

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FATEC SANTO ANDRÉ**  
**TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA AUTOMOTIVA**

**ANDRÉ SILVA ANTONIASSI**  
**ERICK DENNER DE ARAÚJO OLIVEIRA**

**BANCADA EXPERIMENTAL DE CONTROLE DE TRAÇÃO**

**SANTO ANDRÉ**

**2021**

**ANDRÉ SILVA ANTONIASSI**

**ERICK DENNER DE ARAÚJO OLIVEIRA**

**BANCADA EXPERIMENTAL DE CONTROLE DE TRAÇÃO**

Trabalho de Graduação de Curso apresentado  
como requisito para obtenção de título em  
Tecnólogo em Eletrônica Automotiva pela  
instituição FATEC Santo André

Orientador: Dr. Orlando de Salvo Júnior

**SANTO ANDRÉ – SÃO PAULO**

**2021**





**André Silva Antoniassi**  
**Erick Denner de Araújo Oliveira**

## **BANCADA EXPERIMENTAL DE CONTROLE DE TRAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a FATEC SANTO ANDRÉ como requisito parcial à obtenção de título de Tecnólogo em 2021.

Professor Orientador  
Prof. Dr. Orlando Salvo Júnior

### **MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA**

Presidente da Banca  
Prof. Dr. Orlando Salvo Júnior.  
Fatec Santo André

Primeiro membro da Banca  
Prof. Fernando Garup Dalbo.  
Fatec Santo André

Segundo Membro da Banca  
Prof. Marco Aurélio Fróes.  
Fatec Santo André

**Local: Fatec Santo André**  
**Horário: 18:00**  
**Data: 25/06/2021**

**SANTO ANDRÉ**

**2021**

A todos que nos apoiaram e nos ajudaram até a conclusão do trabalho.

## **Agradecimentos**

Agradecemos primeiramente ao nosso professor orientador Orlando de Salvo Júnior por nos ajudar com seus conhecimentos e paciência, e aos nossos familiares por nos apoiarem durante todo o trabalho.

## **Resumo**

Tendo em vista a grande quantidade de acidentes de trânsito relacionados a perda de controle do veículo, seja por fatores humanos, climáticos ou estruturais, tecnologias como o controle de tração e estabilidade foram criados para aumentar a segurança dos ocupantes. O controle eletrônico de tração tem como função melhorar o desempenho e dirigibilidade do carro em aclives e vias com empecilhos que diminuem o atrito dos pneus com o solo, já o controle de estabilidade possui o princípio melhorar a dirigibilidade do veículo em diversas condições, como pista molhada, frenagem sem travamento das rodas ou fazer uma curva sem causar sobresterção ou subesterção. O sistema conta com diversos sensores que analisam a velocidade de cada roda e contam com atuadores que realizam os ajustes necessários para que a roda não trave em uma frenagem, para manter estabilidade ou para que não gire sem tracionar em um aclive. Neste trabalho são abordados os principais tópicos que estão relacionados com ambas as tecnologias, como sensores, atuadores, gerenciamento do motor, direção ativa e efeitos que esses sistemas buscam melhorar. Este trabalho tem o objetivo de desenvolver uma bancada de testes de controle de tração por meio da manutenção da velocidade de roda e que tenha baixo custo para simular o uso do sistema ABS para realizar um estudo sobre o controle de tração.

Palavras Chaves: Veículo. Tração. Estabilidade. Segurança.

## **Abstract**

In view of the large number of traffic accidents related to loss of vehicle control, whether due to human, climatic or structural factors, technologies such as traction and stability control were created to increase occupant safety. The electronic traction control has the function of improving the performance and handling of the car on slopes and roads with obstacles that reduce the friction of the tires with the ground, while the stability control has the principle of improving the vehicle's handling in various conditions, such as track wet, braking without locking the wheels or turning without causing oversteer or understeer. The system has several sensors that analyze the speed of each wheel and have actuators that carry out the necessary adjustments so that the wheel does not lock when braking, to maintain stability or so that it does not turn without traction on an incline. In this work, the main topics related to both technologies are addressed, such as sensors, actuators, engine management, active steering and effects that these systems seek to improve. This work aims to develop a test bench for traction control by means of wheel maintenance speed, which has a low cost to simulate the use of the ABS system to carry out a study on traction control.

