

CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Solidônio Israel de Souza Júnior

SISTEMA PROGRESSIVO PARA CONTROLE DA DIREÇÃO E
AUXÍLIO DE MANOBRAS ADAPTÁVEL

Santo André – SP
2021

Solidônio Israel de Souza Júnior

SISTEMA PROGRESSIVO PARA CONTROLE DA DIREÇÃO E
AUXÍLIO DE MANOBRAS ADAPTÁVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado à FATEC Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Professora orientadora: MSc Suely Midori Aoki

Professora coorientador: MSc José dos Santos Garcia Neto

Santo André – SP

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

S729s

Souza Júnior, Solidônio Israel de
Sistema progressivo para controle da direção e auxílio de
manobras adaptável / Solidônio Israel de Souza Júnior. - Santo
André, 2021. – 111f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2021.

Orientador: Prof.^a Suely Midori Aoki

1. Eletrônica. 2. Direção elétrica. 3. Direção hidráulica. 4. Ponte
H. 5. Veículos. 6. Tecnologia. 7. Microcontroladores. 8.
PIC18F4550. 9. Unidade de controle. I. Sistema progressivo para
controle da direção e auxílio de manobras adaptável.

629.2

Solidônio Israel de Souza Júnior

SISTEMA PROGRESSIVO PARA CONTROLE DA DIREÇÃO E AUXÍLIO
DE MANOBRAS ADAPTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a FATEC SANTO ANDRÉ como requisito parcial à obtenção de título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Professora Orientadora: MSc Suely Midori Aoki
Professora coorientador: MSc José dos Santos Garcia Neto

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Presidente da Banca
Profa MSc Suely Midori Aoki
Fatec Santo André

Primeiro membro da Banca
Prof. MSc. José dos Santos Garcia Neto
Vidjaya – Sistemas & Automação

Segundo Membro da Banca
Prof. MSc. Luiz Vasco Puglia
Fatec Santo André

Local: Fatec Santo André
Horário: 19h
Data: 03/12/2021

Santo André – SP

2021

Dedico este trabalho a meus pais e todos os amigos que me apoiaram e estiveram comigo em toda minha caminhada até aqui; sem este apoio e auxílio, minha caminhada seria muito mais dura e sem sentido.

Agradecimentos

Agradeço a todos os companheiros de trabalho que de alguma forma me ajudaram a chegar nesta etapa do curso, transformando- a em algo mais leve e prazeroso.

Agradeço a um grande amigo, Felipe Marotti Mochiuti, por auxiliar em muitas etapas do projeto.

Um agradecimento ainda mais especial a professora Suely Midori, por toda sua paciência, esmero e dedicação no processo de orientação e de vida. Agradeço, também em especial, o professor Fernando Garup Dalbo por todo seu carinho ao nos ministrar as disciplinas do trabalho de graduação, em que a todos os momentos me incentivou para que tudo saísse bem. E por fim, ao professor Edson Kaori Kitani e Carlos Alberto Morioka, a quem devo muito, em relação do que sei hoje sobre eletrônica automotiva e didática de ensino, não esquecendo do ilustre professor Paulo Tetsuo Ohashi que me motivou muito em um começo incerto e me deu a mão nos primeiros passos.

Resumo

Esse trabalho teve como finalidade o estudo e a elaboração do projeto de um dispositivo capaz de auxiliar veículos com direção hidráulica, ou não, na atividade de manobras e enrijecimento progressivo da direção, proporcionando maior confiabilidade em altas velocidades e facilidade para estacionar. A direção elétrica é um sistema já conhecido no mercado automotivo, no entanto, não disponível em veículos fora de série, algo que resultaria em maior segurança e conforto ao motorista e ocupantes do veículo. Assim sendo, desenvolveu-se o projeto de um hardware baseado na Unidade de Controle Fatec Santo André, criada para fins didáticos pelo Professor Edson Kitani, e elaborou-se um software para controle deste dispositivo que permitissem a implementação do protótipo a ser instalado em um veículo desprovido de direção elétrica. Devido a necessidade de isolamento social causado pela pandemia, a construção do protótipo final para instalação num veículo real não se concretizou. Contudo, o software e o hardware para controle foram implementados, sinalizando uma boa eficiência do dispositivo.

Palavras-chave: PIC18F4550, Ponte H, Unidade de Controle FATEC Santo André, Direção Assistida, Direção Elétrica, Direção Hidráulica

Abstract

This work aimed to study and design a device capable of assisting vehicles with hydraulic steering, or not, in the activity of maneuvers and progressive stiffening of the steering, providing greater reliability at high speeds and ease of parking. Electric steering is a system already known in the automotive market, however, it is not available in non-standard vehicles, something that would result in greater safety and comfort for the driver and vehicle occupants. Therefore, a hardware project was developed based on the Fatec Santo André Control Unit, created for didactic purposes by Professor Edson Kitani, and a software was developed to control this device that would allow the implementation of the prototype to be installed in a vehicle without electric steering. Due to the need for social isolation caused by the pandemic, the construction of the final prototype for installation in a real vehicle did not materialize. However, the software and hardware for control were implemented, signaling a good efficiency of the device.

Keywords: PIC18F4550, H Bridge, FATEC Santo André Control Unit, Power Steering, Electric Steering, Hydraulic Steering

Lista de Figuras

<i>Figura 1 - Um dos Primeiros automóveis da História</i>	17
<i>Figura 2 - Sistema de direção mecânica "Pinhão-Cremalheira"</i>	18
<i>Figura 3 - Sistema de direção mecânico "Setor e Rosca sem fim"</i>	19
<i>Figura 4 - Sistema de direção hidráulico "Pinhão Cremalheira"</i>	20
<i>Figura 5 - Sistema de direção hidráulico "Setor e Rosca sem fim"</i>	21
<i>Figura 6 - Sistema de direção elétrico</i>	22
<i>Figura 7 - Sistema de direção eletro Hidráulico</i>	23
<i>Figura 8 - Santana CD & Monza Classic com Direção Hidráulica Progressiva</i>	25
<i>Figura 9 - Unidade de controle Fatec</i>	26
<i>Figura 10 - Unidade de controle: Visão Geral</i>	28
<i>Figura 11 - Transferência do Layout para a placa de circuito impresso</i>	30
<i>Figura 12 - Processo de corrosão da placa de circuito impresso</i>	31
<i>Figura 13 - Conclusão do Processo de corrosão da placa de circuito impresso</i>	31
<i>Figura 14 - Processo de Soldagem dos componentes</i>	32
<i>Figura 15 - PIC18F4550</i>	33
<i>Figura 16 - Capa do Manual PIC18F4550</i>	33
<i>Figura 17 - Senoide Gerada por um Sinal de um Sensor Analógico</i>	35
<i>Figura 18 - Esquema do Simple Hold do PIC18F4550</i>	36
<i>Figura 19 - Funcionamento do Ciclo de Máquina do PIC18F4550</i>	37
<i>Figura 20 - Registrador INTCON do Timer 0</i>	38
<i>Figura 21 - Pinagem do PIC18F4550 (Datasheet PIC18F4550)</i>	38
<i>Figura 22 - Ficha explicativa de parametrização do INTCON do PIC18F4550</i>	39
<i>Figura 23 - Condicionador de Sinais</i>	40
<i>Figura 24 - Condicionador de Sinais deste Projeto</i>	41
<i>Figura 25 - Esquema do Circuito do Condicionador de Sinais</i>	42
<i>Figura 26 - Layout do Condicionador de Sinais</i>	43
<i>Figura 27 - Demonstração do Efeito Hall (sem presença de campo magnético)</i>	44
<i>Figura 28 - Demonstração do Efeito Hall (Na presença de campo magnético)</i>	44
<i>Figura 29 - Roda Fônica</i>	45
<i>Figura 30 - Sensor de Efeito Hall</i>	46
<i>Figura 31 - Sensor de Velocímetro Gol 2009</i>	47

<i>Figura 32 - Posição do Sensor de Velocímetro Gol 2009</i>	48
<i>Figura 33 - Sensor para Tacógrafo Universal</i>	49
<i>Figura 34 - Detalhe do Sensor para Tacógrafo Universal</i>	50
<i>Figura 35 - Fórmula do cálculo da Indutância</i>	52
<i>Figura 36 - Fórmula do cálculo da Força Contra Eletromotriz</i>	52
<i>Figura 37 - Motor de Imã Permanente</i>	54
<i>Figura 38 - Rotor ou Armadura</i>	55
<i>Figura 39 - Suporte de Escovas</i>	55
<i>Figura 40 - Imã Permanente</i>	55
<i>Figura 41 - Motor de Partida Automotivo do Tipo Série</i>	56
<i>Figura 42 - Bobina de Campo</i>	56
<i>Figura 43 - Torque necessário para girar o volante</i>	58
<i>Figura 44 - Torque medido na Furadeira</i>	59
<i>Figura 45 - Corrente de Pico da Furadeira</i>	60
<i>Figura 46 - Esquema de funcionamento do Potenciômetro</i>	62
<i>Figura 47 - Potenciômetro responsável pelo sentido de direção</i>	63
<i>Figura 48 - Possível adaptação do Potenciômetro um automóvel</i>	64
<i>Figura 49 - Possível adaptação do Potenciômetro com a roldana</i>	64
<i>Figura 50 - Ponte H com Mosfet</i>	66
<i>Figura 51 - Ponte H com Mosfet sentido Direito</i>	66
<i>Figura 52 - Ponte H com Mosfet sentido Esquerdo</i>	67
<i>Figura 53 - Esquema Elétrico da ponte H</i>	68
<i>Figura 54 - Construção da Ponte H</i>	69
<i>Figura 55 – Esquema para Atuação da ponte H do Projeto</i>	69
<i>Figura 56 - Posição do Motor de Assistência na coluna de direção</i>	73
<i>Figura 57 - Simulação Motor de Assistência na coluna de direção</i>	73
<i>Figura 58 - Layout do MPLAB X IDE v3.55</i>	75
<i>Figura 59 - Fluxograma do programa de Controle do Motor de Assistência</i>	77
<i>Figura 60 - Trecho do programa a ser alterado</i>	91
<i>Figura 61 - Protótipo</i>	93
<i>Figura 62 - Ensaio do Protótipo</i>	94

Lista de Anexos

<i>Anexo A - Layout da Placa da Unidade de Controle FATEC.....</i>	<i>98</i>
<i>Anexo B - Mapa Esquemático da Unidade de Controle Fatec.....</i>	<i>99</i>
<i>Anexo C - Lista de Componentes da Unidade de Controle FATEC</i>	<i>100</i>
<i>Anexo D - Ferramentas e Materiais para Confecção da Placa da Unidade de Controle FATEC</i>	<i>101</i>
<i>Anexo E - Etapas para criação de projeto no MPLAB</i>	<i>102</i>

Lista de Apêndices

<i>Apêndice A - Lista de Componentes do Condicionador de Sinais</i>	<i>110</i>
<i>Apêndice B - Lista de Componentes da Ponte H.....</i>	<i>111</i>

Lista de Abreviaturas e Siglas

I/O	Portas de entrada e saída de um Microcontrolador
EEPROM	Memória de Longa duração de Microcontroladores
CCP	Módulo de captura e comparação de dados (Capture/Compare)
ECC	Módulo de Captura e Comparação Aprimorada (Enhanced Capture/Compare)
SPI	Interrupção de porta serial (Serial Port Interrupt)
I2C	Registrador de Memória
A/D	Conversão Analógica para Digital
EUSART	Modo de Comunicação Serial
HLVD	Detecção de tensão alta/baixa
USB	Porta Serial Universal (Universal Serial Bus=)
LS	Velocidade baixa (Low-Speed)
FS	Velocidade Máxima (Full Speed)
IR	Registro de instruções
N.m	Newton metro
N	Newton
In	polegada (inch)
mm	milímetros
lb	libra
PWM	Controle por Modulação de Pulsos (Pulse Width Modulation)

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo	15
1.2 Desenvolvimento teórico.....	16
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	17
2.1 Sistema de Direção	17
2.2 Acionamento por Pinhão e Cremalheira	18
2.3 Acionamento por Setor e Rosca sem fim	19
2.4-Sistema de Direção Hidráulica	19
2.5 – Sistema de direção elétrica.....	22
2.6- Sistema de Direção Eletro hidráulico.....	23
2.7- Direção Progressiva	24
3 METODOLOGIA E MATERIAIS UTILIZADOS.....	26
3.1 Unidade de Controle Fatec	26
3.1.1 Construção da Unidade de controle Fatec Parte 1	29
3.1.2 Construção da Unidade de controle Fatec Parte 2	30
3.1.3 Construção da Unidade de controle Fatec Parte 3	32
3.2 PIC18F4550.....	33
3.2.1 A Lógica do que são Programas	34
3.2.2 Conversor A/D	34
3.2.3 <i>Sample Hold</i>	35
3.2.4 Especificação Técnicas do PIC18F4550	36
3.2.5 Pinagem de Entradas e Saídas do PIC18F4550 (I/O)	37
3.3 Condicionador de Sinais Fundamentos e Construção.....	40
3.4 Sensor de efeito Hall e seu Princípio de funcionamento	43
3.4.1 Possíveis adaptações do sensor Hall em um veículo baseado neste projeto	47
3.5 Motor de Assistência	50
3.5.1 Linhas Gerais	51
3.5.2 Imã Permanente	53
3.5.3 Motor Série	56
3.5.4 Motor Shunt	57
3.5.5 Motor Shunt no Automóvel	58
3.6 Potenciômetro.....	61
3.7 Circuito ponte H com Mosfet.....	65
3.8 Cremalheira e Engrenagem da barra de direção	70
3.9 MPLAB e a Forma do Programa	74

4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES	76
4.1 Sobre o Programa de Execução	76
4.1.1 Fluxograma	77
4.1.2 Pontos de alteração do programa.....	91
4.2 Ensaio e Montagem do Protótipo.....	92
4.2.1 Processo de Montagem	92
4.2.2 Ensaio do Protótipo	93
5 CONCLUSÃO	95
5.1 Para o Futuro	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	97
APÊNDICES	109

1 INTRODUÇÃO

Em um país onde as tecnologias, que já são obsoletas no exterior, são extremamente inacessíveis a grande maioria dos cidadãos, não só as tecnologias como a qualificação para desenvolvimento delas, é cada vez mais difícil se adequar veículos fora de série ou de baixo custo, aos atuais requisitos de conforto e segurança. Fato que trouxe estímulo a execução das ideias deste projeto que visa, não apenas implementar um sistema de direção usado em carros de alto padrão em veículos de preços módicos ou fora de linha, como também mostrar aos interessados no assunto a presença da eletrônica no automóvel, de forma palpável e acessível.

É certo que se é possível uma mera adaptação de um sistema de direção elétrico de um carro que possui desse dispositivo em um outro o qual não disponha, no entanto, os sistemas de direção elétricos, adquiridos de forma lícita, no Brasil, ainda são extremamente caros e complexos de serem adaptados e adequados no que se diz respeito tanto a software como ao hardware.

Há sempre necessidades de muitos cortes na lataria ou no plástico do painel, o que desanima muitos entusiastas a fazerem esse tipo de procedimento em seus veículos. Esse projeto visa sanar, no que diz respeito ao mecanismo base de um sistema de direção elétrico, o que antes era dispendioso para muito, deixando apenas a critério dos futuros desenvolvedores a parte referente a adaptação em um automóvel, que dependera apenas da confecção de uma engrenagem para ser acoplada a barra de direção e o mínimo de cortes possíveis a estruturado veículo.

1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho destina-se ao estudo da ação da mecatrônica aplicada em veículos automotores, tendo como base as melhorias no sistema de direção, já obsoletos, quando atrelado aos atuais desenvolvimentos tecnológicos. Será demonstrado, na forma de protótipo, um sistema de direção assistida que poderá ser adaptável em veículos os quais não possuem sistema de direção hidráulica, hidráulica progressivo ou a própria direção eletrônica, algo não disponível à muitos veículos.

1.2 Desenvolvimento teórico

O desenvolvimento teórico desse projeto visa mostrar o que é um sistema de direção automotivo, assim como sua evolução no decorrer do tempo, para que dessa forma seja mais fácil ao leitor ter entendimento de como ele poderá, no mínimo ter noção ou mesmo desenvolver, um auxiliar para o sistema de direção de seu automóvel.

Essa literatura tem início com a história do sistema, seus tipos, o surgimento da assistência que começou de forma hidráulica até se tornar eletrônica e por fim, uma forma barata de se desenvolver um hardware e um software semelhante ao de veículos atuais que usam dessa última evolução dos sistemas de direção.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Sistema de Direção

Um sistema de direção consiste, basicamente, em um par de engrenagens que trabalham transferindo e amplificando a força axial do condutor de um veículo ao volante em força transversal que desloca o sentido de direção das rodas. Para isso, o sistema conta com o volante “que seria a manopla em que o motorista imprime uma força”, barra de direção “que transmite a força do volante para a caixa de direção”, caixa de direção, onde estão alojados os engrenamentos responsáveis pela mudança de sentido e os braços de direção “que transmitem a força da caixa para rodas”.

No Sistema, em geral, há dois tipos de caixa de direção que designam dois subsistemas de funcionamento, um é conhecido como **Acionamento por Pinhão e Cremalheira** e **Acionamento por Setor e Rosca sem fim**. Sendo o primeiro mais comum entre veículos de passeio e de pequeno porte devido o mesmo ser mais compatível em veículos de motor transversal por não necessitar de uma, barra de direção cruzando o cofre do motor, como no segundo sistema.

Um dos problemas sérios para os entusiastas criadores dos primeiros automóveis foi a direção, pois além de se locomover era necessário também saber para onde ir. Uma solução, que na época foi algo muito favorável, foi a adesão de um artefato semelhante aos lemas de barco, que preso a um componente que se assemelhava a um garfo de bicicleta, ele era o responsável por girar uma roda, presa a outra extremidade desse garfo e apoiada no chão, para direita e para esquerda. Na Figura 1 há o carro construído por Benz, em 1885, onde encontramos esse sistema.

Figura 1 - Um dos Primeiros automóveis da História

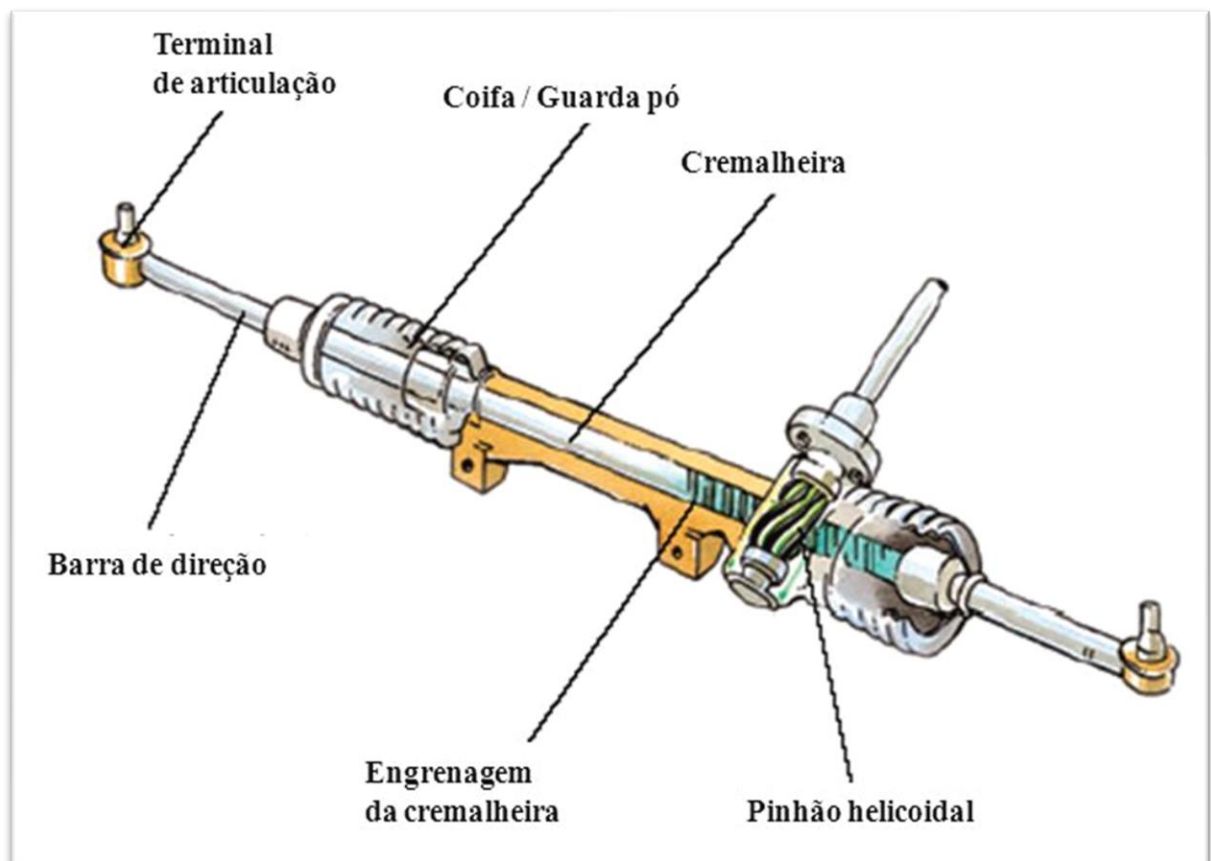


Fonte: <https://carros.ig.com.br/2018-06-29/primeiro-carro-do-mundo.html>

2.2 Acionamento por Pinhão e Cremalheira

Nesse tipo de caixa de direção (Figura 2) existe uma barra cilíndrica onde há uma sequência de fendas paralelas que são como dentes de uma engrenagem circular, porém, eles são dispostos paralelamente no comprimento da barra fazendo um casamento com os dentes do pinhão, que nada mais é que uma engrenagem helicoidal que está ligada a barra de direção.

Figura 2 - Sistema de direção mecânica "Pinhão-Cremalheira"



Fonte: <https://slideplayer.com.br/caixa-pinhão-cremalheira>

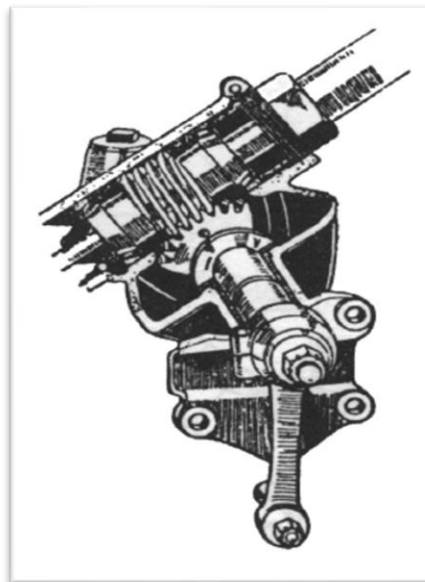
A barra recebe a força vinda do volante e a transmite ao pinhão, que por sua vez, transfere a força para a cremalheira onde há, em suas extremidades, os braços de direção "axiais" responsáveis por transmitir a força para as rodas gerando o movimento direcional delas.

2.3 Acionamento por Setor e Rosca sem fim

Nesse tipo de caixa de direção (Figura 3), onde também se tem uma barra de direção transferindo força do volante para ela, há também o casamento entre duas engrenagens, uma é um fuso helicoidal denominado como rosca sem fim e a outra uma engrenagem de dentes retos conhecida como setor, porém o setor só conta com um quarto de área atuante, ou seja, só há um quarto da face da engrenagem atuando na transferência do movimento.

Ele é preso a um eixo, que por sua vez, transfere a força aplicada a uma haste denominada como Braço Pitman, que tem por função articular o barramento de direção presos a ele. Nos extremos desse barramento haverá os braços de direção, esses braços executem o movimento direcional entre as rodas, quando ligados a elas pelos terminais de direção e mangas de eixo.

Figura 3 - Sistema de direção mecânico “Setor e Rosca sem fim”



Fonte: <https://pt.slideshare.net/MarquesValdo/caixa-de-direo-sem-fim-e-setor>

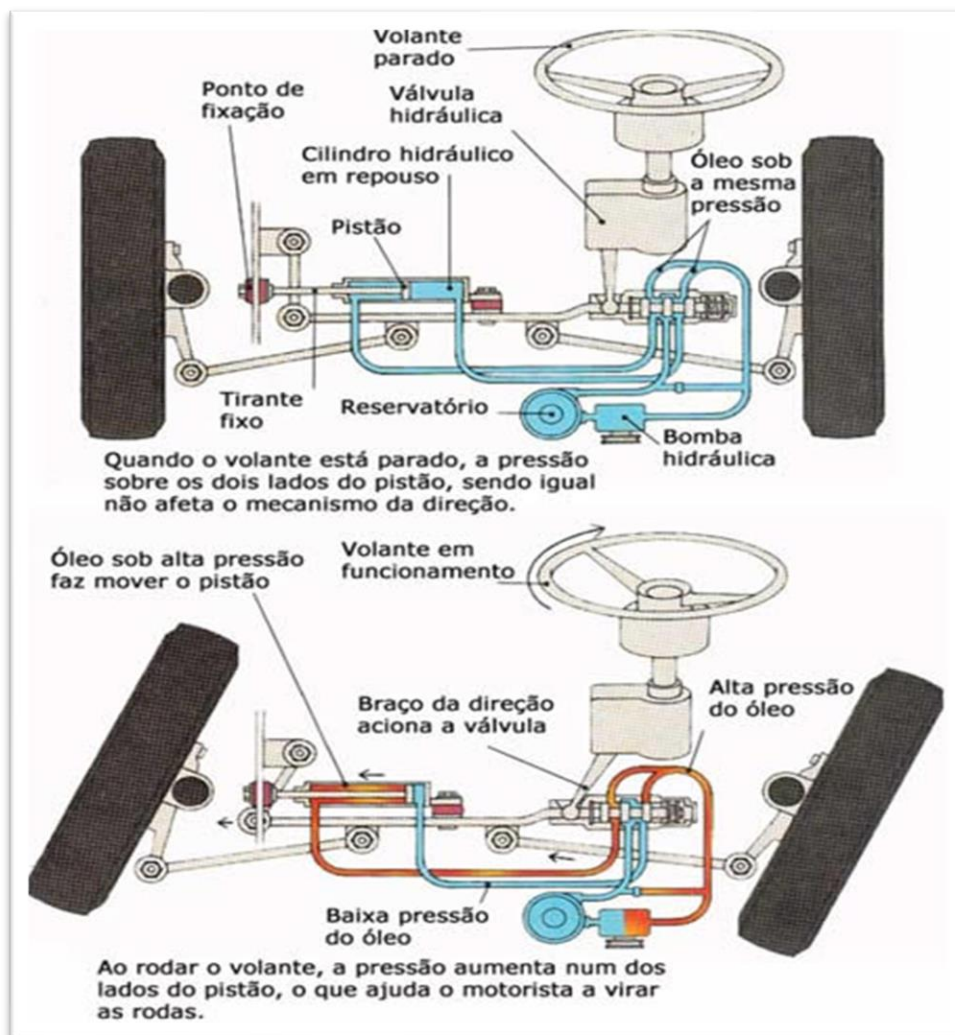
2.4-Sistema de Direção Hidráulica

Uma vez que no sistema de direção, tanto o citado no item 2.2 Acionamento por Pinhão e Cremalheira como em 2.3 Acionamento por Setor e Rosca sem fim são dependentes da força humana para exercer seu funcionamento, o que dessa forma exige um grande esforço do condutor em atividades como manobras ou no ato de estacionar o veículo,

foi criado, segundo os conhecimentos obtidos na matéria de Estrutura veicular ministrada pelo Professor Roberto Bortolussi, na Faculdade de Tecnologia de Santo André, o sistema de direção assistida foi criado nos anos 20 do século passado, por Francis W. Davis e George Jessup em Waltham, Massachusetts.

A Chrysler Corporation introduziu o primeiro sistema de direção assistida disponível ao público em 1951 no Chrysler Imperial sob o nome de Hydraguide. O sistema hidráulico está empregado nos dois tipos de caixa aqui citados e seu princípio de funcionamento é embasado na multiplicação da força exercida ao volante por meio da força gerada pelo bombeamento de óleo feito por uma bomba rotativa agregada ao motor do veículo. A Figura 4 detalha o acionamento das rodas com um sistema de direção hidráulico “Pinhão-Cremalheira”.

Figura 4 - Sistema de direção hidráulico “Pinhão Cremalheira”



Vamos usar como exemplo, para que se tenha uma visão mais clara sobre este assunto, uma caixa do tipo descrito no item 2.2 Acionamento por Pinhão e Cremalheira

O processo se inicia com o acionamento do motor, que por sua vez, induz a rotação da Bomba Hidráulica através de uma correia que passa por sua polia, logo a mesma usa a força da rotação para pressurizar um óleo específico contido em seu reservatório e o manda, com um dado valor de pressão, para a caixa de direção.

No entanto, o óleo só entrará na caixa quando uma válvula, comandada pelo movimento do volante, liberar sua entrada fazendo com que esse fluido empurre um embolo fixo a cremalheira no sentido em que ela estava indo, devido a força imprimida ao volante e de tal forma auxiliando esse movimento.

A Figura 5 ilustra os componentes de um sistema de direção hidráulico “Setor Rosca sem Fim”.

Figura 5 - Sistema de direção hidráulico “Setor e Rosca sem fim”



Fonte: <https://veiculos.mercadolivre.com.br/acessorios/kit-direcao-hidraulica-f100>

2.5 – Sistema de direção elétrica

Algo que deve ser frisado é que o sistema de direção, independente se for pinhão cremalheira ou setor rosca sem fim, estarão sempre presentes em todos os sistemas de assistência aqui citados, pois são bases, até a atualidade, inalteráveis da direção de qualquer automóvel.

Tendo isso em mente falaremos do sistema elétrico de direção (Figura 6) que é um tipo de assistência mais atual e eficiente que o hidráulico, além de ser mais ecologicamente correto por não utilizar fluidos.

Figura 6 - Sistema de direção elétrico



Fonte: <https://www.rtcariimport.com.br/caixa-direcao-eletrica-chevrolet-camaro-p7511>

Seu princípio de funcionamento consiste em um motor elétrico, que pode ser conjugado tanto a coluna de direção quanto a caixa de direção, que irá multiplicar a força aplicada ao volante, uma vez que o condutor deseje executar manobras com veículo parado, como acontece no ato de estacionar. E irá gerar força resistiva ao volante, de maneira gradativa, quando o automóvel estiver em crescente velocidade, e dessa forma proporcionar maior estabilidade para o carro.

