada aos motores, no esquema “2x” apresenta o uso de 2 motores, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Sequência da ordem de montagem dos equipamentos eletrônicos.



Fonte: eletrogate, embarcados, flaviobabos, tinkercad, blog.eletrogate adaptado (2023).

No diagrama da Figura 11 (B) apresenta-se o circuito responsável pelo envio dos sinais mecânicos do joystick, apresentando as conexões de entradas e saídas do arduino uno, ponte H e motores CC, fazendo conexões entre todos os elementos, onde a ponte H vai inverter o sentido de rotação dos motores através dos comandos programados pelo arduino

uno. É demonstrado na Figura 11 (B) todo o esquema eletrônico entre os motores, arduino uno e ponte H, com as conexões feitas por cabos jumper onde “2X” indicado ao lado dos motores, significam que em cada lado estão conectados dois motores em cada borne da Ponte-H

3.2.2 Conexões dos motores com o protótipo da cadeira de rodas

Com intuito da fixação dos motores no corpo da cadeira para cada motor foi utilizado uma abraçadeira metálica, foram parafusadas, a fim de garantir uma maior confiabilidade, como se pode observar a partir da indicação por seta na Figura 12. O processo foi realizado estabelecendo conexão dos conjuntos motores e rodas nas quatro partes inferiores da cadeira.

Figura 12 - Fixação dos motores com abraçadeira.



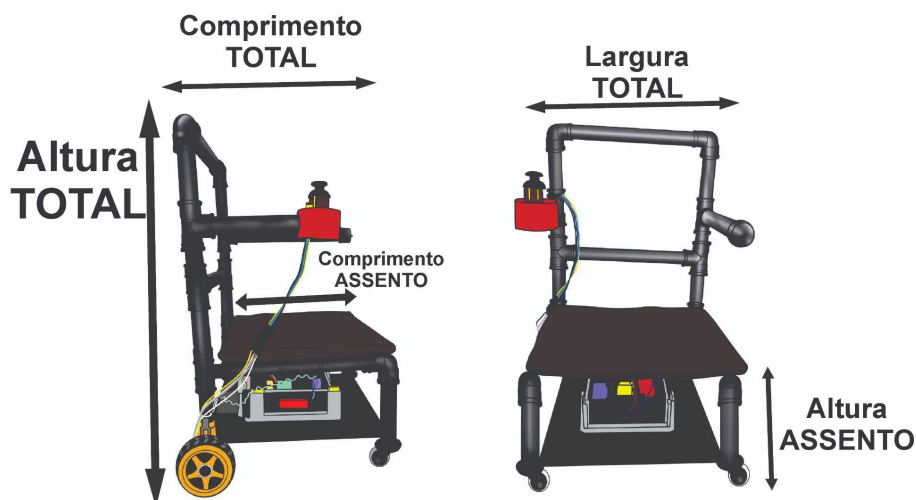
Fonte: Autoria própria.

Os motores recebem a alimentação através da ponte H que permite a circulação da corrente e tensão máxima de 5V nos equipamentos, estes que por sua vez recebem tensão até 6V, então além do uso da ponte H para o controle do sentido da rotação dos motores, ela serve também para delimitar o nível de tensão que pode ser suportado. As baterias recarregáveis de 9V e 250mAh foram escolhidas, pois forneceram alimentação adequada a ambos os equipamentos para que fosse projetado no protótipo da cadeira de rodas.

A estrutura física do protótipo da cadeira de rodas foi construída em tubos de PVC, sendo as conexões feitas entre os tubos com tês e joelhos, tomando-se como referência o modelo real de cadeira de rodas já apresentada na Figura 9. Através da Figura 13 pode-se observar uma representação gráfica do protótipo da cadeira de rodas, com as proporções indicadas na tabela 4, como altura total do protótipo e altura somente da base até o assentado, o comprimento do assento e total. Essas dimensões do assento foram estabelecidas para o desenvolvimento de um suporte de organização dos componentes eletrônicos, que encontra-se

entre o assento e um suporte na parte inferior do protótipo da cadeira de rodas. O assento foi confeccionado utilizando chapas de MDF, que são comumente utilizadas para fabricar móveis domésticos, e são leves, o que não afetaria a estrutura física por conta do excesso de peso. A utilização dos equipamentos mencionados, forneceu as condições para construção da cadeira de rodas, com dimensionamentos apresentados na Tabela 4. Por meio das medidas foi desenvolvido um assento de chapas MDF, como apresenta a Figura 14, possuindo um recorte para servir na estrutura de tubos PVC, com auxílio de elementos de fixação.

