



Maicon Adriano Schwinn

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE CADEIRA DE RODAS
AUTONIVELANTE**

Horizontina - RS
2020

Maicon Adriano Schwinn

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE CADEIRA DE RODAS
AUTONIVELANTE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Me. Paulo Marcos Flores.

Horizontina - RS

2020

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Desenvolvimento de um protótipo de cadeira de rodas autonivelante”

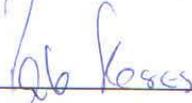
Elaborado por:

Maicon Adriano Schwinn

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Controle e Automação

Aprovado em: 08/12/2020

Pela Comissão Examinadora



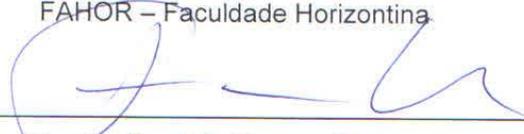
Mestre. Paulo Marcos Flores

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Mestra. Eliane Garlet

FAHOR – Faculdade Horizontina



Doutor. Fauzi de Moraes Shubeita

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2020

Dedico esse trabalho a minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e aos meus amigos pelo apoio.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que de maneira direta ou indireta fizeram parte da minha formação, e em especial ao meu irmão pela ajuda durante o desenvolvimento deste estudo, assim como ao meu professor orientador Paulo Marcos Flores por todo o auxílio prestado.

“A persistência é o caminho do êxito”.
(Charles Chaplin)

RESUMO

Frequentemente, pessoas com deficiência motora necessitam de cadeiras de rodas para o seu deslocamento, e este, muitas vezes, é prejudicado pela falta de estrutura em vias urbanas, tais como passeios públicos repletos de aclives ou desníveis naturais encontrados nos mesmos. O presente estudo surgiu da oportunidade de proporcionar ao usuário melhor qualidade de vida e melhores condições de acessibilidade, pois as cadeiras de rodas convencionais não possuem nenhum sistema de nivelamento e ao passar por um desnível, o usuário precisa realizar um esforço físico para manter-se ao assento e não sofrer acidentes, assim gerando desconforto. O objetivo do presente estudo, foi desenvolver um sistema eletromecânico para o auto nivelamento de uma cadeira de rodas, utilizando sensores, microprocessador e motores elétricos. O método de pesquisa se caracteriza como pesquisa-ação, com abordagem qualitativa e de caráter exploratório e explicativo. Seguiu-se uma metodologia que abordou diversas etapas para sua implementação de modo atingir seu objetivo. Dessa forma, o estudo foi realizado em diversas etapas, sendo elas: a execução da análise da estrutura, o desenho tridimensional, definição do ângulo de atuação, modificação estrutural, o desenvolvimento do mecanismo atuante, a realização do circuito elétrico. Como resultados, verificou-se que o auto nivelamento funcionou atendendo as expectativas para quase todos os casos de rampas e desníveis, salvo que o mesmo não apresentou eficiência adequada perante a existência de irregularidades que necessitam de uma atuação em um grau elevado de velocidade, como desníveis curtos e agudos, devido ao passo por revolução do fuso utilizado no mecanismo ser baixo. Dessa maneira, pode-se garantir a viabilização de um produto de baixo custo e com potencial capaz de proporcionar melhores condições ergonômicas em relação as cadeiras de rodas tradicionais, trazendo melhor qualidade de vida ao usuário.

Palavras-chave: Auto nivelamento. Acessibilidade. Protótipo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensionamento de rampas	19
Figura 2 - Placa GY-521	23
Figura 3 - Largura de pulso	25
Figura 4 - Módulo Esp - 12E.....	26
Figura 5 - NodeMCU ESP-12E.....	26
Figura 6 - Opto Acoplador PC817	27
Figura 7 - <i>Mosfet</i>	28
Figura 8 - Valores do resistor	29
Figura 9 - Ponte H.....	29
Figura 10 - Módulo regulador de tensão	30
Figura 11 - Fluxograma de atividade	34
Figura 12 - Etapas de Implementação	35
Figura 13 - Modelo de cadeira de rodas utilizado.....	37
Figura 14 - Cadeira de rodas Fechada.....	38
Figura 15 - Desenho 3D do projeto	39
Figura 16- Fixação assento cadeira de rodas	40
Figura 17 - Suporte para bateria	41
Figura 18 - Fixação dos motores.....	41
Figura 19 - Impressão Acoplador	42
Figura 20 - Acoplamento motor	43
Figura 21 - Mecanismo.....	44
Figura 22 - Circuito eletrônico	45
Figura 23 - Placa de circuito.....	46
Figura 24 - Rampa gradualmente elevada	47
Figura 25 - Rampa de acesso em via pública	48
Figura 26 - Rampa de acesso em estabelecimento comercial	48
Figura 27 – Valores para a produção do protótipo elétrico.....	49
Figura 27 – Valores para a produção do protótipo pneumático.....	49

LISTA DE SIGLAS

3D – Tridimensional

CI – Circuito Integrado

DC – *Direct Current*

DMP – *Digital Motion Processor*

ISO – *International Organization for Standardization*

Led – *Light-Emitting Diode*

MB – *Megabyte*

PWM – *Pulse Width Modulation*

TA – Tecnologia Assistiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA	13
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4	HIPÓTESES	14
1.5	JUSTIFICATIVA	14
1.6	OBJETIVOS	15
1.6.1	Objetivo Geral	15
1.6.2	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	TECNOLOGIA ASSISTIVA	16
2.2	ACESSIBILIDADE	17
2.3	DEFICIÊNCIA FÍSICA	18
2.4	RAMPAS DE ACESSO	18
2.5	HISTÓRICO DA CADEIRA DE RODAS	19
2.5.1	Tipos de cadeiras de rodas	20
2.6	ERGONOMIA	21
2.6.1	Aspectos ergonômicos aplicados à Cadeira de Rodas	22
2.7	SENSOR ACELEROMETRO E GIROSCÓPIO GY-521	23
2.8	MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA	23
2.9	CONTROLE PWM	24
2.10	MICROCONTROLADOR ESP-12 8266	25
2.11	ACOPLADOR ÓTICO PC817	27
2.12	MOSFET	27
2.13	RESISTOR	28
2.14	PONTE H	29
2.15	REGULADOR DE TENSÃO LM2596	30
3	METODOLOGIA	31
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	31
3.1.1	Pesquisa-ação	31
3.1.2	Abordagem e objetivos de pesquisa	32
3.1.3	Coleta de dados	33
3.1.4	Atividades da pesquisa	33
3.1.5	Etapas de implementação	35
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA CADEIRA DE RODAS UTILIZADA	37
4.2	DESENHO 3D	38
4.3	DEFINIÇÃO DO ÂNGULO DE ATUAÇÃO	39
4.4	MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS	40
4.5	MECANISMO DESENVOLVIDO	42
4.6	CIRCUITO ELETRÔNICO	44
4.7	DESENVOLVIMENTO DO ALGORITMO	46
4.8	TESTES DO PROTÓTIPO	46
4.9	ANÁLISE DE CUSTOS	49
4.10	ANÁLISE DOS RESULTADOS	50
	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A	59

1 INTRODUÇÃO

No cotidiano de pessoas com deficiência motora, que frequentemente necessitam de cadeiras de rodas para o seu deslocamento, é comum deparar-se com dificuldades ocasionadas pela falta de estrutura em vias urbanas, tais como passeios públicos repletos de aclives ou desníveis naturais. Tais obstáculos geralmente exigem do cadeirante grande esforço físico para manter-se ao assento e não sofrer acidentes, e assim gerando desconforto.

Na busca por soluções para minimizar esse problema, verificou-se na literatura que a evolução tecnológica nos últimos anos proporcionou melhora nos aspectos relacionados ao conforto e a mobilidade de cadeirantes. Assim, optou-se pelo uso de tecnologia de automação para buscar uma solução de baixo custo, porém com potencial de apresentar-se como uma alternativa eficaz neste cenário de descaso em que muitas pessoas enfrentam.

Atualmente, as cadeiras de rodas não possuem tecnologia aplicada visando melhorar esse aspecto ao usuário, sendo mecânica ou elétrica, as mesmas possuem um chassi rígido e sem nenhum sistema de amortecimento de impactos ou nivelamento de estrutura.

A utilização de tecnologias assistivas na resolução das dificuldades encontradas pelos deficientes físicos vem auxiliando na inclusão destes, diminuindo as suas dificuldades de viver em sociedade.

As pessoas que fazem uso de cadeira de rodas estão assistidas por lei quanto ao direito de acessibilidade em locais públicos, porém, a sociedade ainda não está adaptada totalmente a essas exigências, com isso os usuários acabam por enfrentar inúmeras dificuldades no seu dia a dia.

Nesse contexto, o presente Trabalho Final de Curso (TFC), tem por objetivo desenvolver um protótipo de cadeira de rodas autonivelante com a utilização de componentes de baixo custo, assim tornando essa tecnologia de fácil acesso e podendo proporcionar maior conforto e melhor qualidade de vida, em termos de acessibilidade a qualquer tipo de terreno e ambiente.

1.1 TEMA

O presente trabalho tem como foco o desenvolvimento de um protótipo com aplicação de tecnologia de automação para obtenção de um sistema de nivelamento automático aplicado à uma cadeira de rodas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema se delimita a adaptar uma cadeira de rodas implementando um sistema de autonivelamento, que envolve alteração na estrutura da cadeira, executando um mecanismo atuante automatizado a partir de um sensor microprocessado, possibilitando assim um protótipo de baixo custo que venha auxiliar na locomoção de pessoas que utilizam cadeira de rodas para seu deslocamento diário.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O deslocamento de cadeirantes em vias públicas é exaustivo e bastante prejudicado por irregularidades encontradas, principalmente pelos desníveis nos terrenos. A utilização de rampas de acesso e padronização de calçadas e passeios vem a amenizar esse problema, porém, nota-se que nem todas cidades, ruas ou estabelecimentos estão de acordo com isso.

A irregularidade de terrenos e calçadas também pode gerar grandes impactos à saúde do usuário, gerando grandes desconfortos, bem como alguns aspectos ergonômicos incorretos a que o mesmo fica exposto.

Executando uma melhor verificação pode-se identificar um problema encontrado em cadeiras de rodas convencionais, seu sistema de chassi fixo transmite toda e qualquer irregularidade ao usuário. Por consequência, acaba não proporcionando ao mesmo realizar suas atividades com conforto, segurança e produtividade.

Deste modo, o uso de tecnologia para o desenvolvimento de um mecanismo de nivelamento automático do chassi de uma cadeira de rodas, pode proporcionar maior conforto ao usuário, viabilizando ao mesmo realizar suas atividades com mais segurança e qualidade de vida. Diante do exposto, tem-se a seguinte pergunta: O emprego de um sistema autonivelante aplicado em uma cadeira de rodas, pode proporcionar maior conforto ao usuário e desta forma contribuir ao acesso e deslocamento em locais de terrenos irregulares?

1.4 HIPÓTESES

A hipótese pode ser definida como o ato de algo que seja possível, ou que será de tal forma desejada, com isso, se faz uso da mesma para a determinação da objetividade do projeto a ser desenvolvido. A fim de explicar determinada causa de estudo e responder o problema em questão, foram desenvolvidas as seguintes hipóteses de estudo:

- O uso de mecanismo de nivelamento automático, acionado por motores elétricos e mecanismos, adaptados ao sistema de uma cadeira de rodas convencional proporciona maior conforto ao usuário.
- O desenvolvimento do protótipo apresenta resultados satisfatórios, e correspondentes a expectativa, assim justificando o desenvolvimento do mesmo.
- O protótipo não atende à necessidade devido o sistema ser muito lento em função do fuso utilizado ser industrial, não podendo ser modificado o passo por revolução.

1.5 JUSTIFICATIVA

A aplicação de tecnologias na área de saúde vem crescendo nos últimos anos, objetivando a melhoria de vida de pessoas afetadas por alguma deficiência ou problema físico. No entanto, o desenvolvimento de produtos com tecnologia aplicada tem um custo elevado e demandam de tempo para o seu desenvolvimento, dificultando o acesso por pessoas necessitadas sendo pela alta demanda ou valores elevados.

Em relação a pessoas com algum tipo de deficiência física, que utilizam cadeiras de rodas comuns para realizar sua locomoção, percebe-se a necessidade do desenvolvimento de um produto tecnológico de baixo custo e que seja acessível a maioria das pessoas que necessitarem deste tipo de aparato.