Keywords: Vehicle. Traction. Stability. Safety.

## LISTA DE IMAGENS

<b>Figura 1</b> - Chevrolet Vectra primeiro carro com TCS no Brasil.....	14
<b>Figura 2</b> - Luz Indicadora do Funcionamento do TCS.....	14
<b>Figura 2</b> - Esquemático ABS BOSCH 5.3.....	16
<b>Figura 3</b> – Tipos de sistema ABS.....	17
<b>Figura 4</b> - Ford Ranger com Sistema <i>part-time</i> .....	18
<b>Figura 5</b> - Land Rover Defender com Sistema <i>full-time</i> .....	19
<b>Figura 6</b> - Situação de Subesterção e Sobresterção.....	20
<b>Figura 7</b> - Sensor de Relutância Magnética.....	23
<b>Figura 8</b> - Sensor de Efeito HALL.....	23
<b>Figura 9</b> – Representação do ciclo Otto.....	25
<b>Figura 10</b> - Arduino UNO.....	27
<b>Figura 11</b> – Gráfico de Largura do Pulso.....	27
<b>Figura 12</b> -PWM.....	28
<b>Figura 13</b> – Sensor de Velocidade do Arduino.....	30
<b>Figura 14</b> – Disco Codificador.....	30
<b>Figura 15</b> – Motor DC com caixa de redução.....	31
<b>Figura 16</b> - Diagrama de Blocos do Funcionamento do <i>Hardware</i> .....	31
<b>Figura 17</b> – Bancada de Simulação.....	33
<b>Figura 18</b> – Motores 1 e 2 Sofrendo Ação das Forças.....	34
<b>Figura 19</b> – Força Aplicada ao Motor 1.....	35
<b>Figura 20</b> – Força Retirada do Motor 1.....	36
<b>Figura 21</b> – Gráfico de Controle de Rotação Motor 2.....	37

<b>Figura 22</b> – Força aplicada ao Motor 2.....	38
<b>Figura 23</b> – Força Retirada do Motor 2.....	39
<b>Figura 24</b> – Gráfico de Controle de Rotação Motor 1.....	40
<b>Figura 25</b> – Fluxograma de Funcionamento do Software.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ABS** – Sistema Antibloqueio (*Anti-lock Braking System*)

**AWD** – Tração em Todas as Rodas (*All Wheel Drive*)

**CAN** - *Controller Area Network*

**CV** – Cavalo Vapor

**DC** – Corrente Contínua (*Direct Current*)

**ECU** – Unidade de Controle Eletrônica (*Electronic Control Unit*)

**ESC** – Controle de Tração Eletrônico (*Electronic Stability Control*)

**HP** – Força de Cavalo (*Horse Power*)

**IDE** – Ambiente de Desenvolvimento Integrado (*Integrated Development Environment*)

**LSD** – Diferencial De Escorregamento Limitado (*Limited-slip Differential*)

**PMI** – Ponto Morto Inferior

**PMS** – Ponto Morto Superior

**PWM** – Modulação Por Largura de Pulso (*Pulse Width Modulation*)

**RPM** – Rotações Por Minuto

**TCS** – Sistema de Controle de Tração (*Traction Control System*)

**USB** – Barramento Serial Universal (*Universal Serial Bus*)

**4WD** – Tração em Quatro Rodas (*Four Wheel Drive*)

## SUMÁRIO

1 - Introdução.....	13
1.1 Objetivo.....	13
1.2 Motivação.....	13
2 Fundamentação Teórica.....	14
2.1 Tração.....	14
2.2 Surgimento do Controle de tração.....	14
2.3 Funcionamento do Sistema de Controle de Tração.....	15
2.4 Unidade de Controle Eletrônica .....	16
2.5 Sistema de freios com ABS.....	17
2.6 Válvulas Solenoides para controle de pressão dos freios.....	19
2.7 Sistemas de Tração .....	20
2.8 Sobresterção e Subesterção.....	22
2.9 Dinâmica de Estabilidade Veicular.....	23
2.10 Direção Dinâmica.....	23
2.11 Sensor de Velocidade.....	24
2.11.1 Sensor de Relutância Magnética Variável .....	25
2..11.2 Sensor de efeito HALL.....	25
2.11.3 Sensor Magneto Resistivo.....	26
2.12 Motores de Ciclo Otto.....	27
2.13 Potência Mecânica.....	28
3 Materiais e Métodos.....	30
3.1 Microcontrolador Arduino.....	30