Figura 13 - Representação gráfica das proporções da cadeira



Fonte - Autoria própria

Tabela 4 - Medidas das cadeiras.

Altura	Largura	Comprimento
Base ao topo: 55 cm	Costa: 35 cm	Parte frontal: 35 cm
Base ao assento: 28 cm	Assento: 35 cm	Parte Lateral: 35 cm

Fonte: Autoria Própria.

Figura 14 - Corte do assento na chapa MDF.



Fonte: Autoria própria.

Utilizando o assento feito a partir das medidas do protótipo, foi desenvolvido um suporte para alocar os circuitos eletrônicos, sendo o material do suporte chapas MDF para fabricá-lo. Foram fixadas nos tubos do protótipo da cadeira com elementos de fixação, as abraçadeiras plásticas para unir a chapa na estrutura da cadeira. Foi realizado o mesmo processo para construção do suporte de sustentação dos circuitos eletrônicos.

Depois de toda estrutura construída, o assento e o suporte alocados em seus lugares, foi desenvolvido um método para fixar os motores na sustentação dos tubos. Foram utilizados elementos de fixação como, abraçadeiras ou prendedores, que possuem a função de unir os motores com os tubos, para que não ocorra nenhuma instabilidade enquanto presos.

Com todos motores e as rodas conectados nas extremidades do protótipo, foram realizadas as conexões do arduino uno para o joystick. Utilizando cabos jumper para ligar o equipamento joystick ao arduino uno, com comprimento suficiente dos cabos para manter o direcionamento dos fios mais organizados na parte superior da cadeira, onde se localizam os braços e está posicionado o joystick. Com o objetivo de manter todo o circuito e equipamentos eletrônicos utilizados no interior do protótipo, o suporte na parte inferior da cadeira foi acoplado uma caixa organizadora, em que contempla os seguintes componentes, arduino uno, ponte H e as baterias. Foram postos na parte interior da gaveta, para manter os equipamentos protegidos.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 15 pode-se observar a construção do do protótipo com base no modelo escolhido citado na figura 9, com a utilização de 4 motores em sua estrutura.

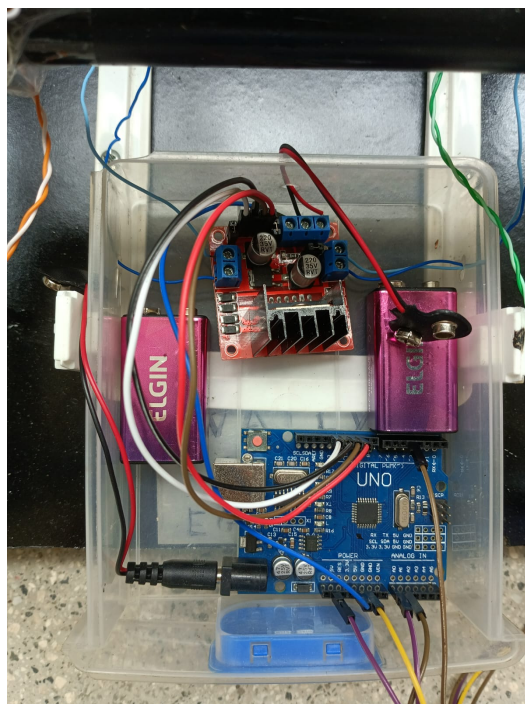
Figura 15- Estrutura mecânica do protótipo



Fonte: Autoria própria

Na Figura 16 demonstra-se uma plataforma contendo o compartimento fixado à estrutura mecânica do protótipo da cadeira de rodas, nos quais foram colocados os dispositivos eletrônicos que compõem o sistema de motorização da cadeira de rodas. Observa-se que foi utilizada uma caixa fixada a uma chapa de MDF, sendo o objetivo principal desse compartimento fazer o agrupamento dos materiais eletrônicos e não deixá-los escapar enquanto a cadeira de rodas motorizada estiver em deslocamento.