A estabilidade da cadeira de rodas faz-se pela fixação do seu assento ao chassi que está conectado diretamente as rodas de maneira estática, tornando o seu nivelamento a diferentes terrenos impossível, assim transmitindo toda e qualquer instabilidade ao seu usuário, causando o desconforto e a dificuldade de locomoção.

Justifica-se o desenvolvimento de um sistema eletromecânico para o nivelamento de cadeira de rodas automático, pela carência de produtos similares que

utilizam componentes de custos inferiores, facilitando assim o acesso a essa tecnologia a maior parte dos usuários.

Para um acadêmico de engenharia de controle e automação, justifica-se esse trabalho pelo fato de tornar possível colocar em prática os conceitos abordados em sala de aula, que envolve assuntos relacionados a área de eletrônica, física e programação.

1.6 OBJETIVOS

Diante do exposto apresentado foram elaborados o objetivo geral e os específicos que nortearam esse estudo.

1.6.1 Objetivo Geral

Desenvolvimento de um sistema eletromecânico para o auto nivelamento de uma cadeira de rodas, utilizando sensores, microprocessador e motores elétricos. De modo que proporcione uma melhor comodidade ao usuário, facilitando o deslocamento em terrenos irregulares e ao mesmo tempo melhorando a ergonomia do mesmo.

1.6.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo proposto ao presente trabalho, se fez necessário estabelecer os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver o desenho da cadeira em forma tridimensional, para a montagem do protótipo e a realização de testes;
- Desenvolver o mecanismo para o nivelamento da cadeira de rodas com a utilização de motores elétricos;
- Realizar a programação de um microcontrolador e a aplicação de sensores para a automatização do sistema;
- Realizar teste em um protótipo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo aborda os principais temas que serviram para o embasamento do presente estudo.

2.1 TECNOLOGIA ASSISTIVA

Com o aumento da inserção da tecnologia no dia a dia e sua constante evolução, muitas pessoas podem se beneficiar dela, principalmente pessoas que apresentam alguma deficiência física. Para tanto, é necessário realizar adaptações dessas tecnologias mediante a realidade das deficiências de cada pessoa (MALGARIN; PARREIRA; BERTOLINI, 2016).

Em 1988 surgiu a Tecnologia Assistiva (TA) que foi regulamentada pela a *International Organization for Standardization (ISO)* como todo produto, instrumento, equipamento ou sistema técnico que pode ser usado por pessoas portadoras de deficiência, tendo como finalidade buscar prevenir, reduzir ou eliminar a incapacidade existente (BERSCH, 2008 *apud* LINO, 2018).

A TA ao longo dos anos vem tendo uma maior visibilidade diante das oportunidades de qualidade de vida e inclusão dos usuários. De modo que os recursos executem seus reais objetivos, a norma ISO 9999:2007, foi criada de modo a regulamentar os produtos assistivos, que contribuem na mobilidade, sinalização e adaptação de ambiente (RODRIGUES; ALVES, 2013 *apud* LINO, 2018).

A tecnologia assistiva proporciona às pessoas portadoras de deficiência uma maior mobilidade funcional permitindo realizar atividades que até então devido a sua condição não lhe é permitido. Deste modo, promove uma maior qualidade de vida, inclusão social e maior independência sobre suas atividades e funções, seja no ambiente de lazer, doméstico ou profissional (NETO, 2013).

De acordo com Rocha e Castiglioni (2005) vários aspectos devem ser considerados importantes aos usuários de TA, como ergonômicos, biomecânicos, mecânicos e funcionais, além disso, ainda, aspectos de ordem estética, afetivos, subjetivos e éticos, entre outros.

Os produtos que utilizam de TA, buscam permitir a pessoa com deficiência, uma vida mais produtiva, prazerosa e independente. Estes produtos podem ser simples ou complexos, e de acordo com sua finalidade, agrupados por categorias.

Entre as categorias existentes, pode-se mencionar as de adequação postural e auxílio de mobilidade (PAZMINO; GOULART, 2019).

2.2 ACESSIBILIDADE

O Art. 1º da Lei Nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, "estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, mediante a supressão de barreiras e de obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos meios de transporte e de comunicação" (BRASIL, 2000).

A acessibilidade permite garantir espaços que possibilitam condições de acesso a qualquer pessoa, independente das suas habilidades ou condições motoras. Uma visão mais atual da acessibilidade, é uma forma de permitir que as pessoas participem com segurança, autonomia e conforto de atividades diárias que ocorrem no espaço arquitetônico (MORAES, 2007).

A acessibilidade é definida como possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, incluindo também seus sistemas e tecnologias, além de outros serviços e instalações de acesso público ou privados de uso coletivo, seja na zona urbana como na rural, podendo ser pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida (BRASIL, 2000).

Desde a promulgação da Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes na década de 70, a sociedade vem buscando progresso na inclusão de pessoas que são portadoras de algum tipo de deficiência. De acordo com a lei, todo cidadão tem o direito de ir e vir, seja ele portador de deficiência ou não, assim, procura-se meios de impedir que a sociedade se apresente como um ambiente desfavorável e inacessível para os portadores de deficiência (SANTOS, 2013).

O mesmo autor ainda destaca, um fator bastante importante em relação aos usuários de cadeiras de rodas, que seria a invalidez, isolamento e incapacidade. Um ponto falho é a utilização de materiais e a estrutura insuficientes dos produtos comercializados e a falta de um sistema de propulsão adequado.

2.3 DEFICIÊNCIA FÍSICA

De acordo como Decreto 3.298/99 deficiência é " toda perda ou anomalia de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano" (BRASIL, 1999).

Segundo Brasil (2000) a pessoa com deficiência é aquela que tem uma barreira a longo prazo de natureza física, intelectual, sensorial ou mental, onde o mesmo em contato com obstáculos, pode impedir sua participação plena e efetiva dentro da sociedade em igualdade as demais pessoas.

A acessibilidade é um assunto de grandes desafios para os profissionais da área. Analisando o crescimento urbano, fica visível que se tratando de acessibilidade, não é tratada com devida importância as necessidades de todos os indivíduos que fazem parte da mesma. Porém, com os avanços da tecnologia e as pesquisas cada dia surgem novas ideias quanto ao uso de materiais, texturas, perspectivas arquitetônicas, mas ainda assim, não é todas as pessoas que tem a possibilidade de utilizar com autonomia e segurança (VIDA E SAÚDE, 2013).

2.4 RAMPAS DE ACESSO

De acordo com Mosaicos Amazonas (2020) rampas de acessibilidade são adaptações nas construções públicas ou privadas com o objetivo de facilitar o acesso aos espaços para pessoas com mobilidade reduzida e que em sua maioria não pode ter acesso sem esse meio.

Segundo Souza (2019) rampas de acesso poderão ter inclinações com ângulo máximo de 8,33%, mas em caso de reformas que não poderão se encaixar nesse valor, será permitidas possibilidades de inclinações com utilização máxima de 12,5%. Dessa forma a norma NBR9050 estabelece as inclinações máximas permitidas, a equação para os cálculos está disposta a seguinte Equação 1.

$$I = (H * 100)/C \tag{1}$$

Onde:

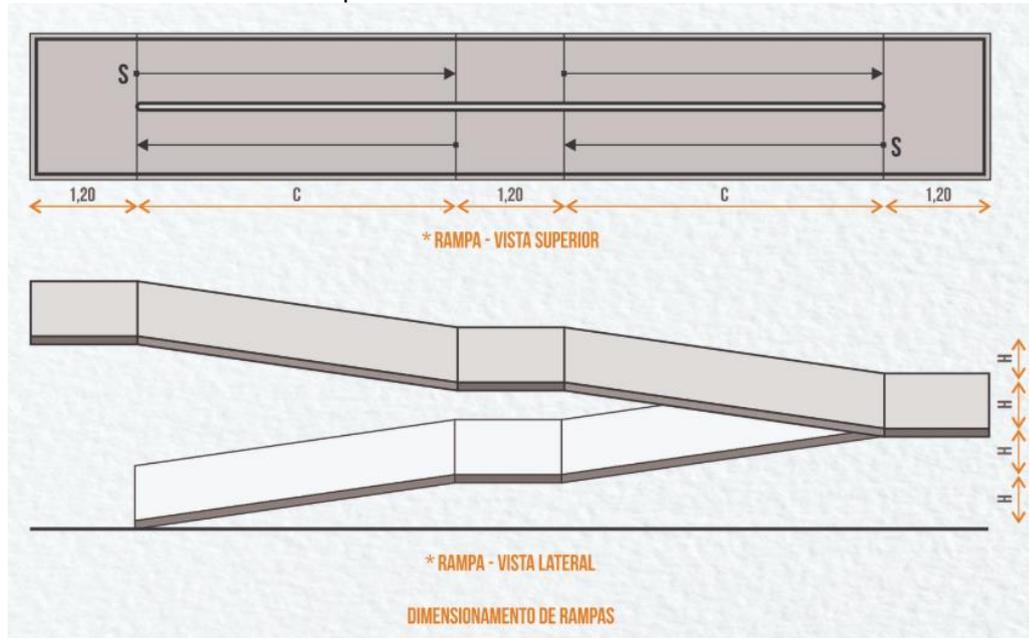
I - Inclinação da rampa em porcentagem

H - Altura do desnível

C - Comprimento da projeção horizontal

Onde o valor obtido é referente ao percentual de inclinação. A Figura 1 demonstra o modelo de construção das rampas.

Figura 1 - Dimensionamento de rampas



Fonte: Souza, 2019.

2.5 HISTÓRICO DA CADEIRA DE RODAS

A cadeira de rodas é um dos recursos da Tecnologia Assistiva, pois, trata-se de um equipamento que propicia às pessoas que possuem mobilidade reduzida, se locomoverem. Além disso, possibilita a mobilidade durante as atividades e demais tarefas do dia a dia. Devido existirem no mercado inúmeros modelos e tamanhos de cadeiras de rodas, em cada situação é fundamental a utilização de determinados dispositivos (SILVEIRA, 2019).

O primeiro relato de uma cadeira de rodas, foi datado no século VI, na China, onde uma cadeira foi desenhada em uma pedra de um sarcófago. Por meados do século XVI, na Espanha, o Rei Filipe II utilizou uma cadeira com rodas (pequena), braços e suportes móveis. A cadeira foi projetada com encosto reclinável, contando ainda com apoio para pernas e um estribo. A primeira cadeira que foi encontrada que possui semelhanças com as que são fabricadas nos dias de hoje, foi no século XVIII, onde a cadeira, possuía duas rodas frontais de grandes diâmetros e uma roda traseira (FREITAS, 1997; SILVA, 2007).

De acordo com Silva (2007) as primeiras cadeiras de rodas comercializadas apresentavam características mais robustas, como armações de madeira, assentos confeccionados em vime, os braços eram ajustáveis e as rodas de grande diâmetro. Esses moldes, foram utilizados durante os séculos XIX e XX até a primeira Guerra Mundial.

No ano de 1932, dois engenheiros, Herbert Everest, engenheiro de minas paraplégico e Harold Jennings, engenheiro mecânico, contribuíram com o projeto da então primeira cadeira leve com armação dobrável. Juntos fundaram a empresa Everest & Jenninge e na década de 50 fabricaram a primeira cadeira de rodas motorizada. Eles adaptaram o motor controlado por transistor acrescentando um motor em seu projeto de cadeiras de rodas manuais (ALVARENGA, 2002).

Analisando o seu histórico, as cadeiras de rodas vêm evoluindo nos últimos anos incluindo em seus projetos maior controle, autonomia, designer, suspensão, manobrabilidade, assentos e outras opções e acessórios. Além disso, atualmente, é possível o usuário adquirir cadeiras de rodas que o permitem subir escadas, ficar em pé, se locomover em diversos tipos de piso, grama e areia (SILVA, 2007).

2.5.1 Tipos de cadeiras de rodas

A cadeira de rodas é definida como um dispositivo assistivo muito utilizado para proporcionar uma melhora na mobilidade pessoal. A cadeira adaptada as necessidades físicas, se torna essencial aos indivíduos que possuem dificuldades em andar, possibilitando usufruir de modo mais satisfatório sua vida social e diminuindo gastos econômicos, ainda melhorando sua saúde e bem estar. Um dos grandes benefícios da mobilidade é proporcionar aos usuários oportunidades como estudar, trabalhar, ter acesso a atividades de lazer e cultura e demais serviços (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2011).