3.2 Sensor de Velocidade para o Arduino.....	31
3.3 Disco Codificador.....	31
3.4 Motores DC com caixa de redução .....	32
3.5 PWM e seu funcionamento .....	32
3.6 Diagrama de Blocos do Funcionamento do <i>Hardware</i> .....	34
4 Resultados e discussões .....	36
4.1 Funcionamento .....	38
5 Conclusões .....	46
5.1 Propostas Futuras .....	46

## Capítulo 1 – Introdução

O Sistema de Controle de Tração ou *Traction Control System* (TCS) está presente na grande maioria dos veículos modernos, pois é um sistema muito eficiente junto com o Controle de Estabilidade Eletrônica ou *Electronic Stability Control* (ESC) para reduzir a quantidade de acidentes que podem ser fatais. Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde, veículos sem controle eletrônico de estabilidade aumentam consideravelmente o risco de acidentes, em média 1,35 milhões de pessoas morrem por ano em acidentes veiculares e de 20 a 50 milhões de pessoas sofrem lesões não fatais, porém na maior parte dos casos ficam incapacitadas (OPAS, [2020]). Então os controles de tração e estabilidade se fazem muito importantes para tentar reduzir a quantidade e a gravidade de acidentes com veículos automotores. Mas ainda assim muitos veículos modernos não vêm com TCS e ESC de fábrica, então foi criado um projeto de lei aprovado com o Conselho Nacional de Trânsito (Contran), que diz que a partir de 2022 os novos veículos comercializados no Brasil deverão ter obrigatoriamente o ESC de fábrica, então estudos sobre este tema tornam -se muito pertinentes (LEGISWEB, 2015).

Uma possível estratégia de controle de tração que pode ser adotada seria em primeira instância o sistema utilizar o corte de combustível, onde é possível a redução da potência dos motores, quando necessário para impedir o deslizamento das rodas que geram instabilidade no veículo e assim diminuindo acidentes causados por tal problema, e para um certo refinamento os freios ABS evitam que as rodas sejam travadas e no caso da tração o deslizamento de uma roda, enquanto a outra ficaria parada e mantenham a dirigibilidade e estabilidade do veículo. E ainda esse tipo de sistema ajuda também na economia de combustível e a reduzir o desgaste dos pneus.

### 1.1 Objetivo

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver uma bancada de testes de controle de tração por meio da manutenção da velocidade de roda e que tenha baixo custo para simular o uso do sistema ABS para realizar um estudo sobre o controle de tração.

### 1.2 Motivação

Esse trabalho foi motivado pela vontade de melhorar a segurança e estabilidade em veículos de entrada de forma acessível, tendo em vista que no Brasil grande parte deles não possuem o TCS.

## Capítulo 2 - Fundamentação Teórica

### 2.1 Tração

A tração é uma força física que pode ser aplicada entre dois ou mais corpos, geralmente fazendo o uso de cordas, fios ou cabos para transmitir essa força entre os corpos com direção e sentido, sendo sua unidade de medida em Newton (N). A Fórmula 1 para se calcular tração é: (MUNDO EDUCAÇÃO, [2020]).

$$T = m \cdot a \quad (1)$$

Sendo ‘T’ a tração em Newton (N); ‘m’ a massa em quilogramas (kg); ‘a’ aceleração em metros por segundo ao quadrado (m/s<sup>2</sup>).

### 2.2 Surgimento do Controle de Tração

O controle de tração eletrônico ou TCS como também é conhecido, chegou ao mercado automotivo em 1987 segundo a BOSCH ([2020]) e foi inicialmente introduzido em países com neve, onde havia uma maior necessidade de uma melhora na estabilidade veicular, pois o solo fica muito liso, ocasionando a perda de aderência entre ele e a roda.

No Brasil, esse sistema foi introduzido apenas em 1996, com o modelo Chevrolet Vectra, Figura 1. Todos os modelos de veículos, tanto com tração traseira ou dianteira podem ser implementados com controle de tração, é um sistema que aumenta a estabilidade e a segurança de todos no trânsito (LOPES, 2009).