Logo, para que isso ocorra é necessária uma estratégia de controle monitorada por uma unidade controladora que identifica as necessidades de ajuste na condução do veículo, isso através de sensores responsáveis por converter as grandezas físicas em sinais elétricos que serão convertidos na forma digital para o entendimento dessa unidade.

2.6- Sistema de Direção Eletro hidráulico

Embora não tenha prosperado como o sistema elétrico, mencionado no capítulo 2.5 – Sistema de direção elétrica, o sistema eletro hidráulico foi o propulsor no seguimento das direções com gerenciamento eletrônico. Ele era a junção dos dois sistemas de assistência já mencionados anteriormente, pois funciona ainda com a dependência de bombeamento de fluido hidráulico, porém o bombeamento desse fluido é feito através de um motor elétrico, que atrelado ao reservatório de fluido do sistema, pressuriza o fluido responsável pela força de auxílio no interior de uma caixa de direção semelhante a usada no sistema hidráulico.

Na Figura 7 há um Sistema de direção eletro Hidráulico completo, com seus componentes ligados em ordem de funcionamento.

Figura 7 - Sistema de direção eletro Hidráulico



Fonte: <https://www.noticiasautomotivas.com.br>

A semelhança com o Sistema de Assistência Elétrica de Direção está gerenciamento eletrônico do sistema, coleta dados de um sensor de posição, geralmente instalado a coluna de direção, que manda para sua Unidade de Controle o sentido de giro do volante.

O sistema também conta com um sensor de efeito Hall, responsável por coleta informação referentes a velocidade e mandalas a mesma Central de Comando, para que ela possa, assim como alternar sentido de rotação do motor em assistência ao volante, fazer com que a Progressão, que será mencionada no capítulo seguinte (2.7- Direção Progressiva), possa atuar.

Muito do que acontece nesse sistema, como a intensidade da força na assistência ou força da Progressão, ocorre devido a pulso de nível de sinal PWM aplicados ao motor.

2.7- Direção Progressiva

Desde que se existiu a assistência da direção um dos seus problemas a serem resolvidos era a questão da extrema sensibilidade do volante em altas velocidades, problema esse que os desenvolvedores do sistema logo conseguiram resolver e que veio ao Brasil de formas tardia. A solução para esse transtorno, que causa tamanha insegurança ao motorista em altas velocidades, foi o desenvolvimento do sistema progressivo de direção, que tem por função criar rigidez ao volante do automóvel a medida em que é sua elevada velocidade.

No Brasil esse advento veio chegar nos anos 80, em veículos executivos, alguns dos primeiros veículos nacionais que dispunha desse sistema foram o Volkswagen Santana CD (Confort Diamond) 1984, Chevrolet Monza Classic 1985, ilustrados pela Figura 8.

Até que grande parte desse incremento do sistema de direção se popularizasse nos veículos nacionais foram questão de décadas, ainda que um carro com sistema hidráulico de direção não era algo trivial na maioria dos automóveis até o final dos anos 90.

O dispositivo de progressividade de rigidez do volante podia funcionar por dois meios, através de um controle eletroeletrônico da passagem do fluido hidráulico, uma

vez que através da minimização do fluxo do fluido que se tem a rigidez do volante, ou fazendo esse controle de forma mecânica.

Já com o surgimento dos sistemas de direção que não dependem da força de rotação do motor para gerar pressão a um fluido, e dessa forma se ter força de auxílio ao volante, ficou mais simples gerenciar esse controle da rigidez de forma eletrônica.

Figura 8 - Santana CD & Monza Classic com Direção Hidráulica Progressiva



Fonte: <https://www.carrosegaram.com.br/>

3 METODOLOGIA E MATERIAIS UTILIZADOS

3.1 Unidade de Controle Fatec

Uma vez mencionado, de forma sucinta, a origem da direção do automóvel, o princípio de funcionamento, a evolução do sistema ao longo do tempo é hora de ser posto em pauta como será construído o sistema de direção que é a razão desse trabalho que, assim como um sistema de direção elétrico trivial, conta com uma unidade de controle.

Neste projeto será usado a unidade de controle Fatec ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Unidade de controle Fatec



Fonte: Autoria própria

Esse dispositivo foi criado pelo Professor Edson Kitani no intuito de mostrar de maneira prática o funcionamento de uma unidade de controle automotiva. Sendo assim, o equipamento pode ser usado nas leituras dos sensores automotivos quando associado a um condicionador de sinais adequado.

Esse dispositivo conta com um microcontrolador PIC18F4550 que é totalmente capaz de coordenar um motor mono ponto de injeção eletrônica, além executar a coordenação de vários outros tipos de maquinários e equipamentos autônomos.

Ele possui diversas entradas, digitais e analógicas, proporcionando a adesão de diversos tipos de sensores e a interpretação de ambos os sinais. Diferente de uma Unidade de controle automotiva convencional ela conta com um display LCD, isso auxilia no monitoramento de entrada e saída de uma grandeza facilitando o entendimento em estudos.

A placa para esse projeto terá como finalidade o controle das variações de ações do sistema, como quando é o momento em que o veículo necessita de auxílio de estacionamento, identificando assim o sentido de esterço aplicado pelo motorista.

Fará também com que o motor de assistência troque o sentido de campo magnético de sua bobina para que dessa forma passe a atuar não mais como um motor, mas sim como um eletroímã que, conforme a necessidade em velocidades elevadas, enrijeça o volante de forma gradativa proporcionando estabilidade de condução quando receber níveis distintos de corrente, e assim gerar o efeito de direção progressiva.

Uma Unidade de Controle é uma espécie de cérebro de uma máquina, robô ou mecanismos que funcionam independente de um comando humano direito. Esta arquitetura eletrônica recebe em suas entradas, em muitos casos, um sinal gerado por um sensor, que muitas vezes, chega até ela na forma analógica com apenas o incremento de casamento de impedância e ajuste de tensão feitos pelo condicionador de sinais descrito no item 3.3 Condicionador de Sinais Fundamentos e Construção

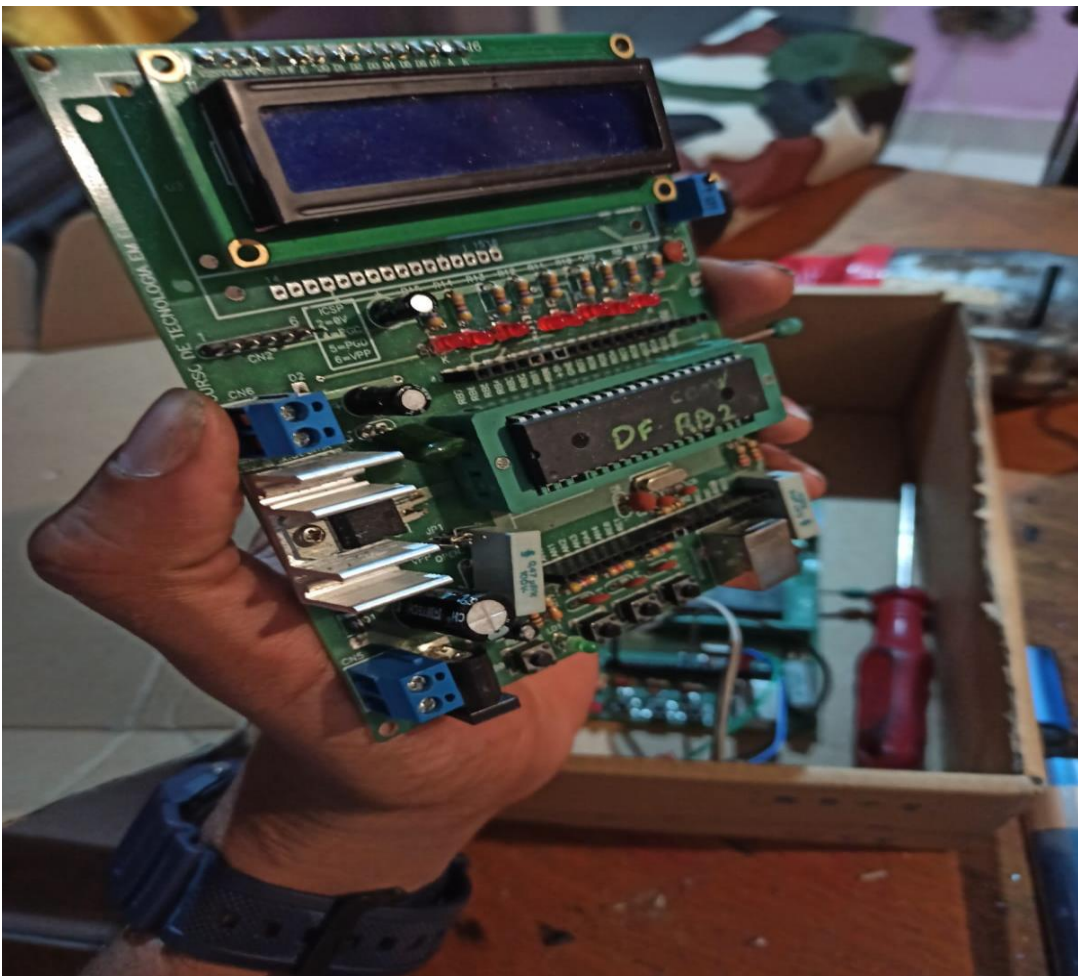
Esses sinais adentram pelas portas lógicas de um microcontrolador, como o usado nesse trabalho, PIC18F4550 ilustrado na Figura 10, que irá converter o sinal analógico em níveis lógicos através de seu conversor analógico digital, e com isso gerar bits que indicarão valores correspondentes a uma dada necessidade de uma determinada ação, uma vez que o programa armazenado no PIC assim determine qual será essa ação. Por sua vez a saída dele irá gerar um outro sinal de resposta, fruto do entendimento da situação, que pode ser desde uma informação em um display LCD, como a saturação de um transistor responsável por chavear a corrente de um determinado componente.

Os detalhes sobre o a conversão do sinal e sobre o detalhamento do PIC serão introduzidos no item 3.2 PIC18F4550. No entanto, agora o foco será a construção da

Unidade de Controle: o Anexo A contém o Layout da Placa da Unidade e o Anexo B contém o Mapa Esquemático dos Componentes, com ambos é possível a confecção do dispositivo, complementado com a Lista de Componentes contida no Anexo C.

A construção da placa foi dividida em três etapas, de forma que o processo possa ser melhor entendido: na parte (1) estará mencionado o processo tipográfico da placa, parte (2) processo químico de revelação da trilha, parte (3) processo de montagem e soldagem.

Figura 10 - Unidade de controle: Visão Geral



Fonte: Autoria própria

No entanto, para execução das etapas serão necessários o uso das devidas ferramentas e materiais que estão listados no Anexo D.

3.1.1 Construção da Unidade de controle Fatec Parte 1

Tendo em mãos o Mapa Esquemático (Anexo B) e a Lista de Componentes (Anexo C) o trabalho a ser feito é transcrever o Layout (Anexo A) para uma folha de papel sulfite com dimensões de **180 X120 mm**.

Depois com Lista de Componentes (Anexo C), determine na imagem do Layout (Anexo A) a posição de cada componentes.

Uma vez que feito isso use um plástico-filme para retroprojeter colocando o mesmo sobre o Layout (Anexo A) transcrito e com uma caneta para retroprojeter, usando o Mapa Esquemático (Anexo B) e começando de preferência pela entrada da fonte de alimentação, ligue os componentes de maneira a se ter no plástico-filme os caminhos de ligação entre os componentes.

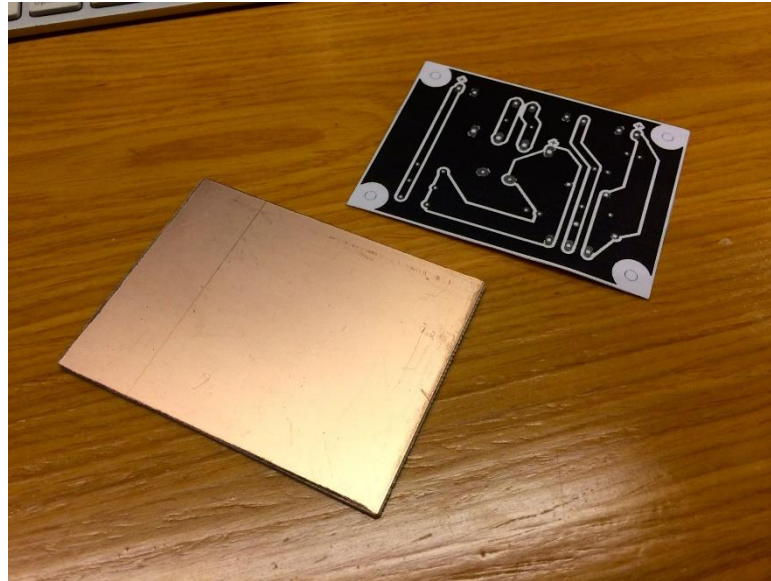
Essa imagem deverá ser transpassada para a face laminada da placa, para isso há as mais diversas formas, desde usar papel carbono, tirando dessa forma o decalque da trilha, ou através da impressão a laser na parte descartável de uma folha de **papel adesivo**, isso fica a critério do desenvolvedor de um possível projeto com origem neste, porém com o segundo meio citado o trabalho é mais rápido e com menos chance de alteração no desenho original da trilha.

Optando pelo processo por impressão a laser; imprima a trilha do filme usando a impressora mencionada, nunca em nem uma das faces da parte colante do papel adesivo, mas sim na parte de contato da folha de descarte “a mesma que fica de contra a face com a parte colante do papel adesivo”, pois ela tem capacidade de fundir o plástico nela contido que auxilia a fixação da trilha impressa na placa.

Por último coloque a impressão sobre a parte laminada da placa de Circuito Impresso sobre uma superfície plana e com um ferro de passar ligado, cadenciando a intensidade de sua temperatura, certificando-se de que o papel não está queimando, transcreva a imagem do papel para placa.

A Figura 11 mostra o processo de confecção de uma placa de circuito impresso, usando o processo de impressão.

Figura 11 - Transferência do Layout para a placa de circuito impresso



Fonte: <https://imasters.com.br/desenvolvimento/como-fazer-suas-proprias-pcbs-placas-de-circuito-impresso>

Obs: As figuras são de circuitos aleatórios, que, no entanto, seguem os mesmos processos citados.

3.1.2 Construção da Unidade de controle Fatec Parte 2

Com a placa tendo agora a impressão transcrita use a caneta para retroprojeter para corrigir alguma possível falha na trilha, então usando um furador para placas de circuito impresso, furadeira de bancada ou micro retifica, porém com uma broca de 1mm, fure a placa nas extremidades de cada caminho da trilha transcrito, pois é a região de contato do componente onde ele será soldado, por tanto, com os furos pronto use novamente a caneta para traçar um contorno em cada um dos orifícios.

Após isso, use uma vasilha plástica que não se vá usar mais para outra finalidade no fim do processo, e despeje dentro dela percloroeto de ferro, depois coloque a placa submersa no líquido usando luvas de borracha.

Deixe a solução agir por 15 minutos, depois disso retire a placa certificando-se de que as regiões onde não há impressão já estão corroídas, caso não, coloque a placa de volta na solução e verifique a cada 2 minutos.

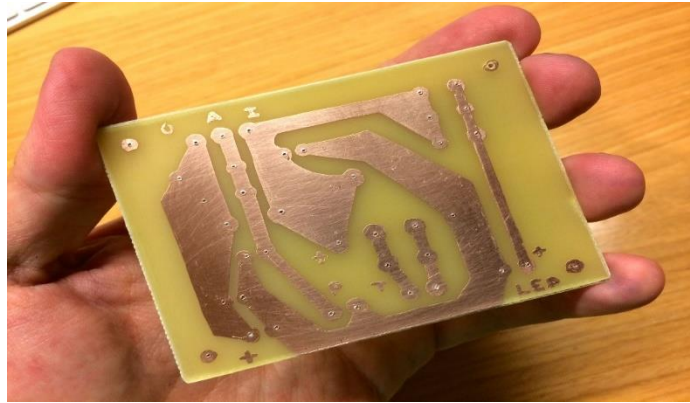
O produto geralmente tende a deixar a placa com um tom rosado quando a

reação de corrosão está próxima de se concretizar por total.

Quando a placa estiver totalmente corroída lave a mesma em água corrente e limpe a impressão com thinner para limpeza, no final é obtido a placa que deverá apresentar em suas trilhas o cobre que lâmina sua superfície.

Abaixo há dois exemplos, em que na Figura 12, a placa está sendo corroída e, na Figura 13, uma placa depois de concluído o processo de corrosão e limpeza das trilhas.

Figura 12 - Processo de corrosão da placa de circuito impresso



Fonte: <https://blog.fazedores.com/como-fazer-suas-proprias-pcbs-placas-de-circuito-impresso/>

Figura 13 - Conclusão do Processo de corrosão da placa de circuito impresso



Fonte: <https://blog.fazedores.com/como-fazer-suas-proprias-pcbs-placas-de-circuito-impresso/>

Obs.: É muito importante evitar o contato direto com o perclorato de ferro, pois ele pode causar sérios danos à saúde. É importante que após o processo da Figura 13 os resíduos provenientes da transcrição sejam devidamente removidos para que os contatos elétricos não sejam comprometidos.

3.1.3 Construção da Unidade de controle Fatec Parte 3

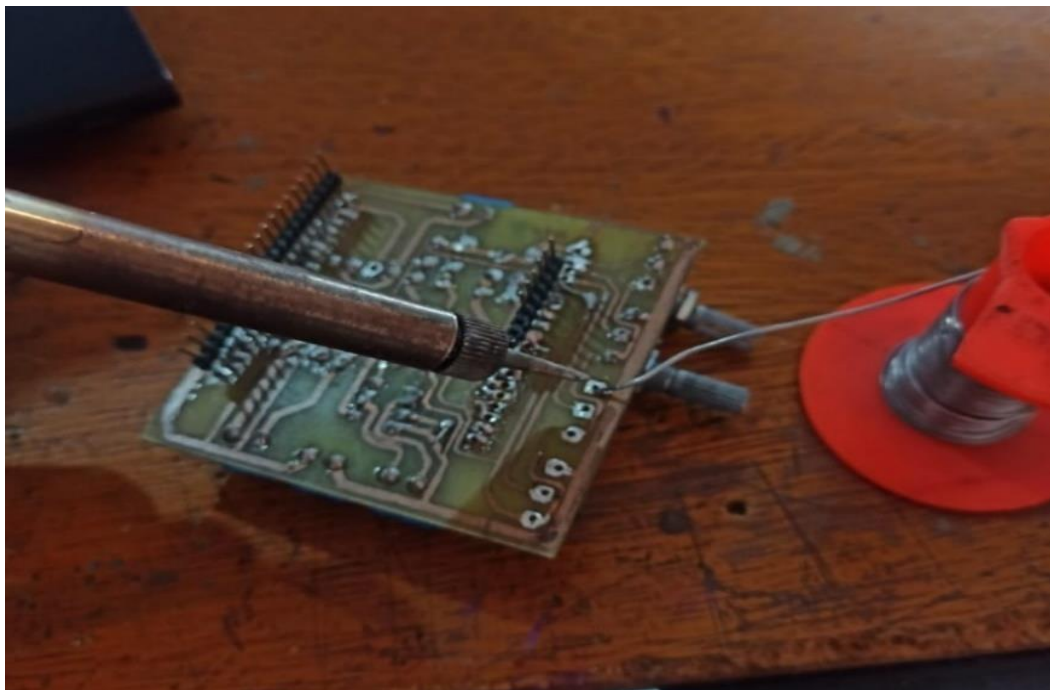
Com a obtenção da placa após os dois processos anteriores será a hora de introduzir a ela seus componentes. Para isso, deve se usar novamente a lista de componentes do Anexo C, começando, preferencialmente, pelos componentes da entrada da fonte de alimentação coloque no verso da placa concebida cada um dos componentes, deixando as pernas de contato atravessarem os orifícios correspondentes ao seu alojamento, uma vez feito isso, dobre as pernas do componente uma de encontro a outra, elas estarão visíveis agora na face laminada da placa.

Então com um ferro de solda, preferencialmente, na potência de 30 watts encoste a ponta dele no orifício onde a perna do componente está saindo, deixe alguns segundos e logo encoste o estanho na ponta do ferro certificando-se de que a fusão do estanho está sendo aderida pela placa e a perna do componente que devem se unir.

Por fim, retire o ferro no sentido vertical a região da solda deixando o resfriamento agir de forma natural, nunca soprando sobre a área. Repita o procedimento em cada um dos componentes.

A Figura 14 imagens do processo de soldagem

Figura 14 - Processo de Soldagem dos componentes



Fonte: Autoria Própria

3.2 PIC18F4550

A Unidade de Controle (Figura 9 e Figura 10) nada seria sem o microcontrolador PIC18F4550, ilustrado na Figura 15, uma vez que esse *hardware* é a memória e o raciocínio dela.

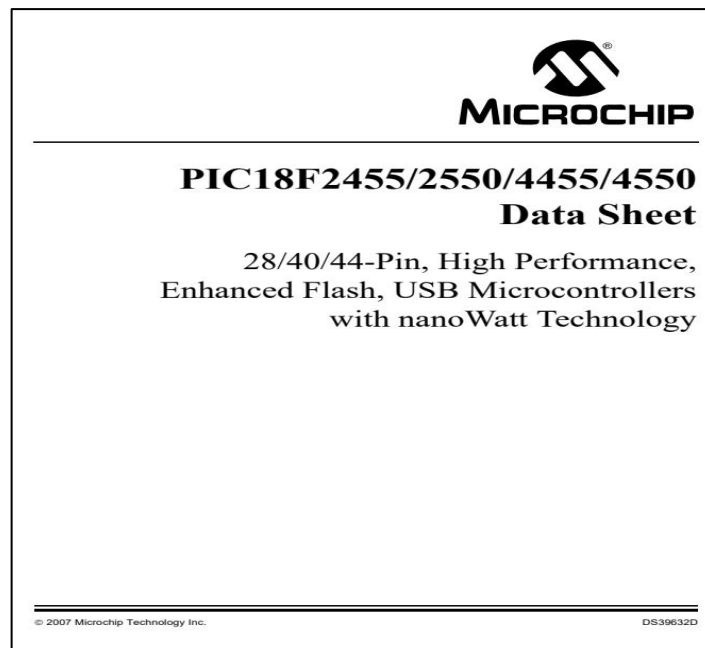
Com base nos conhecimentos adquiridos em Gerenciamento de Motores, ministrado pelo professor Edison Kitani, na Faculdade de Tecnologia de Santo André e no Manual (Figura 16) do PIC18F4550 produzido pela Microchip, será abordado o tema referente a este dispositivo.

Figura 15 - PIC18F4550



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1325313342-pic18f4550-com-usb-dip->

Figura 16 - Capa do Manual PIC18F4550



Fonte: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F4550>

3.2.1 A Lógica do que são Programas

No PIC, usando o MPLAB (detalhado no capítulo 3.9 MPLAB e a Forma do Programa), é possível instalar um programa, que nada mais é que uma linguagem inteligível aos microcontroladores.

Neste capítulo é exemplificado de forma sucinta sobre o que é programa e relatado sua ação dentro do PIC.

Imaginando que haja um programa instalado no microprocessador que defina que uma lâmpada deva permanecer acesa por uma hora e apagada por seis, para isso será usado uma porta digital que comutará o chaveamento de um transistor, então, o PIC irá através de seu timer contar o tempo e mandar um pulso elétrico, conhecido como nível lógico, para que esse transistor sature e de tal forma haja corrente e tensão na lâmpada quando for hora da lâmpada acender.

Outro exemplo seria, um ambiente possui detector de presença que consiste em detectar a chegada de pessoas, para isso um sensor ótico é aplicado, sendo que esse dispositivo pode ser tanto analógico como digital, então com a aproximação de um indivíduo, logo um sinal em nível lógico é emitido sendo que o dispositivo mencionado está sobre alimentação e gerando um sinal à porta lógica do PIC, por sua vez esse sinal de nível alto é lido pelo microprocessador que seguirá as coordenadas do programa nele contido, sendo assim, nível lógico igual a um igual a pessoa se aproximando. Por sua vez, o PIC em resposta ao fato mandará um sinal de saída referente a isso informando a presença de alguém. Isso poderá ser por uma mensagem no display LCD, por um sinal luminoso ou por um sinal em uma de suas saídas, que poderá dar *start* em uma outra eletrônica que tomará alguma medida determinada pelo desenvolvedor.

3.2.2 Conversor A/D

Quando se trata de um sinal analógico a estratégia é um pouco diferente, pois o sinal deverá ser adequando a forma digital e para isso o microcontrolador conta com seus conversores de sinal analógico para digital, conhecidos como Conversores A/D.

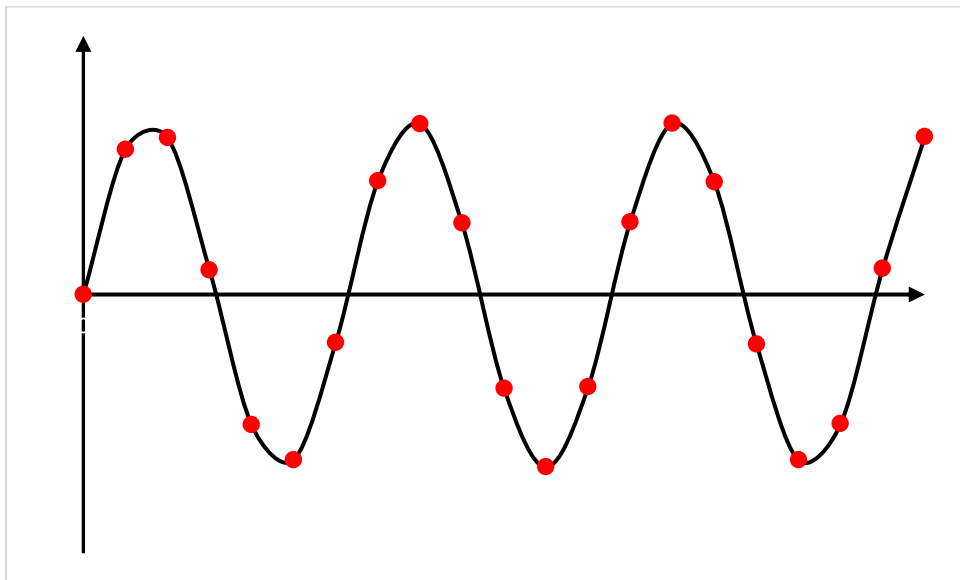
A diferença de um sinal analógico para um digital está no fato do primeiro variar no tempo e o segundo só variar entre dois estados 0 e 1, ou seja, o sinal digital varia

de forma mais precisa sem ser randômico como o analógico.

No entanto, para se ter uma boa resolução de um sinal convertido muitas vezes é necessário um microcontrolador com um número elevado de memória. A estratégia usada na conversão é fracionar o período do sinal analógico em diversas partes denominadas como **frequência de amostragem**, demandando assim um bit para representar cada fração, com essa estratégia pontos do sinal são interpretados pelo PIC por análise discreta.

Na Figura 17, há a representação da senoide de frequência de um sinal de um sinal analógico. Os pontos em vermelho, por sua vez, representam a frequência de amostragem feita pelo conversor A/D. Note que análise é discreta, pois pega apenas pontos relevantes do sinal.

Figura 17 - Senoide Gerada por um Sinal de um Sensor Analógico



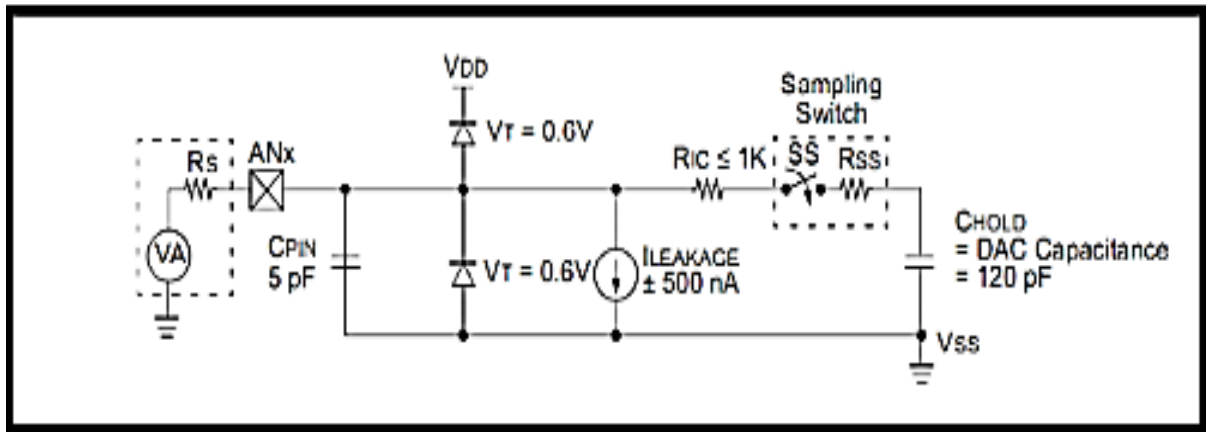
Fonte: Autoria Própria

3.2.3 *Sample Hold*

O PIC não é capaz de ler um sinal em tempo real, a execução dessa ação ocorre de forma individual para cada uma das saídas e uma de cada vez, então para que os sinais não se percam o conversor A/D conta com uma memória chamada *Sample Hold*.

No *Sample Hold*, cujo esquema é ilustrado pela Figura 18, há o chaveamento de um capacitor que carrega um sinal de tensão referente a um dado evento e fornece ao conversor no momento de leitura daquela saída, o que prolonga o tempo do sinal dando maior fidelidade.

Figura 18 - Esquema do Simple Hold do PIC18F4550



Fonte: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F4550>

3.2.4 Especificação Técnicas do PIC18F4550

Conforme afirma a Microchip, o PIC18F4550 é um microcontrolador de 8 bits, ele possui uma memória interna de 32 Kbytes para armazenamento do programa residente e 2048 bytes de memória RAM.