De acordo com Cooper et al (1998) *apud* Kulman (2015), para classificar as cadeiras de roda de uma maneira geral, deve levar em consideração o tipo de acionamento, sendo divididas em acionamento manual e acionamento elétrico. Os tipos de cadeiras e suas características são descritas conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Tipos e caracterização de cadeiras de rodas

Tipo de cadeira de rodas		Descrição
Manual	Tradicional	Controle feito de forma manual aplicando forças correspondente a direção desejada. Possui 4 rodas para seu funcionamento.
	Assistida	Possui uma assistência ao usuário para melhorar a sua confortabilidade ou alguma necessidade especial. Possuindo a mesma estrutura da cadeira de rodas manual, seu deslocamento é realizado manualmente ou por motorização elétrica.
Motorizada	Tradicional	Equipadas com estrutura semelhante a tradicional, porém são acoplados dois motores elétricos, para fazer o deslocamento da mesma.
	Autoequilibrante	Possuindo somente duas rodas e motores elétricos para realizar o seu deslocamento. Utiliza controle e direção conforme o inclinação de sua estrutura.
	Autoequilibrante (controle)	Semelhante a cadeira autoequilibrante, porém possui um <i>joystick</i> para realizar a manobra de deslocamento.

Fonte: Kulman, 2015.

2.6 ERGONOMIA

De acordo com Lida (2005) ergonomia é compreendida como a adaptação do trabalho ao homem e não o contrário. Segundo a “*Ergonomics Research Society*”, “Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução de problemas surgidos nesse relacionamento”.

A inclusão de pessoas portadoras de deficiência na sociedade resulta que suas necessidades, capacidades e limitações precisam ser analisadas e consideradas no projeto voltado as condições ideais de trabalho e vida social. Deste modo, o enfoque ergonômico vem a contribuir para que as pessoas com deficiência possam trabalhar com maior determinação e prazer (CABRAL 2008 *apud* TORTOSA, et al, 1997).

A ergonomia é vista como uma ciência que pode ser empregada em projeto de máquinas, equipamentos, bem como sistemas e tarefas, tendo como propósito trazer

uma melhor qualidade de vida, maior segurança, saúde, conforto e eficiência as atividades desenvolvidas pelo cadeirante (DUL; WEERDMEESTER, 2004).

2.6.1 Aspectos ergonômicos aplicados à Cadeira de Rodas

De acordo com os princípios ergonômicos, as máquinas são consideradas como “prolongamentos” do homem. Manejo é considerado como uma forma de “engate” que acontece entre o homem e a máquina, possibilitando ao homem, transmitir movimentos de comando à máquina. O manejo comumente é realizado com membros superiores ou inferiores e tem forte atuação na performance de sistemas homem-máquina (IIDA, 2005).

O desenvolvimento de um dispositivo assistivo consiste na concepção do aprimoramento ou melhoria de alguma deficiência motora, e está ligado diretamente ao movimento ou na limitação dele. Em sua maioria pode ser considerado uma extensão assimilada ao corpo humano (SILVA, 2009).

A reabilitação é um dos grandes focos do dispositivo assistivo levando em conta a ergonomia empregada ao equipamento. Dessa forma, frisa-se a otimização do dispositivo levando-se em conta o conforto e a segurança do usuário. Portanto a necessidade da realização de pesquisas com o intuito de aprimorar o conhecimento para especificar os efeitos de uma aptidão ou deficiência é de extrema importância (SILVA, 2009).

Existem várias classificações de manejo, mas, geralmente, elas reincidentem em dois tipos básicos: o manejo fino e o manejo grosseiro. O manejo fino é realizado com a ponta dos dedos, definindo-se pela precisão, velocidade e pouca aplicação de força. Já no manejo grosseiro, os dedos tem a função de retenção e permanecem estáticos, enquanto o pulso e o braço executam o movimento (IIDA, 2005).

Ainda de acordo com o autor mencionado anteriormente, a força humana é o resultado da contração muscular. Algumas forças dependem de alguns músculos, outras requerem contração de vários músculos, especialmente quando envolve combinações complexas de movimentos. Por outro lado, quando se necessitar de movimentos ou esforços maiores, deve-se utilizar a musculatura das pernas por ter maior resistência.

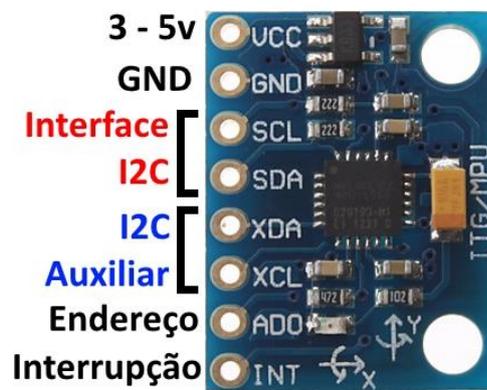
2.7 SENSOR ACELEROMETRO E GIROSCÓPIO GY-521

Segundo Neto (2007) acelerômetro é um dispositivo composto por uma massa inercialmente alocada em seu interior, e através de sensores capacitivos de alta sensibilidade é capaz de determinar quanto essa massa se desloca quando aplicado uma aceleração ao mesmo, convertendo esse sinal em sinal elétrico.

O Giroscópio consiste essencialmente em um dispositivo que utiliza a gravidade e a inércia em seu funcionamento. Possuindo um eixo de livre movimento, podendo girar em qualquer direção, se opondo a mudança de sua trajetória original, imaginando-se como uma bússola (OFICINA DA NET, 2016).

A placa GY-521, conforme Figura 2, possui um “ci” MPU6050 em sua composição, onde esse é um sensor acelerômetro e giroscópio. Possui conversores analógicos digitais para a melhor opção de leitura de dados, onde, totalizando 6 eixos de detecção e um recurso DMP (Digital Motion Processor) permite que a detecção de movimento seja realizada (SOUZA, 2015).

Figura 2 - Placa GY-521



Fonte: Filipeflop, 2014.

2.8 MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

Motores de corrente contínua são equipamentos, que convertem energia elétrica em energia mecânica, podendo ser aplicados tanto como motores e ou geradores. Sua estrutura é composta por um rotor e um estator ou ímãs permanentes e são muito utilizados em inúmeras aplicações (MUNDO DA ELETRÔNICA, 2020).

O estator possui uma estrutura ferromagnética, onde com a adição de energia elétrica forma-se polos eletromagnéticos responsáveis pela interação entre o estator

e o rotor. A utilização de ímãs permanentes pode ser outra solução para a sua elaboração (SIEMENS, 2016).

Segundo Siemens (2016) o rotor é um eletroímã composto por um núcleo de ferro com enrolamentos em sua estrutura. É um sistema composto por um comutador responsável pela distribuição de energia através de seus terminais de alimentação. A função do comutador é realizar a alternância de fases ao realizar o movimento do rotor, assim também alternando os campos magnéticos e responsáveis pelo deslocamento do eixo.

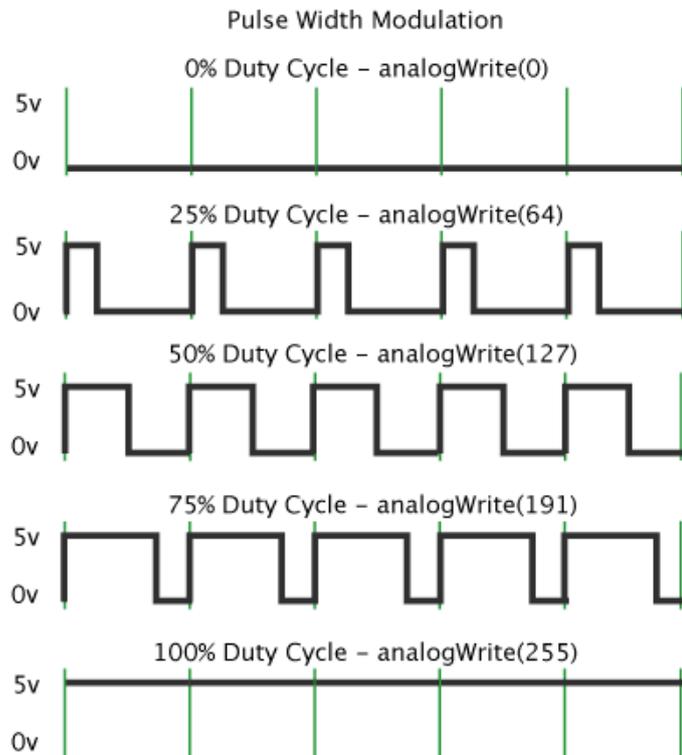
Dentre os aspectos relacionados a controle de velocidade, os motores de corrente apresentam características bastante versáteis, possibilitando sua implementação de maneira simples ao agir no nível de tensão aplicada. Por esse motivo, esse tipo de motor, foi largamente utilizado em processos de automação durante muito tempo (USP, 2016).

2.9 CONTROLE PWM

O controle PWM permite controlar a tensão e corrente que é fornecido a um equipamento eletrônico ligando e desligando o mesmo em uma velocidade muito alta. Assim quanto mais tempo fica ligado, maior será a corrente ou tensão empregada ao equipamento (REIS, 2017).

De acordo com o autor supracitado, o funcionamento do PWM utiliza pulsos em uma onda quadrada, chamados de *duty cycle*, ou chamando de ciclo ativo, quanto maior o ciclo de ativação da largura do pulso, maior é a energia empregada, e quanto menor a largura do pulso, menor é a energia empregada para a carga, conforme Figura 3.

Figura 3 - Largura de pulso



Fonte: Reis, 2017.

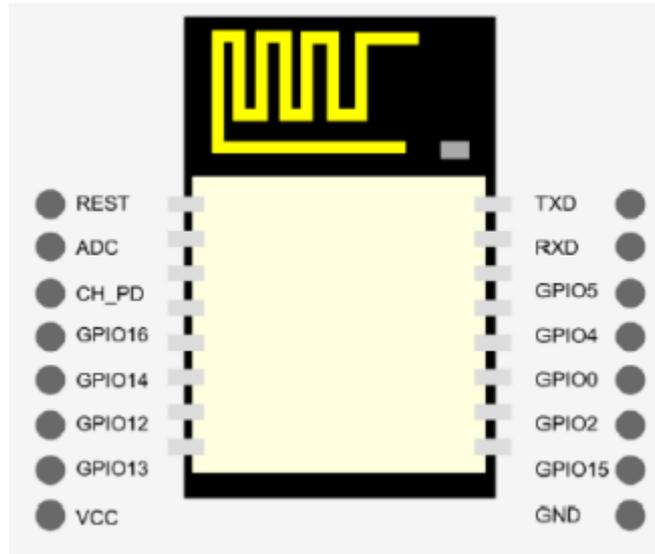
Segundo Meccom (2017), PWM é uma técnica para gerar sinais analógicos a dispositivos acoplados a microprocessadores digitais, tornando-se tão eficiente que todos os microcontroladores possuem *hardware* dedicado a essa função.

2.10 MICROCONTROLADOR ESP-12 8266

O ESP8266 é um microcontrolador produzido pela *Espressif Sysyems*, onde seu sistema já inclui *wifi* integrado, visto que essa é uma grande vantagem sobre outros microcontroladores do mesmo segmento, além de ter um baixo custo quando comparado a outros (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Oliveira (2017) o módulo ESP-12 equipado com o microcontrolador ESP8266 possui mais entradas, assim totalizando 9, conforme Figura 4.

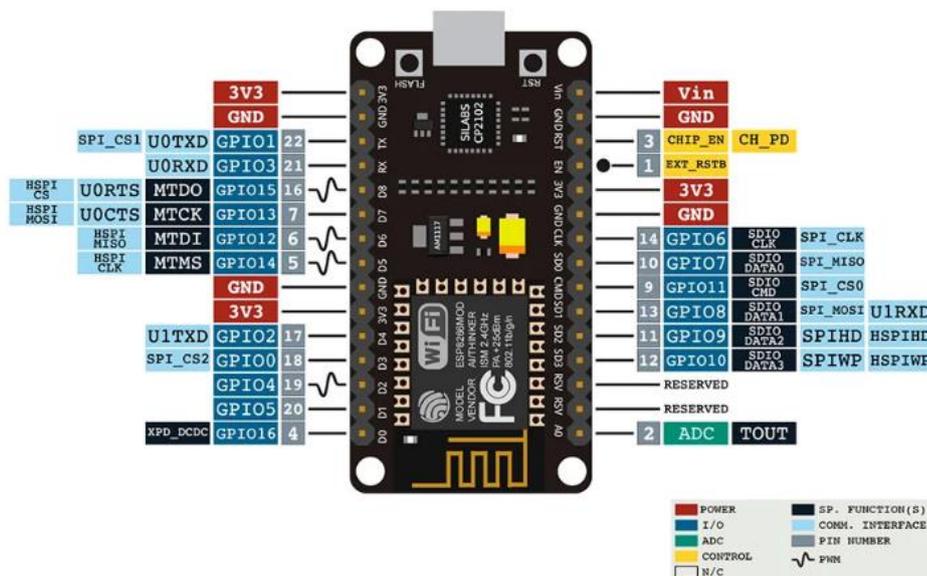
Figura 4 - Módulo Esp - 12E



Fonte: Oliveira, 2017

O ESP8266 é muito versátil, pois pode executar os programas carregados sem necessidade de estar conectado a outro dispositivo, dessa forma podendo fazer a comunicação via *wifi* se necessário (EMBARCADOS, 2015). O módulo possui um arranjo que auxilia na utilização, trazendo um aspecto equilibrado e de fácil entendimento, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - NodeMCU ESP-12E



NodeMcu ESP-12E

Fonte: Baú da Eletrônica, 2018.