Figura 1- Chevrolet Vectra primeiro carro com TCS no Brasil



Fonte: Notícias Automotivas (2020).

### 2.3 Funcionamento do Sistema de Controle de Tração

O Sistema de controle de tração eletrônico serve para entregar controlar a potência o maior torque entre as rodas e o solo sem que haja o deslizamento dos pneus, diminuindo o torque nas rodas para evitar tal fenômeno. Ele trabalha em conjunto com os freios ABS para garantir maior segurança durante a condução. Seu funcionamento ocorre através dos sensores presentes no ABS. Quando as rodas estão prestes a deslizar, ou seja, quando os sensores dos freios ABS percebem um excesso de rotação, como em uma situação de aquaplanagem ou locais com baixa aderência o sistema atua rapidamente para que não haja uma perda de controle e estabilidade do veículo em situações que podem trazer riscos para os ocupantes do veículo, pedestres, animais e outros veículos ao redor. Representado pela Figura 2, sempre que o sistema é acionado uma luz indicadora no painel é acesa demonstrando seu funcionamento (BOSCH, [2020]).

Figura 2 – Luz Indicadora do Funcionamento do TCS



Fonte: Salão do Carro (2021).

## 2.4 Unidade de controle eletrônica

Como também chamada de *Electronic Control Unit* (ECU) funciona basicamente recebendo sinais provindos dos sensores e enviá-los para os atuadores. No início, ela gerenciava somente o sistema de injeção eletrônico. Nestes primeiros sistemas as centralinas gerenciavam o funcionamento do motor. Os sensores enviavam sinais indicando a posição da borboleta e a posição do virabrequim, como por exemplo no caso do sistema D-Jetronic da BOSCH, que foi a primeira injeção eletrônica criada em 1960, e com isso era possível calcular, aproximadamente, quanto ar está entrando pela borboleta e o momento em que o sistema de ignição dispara a centelha, já que o ponto de ignição é baseado na posição angular do virabrequim. A ECU então processa estes sinais de entrada e, com base em seus valores, envia um sinal para abrir as válvulas injetoras e assim injetar o combustível no momento necessário e pelo tempo necessário (CONTESSINI, 2017).

Com o avanço da tecnologia, foram acrescentadas algumas unidades de controle, como a unidade dos freios com ABS. Nela, os sensores de rotação presentes nas rodas calculam quando a roda está prestes a travar, logo, a ECU envia um sinal aos atuadores para aliviarem a pressão exercida sobre a roda (OSÓRIO, [2020]).

Atualmente existem diversas unidades presentes no veículo que desempenham as diversas funções e tais unidades se comunicam através da rede CAN, que significa *Controller Area Network*, que consiste em um barramento serial (MATTEDE, [2020]).

A rede CAN está vinculada com todas as unidades de controle do veículo e é responsável por transportar todos os sinais provindos dos sensores e que atua com protocolo de comunicação serial bidirecional. Quando o processo de comunicação é iniciado um pacote de informações é colocado na rede, e cada pacote possui um código que o identifica e logo as informações nele contidas. É importante saber que não existem dois pacotes com o mesmo número identificador e é ele que define a prioridade de cada um, tendo sempre a maior importância aquele que possui o menor código identificador, ou seja, se dois módulos estiverem transmitindo informações ao mesmo tempo, ganhará aquele que possuir o menor número (MIURA, 2017).