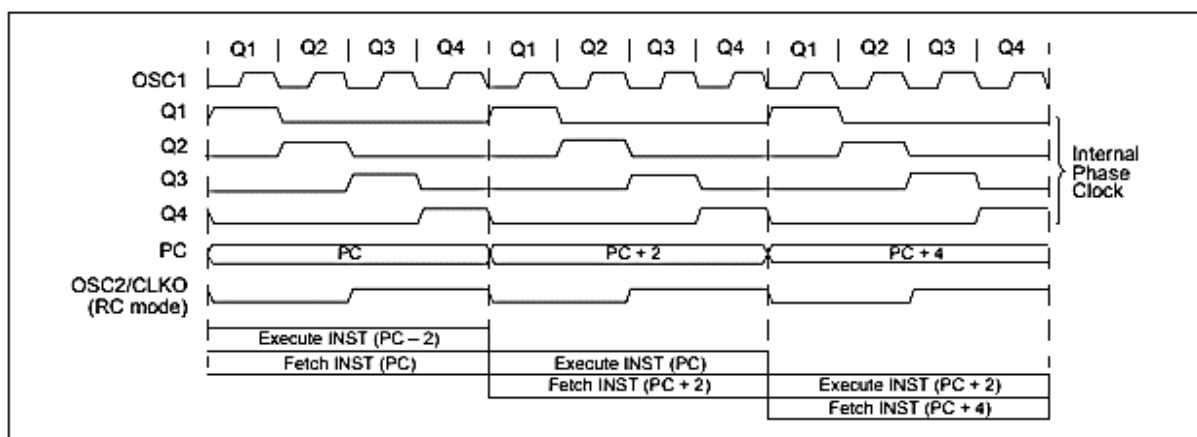
Sua tensão de alimentação pode ser da ordem de 4 a 5,5 Volts e sua frequência de operação é de até 48MHz, e esta frequência é capaz de executar até 12 milhões de instruções por segundo. (MIYADAIRA, 2009).

O mesmo autor afirma que este modelo de Microcontrolador possui 40 pinos dos quais 35 podem ser configurados como portas I/O e diversos periféricos tais como memória EEPROM de 256 bytes, um módulo CCP e ECCP um módulo SPI e um módulo I2C. Possui também 13 conversores A/D com 10 bits de resolução cada e tempo de amostragem programável, 02 comparadores analógicos, uma comunicação EUSART, um timer de 8 bits e três timers de 16 bits cada, um módulo de detecção de tensão alta/baixa (HLVD) e um módulo USB 2.0 com a capacidade de operar nos modos *low-speed* (1,5Mbps) ou *full-speed* (12Mbps).

Segundo Miyadaira (2009), o PIC18F4550 conta com o recurso PIPELINE para aumentar a velocidade de processamento. Este recurso faz com que ao mesmo tempo em que uma instrução é executada, a próxima instrução é localizada e carregada no registro de instruções (IR) em um ciclo de máquina. Devido a este comportamento é possível afirmar que uma instrução é executada efetivamente em apenas um ciclo de máquina.

O ciclo de máquina do microcontrolador PIC18F4550 pode ser dividido em 04 fases (Figura 19) de Q1 a Q4, resultando em uma velocidade de ciclo de máquina equivalente a $\frac{1}{4}$ do valor do oscilador. (MIYADAIRA, 2009).

Figura 19 - Funcionamento do Ciclo de Máquina do PIC18F4550



Fonte: Manual do PIC18F4550/Microchip Corporation.

É possível verificar que cada ciclo de máquina executa dois eventos de forma paralela na Figura 19, um ciclo de localização (*Fetch*) e um ciclo de execução (*Execute*).

O Ciclo de localização incrementa o *program counter* (PC) durante o ciclo Q1, a instrução é então decodificada e executada durante os ciclos Q2 a Q4. A memória de dados é lida em Q2 e escrita em Q4. (MICROCHIP, 2009).

3.2.5 Pinagem de Entradas e Saídas do PIC18F4550 (I/O)

Pelas entradas e saídas do Microcontrolador, os I/O's (Inputs e Outputs), é possível comandar diversos mecanismos, sendo elas a comunicação do PIC com o mundo externo.

Basta que o usuário tenha conhecimento de como configura sua porta como entradas ou saídas, que poderão ser analógicas ou digitais, geradoras de uma interrupção de tempo, geradoras de um pulso do tipo PWM (Módulo CCP), entre outras tarefas. Por esse motivo, é recomendado que o desenvolvedor que tenha interesse, em qualquer projeto que envolva Microcontroladores, faça a leitura do manual dele, para que dessa forma conheça o modo de parametrização de suas portas.

Na Figura 20 a seguir há o exemplo de registrador que configura o Timer 0.

Figura 20 - Registrador INTCON do Timer 0

REGISTER 9-1: INTCON: INTERRUPT CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF ⁽¹⁾
bit 7							bit 0

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

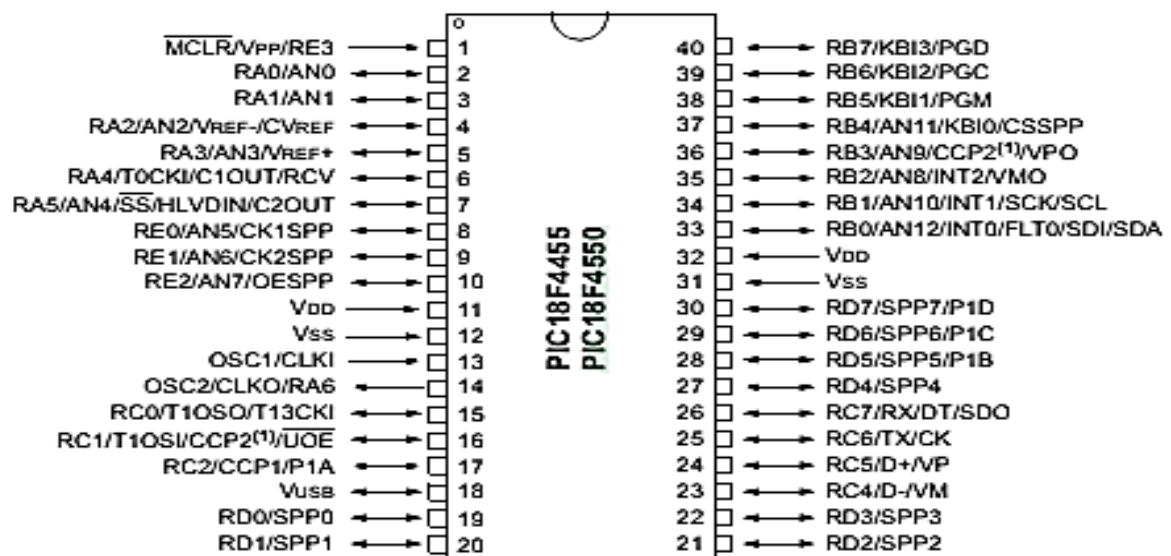
'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

Fonte: Manual do PIC18F4550/Microchip Corporation.

A descrição de cada pino do microcontrolador pode ser encontrada no documento de referência Datasheet do fabricante (Figura 21).

Figura 21 - Pinagem do PIC18F4550 (Datasheet PIC18F4550)



Fonte: Manual do PIC18F4550/Microchip Corporation.

É possível perceber que devido à grande versatilidade do microcontrolador existem vários pinos que desempenham mais de uma função.

A escolha de qual será a função do pino dependerá do projeto a ser desenvolvido. (MIYADAIRA, 2009).

A Figura 22, extraída da página 99 do Datasheet do Microcontrolador usado para esse projeto, exhibe a explicação do modo de configuração do registrador INTCON, referente a parametrização do timer zero.

Figura 22 - Ficha explicativa de parametrização do INTCON do PIC18F4550

bit 7	<p>GIE/GIEH: Global Interrupt Enable bit</p> <p><u>When IPEN = 0:</u></p> <p>1 = Enables all unmasked interrupts</p> <p>0 = Disables all interrupts</p> <p><u>When IPEN = 1:</u></p> <p>1 = Enables all high priority interrupts</p> <p>0 = Disables all high priority interrupts</p>
bit 6	<p>PEIE/GIEL: Peripheral Interrupt Enable bit</p> <p><u>When IPEN = 0:</u></p> <p>1 = Enables all unmasked peripheral interrupts</p> <p>0 = Disables all peripheral interrupts</p> <p><u>When IPEN = 1:</u></p> <p>1 = Enables all low priority peripheral interrupts</p> <p>0 = Disables all low priority peripheral interrupts</p>
bit 5	<p>TMR0IE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit</p> <p>1 = Enables the TMR0 overflow interrupt</p> <p>0 = Disables the TMR0 overflow interrupt</p>
bit 4	<p>INT0IE: INT0 External Interrupt Enable bit</p> <p>1 = Enables the INT0 external interrupt</p> <p>0 = Disables the INT0 external interrupt</p>
bit 3	<p>RBIE: RB Port Change Interrupt Enable bit</p> <p>1 = Enables the RB port change interrupt</p> <p>0 = Disables the RB port change interrupt</p>
bit 2	<p>TMR0IF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit</p> <p>1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software)</p> <p>0 = TMR0 register did not overflow</p>
bit 1	<p>INT0IF: INT0 External Interrupt Flag bit</p> <p>1 = The INT0 external interrupt occurred (must be cleared in software)</p> <p>0 = The INT0 external interrupt did not occur</p>
bit 0	<p>RBIF: RB Port Change Interrupt Flag bit⁽¹⁾</p> <p>1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software)</p> <p>0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state</p>

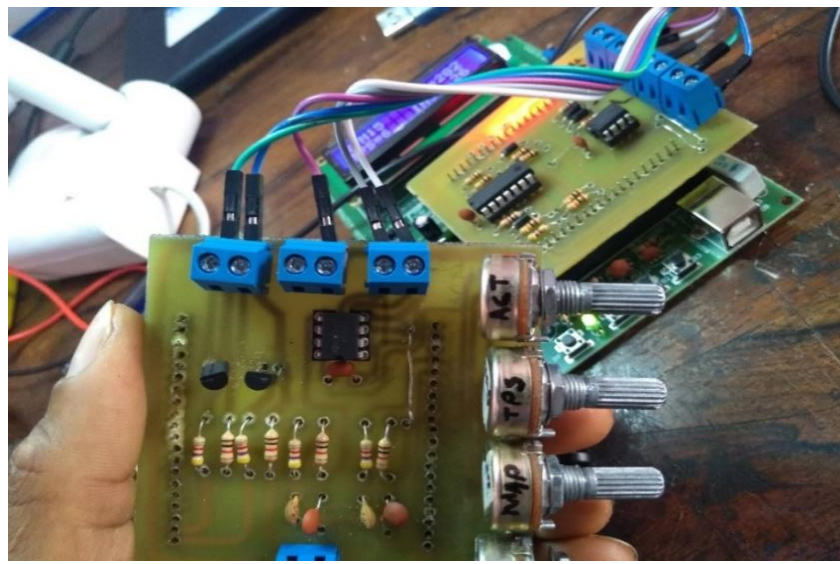
Fonte: Manual do PIC18F4550/Microchip Corporation.

Deve ser mencionado que a esse exemplo só lhe compete a parametrização do Timer 0, sendo que há também a necessidade de estabelecer parâmetros a outros registradores, como os referentes a saídas analógicas ou que determina quais serão os I/Os a serem usados, entre outras parametrizações que o desenvolvedor terá por conhecê-las e estudá-las.

3.3 Condicionador de Sinais Fundamentos e Construção

Desenvolvido em aulas de Gerenciamento de Motores, ministradas pelo Professor Edison Kitani na Fatec Santo André, e com base nos conhecimentos passados por ele, será usado neste trabalho um circuito de interface conhecido condicionador de sinais (**Erro! Autoreferência de indicador não válida.**), dando assim um incremento ao capítulo 3.1 Unidade de Controle Fatec.

Figura 23 - Condicionador de Sinais



Fonte: Autoria própria

Ele é comum em unidades de controle de motores e outras eletrônicas que necessitem de adequação do nível de tensão em suas entradas.

O condicionador de sinais tem como função adequar os níveis de tensão gerados pelos sensores em nível de tensão apropriada ao PIC, Capítulo 3.2 PIC18F4550, de forma que ele não seja danificado por valores superiores a 5 volts. Além disso o condicionador trabalha como um “casador” de impedância, para que de tal forma, os sinais gerados tenham fidelidade em sua intensidade e valores na entrada do Microcontrolador, Capítulo 3.2 PIC18F4550.

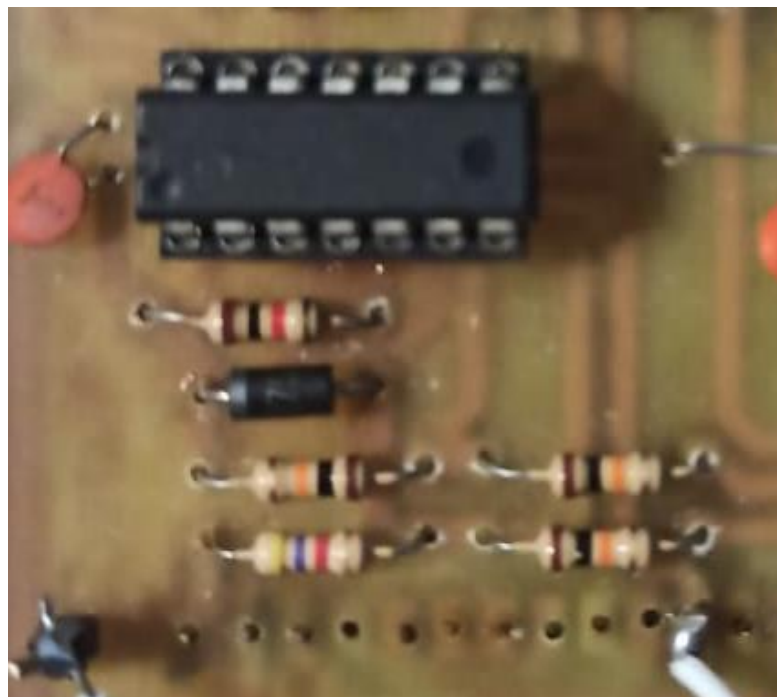
Para o projeto, a função do condicionador será de fazer o casamento de impedância e adequar as tensões dos sinais do Sensor de efeito Hall que será detalhado no Capítulo 3.4 Sensor de efeito Hall e seu Princípio de funcionamento.

O condicionador (Figura 24) utilizado aqui foi construído de forma artesanal; ele é acoplado a unidade de controle em suas entradas para que, uma vez que o sinal entre no Microcontrolador, na forma de sinal PWM, haverá uma interrupção na borda de subida do pulso, para que dessa forma haja o entendimento do aumento de velocidade do veículo ou sua parada, para que assim se tenha alternância do modo de estacionamento para o de progressão. Os detalhes sobre o programa serão exibidos em seu capítulo.

Na sua confecção o condicionador, feito para a aula de Gerenciamento de motores, recebe quatro circuitos de interface, porém para execução do estudo aqui proposto será usado somente um deles, que será o circuito correspondente ao Sensor de rotação de efeito Hall, Capítulo 3.4 Sensor de efeito Hall e seu Princípio de funcionamento.

Na utilização para leitura do sinal do Sensor Hall, essa interface é construída da seguinte forma: um “Grampeador” de tensão ou Circuito grampeador, seguido de um Circuito Comparador de tensão que irá mandar o sinal na condição de tensão favorável a entrada do PIC. Para sua construção serão usados os componentes que estarão disponibilizados na tabela do Apêndice A.

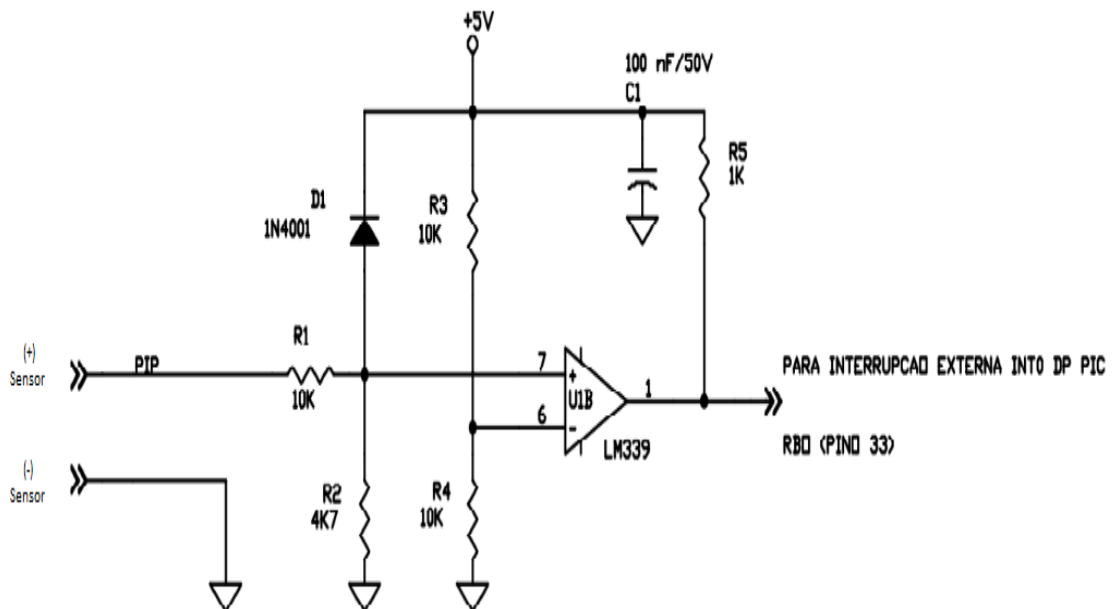
Figura 24 - Condicionador de Sinais deste Projeto



Fonte: Autoria Própria

A Figura 25 mostra o esquema do circuito referente a interface do sinal do sensor de efeito Hall, Condicionador de Sinais. Nele há, na entrada do sinal do sensor (PIP), o mencionado grampeador de tensão formado pelo diodo 1N4001 e os resistores de 4700 ohms e 10000 ohms, seguido do divisor de tensão formado por dois resistores de 10000 ohms, que opera junto a um amplificador operacional LM339 que tem a função de comparar se o sinal de saída da interface é igual a 5 volts.

Figura 25 - Esquema do Circuito do Condicionador de Sinais

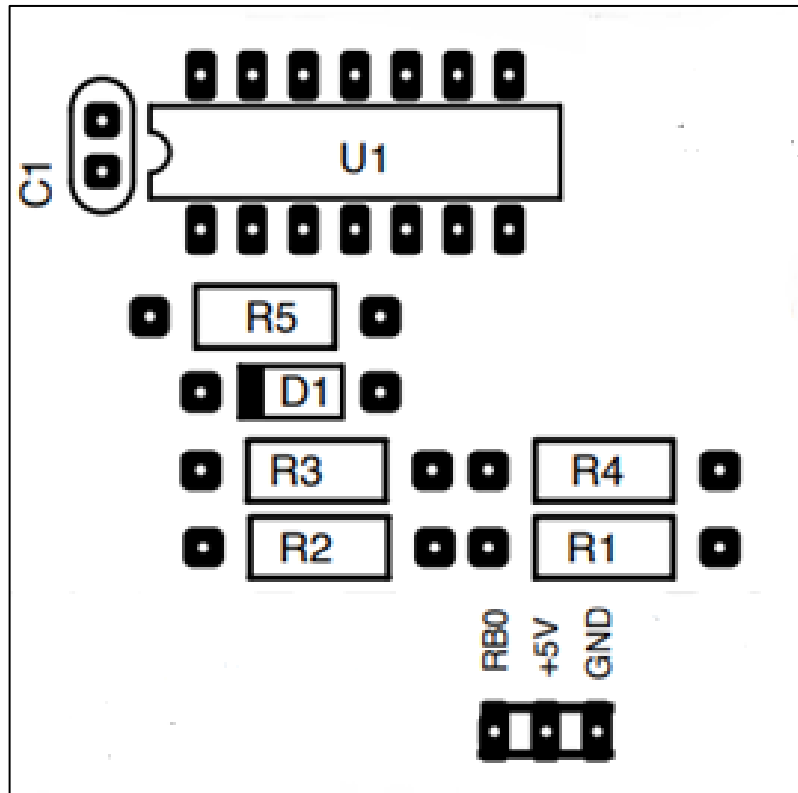


Fonte: <https://sites.google.com/site/profedsonfatecsa/gerenciamento-de-motores>

Uma vez em mãos os componentes constantes do Apêndice A e o esquema da Figura 25, para melhor auxílio na construção do Condicionado de Sinais, será também disponibilizado o Layout da placa onde se encontra o posicionamento dos componentes (Anexo A). Através dele é possível fazer as trilhas, acompanhando a ordem que se encontram os componentes da Figura 24.

Conferindo os valores e dos componentes na tabela do Apêndice A e com a layout da Figura 26, junto com o esquema do circuito da Figura 25, é possível ter noções dimensionais de como traçar as trilhas que os ligarão os componentes, da mesma forma que fora feito na confecção da Unidade de Controle no Capítulo 3.1 Unidade de Controle Fatec.

Figura 26 - Layout do Condicionador de Sinais



Fonte: Autoria Própria

Assim como no processo de fabricação da Unidade de Controle, a lista de materiais e ferramentas, Anexo C, para confecção do Condicionador de sinais é a mesma, com o número de itens já adequado para as duas placas.

3.4 Sensor de efeito Hall e seu Princípio de funcionamento

No ano de 1879 o físico estadunidense Edwin Hall, em seus estudos, descobriu que quando uma tensão é aplicada a uma placa condutora e um campo magnético é posto perpendicular a ela o sentido da tensão tende a migrar para as laterais da placa e a corrente sofre uma resistência, deste princípio nasceu o efeito Hall.

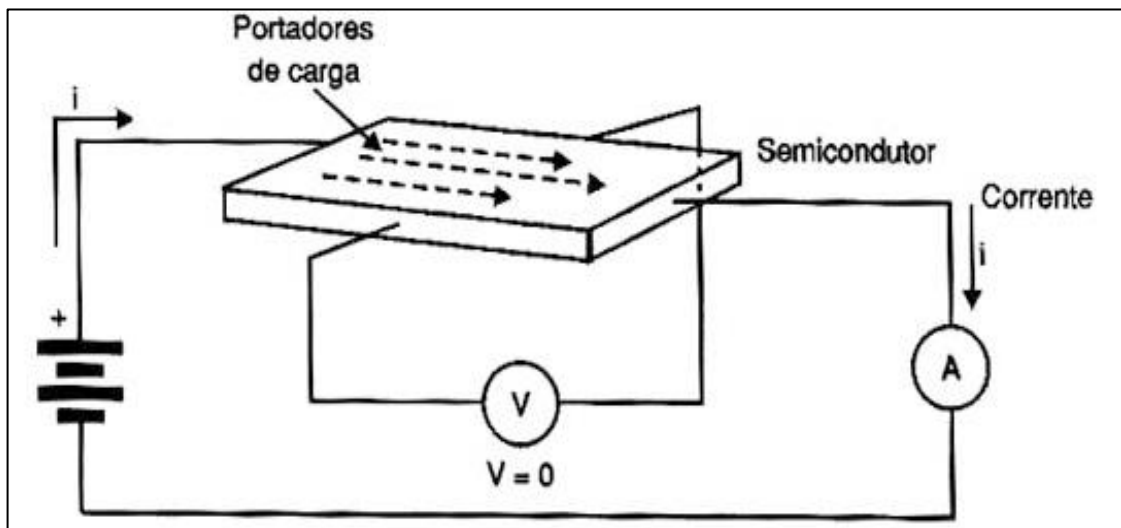
Com base no livro Sensores Industriais edição 5, apesar do efeito Hall existir

em materiais condutores ele é mais intenso em materiais semicondutores.

Um ponto muito positivo de um sensor de efeito Hall é que um único dispositivo pode medir a intensidade de campo magnético contínuos como alternados.

Na Figura 27 há uma corrente no sentido longitudinal e um voltímetro aplicado no sentido transversal a essa corrente, no entanto, o valor de tensão aferido é igual a zero, pois não há um campo magnético atuando perpendicular a placa semicondutora.

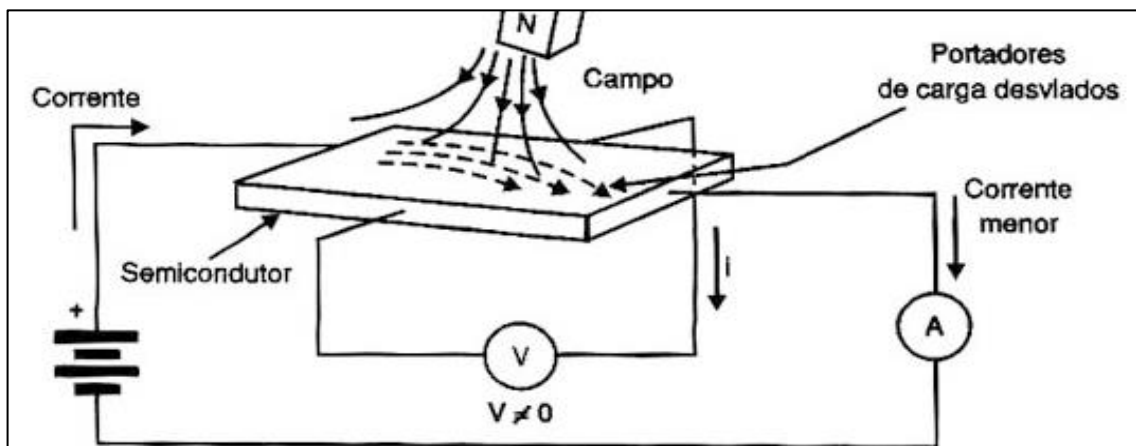
Figura 27 - Demonstração do Efeito Hall (sem presença de campo magnético)



Fonte: <https://www.newtonbraga.com.br>

Já na Figura 28, com a presença de um campo magnético, a tensão é diferente de zero no sentido transversal à corrente que agora sofre ação de uma resistência.

Figura 28 - Demonstração do Efeito Hall (Na presença de campo magnético)



Fonte: <https://www.newtonbraga.com.br>

O funcionamento de sensores de efeito Hall baseasse do desvio das linhas de corrente que passa por uma placa de material semicondutor que conta com um imã permanente paralelo a ela, sendo tudo isso encapsulado.

Uma vez que há a presença de um material ferro magnético próximo ao imã, as linhas de corrente da placa semicondutora se desviam para um dos extremos de sua secção. De tal forma haverá uma diferença de potencial entre os dois extremos da secção da placa, que proporcionará um pulso em nível lógico alto. Esse sinal poderá passar por uma eletrônica contida em seu interior, como nos sensores Hall automotivos que dispõem desse atributo, e com isso ganhar característica digital.

Nos automóveis dotados de injeção eletrônica de combustível a função mais relevante deste efeito está relacionada ao tempo de injeção e ignição do veículo, uma vez que através de um sensor de efeito Hall associado a uma roda dentada ligada a arvore de manivelas do motor, é possível detectar a rotação que esse motor se encontra e com isso coordenar pulso de válvulas injetoras e mapeamento da ignição que controla o avanço. Mas para que isso aconteça é necessária uma frequência de pulsos, que ocorre toda vez que um dente dá uma roda cheia de dentes, conhecida como roda fônica (Figura 29), se aproxima do ponto de contato do sensor, onde se encontra seu imã permanente. Essa sequência de eventos é lida pela Unidade de controle que, com sua estratégia de programação, coordenará essas duas funções importantes para o motor.

Figura 29 - Roda Fônica



Fonte: www.mercadolivre.com.br

No entanto, um sensor de origem Hall também pode coletar sinal de rotação em um veículo com outras finalidades, como é o caso dos sistemas de ABS e Assistências de Direção convencionais, que precisam de informações da rotação referente as rodas de veículo.

Para executar o Projeto desse TCC o ideal seria que o sensor Hall tenha como missão coletar a rotação vinda do cabo de velocímetro, pois o ele responde pela velocidade do veículo, o que dará a dedução de que o veículo em questão está parado ou em movimento, pois com esse dado a Unidade de controle poderá designar que função o Motor de assistência deverá exercer, se a de motor ou a de eletro ímã. Como esse TCC não teve uma aplicação de seu *hardware* em tamanho real o esquema de montagem e características do sensor não tem uma relação de similaridade direta com os de um automóvel, por não estarem em uso em um veículo, todavia esse fato de nada irá atrapalhar a análise do princípio de funcionamento do sistema estudado.

Na Figura 30 há uma imagem referente ao sensor que foi utilizado no protótipo.

Figura 30 - Sensor de Efeito Hall



Fonte: Autoria Própria.

3.4.1 Possíveis adaptações do sensor Hall em um veículo baseado neste projeto

Um sistema de direção elétrico depende de um sinal de rotação das rodas para determinar a intensidade da progressão e redução gradativa da assistência até que chegue a zero.

Em grande maioria, carros com fabricação em 2010 dispõem de sensores de efeito Hall em suas caixas de transmissão, o que favorece a implantação de um sistema como o exibido neste trabalho. No entanto, a ideia de adaptação desse projeto busca, também abranger, carros fora de série que não dispõem se quer de injeção eletrônica. Por esse motivo, mesmo não tendo sido possível o desenvolvimento prático em um automóvel, será mencionado aqui métodos para que se possa coletar o sinal Hall e assim fazer uso dele no desenvolvimento desse projeto. Será explicado sobre maneira de extração do sinal Hall em veículos cujo sinal rotação do câmbio, utilizado no velocímetro, é de efeito Hall e dos veículos que esse sinal é de origem mecânica.

3.4.1.1 Sinal Hall em veículos que dispõem do sensor

Para esses veículos, como no caso do Gol 2009 utilizado na extração de dados para o protótipo, a tarefa é muito simples, bastará coletar o sinal no fio emissor que sai do câmbio. A Figura 31 é do sensor usado nesse automóvel.

Figura 31 - Sensor de Velocímetro Gol 2009



Fonte: www.shop.dimasavolkswagen.com.br/

Tendo o Gol 2009 como referência, o acesso ao sensor é feito pelo capô do veículo (Figura 32), o sensor se encontra no lado esquerdo do motor do carro, logo abaixo do coletor de escape no sentido do câmbio. Lembrando que esse dado não se generaliza a todos os automóveis.

Figura 32 - Posição do Sensor de Velocímetro Gol 2009



Fonte: Autoria Própria

Geralmente esse tipo de sensor é dotado de três fios, um é o sinal positivo de alimentação o outro o sinal negativo de alimentação, a diferença de potencial entre eles é geralmente de 12 Volts, e o terceiro é o emissor do sinal Hall que deve ser usado na implementação do projeto.