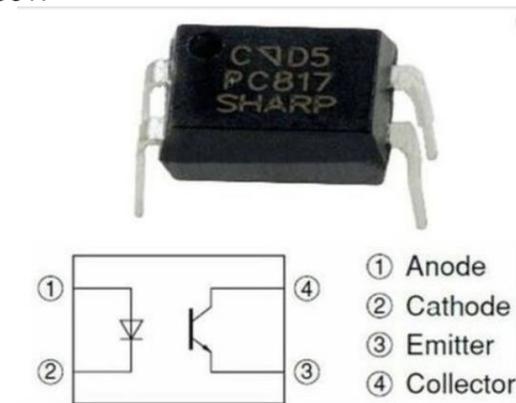
O modelo é equipado com 4 Megabytes de memória interna, podendo expandir a sua capacidade com a utilização de algum dispositivo acoplado ao mesmo (BAÚ DA ELETRÔNICA, 2018).

2.11 ACOPLADOR ÓTICO PC817

Segundo Melo (2008), o circuito foto acoplador é formado por um foto transistor e um *led* alojados internamente. A função dele é conduzir eletricidade através do acionamento do *led*, sem nenhum contato interno.

De acordo com *Athos Electronics* (2020a) uma grande vantagem da utilização do Ci é isolar o circuito elétrico, a fim de proteger componentes mais sensíveis, evitando o envio de sinais direto dos mesmos. O mesmo pode ser acionado com 5 ma e tensão de 5V. A Figura 6 apresenta o esquema de ligação do mesmo.

Figura 6 - Opto Acoplador PC817



Fonte: Mundo Eletrônico, 2020.

2.12 MOSFET

De acordo com Blogmax (2009), o mosfet é composto de material semicondutor, quando uma tensão é aplicada entre os terminais, o campo elétrico resultante penetra no óxido e cria uma espécie de "canal reverso" no canal original abaixo dele. Desta forma, ele cria um condutor pelo qual a corrente pode passar (Figura 7).

Figura 7 - Mosfet



Fonte: Baú da Eletrônica, 2020

Segundo NCB (2012), o transistor *mosfet* pode funcionar como uma chave liga e desliga, utilizados largamente na eletrônica, listados em quase todos os circuitos eletrônicos disponíveis.

De acordo com Eletrônica de Potência (2018), o transistor *mosfet* é acionado por tensão, diferentemente dos transistores unipolares, sendo que ele está disposto em dois modelos NPN e PNP. Deste modo, a sua função em um circuito é a limitação da tensão que passa pelo mesmo.

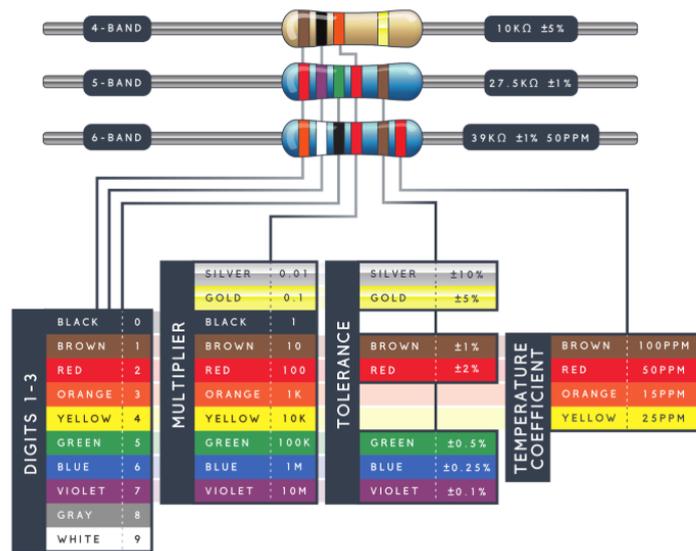
2.13 RESISTOR

Conforme Robocore (2019), o resistor é um dos componentes mais utilizados na eletrônica, estando em praticamente todos os circuitos. Considerado na maioria das vezes como sendo o mais importante e apresenta custo bastante baixo e de característica bem simples.

Por sua vez Athos Electronics (2020b), considera o resistor um componente elétrico, cuja função é limitar a corrente elétrica em um circuito através do efeito *joule*, ou seja, transforma a energia elétrica em energia térmica.

Desse modo, conforme Robocore (2019), a resistência do componente, varia conforme a quantidade de carbono disposta nele. Para a utilização do mesmo, é necessário a verificação da tabela de cores expressas em seu corpo, podendo variar de 4 a 5 faixas, conforme Figura 8.

Figura 8 - Valores do resistor



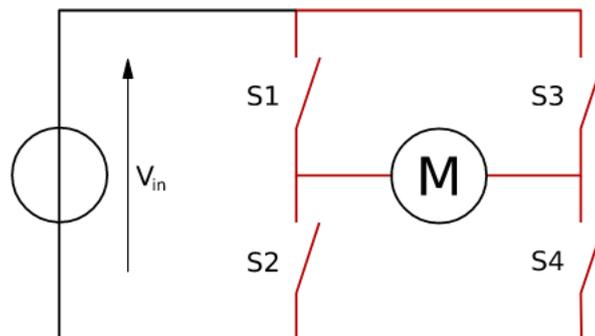
Fonte: Sparkfun, 2020.

2.14 PONTE H

Segundo Boson Treinamentos (2017), a ponte h é um circuito elétrico com a função de fazer a inversão de sentido ou direção de motores elétrico DC, sendo muito utilizada para esse fim.

Seu nome vem da forma como o circuito encontra-se arranjado, dessa maneira a Figura 9 mostra o arranjo das chaves de controle de sentido de corrente nomeadas de S1, S2, S3 e S4, e o posicionamento da carga a ser controlada simbolizada com M (EMBARCADOS, 2014).

Figura 9 - Ponte H



Fonte: Embarcados, 2014.

O circuito elétrico é composto por transistores ou *mosfet* e funciona como uma espécie de chave, acionando e desacionando os lados para qual o motor deve girar. Dessa maneira para fazer a inversão não se faz necessário o desligamento do motor

do sistema e a inversão manual, apenas aplicando sinais de tensão em um ponto ou no outro a inversão se dá de maneira automática, trazendo agilidade a aplicação e um melhor rendimento ao sistema (BOSON TREINAMENTOS, 2017).

2.15 REGULADOR DE TENSÃO LM2596

Os reguladores de tensão são muito úteis em circuitos onde é necessário garantir uma tensão específica em um ponto específico do circuito, sendo eles compostos geralmente por materiais semicondutores em um arranjo específico a fim de estipular a tensão de saída (ATHOS ELECTRONICS, 2020c).

De acordo com Wendling (2009), o regulador de tensão é capaz de manter a saída estabilizada mesmo havendo variações constantes na entrada, eles podem ser obtidos com componentes discretos ou em forma de circuito integrado.

O módulo regulador de tensão (Figura 10) utiliza um conversor DC/DC podendo ajustar a saída conforme a tensão desejada, podendo estar entre 1,5v a 35v. Seu funcionamento é através de um circuito integrado que utiliza um sinal de comutação de 150KHZ (ELETROGATE, 2020).

Figura 10 - Módulo regulador de tensão



Fonte: Eletrogate, 2020.

Por utilizar um sinal de PWM em seu funcionamento, o módulo gera uma tensão de saída limpa de ruídos, dessa forma excelente para se utilizar em microcontroladores (AUTOCORE ROBÓTICA, 2020).

3 METODOLOGIA

A metodologia apresenta um grau de importância muito elevada para a estruturação e desenvolvimento de pesquisas científicas. Pois, por meio dela, é possível determinar todos os métodos e técnicas que serão utilizadas ao longo da pesquisa (MIGUEL, 2012).

Para Lakatos e Marconi (1991), a metodologia trata-se de um conjunto de atividades sistemáticas e racionais, onde com maior segurança, torna possível chegar a um determinado objetivo, definindo o caminho a ser seguido, identificando os erros e dando suporte as decisões ao pesquisador.

A metodologia deve ser inserida como veículos que remetem a caminhos, formas e maneiras de encontrar instrumentos para captar informações de alguma realidade para determinado fim (VERGARA, 2016).

Neste capítulo é abordado o método de pesquisa adotado, que foi a pesquisa-ação, a coleta de dados, as etapas de implementação e demais técnicas e recursos utilizados.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Neste tópico são apresentados os métodos de pesquisa, bem como as técnicas utilizadas para a coleta de dados.

3.1.1 Pesquisa-ação

De acordo com Thiollent (2007), a pesquisa-ação, trata-se de uma pesquisa social tendo a base empírica de modo a estar configurada e executada em combinação com uma ação ou com a resolução de um determinado problema, onde os envolvidos, pesquisadores e participantes, estão alinhados com o problema e buscam de forma colaborativa ou participativa resolve-lo.

Já segundo Miguel (2012), na pesquisa-ação, o pesquisador na visão de participante, interfere no problema estudado de maneira cooperativa entre os demais participantes na busca de resolver o problema em questão, contribuindo com seu conhecimento.

A pesquisa-ação é observada como um método que tende as atividades e interesses acadêmicos com os empresariais, buscando resolver problemas muitas vezes complexos. Visando assim, colocar em prática as teorias, em busca de

planejamento, observação e ação de forma organizada entre o pesquisador e a empresa (BERNARDES, JÚNIOR E NAKANO, 2019).

A pesquisa-ação caracteriza-se devido sua evolução como metodologia que busca identificar, desenvolver e aplicar alterações de forma organizada e planejada sobre os problemas identificados que se busca resolver, com objetivo de se chegar a um resultado prático (GIL, 2018).

Ou seja, foram realizados estudos e análises na cadeira de rodas que serviu de protótipo para a implementação de um sistema autonivelante. A partir disso, foram realizados testes de modo a verificar eficácia do mecanismo.

3.1.2 Abordagem e objetivos de pesquisa

O presente estudo se caracteriza como pesquisa qualitativa, que busca a perspectiva de todos os envolvidos em um estudo, possibilitando a interpretação dos acontecimentos identificados no decorrer do estudo. Essas interpretações se tornam necessárias mediante os dados obtidos na pesquisa não serem entregues de forma direta (BERNARDES, JÚNIOR E NAKANO, 2019).

A abordagem qualitativa pode tomar forma e atingir um alto grau de relevância no desenvolvimento da pesquisa, dependendo da participação efetiva dos indivíduos envolvidos no caso. Levando em consideração todos os pontos considerados e apontados nesta abordagem, eles exigem que os pesquisadores colem, categorizem e estudem informações relevantes e consistentes com os resultados buscados (MIGUEL, 2012).

Com base nas argumentações, o pesquisador teve participação direta em todas as etapas de produção e desenvolvimento do protótipo, desde a seleção do material para confecção do mecanismo até o sistema lógico que realizou a manipulação do mesmo.

Em relação aos objetivos, o presente trabalho se caracteriza como sendo exploratório e explicativo. O estudo exploratório tem por objetivo explorar teorias e práticas que interferiram as existentes, apresentando assim um grande diferencial competitivo, frente a interação entre pesquisador e pesquisado (JUNG, 2004).

Assim, analisou-se a estrutura da cadeira de rodas buscando identificar e compreender os problemas relacionados a mesma procurando descrever sua estrutura e como seria realizada as modificações acerca do objetivo de estudo.

Caracteriza-se também como explicativo, que tem por objetivo estabelecer uma conexão maior com o problema, possibilitando uma melhor compreensão do mesmo ou até fazer suposições. A maioria desses estudos envolve: levantamentos bibliográficos, entrevistas com pessoas que têm experiência prática nas questões de pesquisa; análise de exemplos, geralmente continuando a pesquisa descritiva e exploratória (GIL, 2018).