## **2.5 Sistema de freios com ABS**

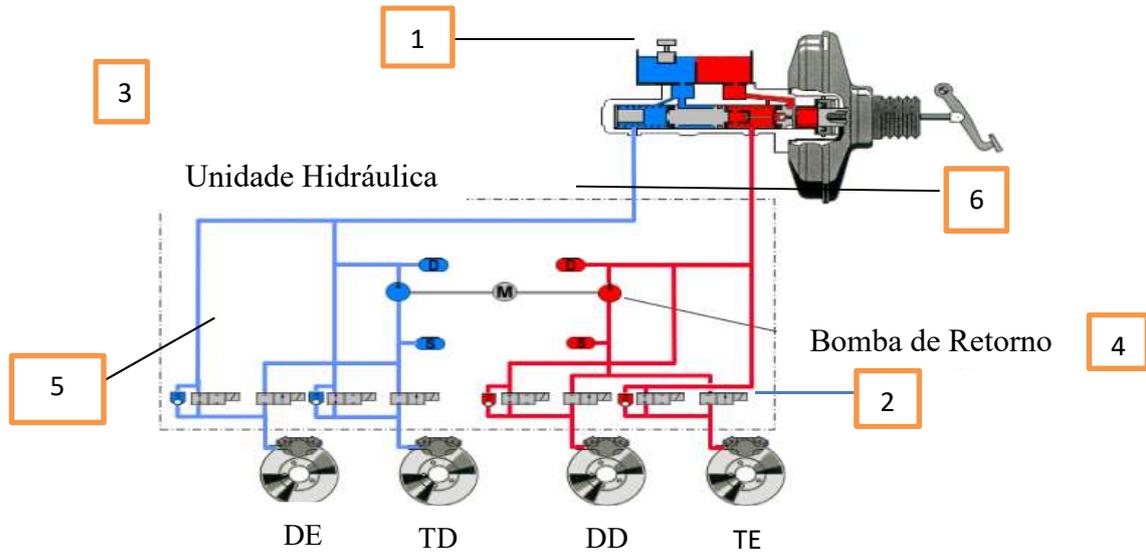
Em 1978 foi criado o ABS, um importante sistema de antibloqueio instalado em um Mercedes Benz Classe S desenvolvido pela BOSCH. O sistema atua nas rodas evitando o travamento na hora da frenagem, mantendo controle e dirigibilidade, tendo assim uma grande importância no controle de estabilidade do veículo (BOSCH, 2005). Assim, é possível manter um controle melhor do automóvel e evitar um acidente. A partir de então esse foi sendo um item obrigatório em diversos países com o passar dos anos, porém só em 2014 isso passou a ser obrigatório no Brasil.

O ABS contribuiu para a evolução da eletrônica embarcada pois depende de uma série de análises realizadas por unidades de processamentos. Por exemplo os sensores que estão sempre observando a velocidade de rotação das rodas, tanto em aceleração, frenagem ou realização de uma curva.

Foram destacados os componentes de um sistema de freios ABS do fabricante BOSCH onde na Figura 3 estão detalhados todos os componentes desse sistema (BOSCH, [2020]).

- 1.Cilindro mestre;
- 2.Cilindro da roda;
- 3.Unidade hidráulica;
- 4.Bombas de retorno;
- 5.Válvulas de entrada e saída;
- 6.Acumuladores.

Figura 3 - Esquemático ABS BOSCH 5.3

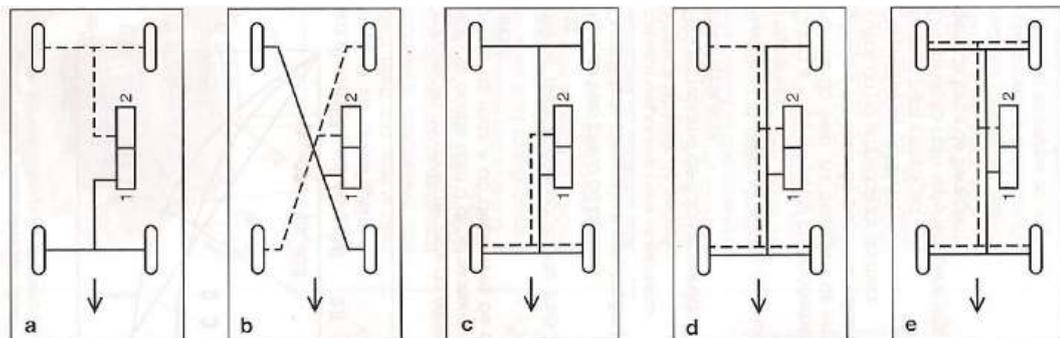


Fonte: BOSCH (2005).

Existem alguns tipos de configurações para o sistema ABS, sendo mais comum a forma cruzada. Esses tipos se devem a vários fatores como das necessidades de funcionamento, da disponibilidade dos freios entre outros (BOSCH, 2005). A forma cruzada representada pela letra *b* na Figura 4 é a mais usada atualmente por ser mais segura para os ocupantes, pois segundo Hipper Freios (2020)

... se considerarmos que durante uma frenagem cerca de 70% do esforço se concentra na dianteira, sendo 35% em cada roda, restam os demais 30% para as rodas traseiras, onde cada roda de trás é responsável por 15% da força de frenagem. Imaginando a condição de vazamento em um circuito, nessa distribuição em “X”, teremos a força de frenagem distribuída de forma cruzada, que ajuda a equilibrar o automóvel, só que garantindo 50% do esforço (35% de uma roda dianteira e os 15% de uma roda traseira), o que podemos dizer ser a melhor condição dentro dessa situação crítica.