É possível distinguir a função de cada um dos três fazendo uso de um multímetro ou com o Datasheet do componente, para o primeiro caso é interessante que o aparelho de teste tenha escala de frequência, para que assim se possa achar entre os três fios qual combinação entre dois desses gera uma revolução por unidade de tempo.

3.4.1.2 Sinal Hall em veículos que não disponham do sensor

Para esse tipo de veículo é interessante que se tenha uma interface para coleta do sinal entre o velocímetro e o câmbio.

Essa estratégia requer uma simples adaptação de um dispositivo já existente no mercado que, intermediando o câmbio, cabo, e velocímetro, coleta a rotação entre esses três elementos e gera por efeito hall.

Caso tratasse de um Sensor para Tacógrafo Universal de efeito Hall (Figura 33), esse dispositivo é usado em caminhões velhos que têm seus velocímetros a cabo, como são também os carros antigos, para a finalidade de se instalar tacógrafos digitais.

Figura 33 - Sensor para Tacógrafo Universal



Fonte: www.mercadolivre.com.br

Nele há duas extremidades, onde uma é anexada ao cabo de velocímetro (Figura 34) quanto a outra ao pinhão de velocímetro, contido na transmissão desse tipo de veículo, dele sai um chicote elétrico responsável por sua alimentação e o envio do sinal Hall.

Essa adaptação é algo que cabe ao desenvolvedor analisar o formato do pinhão e a ponta do cabo de velocímetro, para assim criar uma alternativa simples de união entre os três elementos.

É importante lembrar que até para adaptação de sistemas de direção elétrica já existentes no mercado há a necessidade desse mesmo trabalho.

Figura 34 - Detalhe do Sensor para Tacógrafo Universal



Fonte: www.mercadolivre.com.br

3.5 Motor de Assistência

Tendo como base de seu funcionamento o eletromagnetismo os motores elétricos estão cada vez mais presentes no automóvel, segundo o professor Roberto Bortolussi da Fatec Santo André, muito em breve países como a Alemanha usaram no lugar de motores de ciclo Otto os motores elétricos. Isso se dá pela sua eficiência e danos ambientais muito baixos em relação aos motores a combustão interna.

Contudo, para este TCC o motor elétrico teve o papel de maior relevância no que se diz respeito ao *hardware* do sistema foi, como dito, Motor de assistência auxiliando no estacionamento contribuindo na força de esterço, e como um eletroímã para dar a rigidez encontrada na direção progressiva.

3.5.1 Linhas Gerais

No entanto, a princípio irá ser falado do seu primeiro modo de funcionamento para que se tenha entendimento dos seus princípios, para que depois se aborde sobre a forma de imã elétrico.

Os motores elétricos são divididos em três classes, são elas:

- imã permanente,
- motores serie e
- motores shunt,

sendo o último utilizado no projeto.

Entretanto, será mencionado de forma sucinta o funcionamento dos demais. Porém, para melhor entendimento, primeiramente, o assunto a ser falado será o funcionamento, em linhas gerais, dos motores elétricos.

A armadura, o Suporte de Escovas e o Imã ou Bobina de campo, são componentes das três classes de Motores de corrente contínua.

Segundo o professor Edson Kitani e os conteúdos do livro de Kosow Cap.1 e Apostila do Prof. Valdir Noll, CEFET-SC, Seção 8.1, onde há uma corrente em oposição a ela haverá a presença de um campo magnético.

No entanto, uma vez que o fio por onde trafega essa corrente for enrolado na forma de espiras arredondadas ou ovais, mas sempre paralelas, um outro fenômeno físico irá surgir e seu nome é indutância, que gera uma oposição a corrente enumeras vezes mais intensa que o fio reto gerava a princípio. Furto dessa oposição da corrente haverá um campo magnético que quando de encontro a outro campo magnético com mesmo sentido de orientação tenderam a se repelirem, essa repulsão entre os dois corpos mencionados é o que propicia o movimento nos motores elétricos.

Porém, até esse movimento vir a vencer a inercia, a corrente terá de vencer a resistência contida no fio, e isso leva um período igual a $5*(L/R)$, em que **R** é a resistência do fio e **L** a indutância, quando a corrente atinge esse tempo seu valor é máximo. Logo que o motor entra em movimento essa corrente que era máxima tenderá a zero, o que por sua vez irá gerar uma tensão conhecida como Força Contra Eletromotriz que tenderá se igualar a tensão de alimentação desse motor, e nesse

momento o valor máximo será o da velocidade de rotação.

A Força Contra Eletromotriz se dá toda vez que um material condutor passa paralelamente a um campo magnético, que é umas das formas do surgimento dessa tensão.

A indutância é calculada segundo a fórmula indicada na Figura 35.

Figura 35 - Fórmula do cálculo da Indutância

$$L = \frac{\phi * N}{I}$$

Fonte: <https://sites.google.com/site/profedsonfatecsa>

Onde:

I = corrente

L = Indutância

N = Número de espiras

ϕ = Fluxo magnético

seguido do cálculo da Força contra eletromotriz na Figura 36.

Figura 36 - Fórmula do cálculo da Força Contra Eletromotriz

$$F_{cem} = V_a - i_a R_a$$

$$i_a = \frac{V_a - (F_{cem} + V_{esc})}{R_a}$$

Fonte: <https://sites.google.com/site/profedsonfatecsa>

Onde:

F_{cem} = Força Contra Eletromotriz

V_a = Tensão da armadura

I_a = corrente da armadura

R_a = Resistência da armadura

V_{esc} = tensão que cai sobre as escovas

Agora com essa base será mais fácil falar sobre as diferenças entre os motores de cada uma das classes mencionadas.

3.5.2 Imã Permanente

Motores de ímã permanente (Figura 37) são dotados de armadura “ou rotor” (Este tipo de motor é empregado em muitas funções, desde brinquedos até as mais diversas aplicações automotivas.

Figura 38), suporte de escovas (Figura 39), Imã permanente (Este tipo de motor é empregado em muitas funções, desde brinquedos até as mais diversas aplicações automotivas.

Figura 38 - Rotor ou Armadura



Fonte: <https://pt.demotor.net>

Figura 39 - Suporte de Escovas



Fonte: www.hkiairsuspension.com.br

Figura 40) e carcaça (habitáculo dos componentes). Seu funcionamento segue o que aqui foi mencionado, no entanto, o campo magnético que surge na armadura será repellido pelo campo magnético de um imã permanente.

Figura 37 - Motor de Imã Permanente



Fonte: www.mercadolivre.com.br

Este tipo de motor é empregado em muitas funções, desde brinquedos até as mais diversas aplicações automotivas.

Figura 38 - Rotor ou Armadura



Fonte: <https://pt.demotor.net>

Figura 39 - Suporte de Escovas



Fonte: www.hkiairsuspension.com.br

Figura 40 - Imã Permanente



Fonte: www.mercadolivre.com.br

3.5.3 Motor Série

Os motores Série (Figura 41) são dotados de armadura “rotor”, suporte de escovas, bobina de campo (

Figura 42) e carcaça. Seu funcionamento tem, no primeiro instante, o princípio fundamental dos motores, porém com um diferencial peculiar entre os demais.

Figura 41 - Motor de Partida Automotivo do Tipo Série



Fonte: www.mercadolivre.com.br

Figura 42 - Bobina de Campo



Fonte: www.mercadolivre.com.br

Em um motor dessa classe há uma bobina de campo magnético, melhor dizendo, um ímã elétrico formado por enrolamentos de fios em lâminas empilhadas de material condutor, assim como é na concepção da armadura, entre tanto, esse componente fica ligado em série a esse rotor, então logo que a corrente vence a resistência e atinge seu pico máximo o motor romperá a inercia, porém não se manterá na máxima rotação, que depende da queda da corrente e surgimento da Força Contra Eletromotriz, pois por ter ligação em serie a corrente na bobina de campo não cairá o mesmo também ocorre na armadura e com isso seu torque irá crescer a medida em a corrente também cresce.

Logo, tem torque auto de partida, por isso é muito usado em motores de arranque para caminhões e muitos automóveis, mas devido a essa sua característica singular, não pode ser usado de modo contínuo, pois sua corrente elevada pode levar seus enrolamentos a um provável efeito Joule.

3.5.4 Motor Shunt

São dotados de armadura “ou rotor”, suporte de escovas, bobina de campo e carcaça. Trabalha semelhante ao Motor de ímã permanente, porém ao invés de um ímã permanente é utilizado em sua construção uma bobina de campo.

Diferente do Motor série essa bobina não está ligada em série à armadura e sim em paralelo, fato que diferencia os valores de corrente entre os dois componentes que terão de igual a tensão.

De forma geral os motores elétricos dependem do valor de tensão para determinar sua rotação, sejam eles de qualquer classe ou até mesmo de corrente alternada, não mencionados no assunto.

Todavia, o Shunt é o único entre os motores de corrente contínua, entre todas as classes de motores, que não tem esse meio como única fonte para alta rotação. Por poder ter a corrente na bobina de campo distinta a corrente na armadura, uma vez que a corrente é reduzida nesse campo e mantida na armadura o motor eleva sua rotação.

Este tipo de motor não pode ser feito em um Imã permanente por não se ter controle algum sobre o Imã Permanente.

3.5.5 Motor Shunt no Automóvel

O motor Shunt adotado para uso efetivo do sistema em um automóvel terá que proporcionar entre 10 a 20 N.m de torque para o auxílio de manobras e progressividade na rigidez do volante em altas velocidades, sendo que esse segundo exigirá essa força de forma gradativa.

Mas, isso só poderá se dar sendo o motor compatível com essa força de alimentação do automóvel. Em um carro temos uma tensão de 14,4 volts com o carro ligado.

Na Figura 43 há a aferição da força aplicada ao volante realizada no VW Gol 2009, o ensaio foi realizado com o veículo parado em solo semelhante ao asfalto.

Figura 43 - Torque necessário para girar o volante



Fonte: Autoria Própria

Também foram realizadas medições do torque na furadeira que teve seu motor usado no protótipo, trata-se de uma furadeira da marca Black&Decker 550W e 110 volts, conforme ilustrado pela Figura 44.

Figura 44 - Torque medido na Furadeira



Fonte: Autoria Própria

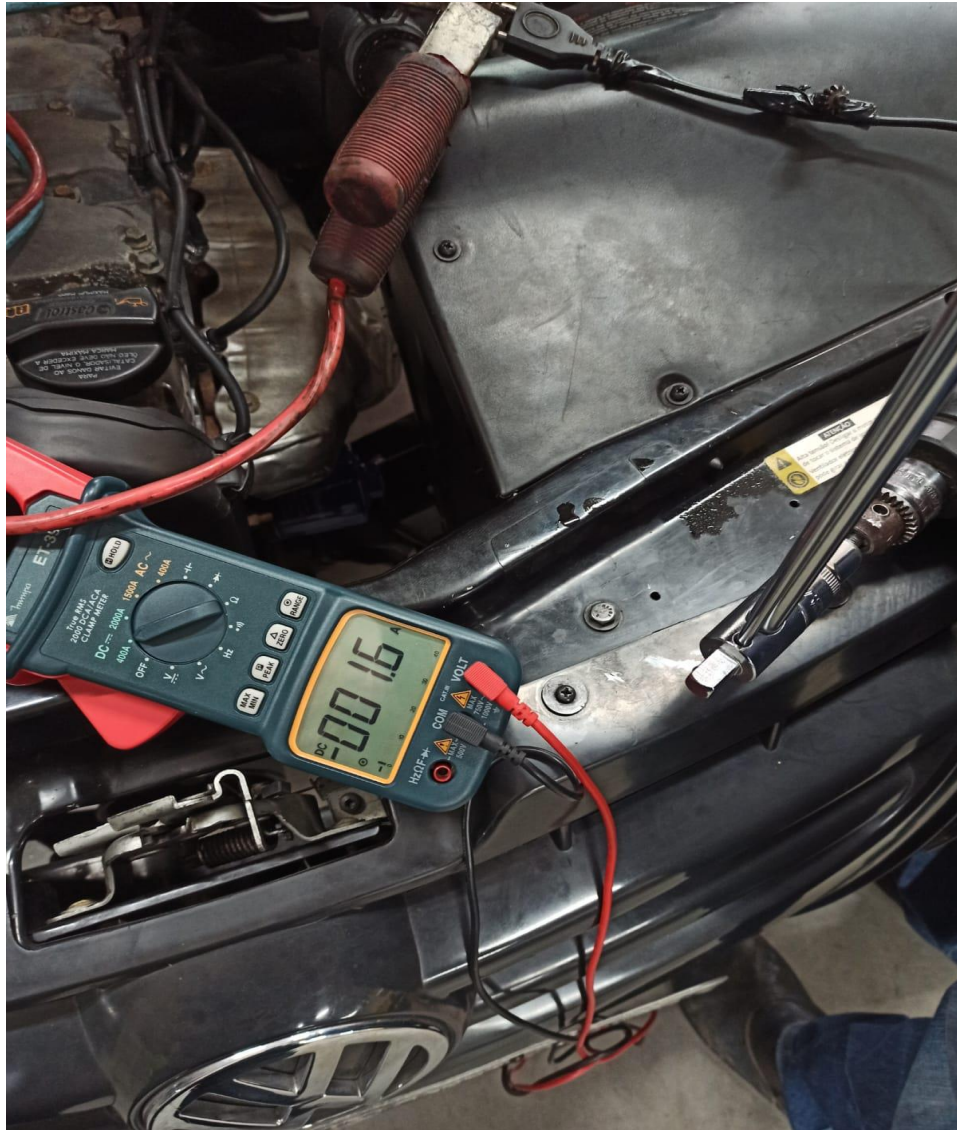
Para o ensaio, a furadeira foi ligada aos polos da bateria do automóvel em funcionamento, os motores elétricos os de corrente alternada podem ser ligados em corrente contínua e entrar em funcionamento.

No teste a corrente de pico do motor (Figura 45), quando preso ao torquímetro, foi de 1.6 a 1.7 Amperes, o que leva o motor a trabalhar com uma potência de aproximadamente 24,5Watts, sendo que a tensão produzida pelo alternador é de 14,4.

Esse valor é mais de vinte vezes menor que o valor de operação da furadeira, que é de 550W, no entanto gerou um torque de aproximadamente 8 N.m, o que pode ser considerado satisfatório sendo que esse valor é 40% torque medido no volante em situação de piso rústico.

Deve ser lembrado também o fato de que não foi levado em consideração uma eventual relação de redução de rotação das polias que interligam o motor a coluna de direção, que caberá a uma instalação real em um veículo.

Figura 45 - Corrente de Pico da Furadeira



Fonte: Autoria Própria

O meio de se obter o valor do torque do motor é através de cálculos, para que dessa forma se possa comparar com o valor obtido fazendo uso do torquímetro e da corrente e tensão gerada pelo sistema de carga e partida do veículo. Para isso é preciso ter as características do motor a ser usado.

Logo se a furadeira usada no projeto tem potência de 550W, tensão de 110V e 2800 RPM, usando as seguintes fórmulas:

$$P=T*W, \text{ onde } W=2\pi*f \text{ e } f = \text{RPM}/60 \text{ lembrando que } P=I*U.$$

W = Velocidade Angular

f = frequência

T = torque

RPM =Rotações por minuto

P =Potência

Com esses dados é possível calcular um Torque de:

$$T = P/W$$

$$T= (550W /2\pi*2800/60)$$

$$T= 1.87 \text{ N.m}$$

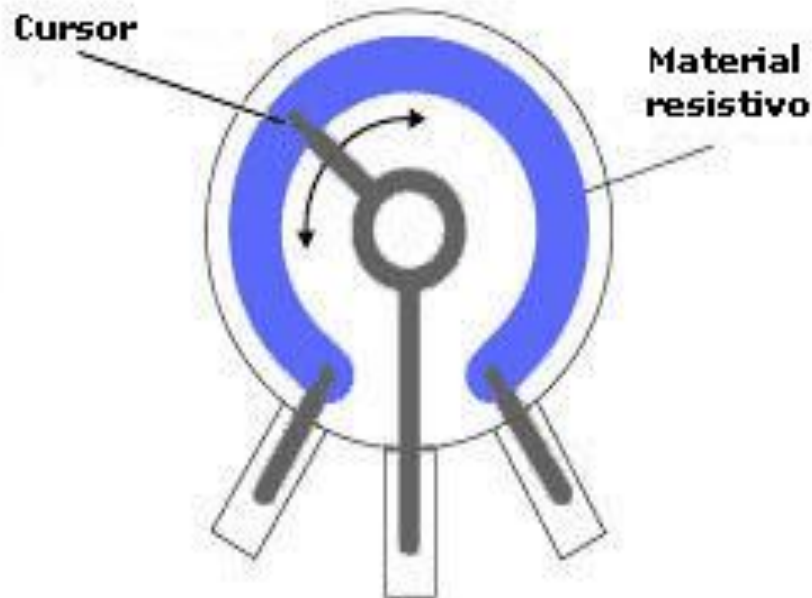
Comparando os valores de torque obtido com a tensão e corrente do veículo com o valor nominal do torque da furadeira é possível observar que o motor elétrico não está trabalhando com seu torque máximo, o não seria necessário para o projeto. Isso traz pontos positivos em relação a consumo de energia do automóvel além de preservação do motor elétrico do sistema de assistência.

3.6 Potenciômetro

É um componente eletrônico capaz de variar seu valor de resistência à medida em que seu cursor é rotacionado, em um potenciômetro existe um elemento resistivo, que leva os nomes de “pista”, ou “trilha”, além de um cursor móvel, que se movimenta ao longo de um eixo, rotatório ou linear.

A medida em que o contato desse curso anda pela pista, se tem a variação do valor de resistência sobre a corrente que entra e sai potenciômetro, conforme ilustrado pela Figura 46.

Figura 46 - Esquema de funcionamento do Potenciômetro



Fonte: www.comofazerascosas.com.br

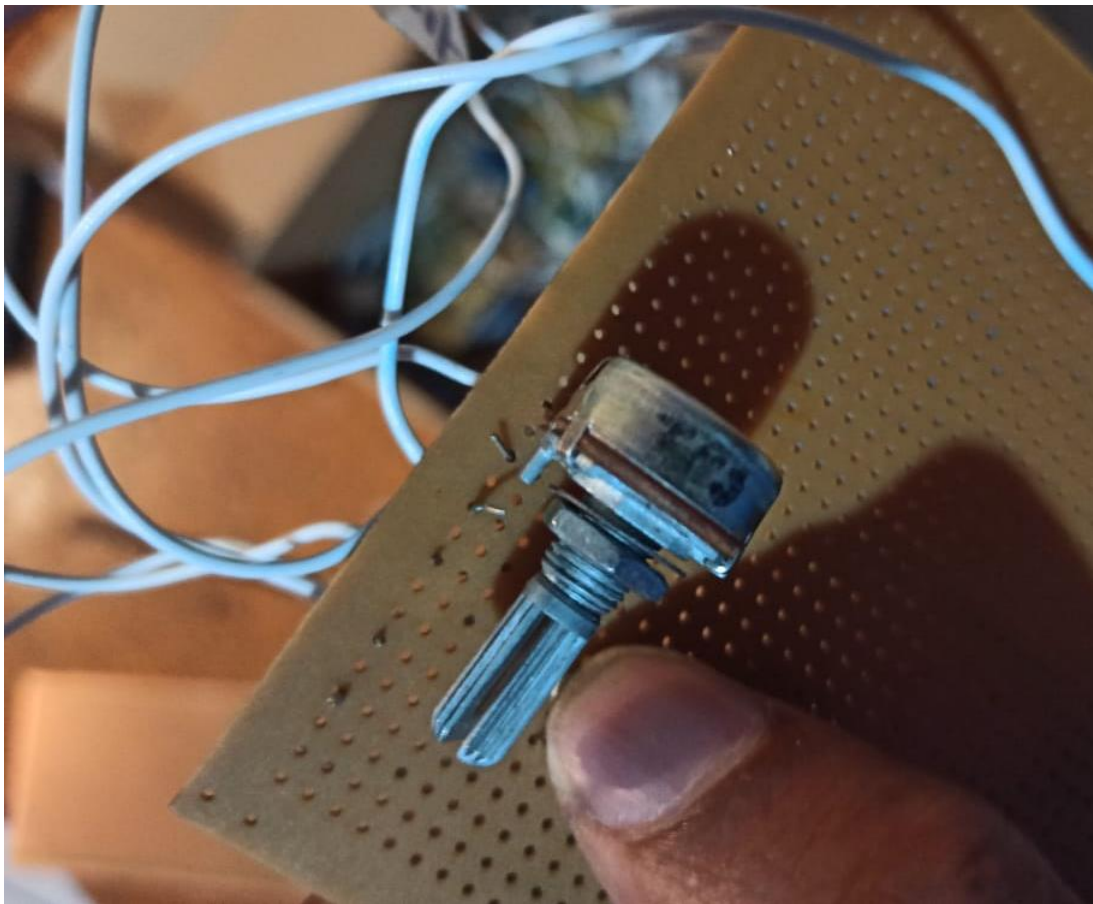
Há três pino nesse tipo de componente, onde dois são pertencentes ao material resistivo, sendo um o polo positivo e outro negativo, e o terceiro que é referente ao sinal de saída do componente, por onde o sinal elétrico aplicado nos dois pinos da pista passará por variação do valor de resistência.

Para o protótipo desse projeto, o meio de se constatar a variação de posição referente ao volante de um veículo foi fazendo uso de um potenciômetro (Figura 47), que devido suas variações de resistência, permite ao programa saber para que lado o volante foi girado. Para isso o potenciômetro usado foi um de 10k Ω de resistência máxima.

Em um automóvel o componente deverá ser preso paralelo a barra de direção do veículo, de maneira que o cursor possa ser acionado a medida em que a barra gira.

É sugerido que se use uma roldana de borracha no lugar do botão do curso, para que dessa forma esse cursor gire solidário ao giro da barra de direção.

Figura 47 - Potenciômetro responsável pelo sentido de direção



Fonte: Autoria Própria

Como a ideia do projeto é abranger o maior número de diferentes tipos de automóveis, o veículo utilizado para essa demonstração foi um Renault Clio Campus 2011, que assim como o Gol 2009, não é dotado de assistência de direção de nenhuma categoria.

Para que a ideia da adaptação do Potenciômetro fique mais clara, nas Figura 48 e Figura 49 a seguir, é mostrado um Potenciômetro na região sugerida para a adaptação.

Figura 48 - Possível adaptação do Potenciômetro um automóvel



Fonte: Autoria Própria

Figura 49 - Possível adaptação do Potenciômetro com a roldana



Fonte: Autoria Própria

3.7 Circuito ponte H com Mosfet

No Capítulo 3.5 Motor de Assistência foi falado do Motor de assistência e de suas funções dentro do projeto desse TCC, porém para que elas possam ser executadas, ou seja, para que as inversões de sentido de rotação e sentido de orientação do campo magnético sejam exercidas é necessário que haja uma comutação do sentido da corrente.

Para fazer essa comutação de forma rápida e segura, por se tratar de um equipamento que caso não atenda esses requisitos pode causar dano a vida quando usado de formas prática, foi utilizado, mesmo que para protótipo, um circuito conhecido como Circuito ponte H com Mosfet.

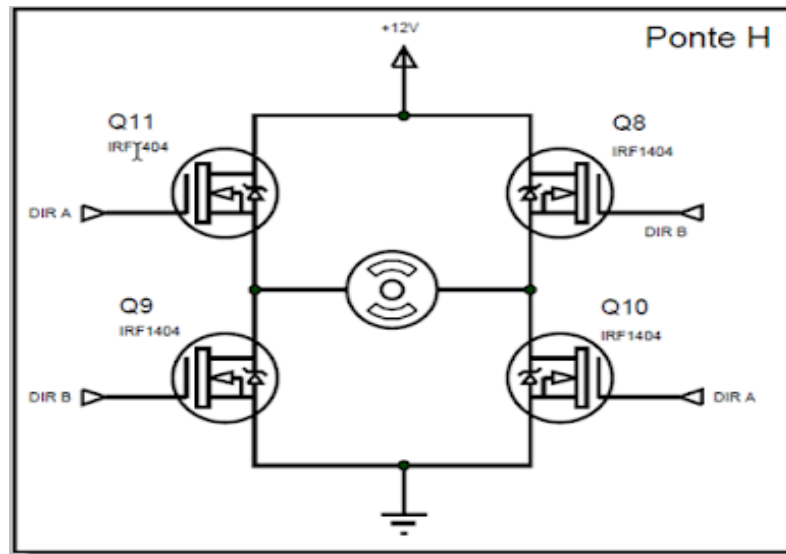
Um Circuito ponte com TJB também desenvolve essa função de inversão de sentido da tensão e corrente, porém não que capaz de suportar alto valor de corrente elétrica. O mesmo acontece com circuitos integrados que se encontra no mercado nacional, por esse fato os transistores Mosfet são a melhor opção quando é necessário a criação de um driver de potência mais robusto.

Utilizando quatro dos transistores mencionados unidos aos seus respectivos resistores e diodos em uma arquitetura que será demonstrada aqui um drive de potencial poder ser facilmente obtido.

Segundo o professor Fernando Koyanagi do colégio Ângulo Prudentino SP, em um Circuito ponte H Faz a saturação de um par de transistores disponibilizados diagonalmente para que a passagem de corrente elétrica trafegue em um dado sentido e saturando o segundo par em diagonal o sentido do fluxo se altera de forma inversa.

A Figura 50 mostra o esquema de uma ponte H e as seguintes mostram como essa inversão é feita pelo transistor.

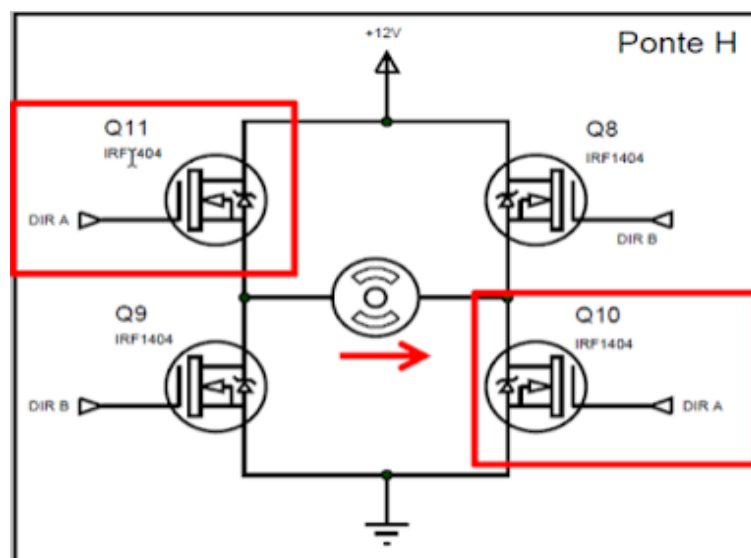
Figura 50 - Ponte H com Mosfet



Fonte: www.fernandok.com/2018/11/super-driver-de-1-200-amperes-para.html

A Figura 51 mostra o momento em que a saturação dos transistores Q10 e Q11 que comandam o sentido de rotação de um motor, ao centro da imagem, é estabelecida em suas bases, fazendo a rotação ser para direita.

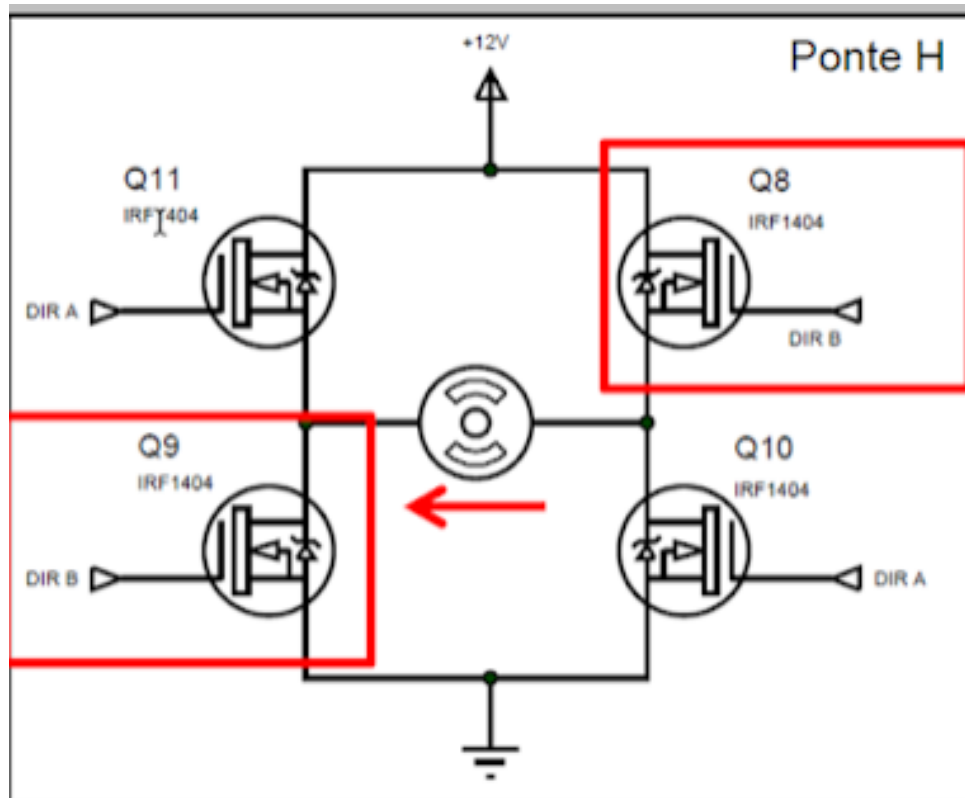
Figura 51 - Ponte H com Mosfet sentido Direito



Fonte: www.fernandok.com/2018/11/super-driver-de-1-200-amperes-para.html

Já na Figura 52, a comutação da corrente é feita no sentido esquerdo, devido a saturação nos transistores Q9 e Q8.

Figura 52 - Ponte H com Mosfet sentido Esquerdo



Fonte: www.fernandok.com/2018/11/super-driver-de-1-200-amperes-para.html

Para execução do ensaio do protótipo foi adotada uma estratégia, um pouco diferente para a adesão da Ponte H por se tratar de um motor com Bobina de Campo e não Imã Permanente, o meio de se obter a inversão do sentido de rotação do motor e de inversão do sentido de campo magnético entre a Armadura e a Bobina de Campo, foge um pouco do que é inverter sentido de rotação de um Motor de Imã Permanente.