Ou seja, através das análises feitas na cadeira de rodas buscou-se identificar a causa do problema e assim apresentar e implementar a melhor alternativa para a resolução do mesmo.

3.1.3 Coleta de dados

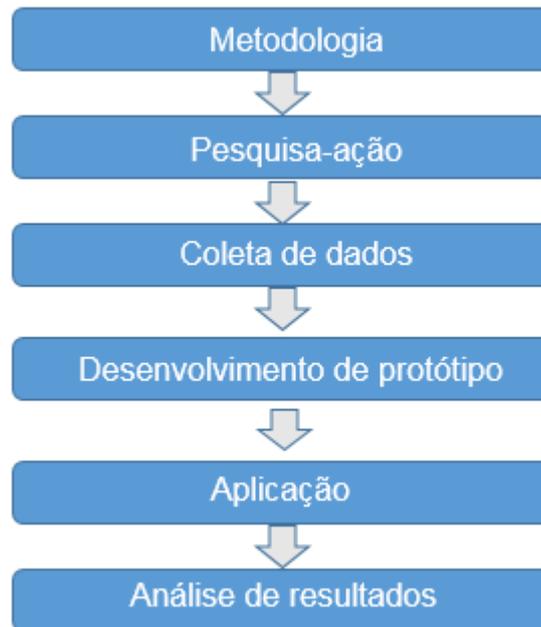
A utilização de inúmeros procedimentos de coleta de dados no método de pesquisa aplicado, melhora as oportunidades para elaboração da pesquisa. Deste modo, o pesquisador assume uma função essencial no andamento e aplicação dos meios de coleta de dados, que se dividem em primários e secundários. Primários são coletados através da análise de dados específicos para o estudo a ser realizado em tempo real, utilizando a metodologia ideal para atender aos objetivos do mesmo. Os dados secundários, são aqueles que já foram coletados, tabulados, ordenados e, até analisados, com outros propósitos de atender às necessidades do estudo em andamento (COUGHLAN E COUGHLAN, 2002).

Levando em consideração o exposto, a coleta de dados do estudo se deu por meio de estudos referente ao funcionamento e aplicação do sensor de acelerômetro e giroscópio. Além disso, foi observado a necessidade de um motor elétrico de auto torque capaz de movimentar uma grande carga exposta sobre ele. E, por fim, foram levantadas informações acerca da capacidade do mecanismo baixar e elevar uma plataforma garantindo o torque do motor.

3.1.4 Atividades da pesquisa

A fim de ter melhor compreensão das atividades relacionadas a metodologia aplicada no presente estudo, foram elencadas as etapas que compõem a mesma, conforme apresenta a Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma de atividade



Fonte: O autor, 2020.

A metodologia se refere a etapa inicial do estudo, onde tem por objetivo a definição do método a ser utilizado. O pesquisador deve fazer uma análise do modelo adequado a fim de obter os resultados desejados e que atenda aos requisitos necessários ao estudo.

A pesquisa-ação foi o método adotado para o desenvolvimento do projeto, que busca solucionar o problema de uma cadeira de rodas autonivelante desenvolvendo e implementando uma melhoria.

A coleta de dados é a etapa que se objetiva a realização de pesquisas sobre possíveis métodos e dados que possam solucionar e auxiliar no desenvolvimento do protótipo. A utilização dos problemas existentes nos sistemas convencionais, foi levada em consideração a fim de buscar uma solução tecnológica. A pesquisa de sensores e mecanismos para a realização do estudo se encaixam nessa etapa.

O desenvolvimento do protótipo foi realizado em uma estrutura rígida em proporções menores, com a utilização de impressão 3D. O modelo contou com todos os componentes que integram o mecanismo e seus derivados.

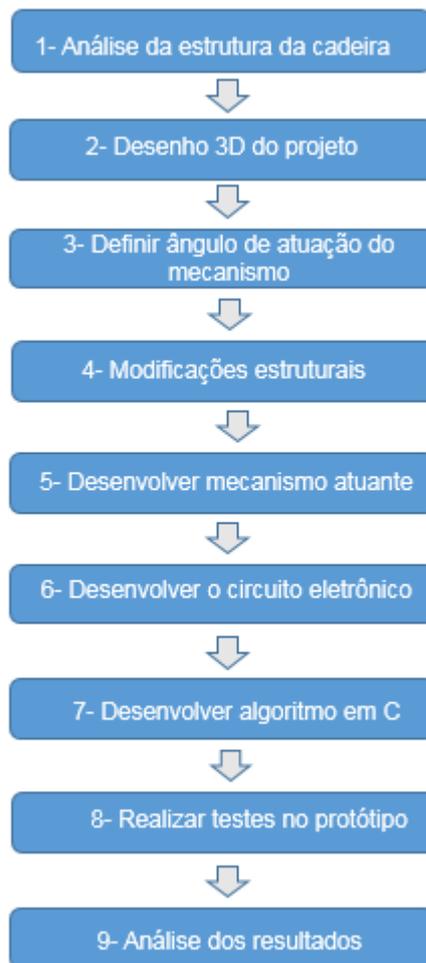
A aplicação foi desenvolvida em uma cadeira de rodas convencional e mecânica, onde um sistema de auto nivelamento foi desenvolvido e implementado, realizando-se cortes e modificações na estrutura da mesma, alocando baterias, sistema do mecanismo de nivelamento e os componentes eletrônicos.

A análise dos resultados foi realizada a partir da conclusão de implementação da aplicação, verificando os quesitos atendidos e os faltantes, assim como a sua atuação e funcionamento.

3.1.5 Etapas de implementação

Nessa etapa são abordadas todas as etapas de implementação que complementam o desenvolvimento de um protótipo de uma cadeira de rodas autonivelante, conforme apresenta a Figura 12.

Figura 12 - Etapas de Implementação



Fonte: O autor, 2020.

A primeira etapa contemplou a análise da estrutura da cadeira, que se fez necessário para estabelecer os requisitos para a realização do projeto, e a percepção de todas as modificações possíveis para se tornar viável o seu uso.

A etapa dois foi o desenho em 3D. Para a realização de um projeto bem sucedido, foi necessário desenvolver o seu desenho em 3D para a verificar a

possibilidade de implementação, assim como montagem do mecanismo atuante e posteriormente a simulação.

A terceira etapa é a definição dos ângulos de atuação do mecanismo, pois os mesmos são de suma importância, dado que afeta todo o estudo em seu objetivo. Assim obteve-se as informações das normativas das rampas de acesso e ou verificar o caso de ângulos extremos.

A etapa sucessora é a realização da modificação estrutural da cadeira de rodas. Essa etapa utilizou-se da projeção realizada no desenho em 3D, sendo analisadas as possíveis modificações a serem feitas no chassi da cadeira de rodas para torna-la manipulável.

A próxima etapa foi desenvolver o mecanismo atuante. Essa etapa utilizou-se diretamente das anteriores, pois precisou seguir dimensões e ângulos já especificados, dessa forma o mecanismo, teve de ser atuado de forma rápida, e com muita precisão, levando o seu desenvolvimento a grande complexidade.

A etapa seguinte, foi desenvolver o circuito eletrônico, este foi projetado em um *software* específico, fazendo as simulações e ajustes necessários, para posteriormente desenvolver em modelo físico e fazer uso do mesmo.

A sétima etapa foi desenvolver o algoritmo, pois o projeto utilizou um microcontrolador, que necessitou de um programa desenvolvido em linguagem “C” para o seu funcionamento, acionando as suas portas lógicas e criando rotinas de comportamento para diversas situações encontradas, dessa forma foi obtido o êxito no projeto.

A oitava etapa foi realizar testes no protótipo, essa etapa foi de extrema importância para a verificação da atuação de seu mecanismo de nivelamento automático.

E por fim, a última etapa foi a realização da análise dos resultados, onde os mesmos foram comparados com os estipulados, e em caso de divergência, o projeto necessitará de ajustes.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados e os objetivos esperados para o estudo, bem como, todas as etapas de desenvolvimento e implementação do sistema autonivelante a uma cadeira de rodas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIRA DE RODAS UTILIZADA

A cadeira de rodas utilizada no projeto é mecânica de propulsão manual, sua estrutura é composta de metal, similar a Figura 13. O modelo original encontrava-se em um estado extremo de abandono, sem algumas peças que a compõe, dessa forma utilizou-se uma imagem de um modelo similar.

Figura 13 - Modelo de cadeira de rodas utilizado



Fonte: Loja Ortopédica, 2020

Seu chassi é produzido de forma a melhorar e otimizar o transporte, formando assim um grande “X” em seu interior que quando aberto, garante uma boa estabilidade e quando fechado, facilita no processo de logística da cadeira em veículos comuns. A Figura 14 apresenta uma ilustração da cadeira fechada e pronta para ser guardada ou transportada em porta malas.

Figura 14 - Cadeira de rodas Fechada



Fonte: Loja Ortopédica, 2020

Como a cadeira possui um chassi de metal, o mesmo é muito rígido e não possui nenhum sistema de amortecimento de impacto ou desnível do terreno. As rodas traseiras utilizam pneus semelhantes aos de bicicletas. Já as rodas dianteiras ou rodas de direção são envolvidas por uma borracha rígida, seu estado é maciço. Nas costas do usuário e no assento é encontrado uma espécie de almofada com encaixe na cadeira assim proporcionando algum conforto ao mesmo.

4.2 DESENHO 3D

Tendo em mente que, para realizar as modificações necessárias, é imprescindível o desenvolvimento de um modelo em 3 dimensões da cadeira de rodas sob forma de desenho, pois é através dele que é possível a prévia análise do que irá ser executado para a obtenção de êxito no seu desenvolvimento do protótipo.

Para realizar essa etapa, foi utilizado um *software* de desenvolvimento em 3D. O *software* escolhido foi o *Autodesk Fusion 360*, pelo fato que o mesmo é disponibilizado de forma gratuita através de uma licença para estudante.

Dessa forma, o conjunto final montado é mostrado na Figura 15, com todos os mecanismos atuantes e todo o sistema elétrico já incluso.

Figura 15 - Desenho 3D do projeto



Fonte: Autor, 2020.

Após a realização do desenho e montagem do protótipo em 3D, segue-se para outra etapa.

4.3 DEFINIÇÃO DO ÂNGULO DE ATUAÇÃO

A definição do ângulo de atuação do dispositivo é de suma importância, pois com ele definido pode-se dar início as próximas etapas que o sucedem. Para a definição do mesmo, se fez necessário a busca por normativas de padronização de rampas de acesso aos deficientes, para levar em consideração a angulação máxima permitida.

No entanto segundo a norma de padronização a angulação máxima permitida varia de acordo com o Quadro 2, dessa maneira cada rampa terá uma inclinação, dependendo de fatores como comprimento e altura.

Quadro 2 - Limites estabelecidos para rampas

Inclinação admissível de cada segmento da rampa (%)	Desníveis máximos de cada segmento de rampa (m)	Números máximos de segmentos e rampa (n)	Comprimentos de cada segmento de rampa(m)
5,00 (1:20)	1,50	-- --	30,00
6,25 (1:16)	1,00	14	16,00
	1,20	12	19,20
8,33 (1:12)	0,90	10	10,80
10,00 (1:10)	0,274	08	2,74
	0,50	06	5,00
	0,75	04	7,50
12,25 (1:8)	0,183	01	1,46

Fonte: Regras, [s.d.]

O protótipo deve atender a demanda das rampas de acesso assim como terrenos acidentados com angulações diversas. Acredita-se que os ângulos encontrados em outras situações são em sua maioria superior ao citado anteriormente, dessa forma a delimitação de ângulo da cadeira ficou em 27 graus. Sendo assim limitada devido ao comprimento de atuação do fuso, portanto delimitada no *software* ao atingir o valor máximo estipulado com o uso do sensor de acelerômetro.

4.4 MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS

Para realizar a implementação do mecanismo desenvolvido, se fez necessário algumas modificações na estrutura da cadeira de rodas. A cadeira mencionada possuía um chassi dobrável em forma de X, no entanto essa parte móvel foi fixada ao assento do utilizador. O assento por sua vez possui uma fixação central modelo pivô, assim podendo se movimentar em todas as direções conforme Figura 16.

Figura 16- Fixação assento cadeira de rodas



Fonte: Autor, 2020.

Também se fez necessário a realização de um suporte para a bateria e o circuito elétrico, utilizando cantoneiras e fixando-as próximo ao eixo das rodas traseiras, dessa forma acomodando o peso próximo ao centro de gravidade, facilitando o transporte e trazendo uma melhor dirigibilidade da mesma, como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Suporte para bateria



Fonte: Autor, 2020.