Figura 16 - Plataforma de suporte inferior onde estão alocados os componentes eletrônicos.



Fonte: Autoria própria

É possível notar também a montagem do circuito elétrico na Figura 16, neles estão estabelecidas as conexões entre o arduino, ponte-H e suas respectivas bateria de 9V, que demonstrou ser capaz de controlar todos os 4 motores do protótipo. Esse sistema apresenta o funcionamento com a utilização de 4 motores, mas possui também o funcionamento com o uso de 2 motores, o que proporciona uma otimização energética das baterias que estão presente no circuito, isso por conta do número reduzido de motores gerando o menor consumo.

Os testes de funcionamento dos componentes eletrônicos foram iniciados com um fonte de tensão e corrente, para conferir a movimentação e potência dos motores, interação entre arduino e ponte-H e a comunicação do joystick para com o sistema. Esses teste proporcionaram o conhecimento da tensão e corrente mínima aplicada para o funcionamento do circuito, que foram de 6V e uma corrente acima de 100mAh, o que possibilitou a utilização de bateria recarregável de fácil acesso, como a de 9V e 250mAh, produzida por níquel-metal-hidreto.

Observa-se na Figura 17, a implementação do joystick no protótipo, na região superior onde localizam-se os braços, o componente está conectado ao arduino uno, por cabos jumper, e estabelecendo todo o módulo de direcionamento do protótipo de cadeira de rodas motorizada, o joystick recebe comandos mecânicos, e envia sinais ao arduino e que juntamente a ponte-H executa o funcionamento dos motores.

Figura 17 - Implementação do joystick no protótipo.



Fonte: Autoria própria

Demonstra-se nas Figuras 18 e 19 a esquematização final do protótipo, apresentadas a vista frontal na Figura 18 e a vista lateral na Figura 19, ambas exibem modificações no protótipo de cadeira de rodas, elas foram as mudanças de 4 motores para a utilização de somente 2, essas alterações tornam-se viáveis de modo em que não se afeta na funcionalidade do protótipo e reduz o consumo energético das fontes de alimentação, otimizando assim então o sistema de motorização. Este aprimoramento não apenas simplifica o design final do protótipo, como também demonstra um compromisso com a sustentabilidade e a eficácia operacional do protótipo.

Em termos práticos essa modificação não alterou o funcionamento do circuito eletrônico que manteve-se o mesmo, com o joystick enviando comandos mecânicos para a placa de arduino uno que converte em sinais para os motores. Foram usados somente dois motores elétricos, pois apresentaram o funcionamento com um consumo menor das baterias, cada um com o torque de 0,80 kgf, suportando o peso da cadeira e mais de 1kg de outro equipamento posto sobre o protótipo. O controle de acionamento foi efetuado de maneira que ao ser emitido sinais mecânicos no joystick o protótipo da cadeira de rodas executa-se os movimentos de rotação, pois o comando presente no arduino uno, converter os sinais analógicos para que as rodas rotacionam em direções distintas possibilitando a cadeira efetuar

um giro de 0° a 360°, proporcionando a mudança de direção a partir rotação e acionamento dos motores.

Figura 18 - Protótipo da cadeira de rodas (vista frontal).



Fonte: Autoria própria

Figura 19 - Protótipo da cadeira de rodas (vista lateral).