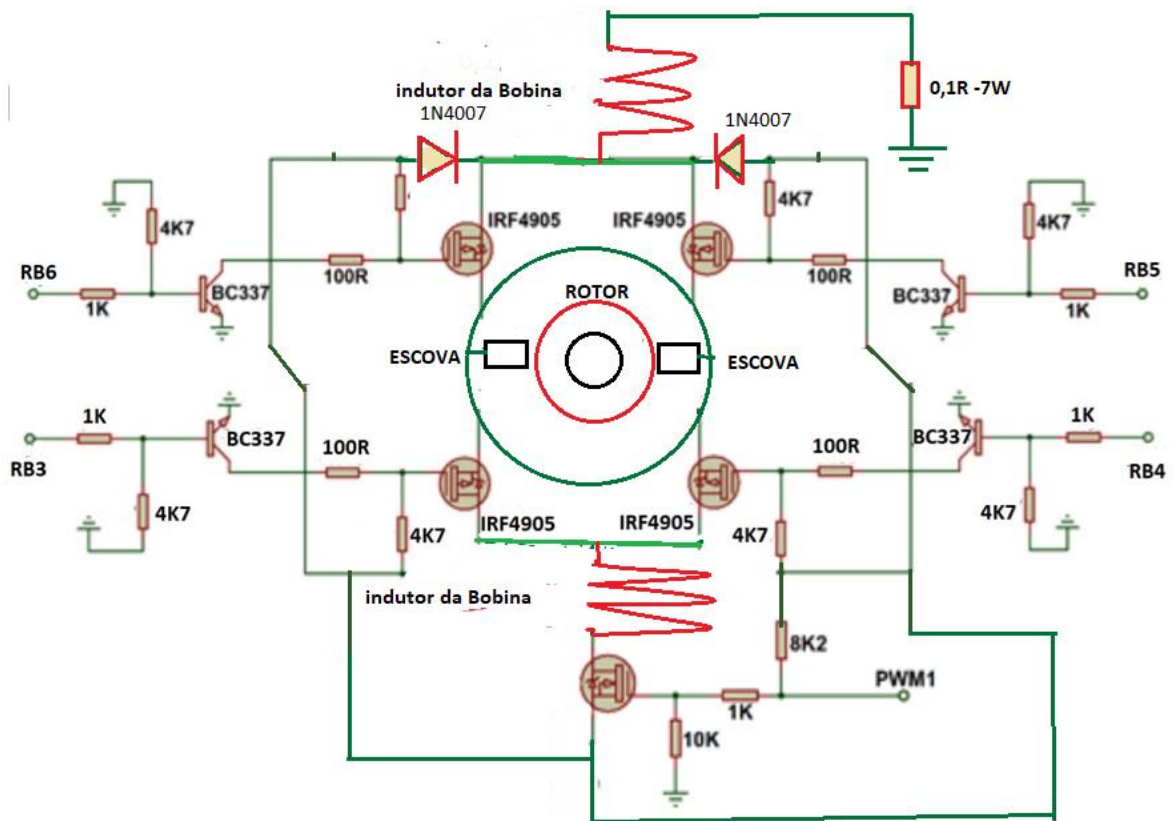
No último motor citado a Ponte H atua de maneira externa a carcaça do motor, controlando apenas a mudança de sentido de rotação, ele não pode modificar o sentido do campo magnético por conta de o Imã Permanente do Motor ser imutável.

Já no Motor Shunt do protótipo, por conta da Bobina de Campo ser controlável, há meio de se ter as duas ações, porém os transistores irão trabalhar controlando a passagem da corrente entre os enrolamentos da Bobina de Campo e o Suporte de Escovas que alimenta Armadura.

Para poder trabalhar com o valor de corrente medido nos ensaios com o motor de furadeira ligada a bateria do Gol 2009, os transistores adotados no projeto do protótipo serão os MOSFET's: IRF4905 – Canal P com corrente nominal de 74A, para controle do sentido e do PWM, e o BC 337 no controle da base de cada MOSFET.

A Figura 53 mostra o Esquema Elétrico da ponte H.

Figura 53 - Esquema Elétrico da ponte H



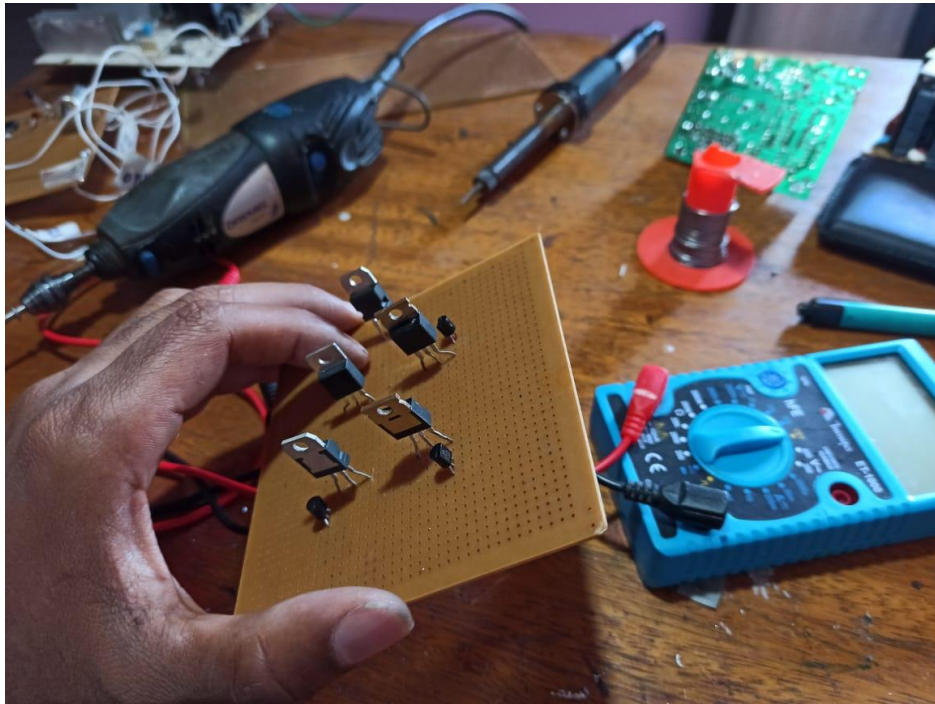
Fonte: Autoria Própria

Para a construção do Circuito Ponte H foi usada uma placa perfurada, que é um outro método de construção de placas, o qual chega a ser mais prático que um protoboard, porém não tão robusto quanto um Circuito Impresso, mas pelo fato de se tratar de um mero protótipo.

Mas para quem for de fato realizar o projeto de forma prática é indicado seguir o procedimento que foi usado no Condicionador de Sinais.

A Figura 54 ilustra uma etapa do processo de construção da Ponte H.

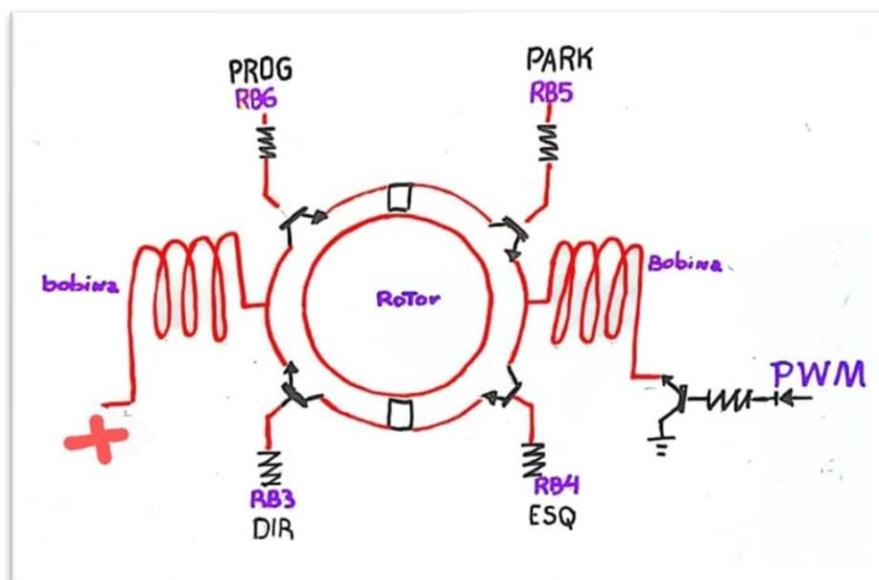
Figura 54 - Construção da Ponte H



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 55, o esquema para atuação de uma ponte H é exibido.

Figura 55 – Esquema para Atuação da ponte H do Projeto



Fonte: Autoria Própria

Foi necessário a instalação de cooler para resfriar o circuito, que devido ao elevado valor de corrente, sobreaquece demasiadamente.

No Apêndice B consta a lista de componentes para construção da ponte.

Para nem uma das construções ilustradas no conteúdo desse TCC não foi mencionado a quantidade de fios a ser usado devido a seu tema ser “Sistema progressivo para controle da direção e auxílio de manobras adaptável a veículos sem assistência”.

Por não se tratar de um veículo em específico uma medida exata para um possível chicote não teria coerência com a ideia do TCC, entretanto, o que pode ser sugerido é a bitola de 2mm para a fiação de ligação entre os circuitos construídos e 4mm para a alimentação do Motor de Assistência.

3.8 Cremalheira e Engrenagem da barra de direção

Talvez possa ser a parte mais simples de todo o projeto, no entanto, sua complexidade começa a surgir uma vez que para cada veículo, uma arquitetura diferente referente a transmissão da força do Motor de Assistência, deve ser adotada.

Como para esse TCC não foi usado um automóvel real para os testes e apenas teve como base prática um protótipo da assistência direção de um veículo, será passado aqui, tendo como base os estudos realizados pelos colegas CAIO ROBERTO DOS SANTOS & FERNANDO TADEU GIMENEZ, as orientações de como proceder, nessa etapa de execução do trabalho, para um projeto real.

O meio mais viável de se transmitir rotação do motor para o sistema de direção de um automóvel é através de polias, pois engrenagem costumam mais caro e seriam necessárias três devido ao sentido de giro, ou alteração na alimentação da Ponte H.

O trabalho dos colegas mencionados consistia em um veículo semiautônomo, que tinha a transmissão de força de assistência do volante através da coluna de direção e realizado por correias, esse trabalho teve muito êxito e trouxe base para as explanações referente a essa adaptação. Partindo dessa ideia, o procedimento inicial para a adaptação do Motor de Assistência na coluna de um veículo é:

- Ter a medida do diâmetro coluna de direção
- Ter mãos um catálogo de polias e correias, como por exemplo o da Gates que será disponibilizado no inciso.
- Localizar fator de serviço a ser usado para o cálculo, mediante a informação do torque do motor. Essa informação se encontra no catálogo Gates.
- Calcular torque de pico do motor (Q_p). Para essa equação e preciso fazer uso do valor de torque do Motor de Assistência.

$$Q_p \text{ (Nm)} = Q \times \text{Fator de Serviço}$$

$$Q = \text{Torque do motor}$$

- Calcular verificação de velocidade da correia, fazendo uso da equação.

$$V \text{ (m/s)} = 0,0000524 \times \text{Diâmetro Primitivo } D1 \times n \text{ Polia Motora}$$

- Calcular comprimento da correia.

$$PL \text{ (in)} = 2CD + [1,57 \times (PD + pd)] + [(PD - pd)^2 / 4CD]$$

Onde: CD = Distância entre Centros (in)

PD = Diâmetro Primitivo Maior (in)

pd = Diâmetro Primitivo Menor (in)

$$PL \text{ (mm)} = PL \text{ (in)} \times 25,4$$

- Calcular constante K, fazendo uso da equação:

$$K \text{ (in)} = 4PL - 6,28 (PD + pd)$$

$$K \text{ (mm)} = K \text{ (in)} \times 25,4$$

- Calcular da distância entre centro, fazendo uso da equação: CD (in)

$$CD \text{ (IN)} = \frac{K\sqrt{K^2 - 32(PD - pd)^2}}{16}$$

$$CD \text{ (mm)} = CD \text{ (in)} \times 25,4$$

- Calcular tensão elástica da correia, fazendo uso da equação:

$$Tst(lb) = [(1,21Q \times 8,8508) / pd] + [m \times (((pd \times n) / 3,82) / 1000)^2]$$

Onde: Q = Torque da polia motora (Nm)

pd = Diâmetro Primitivo Menor (Polia Motora) (in)

n = Rotação da Polia Motora (RPM)

m = 0,47 (Índice a ser estabelecido conforme tabela 7 na página 61 do catálogo Gates)

- Calcular distância de deflexão mínima da correia, fazendo uso da equação:

$$t(in) = \sqrt{CD^2 - \left(\frac{PD - pd}{2}\right)^2}$$

$$t(mm) = t(in) * 25,4$$

- Calcular força de deflexão mínima da correia, fazendo uso da equação:

$$DFmín(lb) = [Tst(lb) + (t(in) / PL (in)) \times Y] / 16$$

Onde: Y = 41,50 (Conforme tabela 7 na página 61 do catálogo Gates)

$$DFmín(N) = DFmín(lb) \times 4,4482$$

- Calcular distância de deflexão máxima da correia, fazendo uso da equação:

$$DFmáx(lb) = [1,1Tst(lb) + (t(in) / PL (in)) \times Y] / 16$$

Onde: Y = 41,50 (Conforme tabela 7 na página 61 do catálogo Gates)

$$DFmáx(N) = DFmáx(lb) \times 4,4482$$

Uma vez feito esse dimensionamento é preciso ser feito o alojamento do sistema na coluna direção (Figura 56), caso as junções da coluna de direção não sejam removíveis e isso dificulte a instalação da polia na barra de direção, opte por uma polia bipartida.

Figura 56 - Posição do Motor de Assistência na coluna de direção



Fonte: Autoria Própria

A confecção do suporte dependerá da estrutura automóvel em questão, na imagem a seguir o Motor de Assistência, usado no protótipo foi posicionado ao lado da coluna de direção do Renault Clio (Figura 57).

Figura 57 - Simulação Motor de Assistência na coluna de direção



Fonte: Autoria Própria

3.9 MPLAB e a Forma do Programa

Como falado no capítulo 3.2 PIC18F4550, para que as ações promovidas pelo sistema que esse projeto visa aconteçam é necessário que no microcontrolador haja um programa, que se trata de uma sequência de algoritmos que estabelecem a ordem em que as ações iram ocorrer, quando devem parar ou reiniciar.

Para elaborar esses algoritmos uma ferramenta virtual conhecida como MPLAB foi usada. Trabalhando em linguagem C o MPLAB X IDE v3.55 é um produto oferecido gratuitamente pela Microchip Technology que tem o intuito de executar a edição de projetos de programação com robustez e comodidade.

O programa conta com o XC8 Compiler que tem a função de compilar o código escrito em linguagem C para o formato Hex que será introduzido no PIC18F4550. Mas para isso é necessário o Bootprog.Usb.exe, que executa a transferência do programa para o PIC.

Com base nas aulas e na matéria do professor Paulo Tetsu Hoashi, da Fatec Santo André, um programa deve ter a início seu fluxograma, para que por fim seja digitalizado na ferramenta de escrita aqui mencionada.

Para criar um programa é necessário que o desenvolvedor tenha uma noção sobre programação antes de se aventurar em um projeto como o desse TCC, pois por se tratar de um conteúdo muito extenso e complexo.

No Anexo E, um pouco sobre isso é ilustrado com base nas aulas do professor Paulo Tetsuo Hoashi.

Como o protótipo não foi testado em um veículo real, os valores referentes aos níveis de velocidade poderão necessitar de algumas adequações.

A Figura 58 ilustra o layout do MPLAB.

Figura 58 - Layout do MPLAB X IDE v3.55



Fonte :autoria própria

4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES

4.1 Sobre o Programa de Execução

O programa tem que coordenar o Motor de Assistência, que é o atuador, recebendo sinal do Potenciômetro como sensor, assim como do Sensor de Velocidade, para que com isso possa executar a função de Assistência de Direção.

Para isso, a estratégia tomada pelo programa é, a princípio, fazer a leitura do sinal de rotação emitido pelo Sensor Hall, com isso saber, no caso de um veículo, se ele se encontra em movimento ou não.

Visto isso, caso sim, se porventura o potenciômetro varie seu sinal, o programa irá mediar sobre esses dois sinais de entrada.

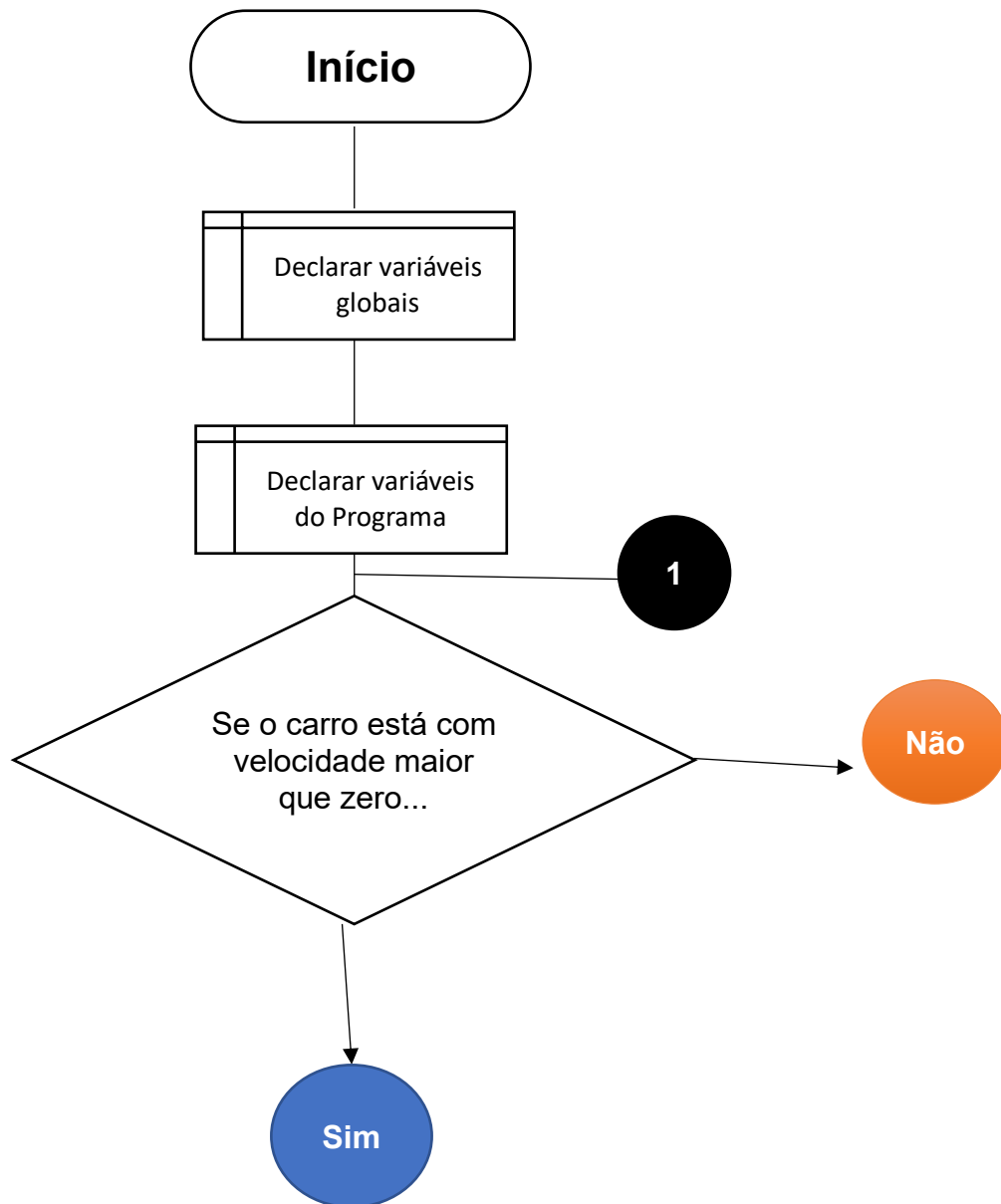
Em relação ao Sinal do Potenciômetro, ele irá ler a variação de resistência compará-lo com o de variável definida para que assim possa definir para que lado o Motor de Assistência deve girar para dar auxílio.

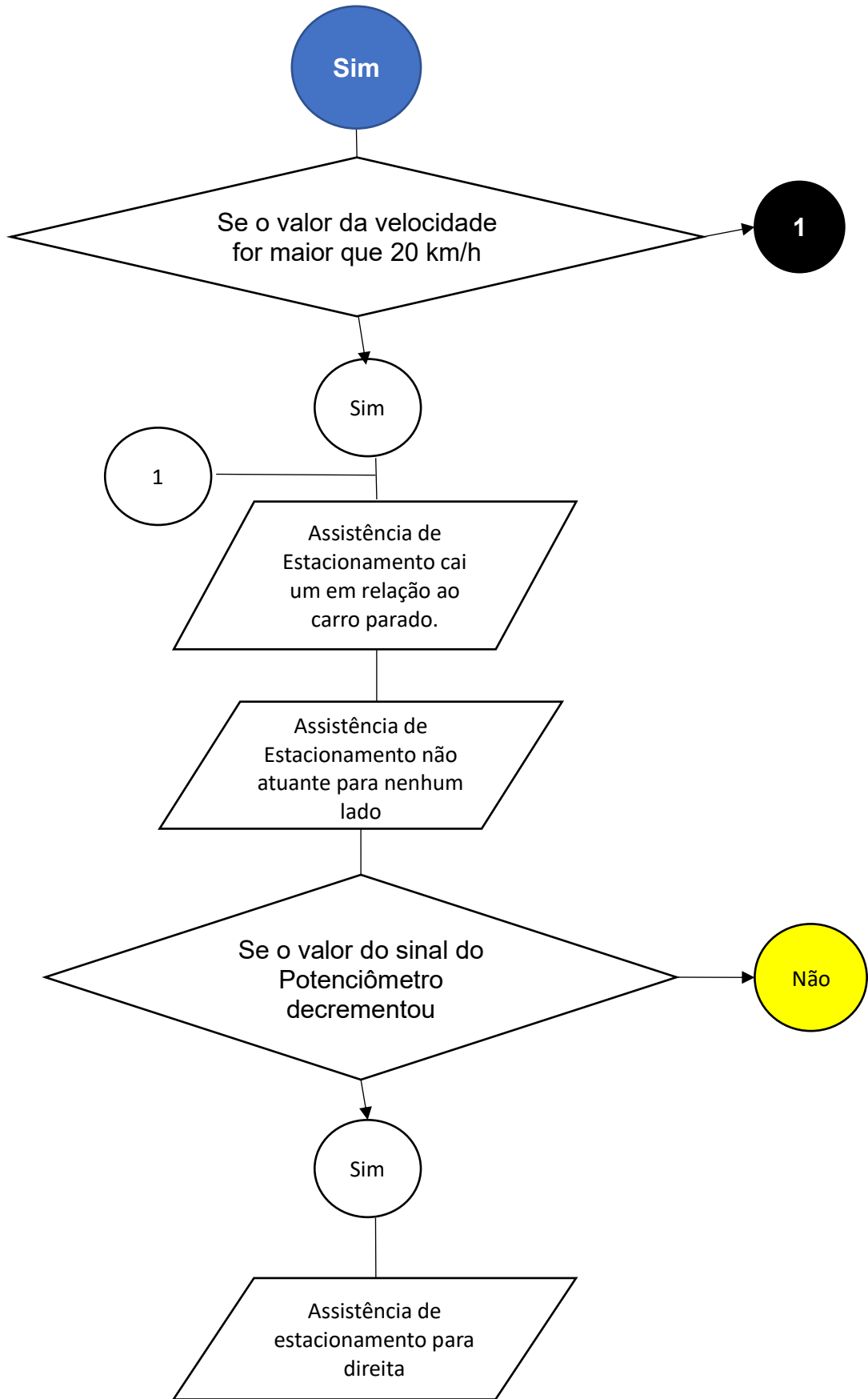
Já referente ao Primeiro a ser lido, Sensor Hall, o programa avalia por meio do sinal a velocidade em que veículo se encontra, para que com isso possa definir a intensidade ou desligamento do auxílio ao esterço, assim como início e crescimento, decremento e fim da Progressão para regresso da assistência e assim sucessivamente.

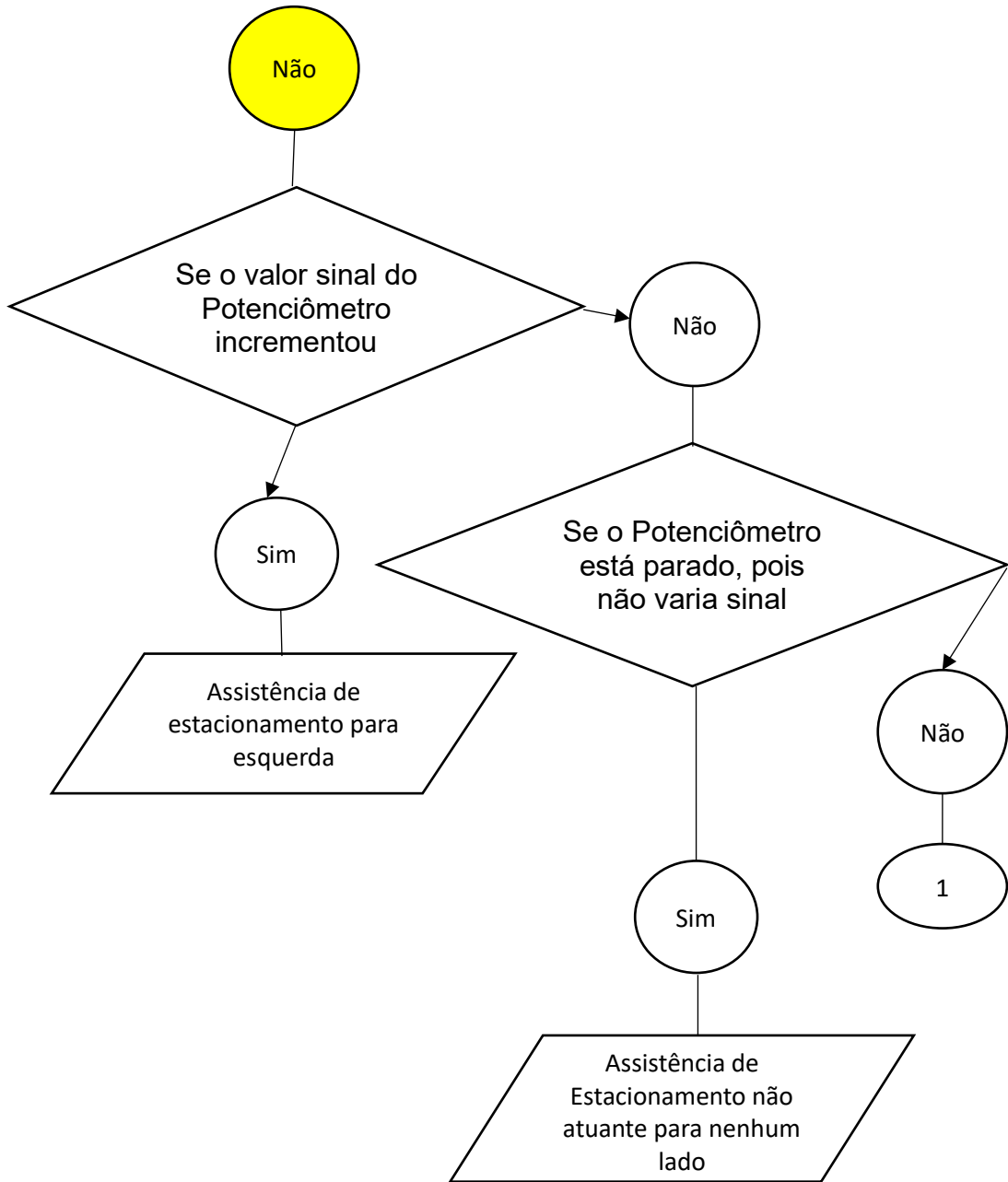
4.1.1 Fluxograma

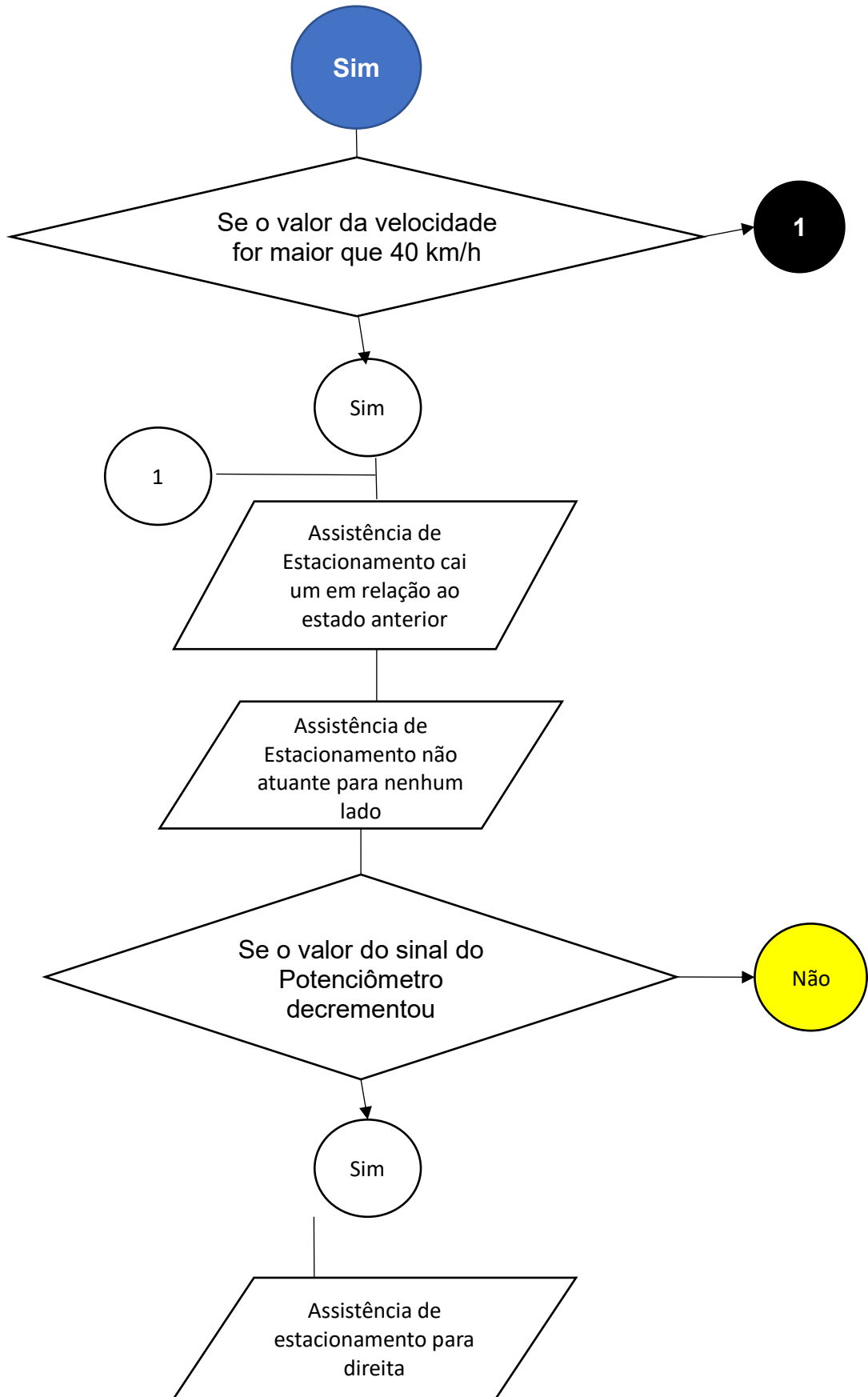
A Figura 59 exibe o fluxograma dessas interações descritas anteriormente para a execução da função de Assistência de Direção.