Dessa mesma forma foi realizada a fixação dos motores elétricos na parte inferior do chassi, conforme figura 18, visando um melhor aproveitamento de espaço e também a centralidade dos mesmos para os acoplamentos dos eixos helicoidais.

Figura 18 - Fixação dos motores



Fonte: Autor, 2020.

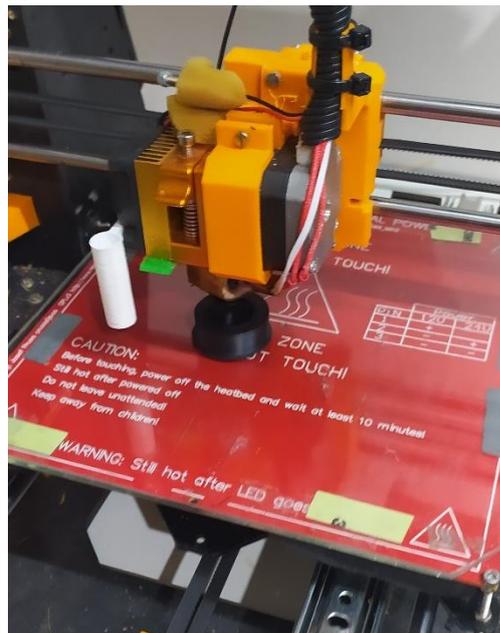
Todos os componentes modificados foram soldados em seu respectivo lugar para garantir que não haja interferências.

4.5 MECANISMO DESENVOLVIDO

O mecanismo utilizado na cadeira de rodas atendeu a todos os requisitos necessários, sendo o principal a realização de manobras de modo a baixar e subir as extremidades do assento do utilizador, assim podendo equilibrar o assento em um nível plano em relação ao solo

O mecanismo é composto de um motor de corrente contínua afixado na estrutura da cadeira de rodas, onde nesse mesmo motor é utilizado um acoplador de plástico. Para o desenvolvimento do acoplador utilizou-se uma impressora 3D, conforme Figura 19, assim facilitando o dimensionamento e desenvolvimento do mesmo.

Figura 19 - Impressão Acoplador



Fonte: Autor, 2020.

O alojamento da rosca helicoidal se dá através da afixação da mesma ao acoplador plástico ligado no motor, conforme indicado na Figura 20.

Figura 20 - Acoplamento motor

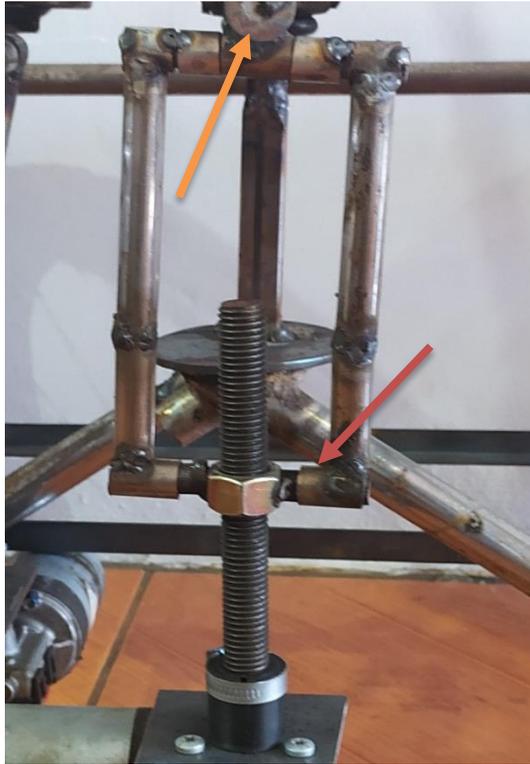


Fonte: O autor, 2020.

A outra parte do mecanismo é formado por uma estrutura metálica em forma de quadrado conforme Figura 21. O mesmo possui buchas na parte superior, conforme destacado em laranja na figura, dessa forma realizando um movimento que pode ser chamado de movimento y , ou seja, um movimento sobre o pino fixado ao assento do utilizador.

Já na parte inferior o mesmo possui uma porca onde é realizado o movimento de todo o sistema, assim destacado em vermelho na figura. Essa porca possui dois eixos soldados na sua lateral e encapsuladas no mecanismo, assim garantindo o movimento em um sentido, podendo chamar de movimento em sentido x , ou seja, movimento em seu próprio eixo.

Figura 21 - Mecanismo



Fonte: Autor, 2020.

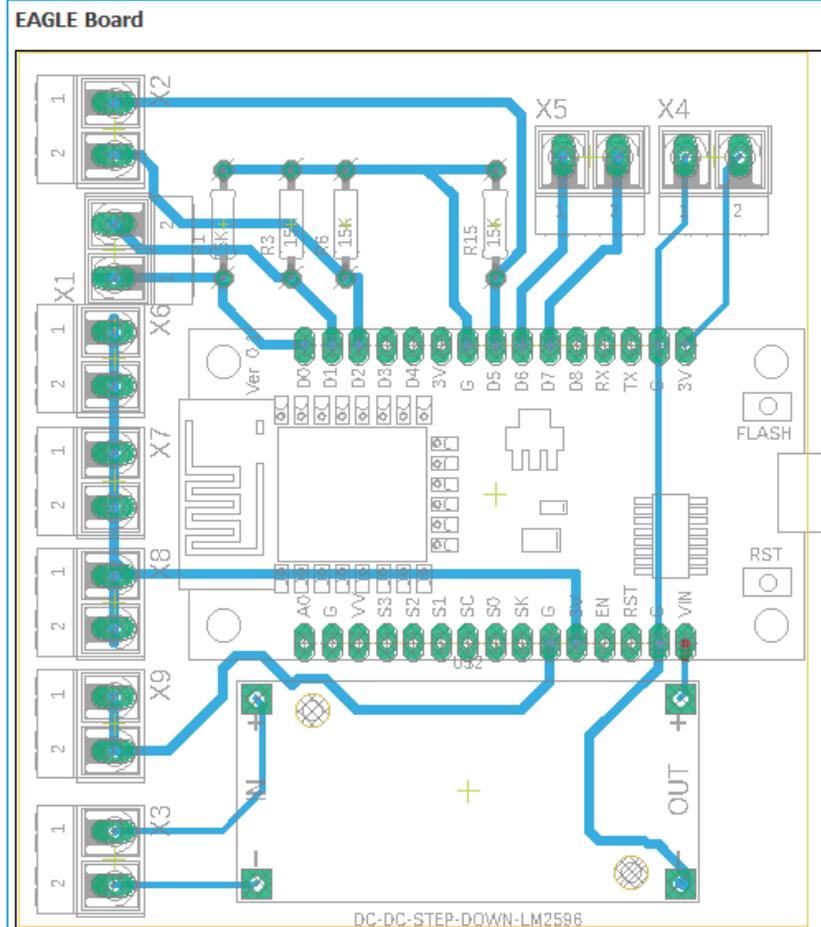
Todo o conjunto pode realizar um movimento de 100mm para cima ou para baixo, podendo assim garantir uma boa estabilização para diferentes tipos de inclinação.

Para o atuador, foi utilizado uma barra roscada UNC 3/4x8" de 10 fios passos por polegada, acoplado a um motor de limpador de para-brisa do *Renault Logan*. A dificuldade em produzir um fuso e o custo elevado levaram a essa decisão, pois o modelo encontra-se de maneira comercial, assim tornando-o de fácil acesso e custo baixo.

4.6 CIRCUITO ELETRÔNICO

O circuito eletrônico mostrado na Figura 22 é responsável pela interação do *Software* com o mecanismo de estabilização da cadeira de rodas. O seu desenvolvimento se deu através do *software Eagle* produzido pela *Autodesk*, obtido com uma licença educacional.

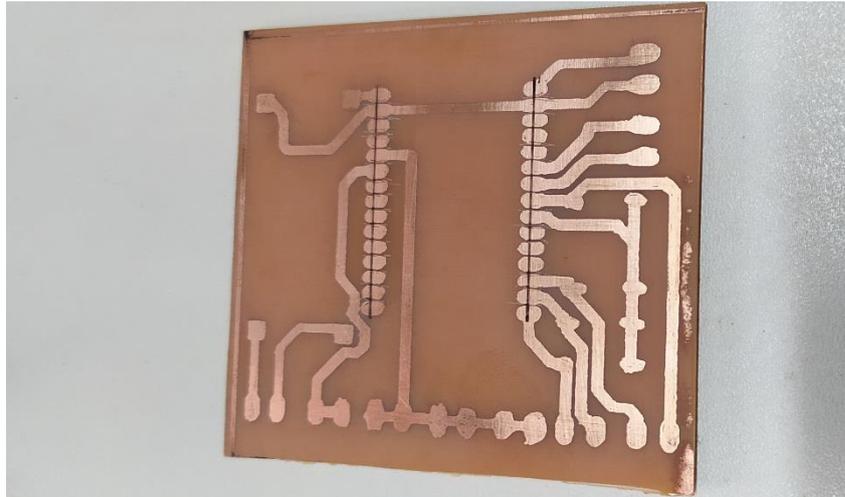
Figura 22 - Circuito eletrônico



Fonte: Autor, 2020.

Após o desenvolvimento do desenho, o mesmo foi transposto para uma placa de circuito impresso. Para essa etapa foi utilizado o *software FlatCam* que realiza manipulação de equipamentos do tipo CNC. Assim exportando o circuito para um formato *gcode* e utilizando de um marcador de tinta permanente acoplado em uma impressora 3D, o mesmo foi desenhado e após corroído com percloroeto de ferro, obtendo a placa de circuito mostrado na Figura 23.

Figura 23 - Placa de circuito



Fonte: Autor, 2020.

No circuito foi acoplado o ESP12, os motores devem ser devidamente isolados, pois utilizam o negativo comum, e dois *drivers* ponte H para a realização de inversão dos sentidos de rotações dos motores, e ainda será acoplado o sensor de acelerômetro do dispositivo, esse sendo afixado ao centro do assento do usuário.

4.7 DESENVOLVIMENTO DO ALGORITMO

O algoritmo responsável pela manipulação da cadeira de rodas, foi desenvolvido na linguagem C, o mesmo foi utilizado em um microcontrolador, dessa forma ele se tornou a parte essencial para a realização do controle de estabilização da cadeira de rodas.

Assim, optou-se pela utilização da IDE Arduino, devido a conhecimentos prévios do pesquisador adquiridos durante as disciplinas estudadas ao longo do curso de engenharia de controle e automação e a familiarização com a mesma.

O algoritmo de programação, conforme Apêndice A, verifica o ângulo em que se encontra o assento do usuário. Após essa verificação, ocorre o referenciamento, tendendo a zerar a angulação de rotação, acionando para cima ou para baixo os motores. Deste modo, seu erro é aproximadamente de 1 grau, após isso qualquer modificação é percebida e o mecanismo entra em atuação.

4.8 TESTES DO PROTÓTIPO

Para a validação do protótipo, torna-se imprescindível a realização de testes em situações reais, visando esclarecer dúvidas e confirmar algumas hipóteses. Os

testes foram realizados em diferentes terrenos e percursos, em locais acidentados, e em desníveis de solo com maior comprimento longitudinal, além de ser testado em diferentes velocidades.

Ao iniciar os testes, utilizou-se de uma rampa em uma via gradualmente elevada, onde conduziu-se a cadeira de rodas a fim de verificar a atuação do mecanismo e verificar o sistema de auto nivelamento da mesma em um percurso com comprimento longo de 500 metros, conforme a Figura 24.

Figura 24 - Rampa gradualmente elevada



Fonte: Autor, 2020.

Na sequência, optou-se pelo deslocamento em um acesso a passeio público, com comprimento menor e menor acentuação, conforme a Figura 25

Figura 25 - Rampa de acesso em via pública



Fonte: Autor, 2020.

A terceira consistiu em acessar uma rampa de um estabelecimento comercial, cuja inclinação é de aproximadamente 7.54 graus, sendo assim maior que a da via pública, e também com comprimento longitudinal maior, conforme a Figura 26.

Figura 26 - Rampa de acesso em estabelecimento comercial



Fonte: Autor, 2020.

4.9 ANÁLISE DE CUSTOS

O trabalho tem como objetividade a realização de um protótipo de baixo custo, dessa forma o valor totalizado da cadeira de rodas pode ser visualizado na Figura 27.