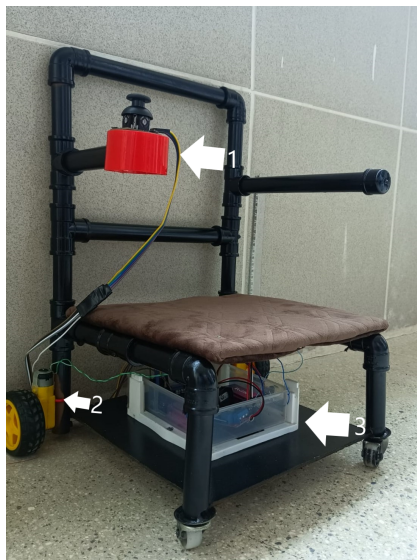


Fonte: Autoria própria

Na Figura 20 observa-se todo o protótipo, de componentes eletrônicos a estrutura mecânica, onde a seta número 1 indica a posição do joystick, a seta número 2 a localização dos motores no protótipo e a seta número 3 apresenta a localização da caixa onde os equipamentos eletrônicos foram organizados e respectivamente protegidos. O protótipo apresenta um sistema de motorização de uma cadeira de rodas convencional, uma vez que, o dimensionamento dos equipamentos eletrônicos e dos motores foi feito a partir das

necessidades que a cadeira vai exercer, como peso compatível, que os motores suportam e sua velocidade. Com o uso dos principais equipamentos para a motorização, estando distante do valor de uma cadeira de rodas motorizada elevando o custo e benefício do projeto.

Figura 20 - Protótipo da cadeira de rodas.



Fonte: Autoria própria

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um sistema eletrônico para motorização com controle, de um protótipo de cadeira de rodas convencional, indicando como uma tecnologia assistiva pode proporcionar autonomia e uma melhora da qualidade de vida dos cadeirantes. O projeto demonstra que é possível motorizar para o uso humano, visto que quando elaborado com os componentes que permitam a implementação do sistema de motorização com controle na estrutura mecânica da cadeira de rodas convencional, podem ser alternativas em relação às cadeira de rodas motorizada encontrada no mercado, principalmente pela diferença nos valores investidos e uso de equipamentos destinados a construção de cadeiras de rodas motorizadas.

No contexto do uso do sistema de motorização e controle, parte-se do princípio de auxiliar os cadeirantes a melhorar seu estilo de vida, quando os motores e controles são implementados em uma cadeira de rodas, o objetivo de funcionamento é realizado podendo agregar autonomia àqueles que utilizam este equipamento. Com o sistema de motorização e controle unidos ao protótipo de cadeira de rodas, foram utilizados elementos de fixação, os parafusos, para assegurar as conexões dos motores na estrutura do protótipo de cadeira de rodas, ofertando a ligação entre o sistema sem que ocorresse irregularidades, como desligamento dos motores ou falha na comunicação dos componentes eletrônicos, proporcionando uma conexão segura entre a estrutura, componentes eletrônicos e motores presente.

Portanto, o protótipo de um sistema de motorização com controle apresentou resultados satisfatórios sobre seu funcionamento, como quando acionado não ocorreu falhas durante o seu funcionamento, ofertou frenagem e rotação correta no decorrer dos processos aplicados, como a utilização de 1kg para teste com pesos e outros sem nenhum peso, somente o protótipo, apresentando o funcionamento dos equipamento sem falhas. Desta forma, o sistema de motorização de uma cadeira de rodas, torna-se uma alternativa viável para os cadeirantes que enfrentam restrições financeiras e não têm condições de adquirir cadeiras de rodas motorizadas de alto custo, ofertando um projeto a uma parte da sociedade que não possuem respaldo financeiro sobre um equipamento que proporcione a autonomia diária dos cadeirantes.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando o trabalho apresentado, existem potenciais melhorias em todo projeto, como a implantação de novas tecnologias de controle e comunicação para acolher outros graus de deficiência motora, ou aplicações de novos componentes que aumentem o desempenho do equipamento, dessa forma sugere-se como ideias de novos projetos a:

- Implementação de um controle que funcione via bluetooth, justamente para agregar ao projeto também, pessoas com paralisia cerebral em grau 5.
- Elaboração do sistema de motorização para cadeira de rodas convencional em tamanho real, com motores CC, controladores e baterias dimensionados à atender necessidades reais.
- Desenvolvimento de estudos capazes de controlar a cadeira de rodas com outros sinais, como comando de voz, piscar de olhos e etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMG. **Utilizar un Joystick con Arduino y OpenCV.** Disponível em: <https://www.automatizacionparatodos.com/joystick-arduino-opencv/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS IBGE. **IBGE divulga rendimento domiciliar per capita 2022 para Brasil e unidades da federação.** Agência de Notícias IBGE, Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releas/36320-ibge-divulga-rendimento-domiciliar-per-capita-2022-para-brasil-e-unidades-da-federao>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS IBGE. **PNS 2019: País tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência.** Agência de Notícias IBGE, Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releas/31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em: 25 ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO, A. -. **Informação e documentação – Citações.** Disponível em: <http://www2.uesb.br/biblioteca/wp-content/uploads/2016/05/NBR-10520-CITA%C3%87%C3%95ES.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2023.