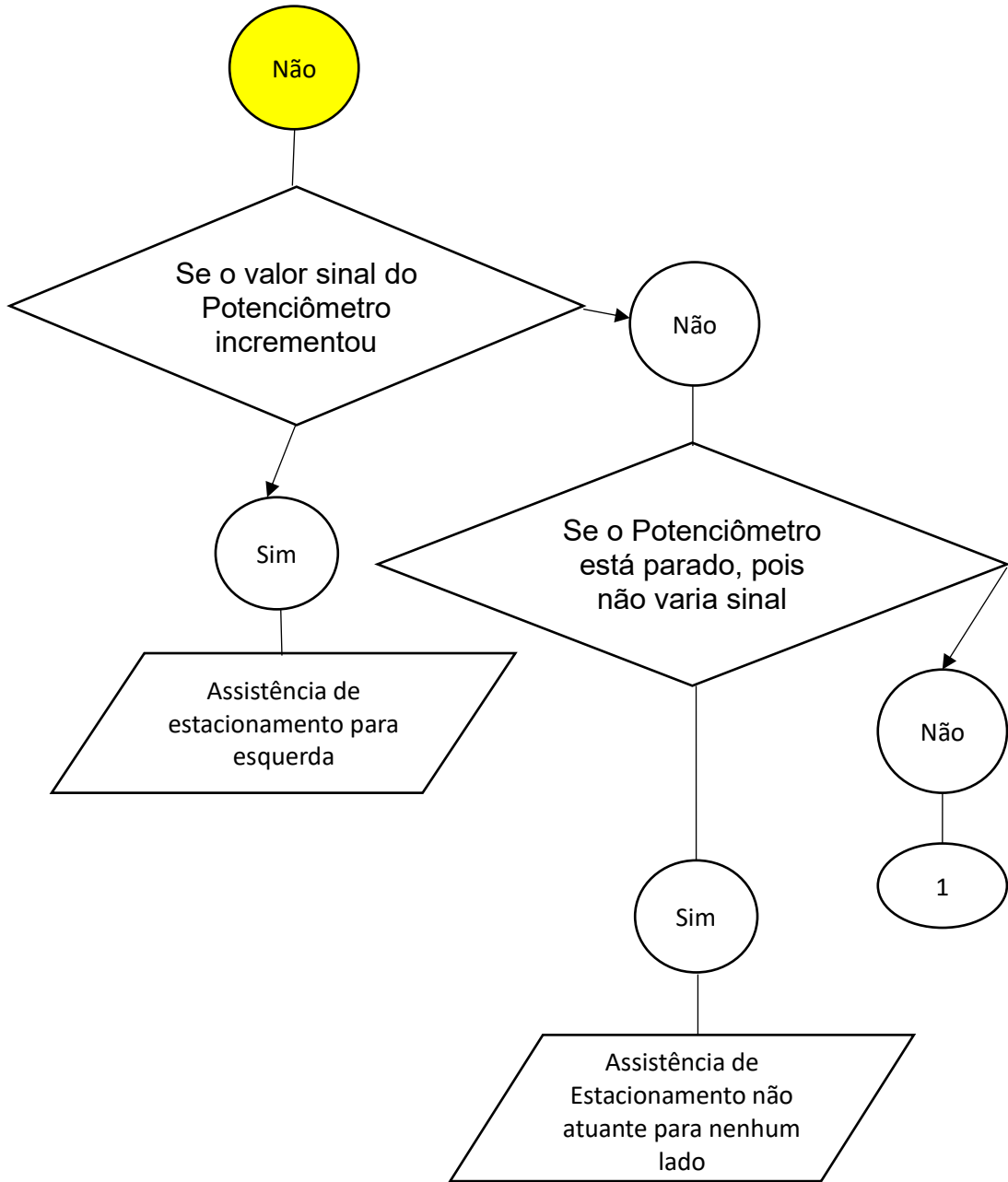
Figura 59 - Fluxograma do programa de Controle do Motor de Assistência