Figura 277 – Valores para a produção do protótipo elétrico

Qtd	Descrição	Total
02	Fusos 7/8	23,00
02	Porcas 7/8	2,50
01	Esp-12E	17,00
01	Sensor GY-521	15,00
02	Motores elétricos	320,00
02	Ponte H	190,00
	Demais componentes	30,00
	TOTAL	597,50

Fonte: Autor,2020.

A Figura 27 mostra os valores simulados para a fabricação do projeto com a utilização de um sistema pneumático para seu funcionamento.

Figura 287 – Valores para a produção do protótipo pneumático

Qtd	Descrição	Total
02	Cilindro pneumático	860,00
02	Válvula solenoide dupla	1024,00
01	Esp-12E	17,00
01	Sensor GY-521	15,00
02	Compressor 12V	600,00
01	Reservatório	190,00
	Demais componentes	30,00
	TOTAL	2.736,00

Fonte: Autor,2020.

O comparativo de valores para a produção do sistema apresentou o baixo custo do sistema elétrico utilizado no desenvolvimento do protótipo quando comparado com um sistema pneumático.

4.10 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir dos testes realizados no protótipo foram satisfatórios, considerando que trata-se de um protótipo rudimentar de baixo custo, podendo-se dizer que o mecanismo atuante cumpriu com a sua finalidade, atendendo os requisitos, e obtendo êxito em seu funcionamento. O sensor, juntamente com o microcontrolador, mostrou-se eficaz em relação ao em seu funcionamento, juntamente com as leituras corretas dos ângulos de inclinação.

O sistema foi relativamente satisfatório, ressaltando apenas o ponto em que durante o trajeto ao longo da via pública, em que a cadeira foi submetida a um rápido declive, e o sistema não atuou de forma rápida o suficiente para o nivelamento. Tal fato deve-se ao modelo de fuso adotado para o sistema, que possui o passo por revolução baixo, assim causando lentidão em todo o sistema. O nivelamento saiu como esperado, apenas não válido em rampas que necessitam de resposta imediata. Em rampas de comprimento longitudinal maior, ele funciona com bastante exatidão.

Outro fator importante observado nos resultados do protótipo é a questão ergonômica que o mesmo proporcionou ao usuário, pois as forças atuantes sobre o usuário são quase nulas, devido ao fato do mesmo estar alojado em uma posição perpendicular ao solo. Assim, verifica-se que os objetivos traçados inicialmente foram alcançados.

CONCLUSÃO

O direito a acessibilidade é assegurado a todos os membros da sociedade, uma vez que conforme consta na Constituição Federal todos são iguais perante a lei. Entretanto, é possível perceber que não há uma acessibilidade adequada em todos os lugares. É fato que é dever do estado, municípios e de seus entes proporcionar condições ideais para seus usuários. Contudo, algumas vezes não é possível promover uma acessibilidade eficaz, pois alguns locais não possuem um terreno plano.

A realização desse trabalho teve como justificativa principal solucionar a falta de ergonomia, e a falta de confortabilidade encontrada nas cadeiras de rodas, onde ao passar por um desnível o usuário deve realizar um esforço físico para deixar o corpo fixo ao assento, assim gerando desconforto.

Frente a isso, o presente trabalho buscou uma solução eficaz para as pessoas portadoras de deficiência e que necessitam utilizar cadeira de rodas. Buscou-se, através de pesquisas bibliográficas e testes, elaborar uma cadeira de rodas que fosse proporcionar aos seus usuários um maior conforto e comodidade através de um sistema de auto nivelamento em relação ao solo, independentemente da situação que se encontra.

As hipóteses explanadas no item 1.4 foram atingidas, o mecanismo de nivelamento automático apresentou resultados satisfatórios em relação ao conforto do usuário, mas em relação ao funcionamento o mesmo apresentou a característica de ter seu sistema lento em função dos passos por revolução dos fusos ser baixo, assim reduzindo a velocidade de atuação do sistema, ou seja ele pode não responder de maneira satisfatória uma situação onde o desnível encontrado for curto e íngreme, dessa forma o sistema irá atuar mas não atingindo o equilíbrio do acento do usuário em tempo hábil.

Com base no exposto, o estudo demonstrou que é possível desenvolver um sistema eletromecânico para o auto nivelamento de uma cadeira de rodas, utilizando sensores, microprocessador e motores elétricos. De modo que proporcione uma melhor comodidade ao usuário, facilitando o deslocamento em terrenos irregulares e ao mesmo tempo melhorando a ergonomia do mesmo, definições relatadas no capítulo 4, que descrevem o atingimento do objetivo geral do estudo.

Em relação aos objetivos específicos do estudo, onde o primeiro era realizar o desenho tridimensional da cadeira de rodas para a realização da montagem e ensaios a fim de testes, o mesmo foi realizado, conforme consta no item 4.2, o qual se fez muito útil pois a realização da execução de um projeto com as dimensões de ajustes já disponíveis reduz a indução de erros e posteriores reparos.

O segundo objetivo específico se referiu ao desenvolvimento do mecanismo para o nivelamento da cadeira de rodas com a utilização de motores elétricos, onde o mesmo foi executado, conforme tópico 4.5 e se demonstrou essencial para o funcionamento correto do protótipo.

A realização da programação do microcontrolador e a aplicação do sensor, foi o terceiro objetivo específico definido para o estudo, de acordo com o tópico 4.7, pode-se definir que esse item é a parte principal para a execução do controle de nivelamento, pois ele é responsável pela leitura dos dados e o acionamento dos motores, para então estabilizar o sistema.

O quarto e último objetivo específico se referiu a realização de testes no protótipo já montado, para isso foi utilizado de um usuário onde o mesmo foi deslocado por um perímetro, passando por desníveis diversos, e o protótipo apresentou um bom desempenho. No entanto como exposto no item 4.9 o protótipo apresentou um pequeno empecilho, onde seu sistema é um pouco lento devido à parte mecânica. Desse modo o mesmo funcionou perfeitamente, mas não possuiu resposta imediata a algum desnível súbito.

Conforme exposto, o protótipo cumpriu todas as funções, melhorando muito a ergonomia e a qualidade de vida do cadeirante, ficando limitado somente pela velocidade de atuação, assim pode-se concluir que foi obtido êxito em seu desenvolvimento e a aplicação na prática.

Como consideração final para este estudo, destaca-se que a realização de um trabalho deste nível proporciona ao acadêmico em engenharia de controle e automação uma singular oportunidade para verificação na prática das teorias estudadas em sala e aula, pois contribui efetivamente para constituir a identidade do futuro profissional desta área.

Como sugestão para trabalhos futuros, verificou-se que realizando alguns ajustes nos mecanismos para evitar folgas, e mudanças de configurações dos acopladores para suportar maiores impactos, ainda dessa maneira a substituição do fuso para uma melhor resposta do sistema. Assim o sistema pode ser aplicado em

alguma cadeira motorizada, assim aumentando ainda mais a eficiência do mesmo, pelo fato da existência de baterias e um sistema elétrico. Dessa forma o sistema poderá ajudar ainda mais as pessoas que necessitam da cadeira de rodas para o seu deslocamento.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, F. B. **Desenvolvimento de sistemas de motorização alternativa para cadeiras de rodas convencionais**. 2002. 192p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. 2002.
- ATHOS ELECTRONICS. **Acoplador Ótico**: O que é e como funciona. 2020a. Disponível em: < <https://athoselectronics.com/acoplador-optico/> >. Acesso em: 09 out de 2020.
- ATHOS ELECTRONICS. **Regulador de tensão**: circuitos e aplicações. 2020c. Disponível em: < <https://athoselectronics.com/regulador-de-tensao/> >. Acesso em: 31 out 2020.
- ATHOS ELECTRONICS. **Resistor – O que é, tipos e aplicações**. 2020b. Disponível em: < <https://athoselectronics.com/resistor/>>. Acesso em: 09 out de 2020.
- AUTOCORE ROBÓTICA. **Módulo Regulador de Tensão Ajustável LM2596**.2020. Disponível em: < <https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-regulador-de-tensao-ajustavel-lm2596>>. Acesso em 31 out de 2020.
- BAÚ DA ELETRÔNICA. **Conhecendo o ESP8266**. 2018. Disponível em: < <http://blog.baudaeletronica.com.br/esp8266/> >. Acesso em: 09 out 2020.
- BAÚ DA ELETRÔNICA. **Transistor IRFZ44N - MOSFET de canal N**. 2020. Disponível em: < baudaeletronica.com.br/transistor-irfz44n-mosfet-de-canal-n.html >. Acesso em: 31 out 2020.
- BERNARDES, E.; JUNIOR, J. M.; NAKANO, D. N. **Pesquisa qualitativa em engenharia de produção e gestão de operações**. São Paulo: Atlas, 2019.
- BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: CEDI, 2008.
- BLOGMAX. **Afinal, o que é Mosfet?**. 2009. Disponível em: < <http://blog.mundomax.com.br/automotivo/afinal-o-que-e-mosfet/> >. Acesso em: 31 out 2020.
- BOSON TREINAMENTOS. **Como funciona uma Ponte H**: Controle direcional de motores DC. 2017. Disponível em: < <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-uma-ponte-h-control-direcional-de-motores-dc/> >. Acesso em 09 out de 2020.
- BRASIL, **Decreto Nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999**. 1999. Disponível em : < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm >. Acesso em: 18 out de 2020.
- BRASIL, **Lei No 10.098, DE 19 de dezembro de 2000**. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.htm#:~:text=LEI%20No%2010.098%2C%20DE%2019%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202000.&text=Estabelece%20normas%20gerais%20e%20crit%C3%A9rios,reduzida%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs>. Acesso em: 09 de out. 2020.

CABRAL, A. K.P. S. **Ergonomia e inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho**: um levantamento do estado da arte com ênfase nos métodos e técnicas utilizados para (re) inserção profissional. Dissertação de Mestrado em Design. Universidade Federal de Pernambuco. Pós-Graduação em Design. 2008.

COOPER, R. A. **Wheelchair Selection and Configuration**. Editora Demos. Pittsburgh, 1998.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. *Action research for operations management*. **International Journal of Operations & Production Management** , v. 22, n. 2, 2002.

DUL, J., WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia prática**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

ELETROGATE. **Módulo Regulador de Tensão Step-down Lm2596**. Disponível em: < <https://www.eletrogate.com/modulo-regulador-de-tensao-step-down-lm2596> >. Acesso em: 31 out 2020.

ELETRÔNICA DE POTÊNCIA. **Transistor MOSFET de Potência**. 2018. Disponível em: < <https://eletronicadepotencia.com/transistor-mosfet-de-potencia/> >. Acesso em: 09 out de 2020.

EMBARCADOS. **Apresentando o módulo ESP8266**. 2015. Disponível em: < <https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/#Descricao-dos-pinos> >. Acesso em: 09 out 2020.

EMBARCADOS. **Ponte H com bootstrap para acionamento de motores DC**. 2014. Disponível em: < <https://www.embarcados.com.br/ponte-h-bootstrap-acionamento-motores-dc/> >. Acesso em: 31 out 2020.

FILIFELOP. **GY-521**. 2014. Disponível em: < <https://uploads.filifelop.com/2014/09/GY-521-MPU-6050-Pinos1.jpg> >. Acesso em: 31 out 2020.

FREITAS, P.S. **O ensino de basquetebol sobre rodas, desafios e possibilidade**. 1997. 145p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. [2. Reimpr.]. – 6. ed. – São Paulo: Atlas, 2018.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

JUNG, F. C. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento**. Rio de Janeiro, Ed.Axcel Books do Brasil Editora Ltda. 2004.

KULMAN, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de ângulos de rolagem e arfagem para uso em cadeira de rodas**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

LINO, S. S. **Modelagem e simulação de dispositivo manual auxiliar para mobilidade de cadeirantes com paraplegia por lesão medular**. 2018. Dissertação (Mestrado em Modelagem e Otimização) – Unidade Acadêmica Especial de Matemática e Tecnologia, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão – GO.

LOJA ORTOPÉDICA. **Cadeira De Rodas 1009 RN** - Pneu Maciço – Jaguaribe. 2020. Disponível em: < <https://www.lojaortopedica.com.br/cadeira-de-rodas-1009-rn-pneu-macico-jaguaribe.html> > . Acesso em: 25 set 2020.

MALGARIN, D.; PARREIRA, F.J.; BERTOLINI, C. **Construção de um Ambiente Virtual para Simular a Condução de uma Cadeira de Rodas**. 2016. Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Departamento de Tecnologia da Informação. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. 2016.