AUTOCORE ROBÓTICA. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/>. Acesso em: 29 ago. 2023.

BARCELOS, A. et al. **SISTEMA DE CONTROLE E MOTORIZAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS.** Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/445_Cadeira%20de%20rodas%20motorizada.pdf. Acesso em: 27 ago. 2023.

BRAZILIAN JOURNAL OF SOCIETY AND RELIGION. **Brazilian Journal of Society and Religion.** Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/934/812>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 05 de outubro de 2023.

CARLSPLACE. **Motor DC com Escovas. CarlsPlace Shop.** Disponível em: <https://shop65002.carlsplace.org/content?c=motor+dc+com+escovas&id=2>. Acesso em: 25 ago. 2023.

CARVALHO, Geraldo. **Máquinas Elétricas Teorias e Ensaio.** 2011 disponível no acervo bibliotecário do IFBA - Campus Santo Amaro. Acesso em 02 set. 2023.

CAVALCANTE Castelo Branco, Mônica Damasceno. **Instrumentação de cadeira de rodas motorizada para usuários com tetraplegia**, Universidade de Brasília, 2018. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/23647/1/2018_MonicaDamascenoCavalcanteCasteloBranco_tcc.pdf. Acesso em: 02 de outubro de 2023.

CAVALCANTI, A.; DUTRA, F. C. M.. **Prescrição de Cadeira de Rodas. In: Cruz, D. M. C. da. Terapia Ocupacional na Reabilitação Pós-acidente Vascular Encefálico**, pp. 155-172. São Paulo: Editora Santos, 2012.

CASA DA ROBÓTICA. **2x Roda com Pneu + 2x Motor DC 3 a 6V com Redução**. Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/robotica/atuadores/motores-dc/2x-roda-com-pneu-2x-motor-dc-3-a-6v-com-reducao>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

CHAVIER, Luiz Fernando. **Programação para Arduino - Primeiros Passos**. Disponível em: <<https://professor.luzerna.ifc.edu.br/marcelo-cendron/wp-content/uploads/sites/40/2017/03/Pr19ograma%C3%A7%C3%A3o-para-Arduino-Primeiros-Passos-Conceitos-iniciais-de-programa%C3%A7%C3%A3o-para-Arduino-Projeto-de-eletr%C3%B4nica-modular-com-Arduino-Ciruitar.pdf>>. Acesso em: 01/05/2023.

DA SILVA JUNIOR, Dimas Lourenço. DA SILVA, Fabio Reina. DE LIMA, Renato Silva. COELHO, Rodrigo Benicio. **Cadeira de rodas autônoma comandada por aplicativo**. Disponível em: <[TCC-CADEIRA-RODAS-COMANDADA-APLICATIVO.pdf](#)>. Acesso em 26.02.2023

DE MATOS, Bruno Guilherme Gonçalves. **Controlador e Accionador para Motor DC em Malha Fechada**. Universidade do Minho, 2008. Disponível em: <<http://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/65413/1/Bruno%20Guilherme%20Goncalves%20de%20Matos.pdf>>. Acesso em: 30 ago 2023

DEPARTAMENTO DE COMUNICAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Conceito - Centro Tecnológico de Acessibilidade do IFRS**. Disponível em: <<https://cta.ifrs.edu.br/tecnologia-assistiva/conceito/>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

DE ROURE, M. **Pirâmide da Automação Industrial - Entenda de uma vez por todas! - Instrumentação e Controle**. Disponível em: <<https://instrumentacaoecontrole.com.br/piramide-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

ECKSTEIN, R. A.; VINICIUS BATISTUTA, M. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20137/1/2017_RodrigoAraujoEckstein_tcc.pdf. Acesso em: 27 ago. 2023.