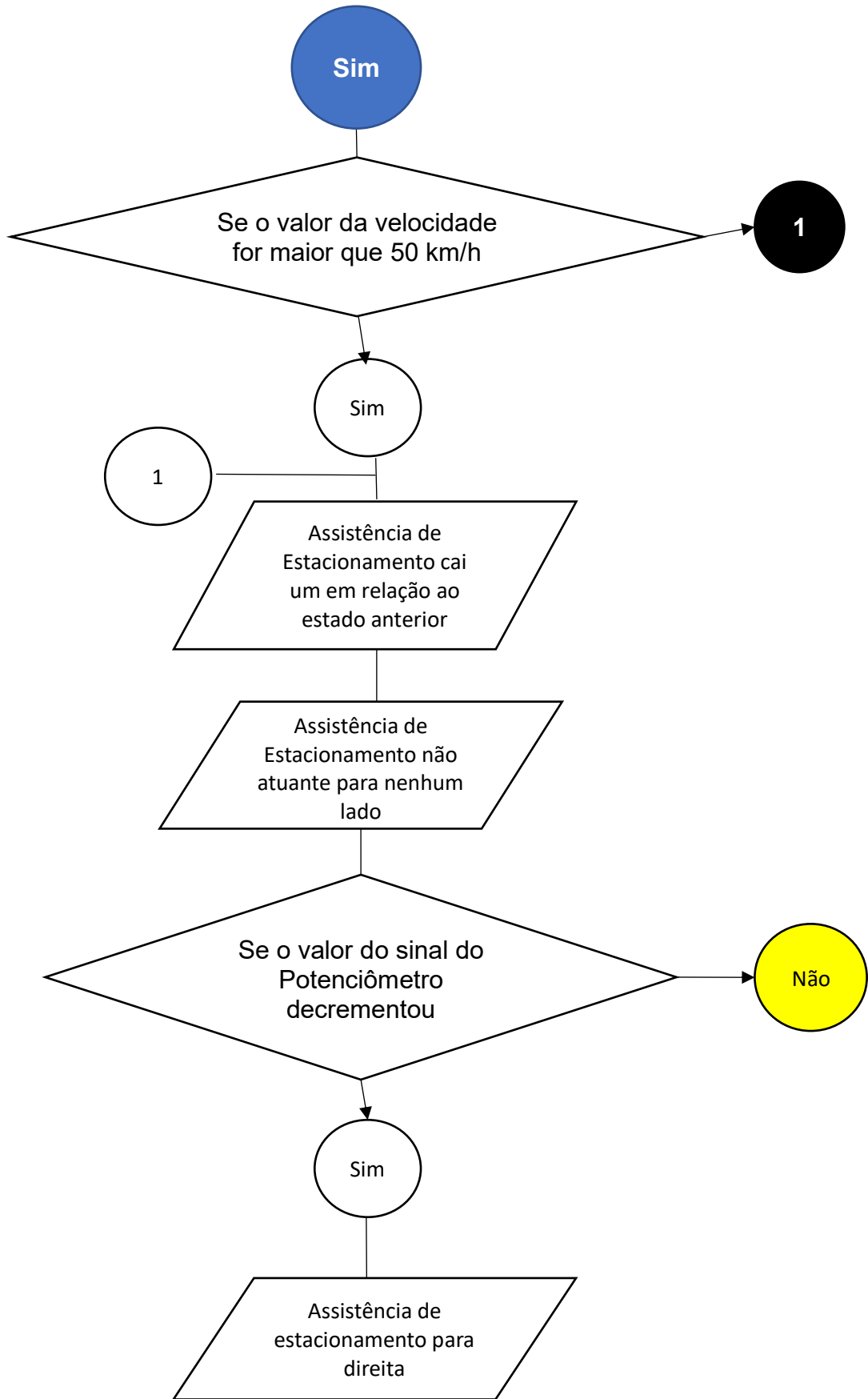


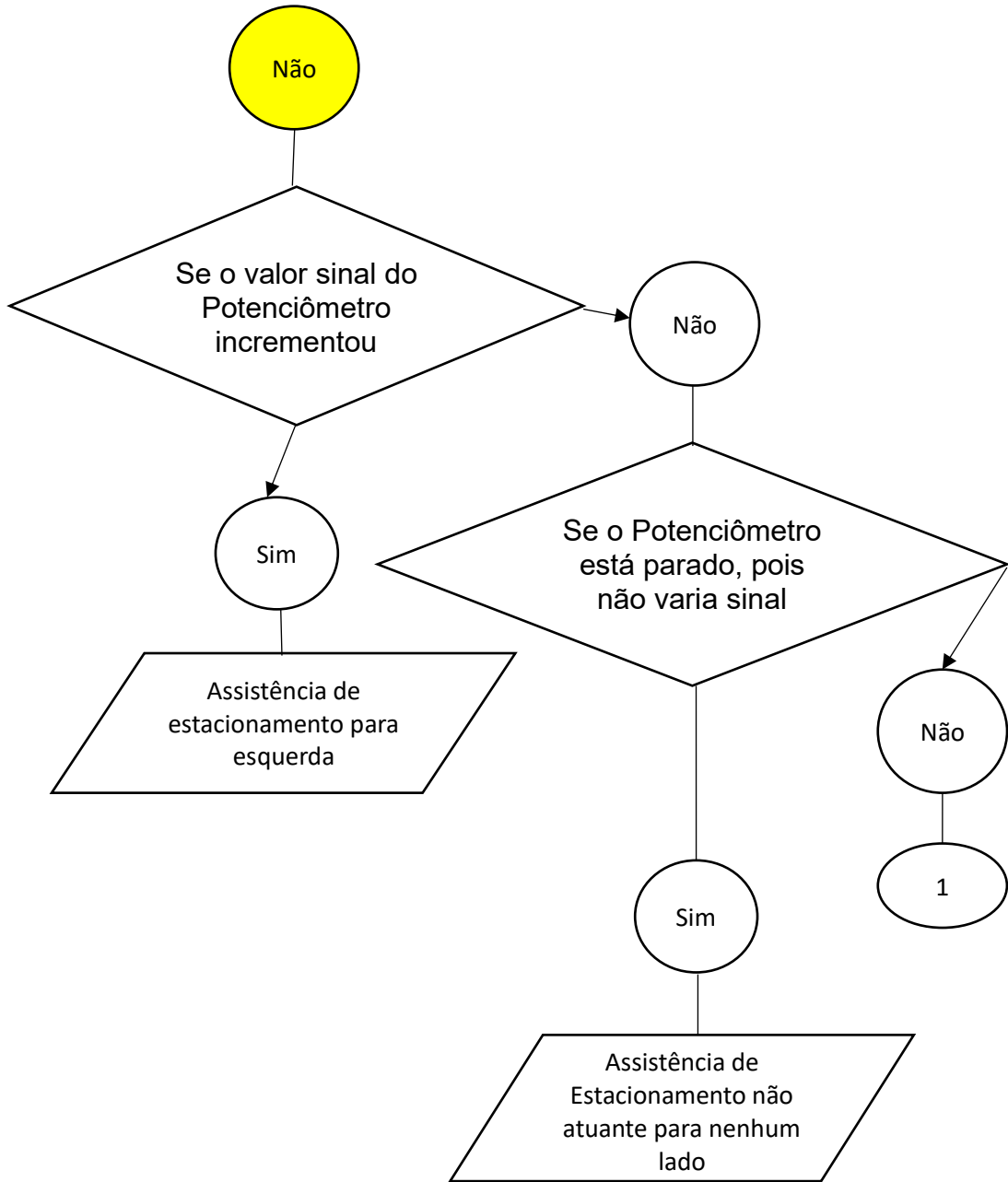


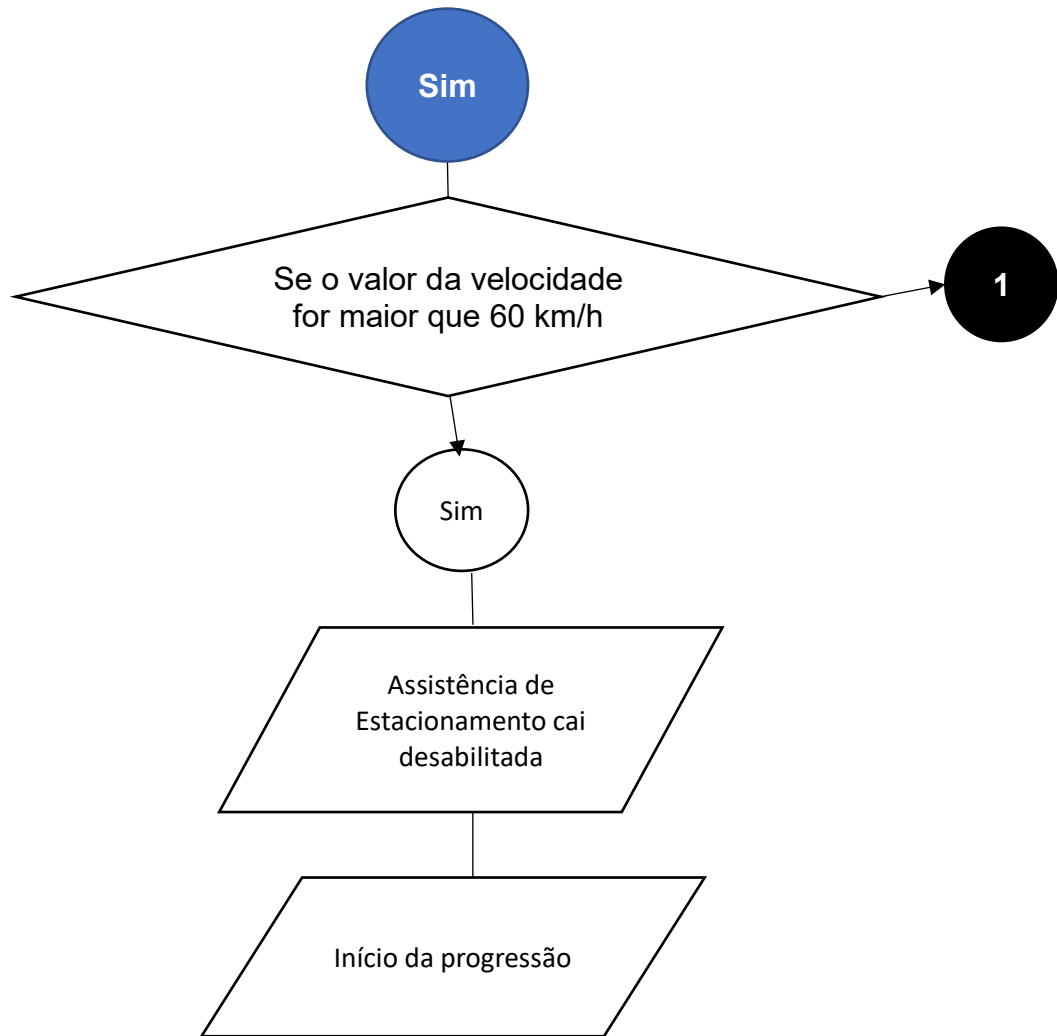


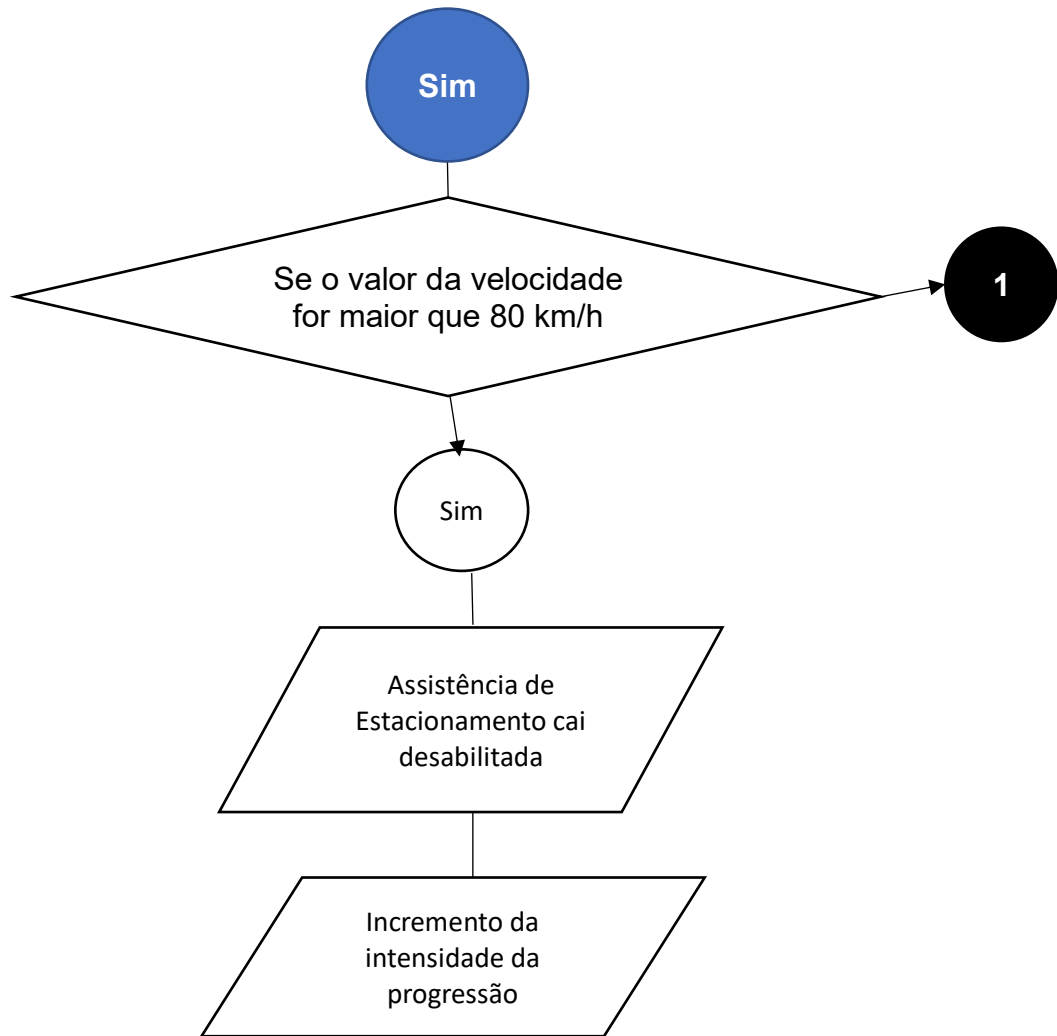


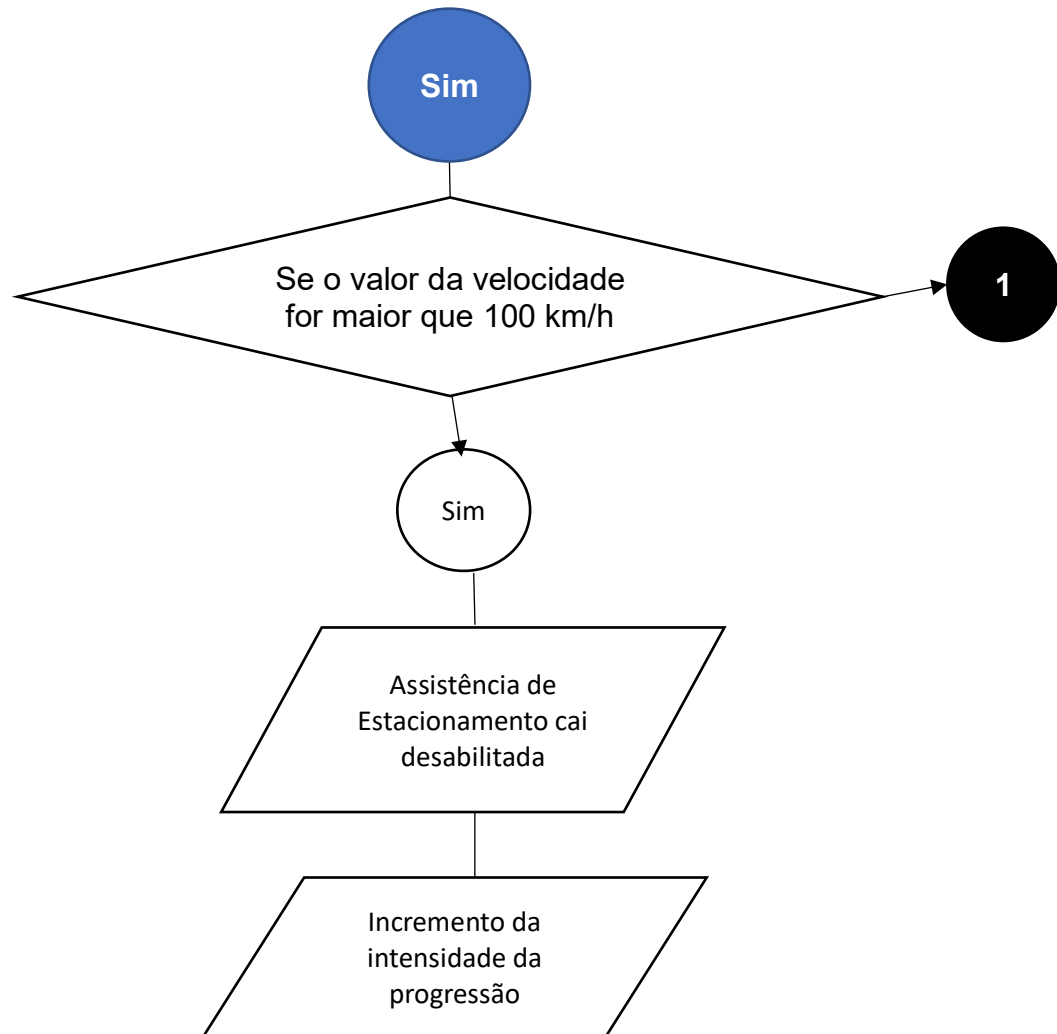


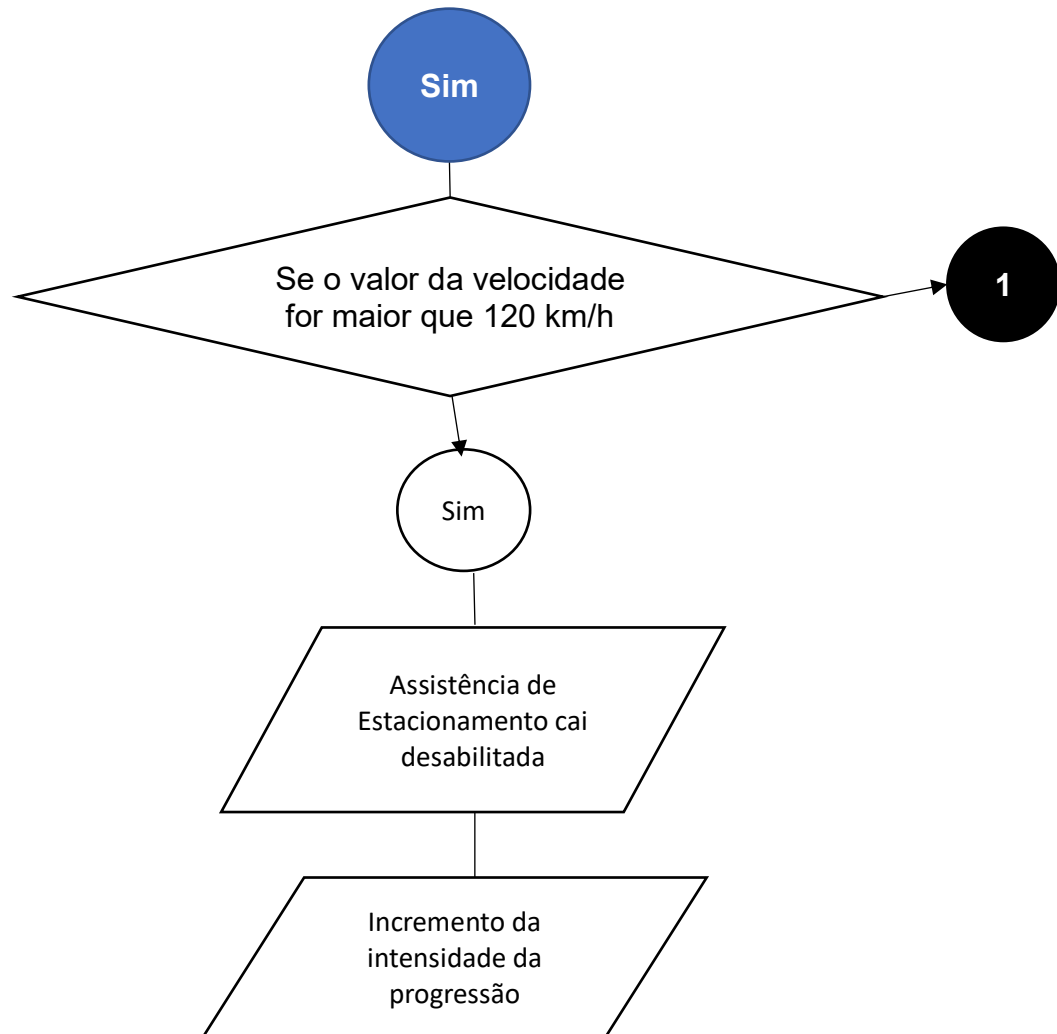


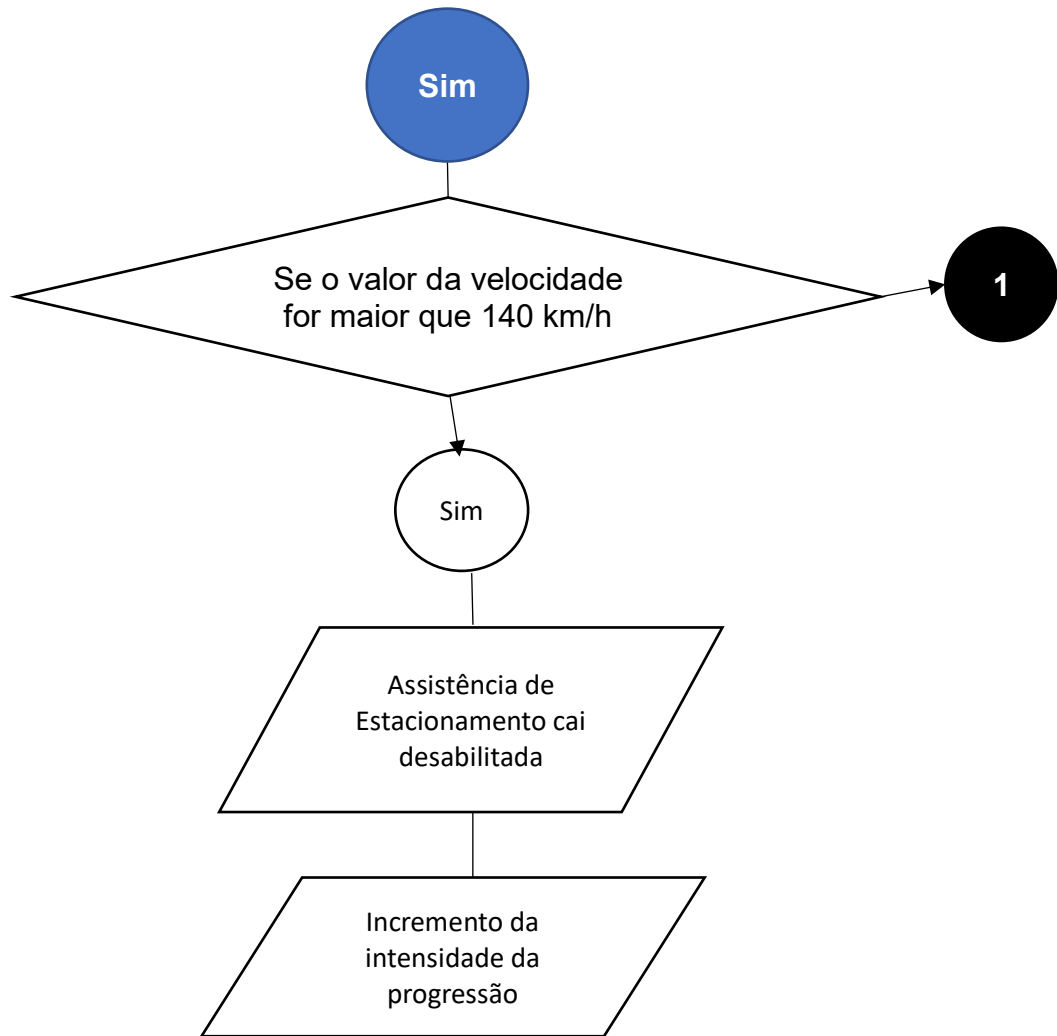


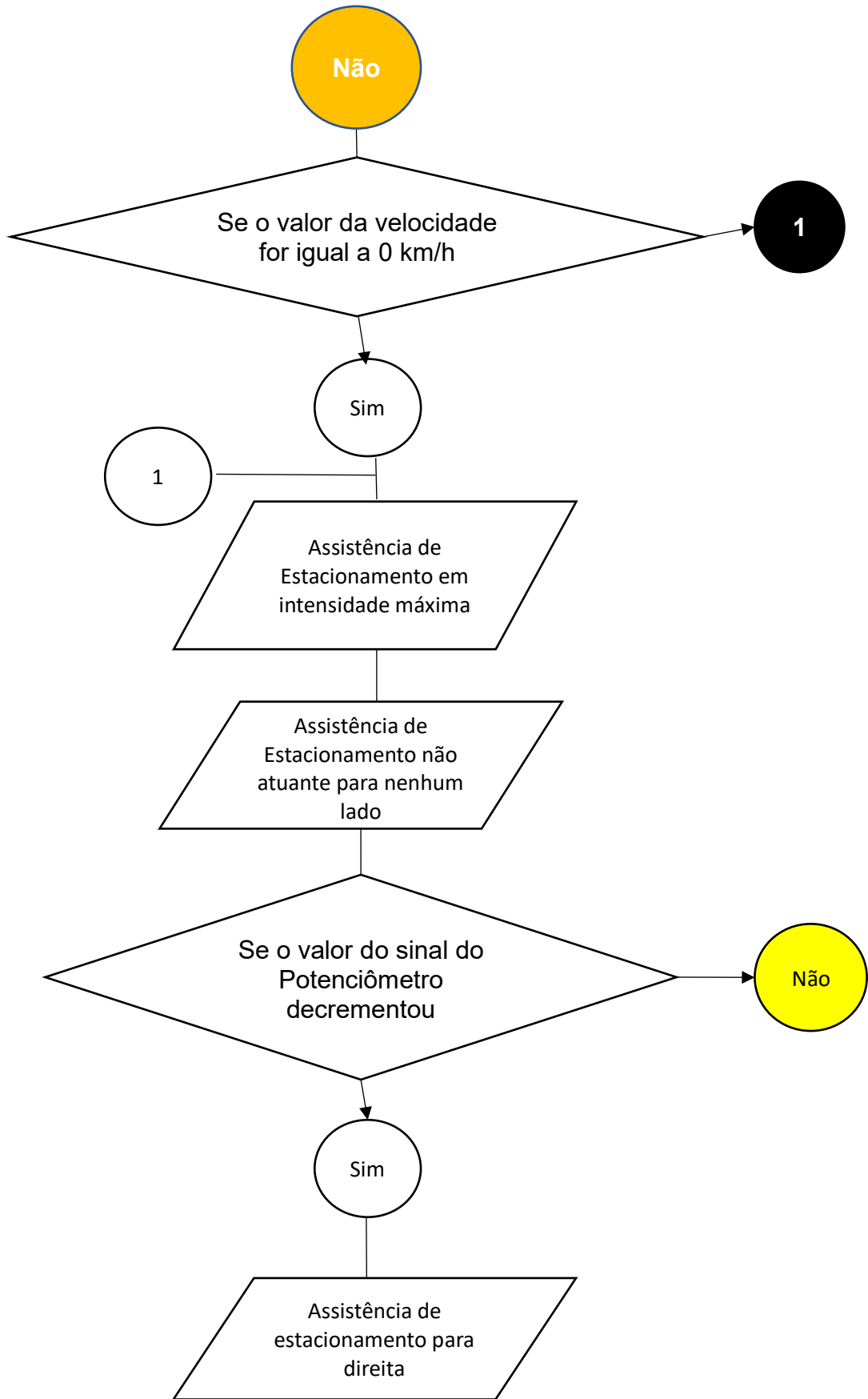


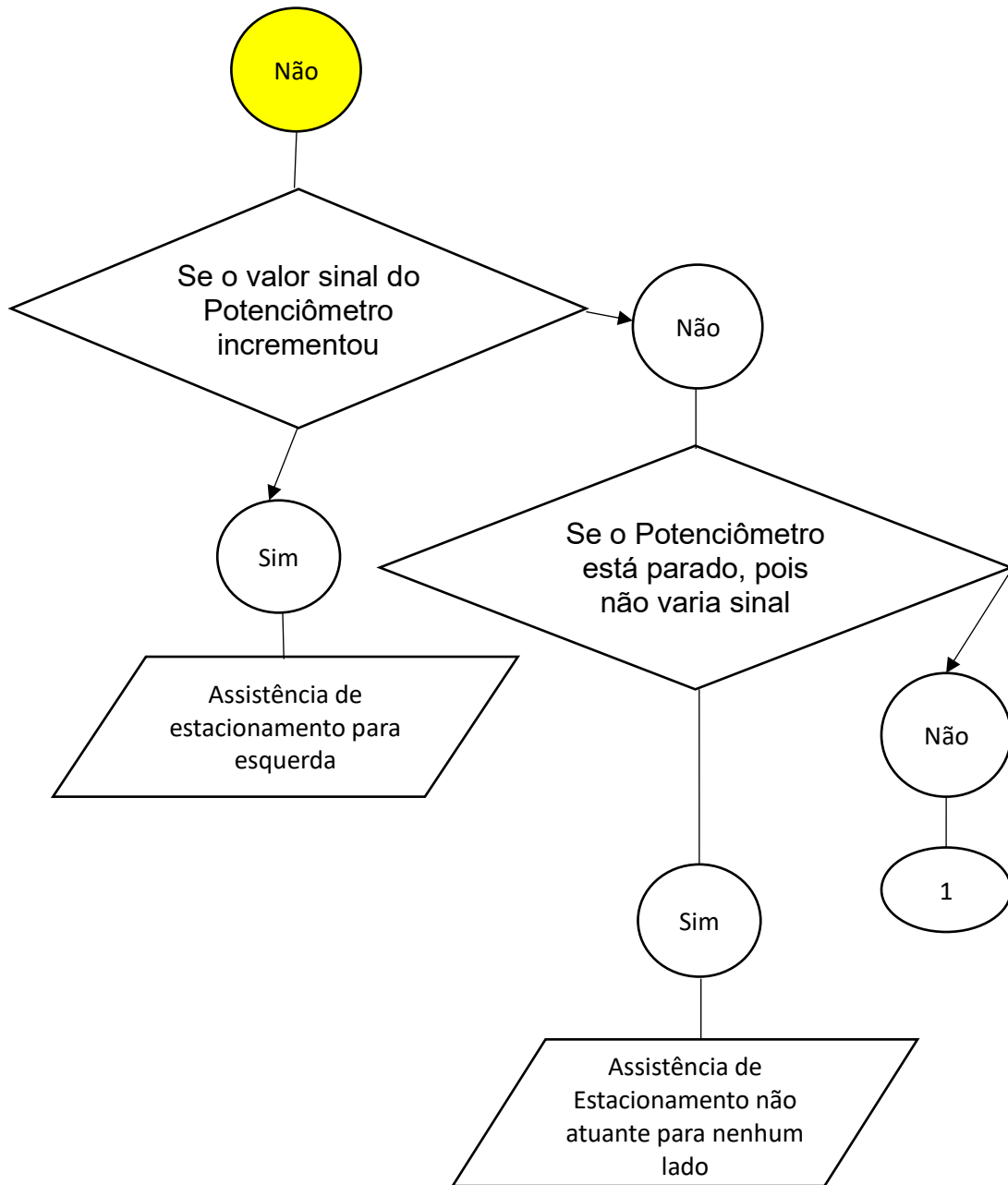












4.1.2 Pontos de alteração do programa

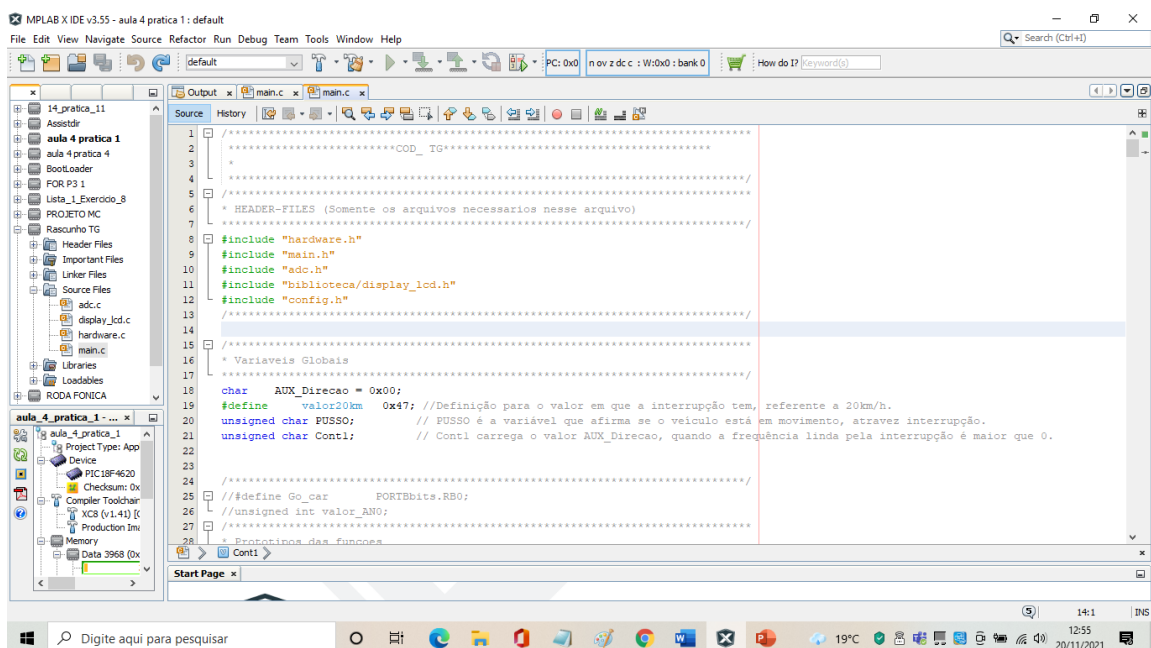
Para que o programa possa interagir de forma coerente em um automóvel é necessário fazer alterações nas variáveis, contidas nas linhas de interrupção do Timer1, condizentes a velocidade do automóvel.

Os valores contidos no programa de execução são apenas ilustrativos, tiveram apenas a função de proporcionar ao protótipo seu funcionamento. Pelo fato de o teste do protótipo ter sido feito com uma micro-retífica, que embora assim como um veículo pode alterar gradativamente sua intensidade de giro, os valores de rotação não são se quer similares ao de um automóvel.

O ideal será que o desenvolvedor, de um possível projeto em escala real, faça uso de um osciloscópio ou multímetro automotivo para coletar a frequência do sinal de rotação em cada uma das velocidades estabelecidas no Programa em um automóvel real.

Na Figura 60, é exibido o trecho do programa onde estão as variáveis a serem alteradas pelo desenvolvedor.

Figura 60 - Trecho do programa a ser alterado



```

1 .....
2 .....
3 .....
4 .....
5 .....
6 * HEADER-FILES (Somente os arquivos necessarios nesse arquivo)
7 .....
8 #include "hardware.h"
9 #include "main.h"
10 #include "adc.h"
11 #include "biblioteca/display_lcd.h"
12 #include "config.h"
13 .....
14 .....
15 .....
16 * Variaveis Globais
17 .....
18 char AUX_Direcao = 0x00;
19 #define valor20km 0x47; //Definição para o valor em que a interrupção tem, referente a 20km/h.
20 unsigned char PUSO; // PUSO é a variável que afirma se o veiculo está em movimento, através interrupção.
21 unsigned char Cont1; // Cont1 carrega o valor AUX_Direcao, quando a frequência lida pela interrupção é maior que 0.
22 .....
23 .....
24 .....
25 // #define Go_car PORTBbits.RB0;
26 // unsigned int valor_ANO;
27 .....
28 * Declaração das Funções

```

Fonte: Autoria Própria

Dos define Valor20Km até o Valor140Km, os valores em hexa decimal determinam a velocidade da roda, que devem ser comparados com os valores do estouro do Timer responsável pela interrupção. É dessa forma que a estratégia do programa ordena a execução das ações propostas, então fazendo uso da frequência em que a roda executa uma revolução completa é que o gerenciamento eletrônico de um automóvel determina a velocidade no painel.

Partido desse princípio, o meio usado para se obter a frequência do mandril da micro-retifica que corresponda a 20km/h, sem o uso de um instrumento medidor de frequência, foi por meio de uma regra de três, onde os quilômetros por hora foram convertidos para metros por segundo. A ideia é, a exemplo, se é percorrido 20000m em 60s, quanto tempo se percorre X metros? Sendo X o perímetro externo do mandril.

Logo o cálculo se deu da seguinte forma:

$$D * \pi = Perimetro$$

$$\frac{20000\text{metros}}{Perimetro(\text{em metros})} = \frac{3600\text{segundos}}{X\text{segundos}}$$

4.2 Ensaio e Montagem do Protótipo

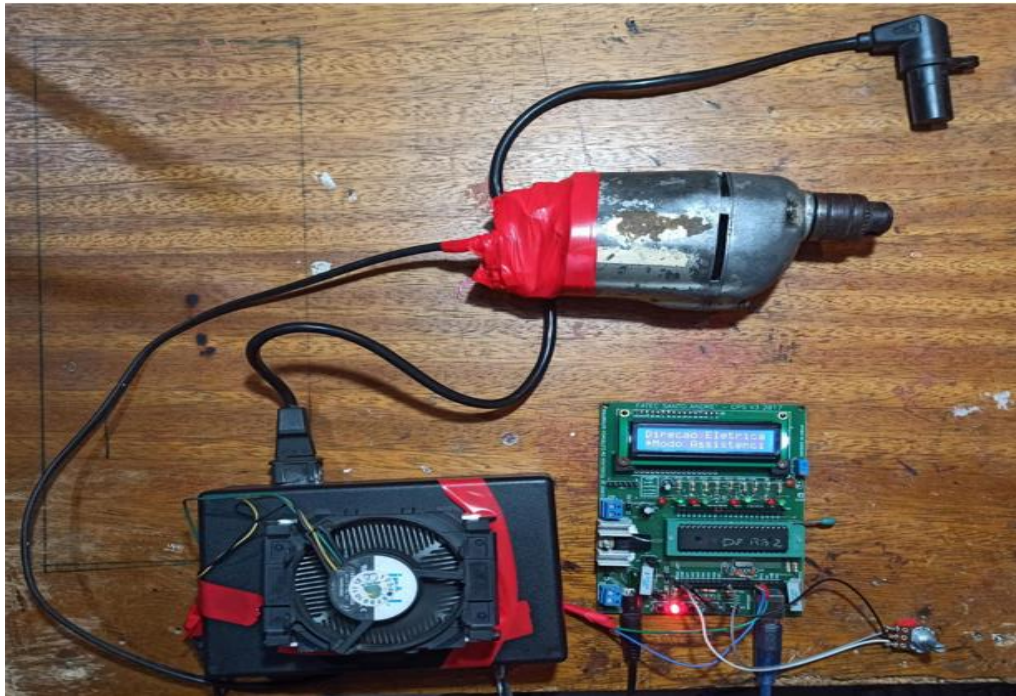
4.2.1 Processo de Montagem

Com todos os componentes para o sistema em mãos a tarefa foi simples, sendo que só foi necessário a união dos componentes por meio de fios. A Unidade de Controle recebeu o Potenciômetro na porta AN0 do PIC referente a entrada analógica, tendo como fonte de alimentação 5volts extraídos da própria Unidade, e o Condicionador de Sinais ligado na porta RC2, responsável pelo CCP2, sua alimentação em 5 volts também foi extraída da Unidade, que foi alimentada por uma fonte de 12volts e 1.2 Amperes.

O condicionador recebeu pino 2, do Sensor Hall que foi alimentado com 12volts.

A Ponte H foi ligada as saídas RB6, RB5, RB4, RB3 responsáveis pela geração de pulsos que coordenam o Motor de Assistência e por 12volts vindo de uma bateria chumbo-ácido de 12volts 60 Amperes, essa potência é transmitida ao Motor para execução das funções.

Figura 61 - Protótipo



Fonte: Autoria Própria

A Figura 61 ilustra o protótipo, que foi inserido em uma caixa plástica, vendida em loja de componentes eletrônicos, para que assim ficasse mais fácil a instalação do ventilador e abrigar o sistema de forma segura.

4.2.2 Ensaio do Protótipo

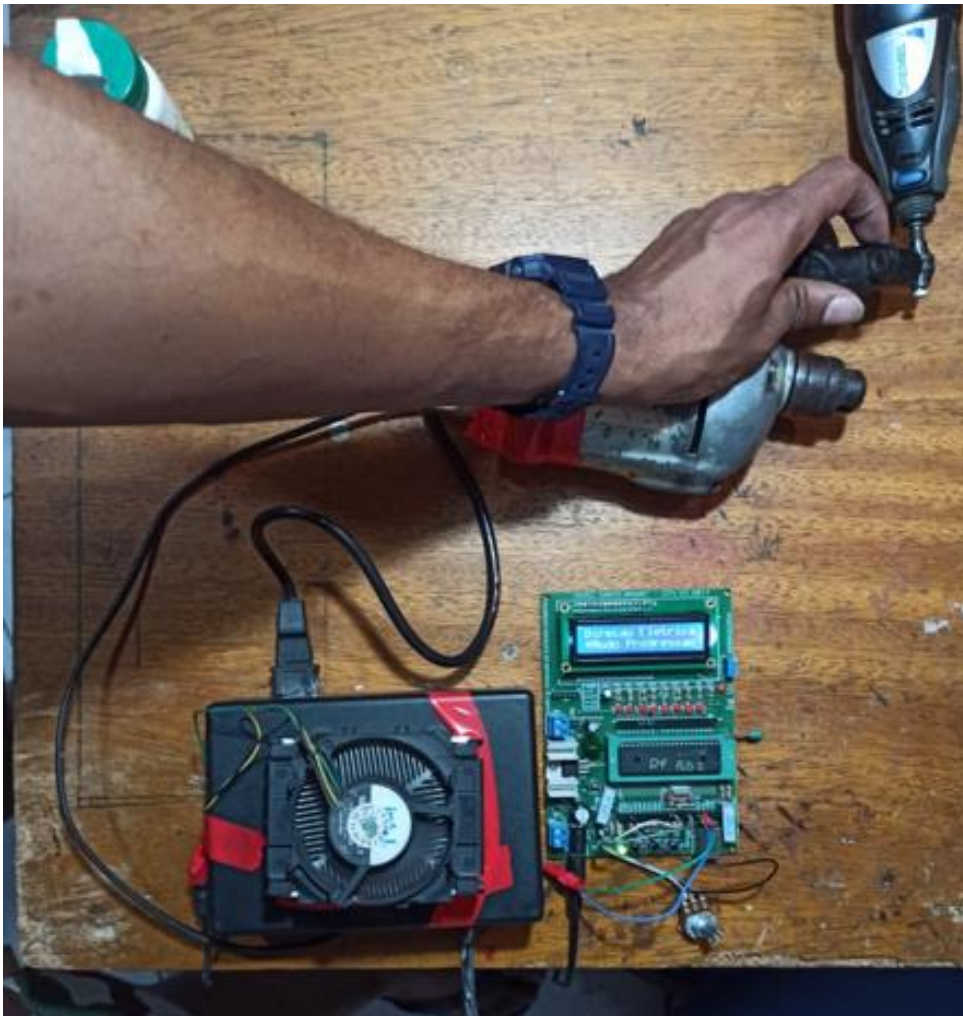
Para a execução do teste (Figura 62) foi necessário a adesão de um ponto excêntrico no mandril na micro-retífica, para que o Sensor Hall possa gerar um sinal, para essa tarefa foi posto um pino de rebite preso ao mandril e dobrado paralelo a ele.

Nas saídas da Ponte H houve variações de sinal a medida em que a rotação era alterada, no entanto não houve uma resposta do Motor de Assistência como esperado devido a problemas em sua Bobina de Campo, que já aparentava deficiência de funcionamento na furadeira antes dos testes, porém isso se agravou a medida em que os testes foram executados.

Há também uma oscilação do Sinal Hall no Condicionador de Sinais, que compromete, de forma esporádica, o funcionamento do programa, há possibilidades de ser problema do amplificador operacional.

Contudo, foi possível constatar que o projeto é promissor, mas depende de ajustes e melhores calibrações.

Figura 62 - Ensaio do Protótipo



Fonte: Autoria Própria

5 CONCLUSÃO

Pela ótica de que verdadeiro objetivo desse trabalho fosse desenvolver um protótipo consistente, a resposta referente a êxito não seria dos menores, porém, muito longe dos maiores visto que não foi possível o desenvolvimento em um veículo, tão pouco ter uma maquete que atendesse as demandas do projeto.

No entanto, por outra ótica, a de que esse trabalho não está relacionado diretamente em executar a instalação e testes ou uso efetivo em nem um tipo de veículo, mas sim empregar os conhecimentos adquiridos no curso de Eletrônica Automotiva cursado na Fatec Santo André, e repassá-los a um público interessado, não só há um grande êxito como uma satisfação inenarrável.

Tendo como base os conhecimentos em Linguagem e Técnica de Programação, Microcontroladores, Ferramentas Computacionais de uso Automotivo, Eletrônica Analógica e Digital, Carga e Partida, esse projeto visou mostrar aos entusiastas amantes da tecnologia e da automobilística, que é possível a construção de um aparato tão arrojado gastando pouco e, o mais importante de tudo, absorvendo o conhecimento em todas essas áreas de conhecimento mencionadas.

5.1 Para o Futuro

A pretensão é o uso do protótipo em um veículo real, para que de fato, se possa adequar os valores das variáveis do Programa de Execução de forma mais coerente, e até mesmo sua lógica em algum aspecto, o que o tornaria mais robusto.

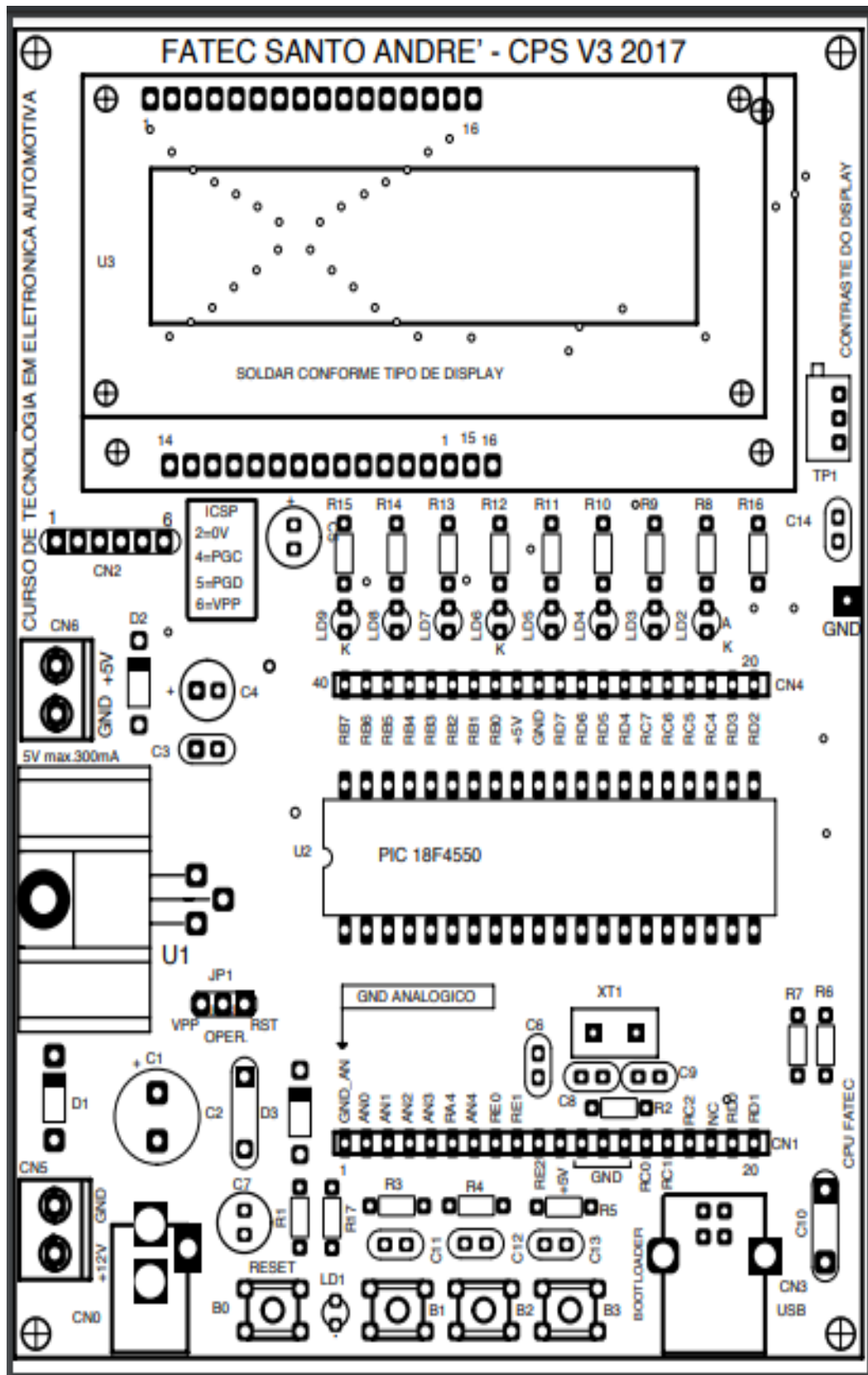
Outra consideração para esse intuito é, desenvolver um motor fazendo uso fazendo uso de componentes já existentes ou fazendo novos enrolamentos para ele, para que assim possasse extrair mais potência do gerador de tensão do veículo e como isso ter um campo magnético mais forte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

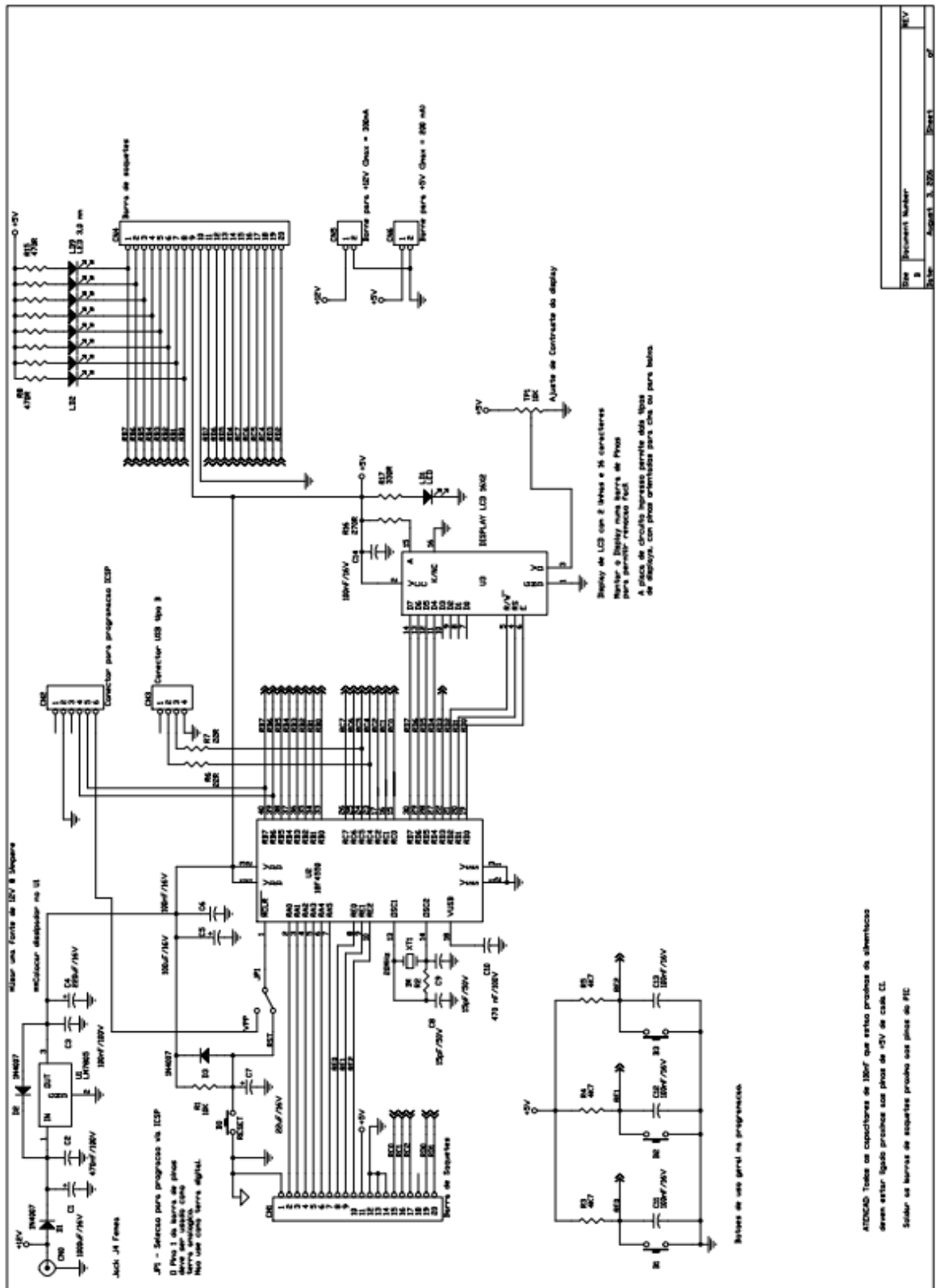
- SANTOS, Caio Roberto dos; GIMENEZ, Fernando Tadeu. Sistemas de Direção Assistida e Controlada por Motor Elétrico. 2018. Monografia apresentada à FATEC Santo André para obtenção do grau de tecnólogo em Eletrônica Automotiva.
- MIYADAIRA, Alberto Noboru. **Microcontroladores PIC18 – Aprenda e Programe em Linguagem C**. 4. Ed. São Paulo: Editora Erika, 2009. ISBN-10: 8536502444 e ISBN-13: 978-8536502441.
- THOMAZINI, Daniel; URBANO, Pedro. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 8. Ed. São Paulo: Editora Erika, 2009. ISBN: 8536500719 e ISBN-13: 978-8536500713
- BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos**; tradução de Sônia Midori Yamamoto, revisão técnica de Alceu Ferreira Alves. 11. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013. ISBN: 978-85-64574-21-2.
- BOSCH, Robert. **Manual de Tecnologia Automotiva**; tradução de Helga Madjderey, Gunter W. Prokesch, Euryale de Jesus Zerbini, Suely Pfeferman. 25. Ed (alemã). São Paulo: Edgard Blücher, 2005. ISBN: 85-212-0378-0.
- MANUAL Datasheet PIC 18F2455 / 2550 / 4455 / 4550. Microship Technology.
- ANDRADE, Leonardo. **Diferenças entre direção mecânica, hidráulica e elétrica**. 2020, atualizado em nov. 2020. Disponível em: <https://www.noticiasautomotivas.com.br/diferencas-entre-direcao-mecanica-hidraulica-e-eletrica>. Acesso em: 11/11/21.
- KOYANAGI, Fernando. **Introdução ao ESP32**. Nov. 2021. Disponível em: <https://www.fernandok.com/2017/11/introducao-ao-esp32.html>. Acesso em: 22/11/21.
- KITANI, Edson Kaoru. Site sobre disciplinas ministradas na Fatec Santo André. 2018. Disponível em: <https://sites.google.com/site/profedsonfatecsa/>. Acesso em: 26/01/2021.