MECCOM - Controle e Automação. **Microprocessadores e microcontroladores**. 2017. Disponível em: < <http://www.meccomeletronica.com/site/data/uploads/revisao-np2-mcu-2017.pdf> > . Acesso em: 10 nov. 2020.

MELO, R. R. S. **Circuito residencial com temporizador independente por usuário**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia da Computação. Centro Universitário de Brasília – UniCEUB. Faculdades de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS. Curso de Engenharia da Computação. 2008.

MIGUEL, C. P. A. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2012.

MORAES, M. C. **Acessibilidade no Brasil**: Análise da NBR 9050. 175f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2007.

MOSAICOS AMAZONAS. **Rampa de acessibilidade**: tudo o que você precisa sobre esse importante item da sua obra. 2020. Disponível em: < <https://www.mosaicosamazonas.com.br/dica/rampa-de-acessibilidade-tudo-o-que-voce-precisa-sobre-esse-importante-item-da-sua-obra> > . Acesso em: 06 nov. 2020.

MUNDO DA ELETRÔNICA. **Motor de corrente contínua**: O que é? 2020. Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/motor-de-corrente-continua-caracteristicas-e-aplicacoes/> > . Acesso em: 06 de Jun de 2020.

MUNDO ELETRÔNICO. **PC817 PC 817**. 2020. Disponível em: < <https://www.mundoeletronica.com.br/produtos/pc817-pc-817/> > . Acesso em: 09 out de 2020.

NCB. **Como funciona o MOSFET**. 2012. Disponível em: < <https://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/6417-art977> > . Acesso em: 09 out de 2020.

NETO, A. P. R. **Vibrações mecânicas**. Rio de Janeiro: E-papers, 2007.

NETO, I. A. O. **Desenvolvimento de uma cadeira de rodas robótica para transporte de portador de necessidades especiais**. Dissertação de Mestrado em Ciências de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Computação. 2013.

OFICINA DA NET. **O que é um giroscópio?** 2016. Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/post/17290-o-que-e-giroscopio-nos-smartphones>>. Acesso em 24 de Maio de 2020.

OLIVEIRA, R. O. **Uso do microcontrolador esp8266 para automação residencial**. Projeto de Graduação em Engenharia de Controle e Automação Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Graduação em Engenharia de Controle e Automação. 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Cadeira de Rodas Pacote de Treinamento em Serviços**: Manual de Referência para os Participantes. 2011. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78236/9789241503471_reference_manual_por.pdf?sequence=48> Acesso em 22 de Maio de 2020.

PAZMINO, A. V.; GOULART, D. Processo de adaptação de cadeira de rodas para usuários com paralisia cerebral nível 5 no GMFCS. **Design e Tecnologia**, v. 9, n. 17, p. 01-09, 9 jan. 2019.

REGRAS de acessibilidade ao meio físico para o deficiente. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.ibdd.org.br/arquivos/acessibilidade.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

REIS, F. Curso de Eletrônica – **O que é PWM – Pulse Width Modulation**. 2017. Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/curso-de-eletronica-o-que-e-pwm-pulse-width-modulation/>>. Acesso em: 28 Jun. 2020.

ROBOCORE. **Introdução ao resistor**. 2019. Disponível em: <<https://www.robocore.net/tutoriais/introducao-ao-resistor>>. acesso em: 09 out 2020.

ROCHA, E. F.; CASTIGLIONI, M. C. **Reflexões sobre recursos tecnológicos: ajudas técnicas, tecnologia assistiva, tecnologia de assistência e tecnologia de apoio**. Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo, v. 16, n. 3, p.97-104, set./dez., 2005.

RODRIGUES, P. R.; ALVES, L. R. G. Tecnologia assistiva: uma revisão do tema. **Holos**, v. 6, n. 29, p. 170–180, 2013.

SANTOS, E. S. **Ergonomia e Acessibilidade**: Um Estudo de Caso Sobre os Problemas Potenciais na Concepção de Sistema de Locomoção Para Atividades Diárias na Cidade de Manaus. Projética, Londrina, v.4, n.1, p. 121-136, Jan./Jun. 2013.

SIEMENS. **Motores de corrente contínua**: Guia rápido para uma especificação precisa. Edição 01-2016. Disponível em: <https://cdn.hackaday.io/files/9127390489568/Motores_CC_ind1.pdf>. Acesso em: 06 de Jun de 2020.

SILVA, J. F. **Padrões de propulsão para cadeira de rodas e seus fatores de desempenho**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

SILVA, L. C. A. **Princípios básicos de um laboratório virtual para veículos: Aplicação em acessibilidade**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia. Campinas – SP. 2007.

SILVEIRA, M. G. **Descrição de acidentes com usuários de cadeira de rodas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso em Terapia Ocupacional. Universidade Federal de São Paulo *Campus Baixada Santista*. Santos -SP. 2019.

SOUZA, E. **Projetando rampas acessíveis segundo a NBR 9050**. 2019. disponível EM: < <https://www.archdaily.com.br/br/891636/projetando-rampas-acessiveis-segundo-a-nbr-9050> >. Acesso em: 08 nov. 2020.

SOUZA, F. **Arduino – Interface com acelerômetro e giroscópio**. 2015. Disponível em: < <https://www.embarcados.com.br/arduino-acelerometro-giroscopio/> >. Acesso em 24 de Maio de 2020.

SPARKFUN. **Resistores**. 2020. Disponível em: < <https://learn.sparkfun.com/tutorials/resistors/all/>>. Acesso em: 09 out de 2020.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2007.

TORTOSA, L. et al. **Ergonomia y Discapacidad**. 1. ed. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997.

USP. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Motor de Corrente Contínua**. 2016. Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1230461/mod_resource/content/1/MCC_Resumo.pdf>. Acesso em: 06 de Jun de 2020.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 16. ed. – São Paulo: Atlas, 2016.

VIDA E SAÚDE. **Os obstáculos enfrentados pelos portadores de deficiência física**. 2013. Disponível em: < <https://www.tribunapr.com.br/arquivo/vida-saude/os-obstaculos-enfrentados-pelo-portadores-de-deficiencia-fisica/#:~:text=Cal%C3%A7adas%20em%20p%C3%A9ssimas%20condi%C3%A7%C3%B5es%2C%20falta,em%20pr%C3%A9dios%20comerciais%20e%20p%C3%BAlicos> >. Acesso em: 12 out 2020.

WENDLING, M. **CI Reguladores de Tensão**. Universidade Estadual Paulista. Campus de Guaratinguetá. SP. 2009. Disponível: < <https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---ci-reguladores-de-tensao---v1.0.pdf> >. Acesso em: 31 out 2020.

APÉNDICE A

```

1 #include <Wire.h>
2 // ponte H D0 ou D1
3 // ponte H2 D2 ou D5
4
5 // MPU6050 Slave Device Address
6 const uint8_t MPU6050SlaveAddress = 0x68;
7
8 // Select SDA and SCL pins for I2C communication
9 const uint8_t scl = D6;
10
11 const uint8_t sda = D7;
12 int i = 0, n = 0;
13 double Ax2=1.00, Ay2 = 1.00;
14
15 // sensitivity scale factor respective to full scale setting provided in data:
16 const uint16_t AccelScaleFactor = 16384;
17 const uint16_t GyroScaleFactor = 131;
18
19 // MPU6050 few configuration register addresses
20 const uint8_t MPU6050_REGISTER_SMP_LRT_DIV = 0x19;
21 const uint8_t MPU6050_REGISTER_USER_CTRL = 0x6A;
22 const uint8_t MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_1 = 0x6B;
23 const uint8_t MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_2 = 0x6C;
24 const uint8_t MPU6050_REGISTER_CONFIG = 0x1A;
25 const uint8_t MPU6050_REGISTER_GYRO_CONFIG = 0x1B;
26 const uint8_t MPU6050_REGISTER_ACCEL_CONFIG = 0x1C;
27 const uint8_t MPU6050_REGISTER_FIFO_EN = 0x23;
28 const uint8_t MPU6050_REGISTER_INT_ENABLE = 0x38;
29 const uint8_t MPU6050_REGISTER_ACCEL_XOUT_H = 0x3B;
30 const uint8_t MPU6050_REGISTER_SIGNAL_PATH_RESET = 0x68;
31
32 int16_t AccelX, AccelY, AccelZ, Temperature, GyroX, GyroY, GyroZ;
33
34 void setup() {
35   Serial.begin(9600);
36   Wire.begin(sda, scl);
37   MPU6050_Init();
38   pinMode(4, OUTPUT);
39   pinMode(14, OUTPUT);
40   pinMode(5, OUTPUT);
41   pinMode(16, OUTPUT);
42 }
43
44
45 void loop() {
46   double Ax, Ay, Az, T, Gx, Gy, Gz;
47
48   Read_RawValue(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_ACCEL_XOUT_H);
49
50   //divide each with their sensitivity scale factor
51   Ax = (double)AccelX / AccelScaleFactor;
52   Ay = (double)AccelY / AccelScaleFactor;
53   Az = (double)AccelZ / AccelScaleFactor;
54
55
56   Serial.print("Ax: "); Serial.print(Ax);
57   Serial.print(" Ay: "); Serial.print(Ay);

```

```

58 Serial.println(" ");
59 delay(100);
60 if ( Ay > Ay2 + 0.01 || Ay < Ay2 - 0.01)
61 {
62
63
64     if (Ay < -0.02 && Ay > -1.0)
65     {
66
67         if (n == 1)
68         {
69             digitalWrite(4, false);
70             digitalWrite(14, false);
71             delay(5);
72         }
73         digitalWrite(4, false);
74         digitalWrite(14, true);
75         n = 0;
76     }
77     else if ( Ay >= 0.02 && Ay <= 1.0)
78     {
79         if (n == 0)
80         {
81             digitalWrite(4, false);
82             digitalWrite(14, false);
83             delay(5);
84         }
85         digitalWrite(4, true);
86         digitalWrite(14, false);
87         n = 1;
88     }
89     else
90     {
91         digitalWrite(4, false);
92         digitalWrite(14, false);
93     }
94 }
95
96 ///*****Ponte Motor Lateral*****
97 if ( Ax > Ax2 + 0.01 || Ax < Ax2 - 0.01)
98 {
99     Ax2 = Ax;
100
101     if (Ax < -0.02 && Ax > -1.0)
102     {
103         if (i == 1)
104         {
105             digitalWrite(16, false);
106             digitalWrite(5, false);
107             delay(5);
108         }
109         Serial.print("Positivo");
110         digitalWrite(16, false);
111         digitalWrite(5, true);
112         i = 0;
113     }
114     else if ( Ax > 0.02 && Ax < 1.0)

```

```

115     {
116         if (i == 0)
117         {
118             digitalWrite(16, false);
119             digitalWrite(5, false);
120             delay(5);
121         }
122         Serial.print("Negativo");
123         digitalWrite(16, true);
124         digitalWrite(5, false);
125         i = 1;
126     }
127     else
128     {
129         digitalWrite(16, false);
130         digitalWrite(5, false);
131     }
132 }
133 }
134
135
136 void I2C_Write(uint8_t deviceAddress, uint8_t regAddress, uint8_t data) {
137     Wire.beginTransmission(deviceAddress);
138     Wire.write(regAddress);
139     Wire.write(data);
140     Wire.endTransmission();
141 }
142
143 // read all 14 register
144 void Read_RawValue(uint8_t deviceAddress, uint8_t regAddress) {
145     Wire.beginTransmission(deviceAddress);
146     Wire.write(regAddress);
147     Wire.endTransmission();
148     Wire.requestFrom(deviceAddress, (uint8_t)14);
149     AccelX = (((int16_t)Wire.read() << 8) | Wire.read());
150     AccelY = (((int16_t)Wire.read() << 8) | Wire.read());
151     AccelZ = (((int16_t)Wire.read() << 8) | Wire.read());
152     GyroX = (((int16_t)Wire.read() << 8) | Wire.read());
153     GyroY = (((int16_t)Wire.read() << 8) | Wire.read());
154     GyroZ = (((int16_t)Wire.read() << 8) | Wire.read());
155 }
156
157 //configure MPU6050
158 void MPU6050_Init() {
159     delay(150);
160     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_SMPLRT_DIV, 0x07);
161     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_1, 0x01);
162     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_2, 0x00);
163     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_CONFIG, 0x00);
164     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_GYRO_CONFIG, 0x00); //set +/-250
165     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_ACCEL_CONFIG, 0x00); // set +/- 2g
166     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_FIFO_EN, 0x00);
167     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_INT_ENABLE, 0x01);
168     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_SIGNAL_PATH_RESET, 0x00);
169     I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_USER_CTRL, 0x00);
170 }

```