ELETROGATE. **Guia Definitivo de uso da Ponte H L298N**. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/guia-definitivo-de-uso-da-ponte-h-l298n/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

ELETROGATE. **Ponte H**. Eletrogate. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/buscar?q=ponte+h>>. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

ELETROGATE. **O que é Arduino: Para que Serve, Vantagens e como Utilizar**. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

FLÁVIO BABOS. **Categoria Arduino**. Flávio Babos. Disponível em: <https://flaviobabos.com.br/categoria-arduino/page/2/>. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

G1 SÃO PAULO. **Grupo desenvolve cadeira de rodas automatizada usando reciclados em SP**. G1 Santos e Região - Educação, Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/educacao/noticia/2020/01/13/grupo-desenvolve-cadeira-de-rodas-automatizada-usando-reciclados-em-sp.ghtml>. Publicado em 13 de janeiro de 2020. Acesso em: 5 maio. 2023.

GREEN INNOVATION. **Cadeira de Rodas Motorizada Divinita 16 UP Full Power Fixo**. Green Innovation. Disponível em: https://www.greeninnovation.com.br/cadeira-de-rodas-motorizada-divinita-16-up-full-power-fixo/p/227?c=20&t=11&gclid=EAIaIQobChMIwN3to4nggQMVIIJ_AB2gnQUVEAQYASABEgJFqfD_BwE. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

HANGAR MMA. FCEM E FEM LÍQUIDA. **Glossary Hangar MMA**. Disponível em: <https://hangarmma.com.br/glossary/glossary-categories/fcem-e-fem-liquida/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

HERMINIA, C. **Conheça os diferentes tipos de Arduino para utilizar em seus projetos**. Disponível em: <https://blog.smartkits.com.br/tipos-de-arduino/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

IVO, Regina Marcela. **Sistema de Controle de Cadeira de Rodas Motorizada para Usuários Portadores de Tetraplegia**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/20103>. Acesso em: 25 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pessoas com Deficiência**. Educa IBGE. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 28/04/2023.

JANONE, L.; ALMEIDA, P. **Brasil tem mais de 17 milhões de pessoas com deficiência, segundo IBGE**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-tem-mais-de-17-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-segundo-ibge/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

LILLO REDUTORES. **Motoredutor GSA com Motor de 0,33cv e 117rpm Weg Cestari Geremia Trifásico G101N**. Lilo Redutores. Disponível em: https://www.liloredutores.com.br/Motoredutor-GSA-com-Motor-de-0-33cv-e-117rpm-Weg-Cestari-Geremia-Trifasico-G101N/prod-9671358/?gclid=EAIaIQobChMI-LOqlPDdgQMVNzHUAR02xgYdEAQYAiABEgJrrPD_BwE. Acesso em: 01 de outubro de 2023.

LIMA, Felipe G. DOS SANTOS, Romário N. COSTA, Saulo de O. SILVA, Vitor Hugo B. Dos S. **Projeto de cadeira de rodas motorizada equipada com cobertura automática**. Disponível em: <http://www.ifba.edu.br/professores/elvio/tcc/TCC-Cadeira-de-Rodas-Motorizada.pdf>. Acesso em: 03/05/2023.

LUÍS, A. C. Disponível em: <http://brasil.fumep.edu.br/~phlbiblio/10022538.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2023.

MAGAZINE LUIZA. **Cadeira de Rodas Motorizada Reclinável Ajustável Wingus Ottobock.** Magazine Luiza. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/cadeira-de-rodas-motorizada-reclinavel-ajustavel-wingus-ottobock/p/kk656b0b4k/cp/cdrs/?seller_id=sosortopedica&utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=&partner_id=71790&gclid=EAJaIQobChMIsvyw-vdgQMVwX9MCh1hDQQNEAQYAyABEgJTIPD_BwE&gclid=aw.ds> . Acesso em: 02 de outubro de 2023.

MCROBERTS, Michael. (2016). **Arduino Básico 2ª edição.** Disponível em: <https://s3.novatec.com.br/capitulos/capitulo-9788575224045.pdf>. Acesso em: 01/05/2023.