ANEXOS

Anexo A - Layout da Placa da Unidade de Controle FATEC



Anexo B - Mapa Esquemático da Unidade de Controle Fatec



Rev	Document Number
1	REV
2	REV
3	REV
4	REV
5	REV
6	REV
7	REV
8	REV
9	REV
10	REV
11	REV
12	REV
13	REV
14	REV
15	REV
16	REV
17	REV
18	REV
19	REV
20	REV
21	REV
22	REV
23	REV
24	REV
25	REV
26	REV
27	REV
28	REV
29	REV
30	REV
31	REV
32	REV
33	REV
34	REV
35	REV
36	REV
37	REV
38	REV
39	REV
40	REV
41	REV
42	REV
43	REV
44	REV
45	REV
46	REV
47	REV
48	REV
49	REV
50	REV
51	REV
52	REV
53	REV
54	REV
55	REV
56	REV
57	REV
58	REV
59	REV
60	REV
61	REV
62	REV
63	REV
64	REV
65	REV
66	REV
67	REV
68	REV
69	REV
70	REV
71	REV
72	REV
73	REV
74	REV
75	REV
76	REV
77	REV
78	REV
79	REV
80	REV
81	REV
82	REV
83	REV
84	REV
85	REV
86	REV
87	REV
88	REV
89	REV
90	REV
91	REV
92	REV
93	REV
94	REV
95	REV
96	REV
97	REV
98	REV
99	REV
100	REV

Anexo C - Lista de Componentes da Unidade de Controle

FATEC

1	Quantidade	Label	Componente	Especificação
2	1	U1	LM 7805	Regulador de 5V
3	1	U2	18F4550	Microcontrolador
4	1	U3	Display LCD 16X2	LCD Azul
5	1	D1	1N4007	Diodo de Retificação
6	1	D2	1N4007	Diodo de Retificação
7	1	D3	1N4007	Diodo de Retificação
8	9	LD1-LD9	LED 3,0 mm	Led Vermelho - Não use Azul
9	1	C1	1000 µF/16V	Capacitor Eletrolítico Radial
10	1	C2	470 nF/100V	Capacitor de Poliéster metalizado
11	1	C3	100 nF/100V	Capacitor de Poliéster metalizado
12	1	C4	220 µF/16V	Capacitor Eletrolítico Radial
13	1	C5	100 µF/16V	Capacitor Eletrolítico Radial
14	1	C6	100 nF/16V	Capacitor de Cerâmica
15	1	C7	22 µF/16V	Capacitor Eletrolítico Radial
16	1	C8	15 pF/50V	Capacitor de Cerâmica
17	1	C9	15 pF/50V	Capacitor de Cerâmica
18	1	C10	470 nF/100V	Capacitor de Poliéster metalizado
19	1	C11	100 nF/16V	Capacitor de Cerâmica
20	1	C12	100 nF/16V	Capacitor de Cerâmica
21	1	C13	100 nF/16V	Capacitor de Cerâmica
22	1	C14	100 nF/16V	Capacitor de Cerâmica
23	1	R1	10K 1/4W	Resistor de Carbono
24	1	R2	1M 1/4W	Resistor de Carbono
25	1	R3	4K7 1/4W	Resistor de Carbono
26	1	R4	4K7 1/4W	Resistor de Carbono
27	1	R5	4K7 1/4W	Resistor de Carbono
28	1	R6	22R 1/4W	Resistor de Carbono
29	1	R7	22R 1/4W	Resistor de Carbono
30	8	R8 - R15	470R 1/4W	Resistor de Carbono
31	1	R16	270R 1/4W	Resistor de Carbono
32	1	R17	330R 1/4W	Resistor de Carbono
33	1	TP1	10K	Trimpot
34	1	CN0	Conector J4 DC-005	Conector para placa
35	1	U1a	Dissipador 183001/15	Dissipador de Alumínio
36	CN1	Barra de Soquetes 180	Barra com 40 pinos	
37	CN2	Barra de Soquetes 180	Barra com 40 pinos	
38	CN3	Conector USB Fêmea tipo B		
39	CN4	Barra de Soquetes 180 graus	Barra com 40 pinos	
40	U3a	Barra de Soquetes 180 graus	Barra com 40 pinos	
41	U3b	Barra de Pinos 180 graus		
42	CN5	Borne de 2 polos KF-301 2T		
43	CN6	Borne de 2 polos KF-301 2T		
44	U2a	Soquete DIP 40 pinos	Soquete para CI tipo Estampac	Não usar torneado!!!
45	JP1	Jumper MKBL com Aba		
46	XT1	Cristal de 20,0 Mhz		
47		Botões TACT	Comprar conforme o tamanho do layout	

Anexo D - Ferramentas e Materiais para Confeção da Placa da Unidade de Controle FATEC

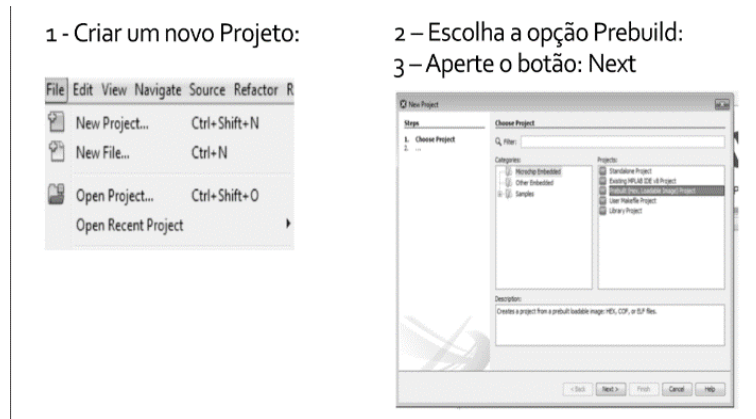
Ferramentas e Materiais	Qnt	Observações
Ferro de solda	1	30 w ,caso use estação regular p/ essa potência
Sugador p/ solda	1	p/ correção de eventual solda errda
Estanho	1	tubo pequeno
Alicate de corte	1	remover o exedente das pernas dos componentes
Percloroeto de ferro	1	tubo da substância líquida
Caneta p/ retro-projetor	1	cor preta
Filme p/ retro-projetor	3	plastico transparente "caso queria"
Folha de sulfite	3	-----
Papel carbono	3	apenas p/processo de transcreção
Bucha de lavar Pratos	1	p/ limeza da ponta do ferro de solda
Pano p/ limpeza	1	limpeza da placa
Thinner de limepaza	1	limpeza da placa
impressora lazer	1	apenas p/processo impressão lazer
Papel Adesivo	3	p/o processo de impressão a lazer "recomendado"
Vasilha plastica	1	Embalagens de sorvete de 1kg desempenham bem a função
Luvas de borracha	par	cirurgicas ou p/ lavar pratos
Placa p/ circuito	1	120x180 mm

Anexo E - Etapas para criação de projeto no MPLAB

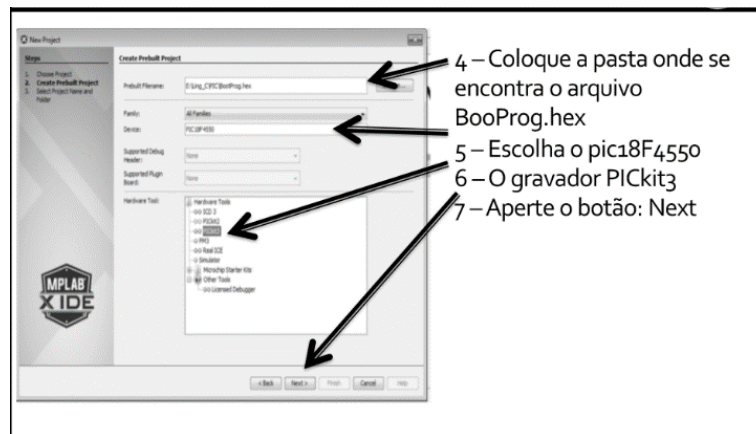
Fonte de todas as figuras deste anexo: notas de aula do professor Paulo Tetsuo Hoashi da disciplina de Linguagem de Programação, ministrada no curso de Eletrônica Automotiva da Fatec Santo André.

As figuras de 1 a 6 mostram as telas de como preparar o MPLAB para a instalação do *bootloader* que é necessária para a compilação e gravação do programa feito no PIC.

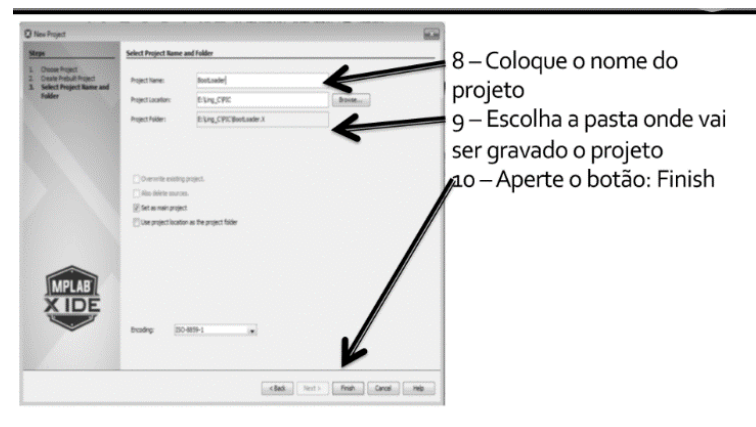
Anexo E - Figura 1 - Criação de novo projeto



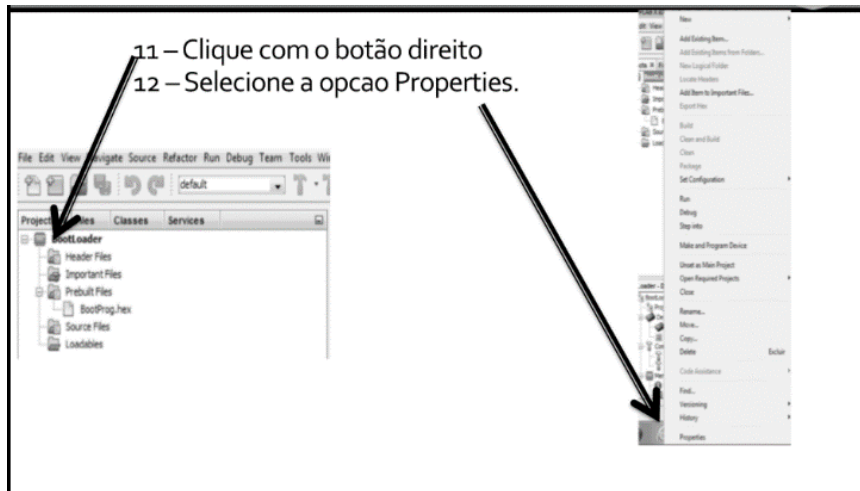
Anexo E - Figura 2 - Escolha do PIC



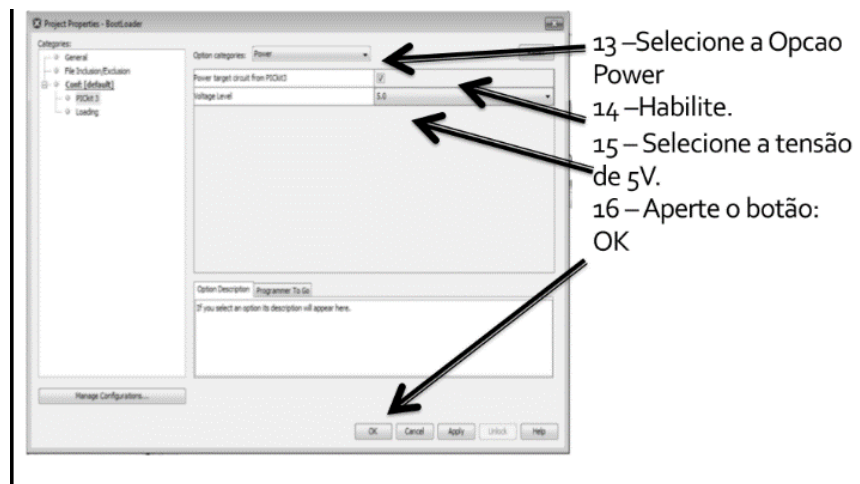
Anexo E - Figura 3 - Definição do nome e local do projeto



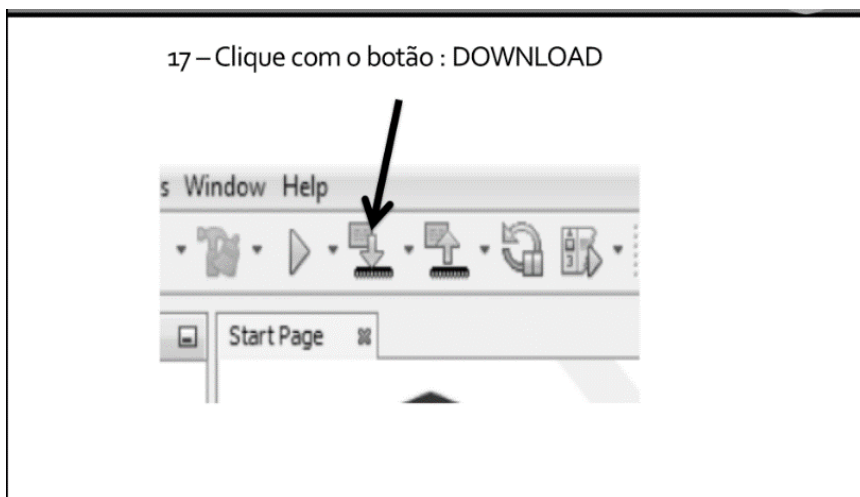
Anexo E - Figura 4 – Configuração das propriedades do projeto



Anexo E - Figura 5 - Habilitação da tensão de alimentação



Anexo E - Figura 6 - Download

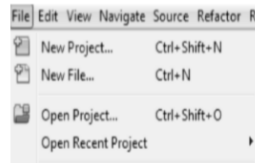


Uma vez com o *bootloader* instalado, que irá proporcionar a compilação do algoritmo, como mencionado anteriormente, será a hora preparar o MPLAB para receber um programa.

As figuras 7 a 21 ilustram o procedimento a ser seguido, além de conter um programa teste que o desenvolvedor poderá usar no intuito de aprimorar seus conhecimentos sobre o MPLAB antes de partir para a estratégia contida no Programa de execução.

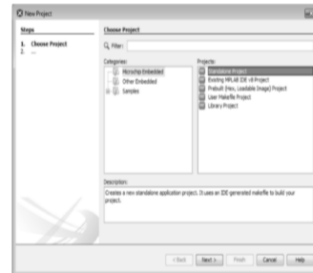
Anexo E - Figura 7 - Criação de novo Projeto

1 - Criar um novo Projeto:



2 – Escolha a opção Standalone Proj

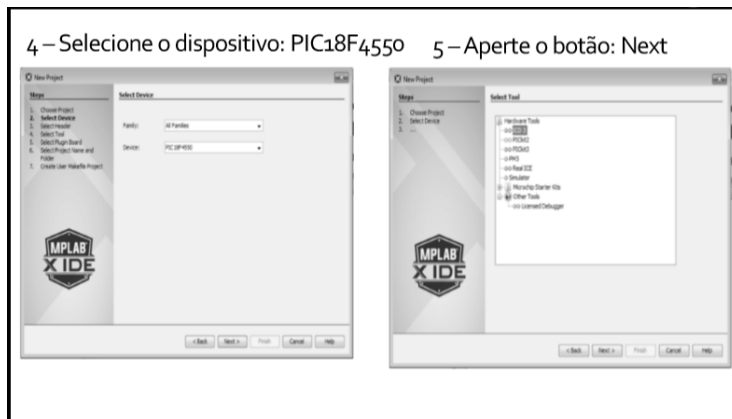
3 – Aperte o botão: Next



Anexo E - Figura 8 - Seleção do PIC18F4550

4 – Selecione o dispositivo: PIC18F4550

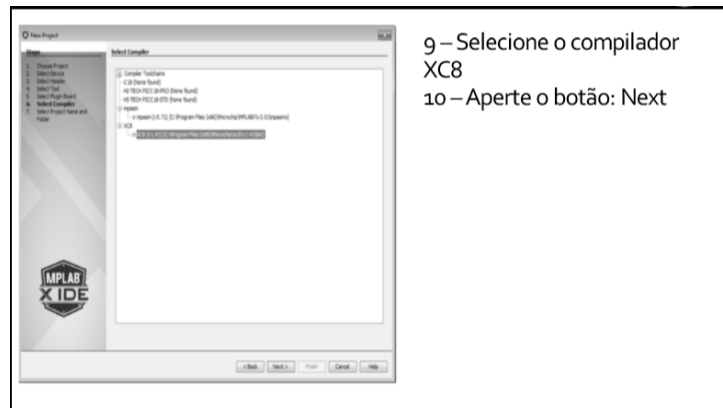
5 – Aperte o botão: Next



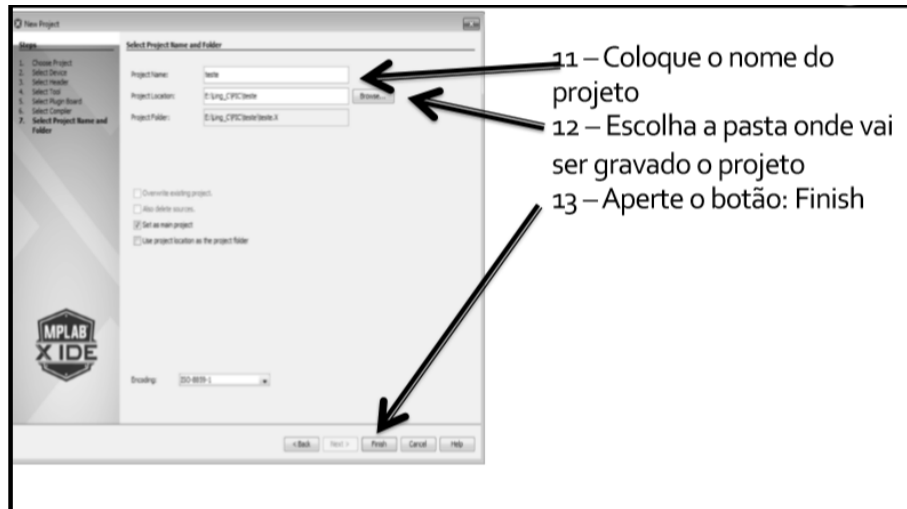
Anexo E - Figura 9 - Seleção do compilador XC8

9 – Selecione o compilador XC8

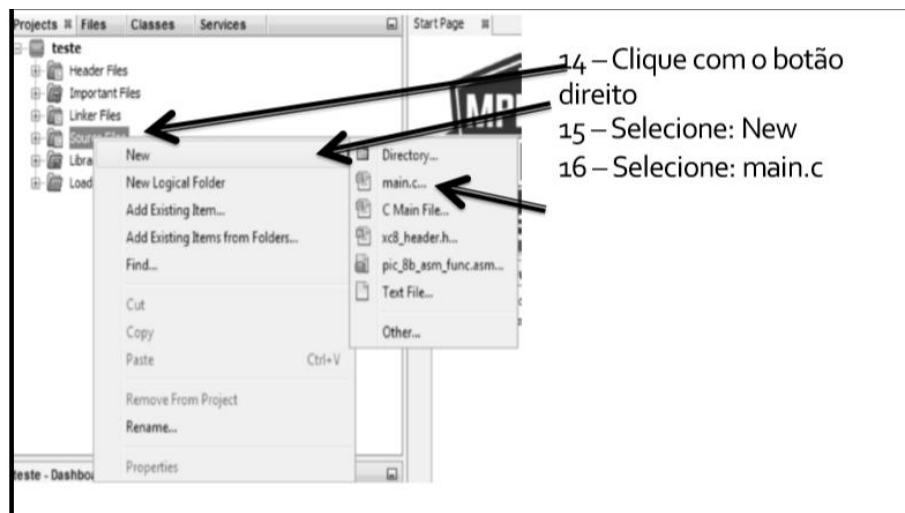
10 – Aperte o botão: Next



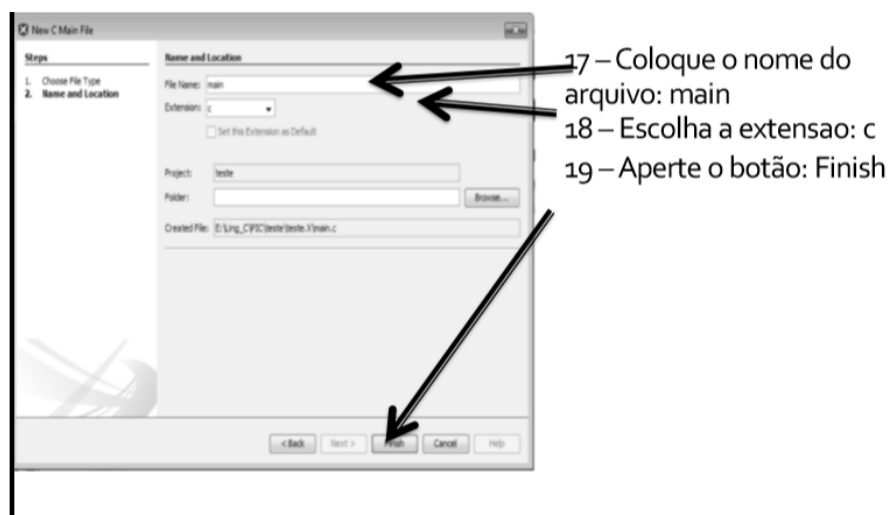
Anexo E - Figura 10 - Escolha do nome e local do projeto



Anexo E - Figura 11 - Abertura do programa principal (main)



Anexo E - Figura 12 - Nomeação do main



Anexo E - Figura 13 - Modelo do programa principal

```

1  /*
2  * File: main.c
3  * Author: srwWin7x64
4  *
5  * Created on 7 de Maio de 2017, 23:23
6  */
7
8  #include <stdio.h>
9  #include <stdlib.h>
10
11 /*
12 *
13 */
14 int main(int argc, char** argv) {
15
16     return (EXIT_SUCCESS);
17 }

```

Anexo E - Figura 14 – Cabeçalho programa principal

```

1  /*
2  ***** Copyright by FAIEC Santo Andre *****
3  *****
4  * Title : main.c
5  *
6  * Description : Ports module
7  *
8  * Environment : Compiler XC8
9  *
10 *
11 * Responsible : Paulo T. Hoashi
12 *
13 *
14 * Revision List:
15 *
16 * Rev 1.0 May 2017 08:00:00 Paulo T Hoashi
17 * Initial release
18 *
19 *****/

```

Anexo E - Figura 15 - Comando #pragma

```

20 #include <xc.h>
21
22
23 #define _XTAL_FREQ 20000000 // FREQ 20MHz
24
25 /* For fuses configuration refer to */
26 /* Microchip/xc8/v1.36/docs/chips/18f4550.html this path is related to the */
27 /* default intalation path
28 *
29 * O comando #pragma permite que o programador diga ao compilador para fazer certas coisas.
30 * Uma vez que o comando #pragma é específico da implementação, os seus usos variam de compilador
31 * para compilador.
32 */
33 #pragma config FOSC=HS // Oscillator Selection bits (HS oscillator)
34 #pragma config WDT=OFF // Watchdog Timer Enable bit (WDT disabled)
35 #pragma config FWRT=OFF // Power-up Timer Enable bit (FWRT disabled)
36 #pragma config MCLR=ON // MCLR Pin Enable bit (MCLR pin disabled)
37 #pragma config CPD=OFF // Data EEPROM Memory Code Protection bit (Data EEPROM code protection off)
38 #pragma config BOR=OFF // Brown-out Reset Enable bit (BOR disabled)

```

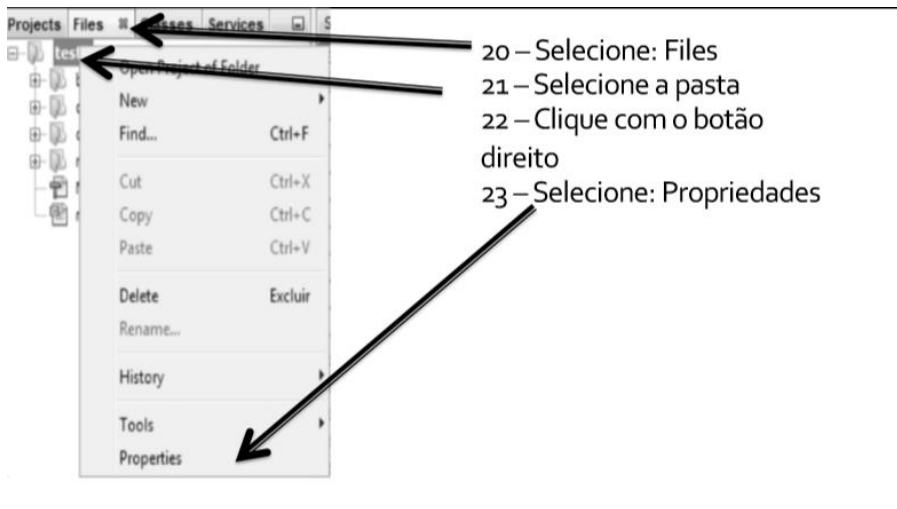
Anexo E - Figura 16 - Configuração I/O

```

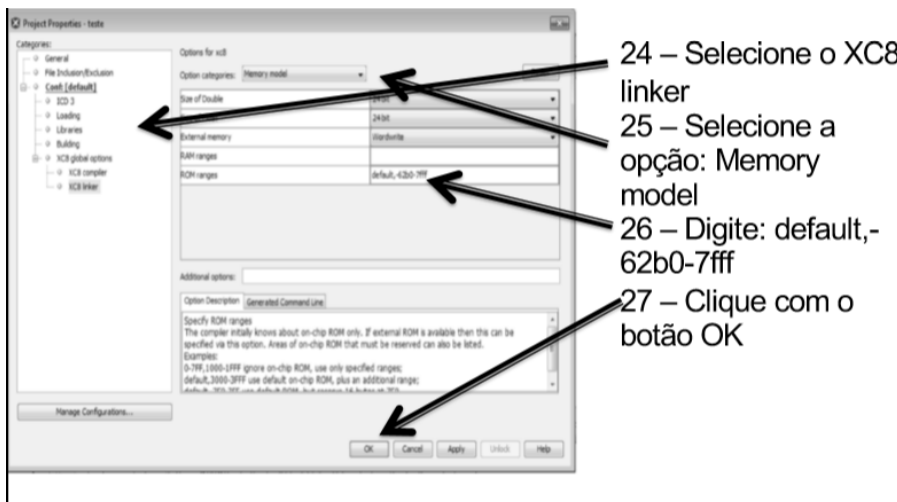
39
40 void main(void) {
41     /* Set all digital I/O to inputs */
42     TRISB = 0x00; //RB is a digital output
43     LATBbits.LATB0 = 1; //LED Off
44
45     while (1) {
46         LATBbits.LATB0 = 1; //LED Off
47         delay_ms(1000); //1 Second Delay
48         LATBbits.LATB0 = 0; //LED On
49         delay_ms(1000); //1 Second Delay
50     }
51 }

```

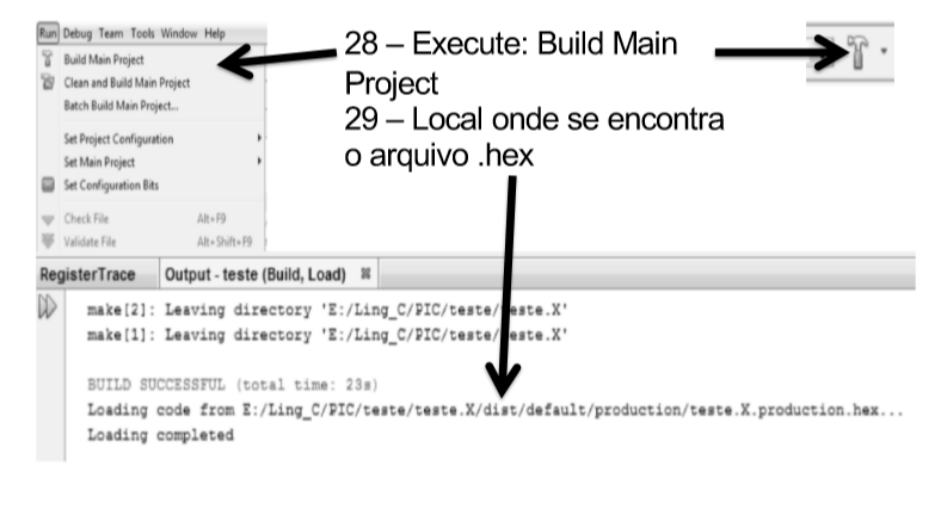
Anexo E - Figura 17 - Configuração das propriedades



Anexo E - Figura 18 - Seleção do modelo de memória



Anexo E - Figura 19 - Execução do programa principal e localização



Anexo E - Figura 20 - Conexão da placa com o software



Anexo E - Figura 21 - Upload do software para a placa



APÊNDICES

Apêndice A - Lista de Componentes do Condicionador de Sinais

Qtd	Componentes
3	Resistor 10k ohms
1	Resistor 1k ohms
1	Resistor 4k7 ohms
1	Capacitor cerâmico 100nF/50V
1	Amplificador Operacional duplo LM358
1	Diodo 1N4001

Fonte: Autoria Própria

Apêndice B - Lista de Componentes da Ponte H

Qtd	RESISTORES
5	1K Ω
8	4K7 Ω
4	100 Ω
1	0,1 Ω

Qtd	TRANSISTORES
5	IRF4905
4	BC337

Qtd	DIODOS
2	1N4007

Fonte: Autoria Própria