MIRANDA, ÁLISON, DE SOUZA, **Protótipo de Cadeira de Rodas Para Pessoas Com Paraplegia.** Acesso em 03/05/2023.

OLIVEIRA, Joelson Santos de; SIQUEIRA, Leandro Aparecido de; BARROS, Lucas Henrique da Rosa. **Cadeira de Rodas Infantil Veicular automatizada.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São José dos Campos, 2014.36 p.

ORTOPONTO. **O que é deficiência física motora? Entenda os principais desafios!** Disponível em: <https://www.ortoponto.com.br/m/blog/5ffcdb1fe643076af00698e7/o-que-e-deficiencia-fisica-motora-entenda-os-principais-desafios>. Acesso em: 12 set. 2023.

PLATAFORMA ESPAÇO DIGITAL. **A DEFICIÊNCIA FÍSICA NÃO É O LIMITE.** Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/80071>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

RIBEIRO, Dhiego dos Santos. PRADO Cláudio Castro. **Motores de Imãs Permanentes.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Claudio-Prado/publication/324111993_Permanent_Magnet_Motors/links/5abe3cf245851584fa712313/Permanent-Magnet-Motors.pdf> . Acesso em 02/05/2023.

SANTA APOLÔNIA. **Cadeira de Rodas Motorizada Compact In Power Lite.** Santa Apolônia. Disponível em: <<https://www.santaapolonia.com.br/produtos/cadeira-rodas-motorizada-compact-in-power-lite-3048900?srsltid=AfmBOoocmPtnSw7PQCvIlFp1UyN-mdl5rUGlyi2obpL91Ksgb1Qj7PEa2R4>>. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

SEMESTRE, A.; DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO, /2015 ENGENHARIA. **Identificação dos Componentes da Arquitetura de Controle.** Disponível em: <https://www.politecnica.pucrs.br/professores/tergolina/Automacao_e_Control/APRESENTACAO_-_Lab_01_Identificacao_dos_Componentes_da_Arquitetura_de_Control.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

TEIXEIRA, Luzimar. **Deficiência Física. Definição, classificação, causas e características.** 2010 Disponível em: <http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2010/05/definicao-e-classificacao-da-deficiencia-fisica.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2023.

APÊNDICE A - CÓDIGO DE CONTROLE DOS MOTORES CC.

```
#define joyX A0
#define joyY A1

int IN1 = 3;
int IN2 = 6;
int IN3 = 5;
int IN4 = 4;
int button = 2;

int buttonState = 0;
int buttonState1 = 0;

void setup() {
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);

  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(button, INPUT);
  digitalWrite(button, HIGH);

  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int xValue = analogRead(joyX);
  int yValue = analogRead(joyY);

  Serial.print(xValue);
  Serial.print("\t");
  Serial.println(yValue);

  buttonState = digitalRead(button);
  Serial.println(buttonState);

  // Lógica para movimentação diagonal
  int diagonalThreshold = 100; // Ajuste este valor conforme necessário

  if (xValue >= diagonalThreshold && yValue <= diagonalThreshold) {
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
  }
```

```

    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, HIGH);
}
else if (xValue <= diagonalThreshold && yValue >= 1023 - diagonalThreshold) {
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}
    else if (xValue >= 1023 - diagonalThreshold && yValue >= 1023 -
diagonalThreshold) {
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}
else if (xValue <= diagonalThreshold && yValue <= diagonalThreshold) {
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, HIGH);
}
else {
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}

// Freio de segurança
if (buttonState == LOW) {
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    digitalWrite(7, HIGH);
}
else {
    digitalWrite(7, LOW);
}

// Lógica de movimento
int moveThreshold = 100; // Ajuste este valor conforme necessário

if (yValue <= moveThreshold) {
    // Movimento para frente
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}

```

```

}
else if (yValue >= 1023 - moveThreshold) {
  // Movimento para trás
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}
else if (xValue <= moveThreshold) {
  // Movimento para a esquerda
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
}
else if (xValue >= 1023 - moveThreshold) {
  // Movimento para a direita
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  digitalWrite(IN3, LOW);
  digitalWrite(IN4, HIGH);
}

buttonState1 = digitalRead(7);
Serial.println(buttonState1);

delay(50);
}

```