Figura 4: Tipos de Sistema ABS



Fonte: BOSCH (2005).

## 2.6 Válvulas solenoides para controle de pressão dos freios

As válvulas solenoides possuem a função de controlar a pressão na câmara de freios, e elas possuem três tipos de funcionamento, aumento, manutenção e diminuição de pressão (BRAGA, 2011).

**Aumento de pressão:** Quando o motorista aciona o freio, a pressão gerada atua sobre o cilindro mestre que aciona as pinças, pressionando assim a pastilha contra o disco de freio. Como a força de frenagem aumenta, logo a desaceleração também, o que resulta num aumento do deslizamento da roda. O valor do deslizamento não deve ser maior onde a roda perde aderência com o pavimento e perde dirigibilidade e estabilidade, conseqüentemente aumentando o espaço de frenagem. Os sensores de velocidade nas rodas enviam um sinal de que o valor da desaceleração está prestes a causar perda de aderência, neste ponto a central eletrônica reduz a força dos freios para permitir o aumento da velocidade da roda e ganhar dirigibilidade. (BRAGA, 2011).

**Manutenção de pressão:** A ECU liga as eletroválvulas de carga se fecham, as de descarga não estão ligadas a central eletrônica e já estão fechadas. A ligação hidráulica entre cilindro mestre e pinça de interrompe. A pressão nas pinças é mantida no valor atingido anteriormente, qualquer que seja a pressão no pedal de freio. Mesmo que ainda há uma desaceleração, a central eletrônica evita com que a aderência seja perdida. Isso ocorre até que os valores de referência da central e o sinal emitido pelo sensor sejam compatíveis. Logo, a ECU deixa a fase de manutenção de pressão e vai para a fase de aumento se a roda estiver ganhando velocidade ou redução, se ela estiver quase travando. (BRAGA, 2011).

**Diminuição de pressão:** Quando há a tendência de travamento das rodas a central contém a pressão nas pinças até o valor limite admitido. A central liga as eletroválvulas de carga e descarga. A de carga fica fechada e mantém interrompida a ligação entre bomba dos freios e pinça; a eletroválvula de descarga abre colocando em contato hidráulico a pinça com o acumulador de baixa pressão e a bomba de recuperação, para diminuir a pressão na pinça. Em conjunto, o motor de comando da bomba de recuperação, que retorna o líquido retirado da pinça no circuito principal. (BRAGA, 2011).

O acumulador do reservatório de baixa pressão presente no circuito tem a função de armazenar uma parte do líquido das pinças. Pelo circuito da bomba, o líquido dos freios é

enviado, através da câmara de amortecimento para o circuito principal da bomba dos freios (WABCO, 1994).

O sistema intercala, dependendo do momento em que o veículo se encontra e como dito anteriormente entre essas três formas de atuar, a fim de evitar o travamento das rodas numa frenagem e causar perda de dirigibilidade e estabilidade (BOSCH, 2005).

## 2.7 Sistemas de Tração

A tração pode ser entendida como uma força física que move algo (Mundo Educação. [2020]), no caso dos veículos, o motor envia aos pneus a força necessária para movimentar o carro. Geralmente os carros mais populares ou que são feitos para andar em ruas asfaltadas, costumam ter tração só em duas rodas que podem ser tanto no eixo traseiro quanto o dianteiro. Já os veículos que andam em terrenos irregulares ou íngremes acabam tendo tração nas quatro rodas (NOXCAR, 2020).

Atualmente é possível encontrar diferentes tipos de Sistemas de Tração como 4x2, 4x4, ou tração integral/ *full-time*, que também é conhecido como *All Wheel Drive* (AWD), cada sistema é especificado para um tipo de situação ou terreno. Uma explicação prévia da nomenclatura pode clarear um pouco sobre todos os sistemas em geral. O primeiro número ou letra significa a quantidade de rodas que o veículo possui, já o segundo quantas rodas são motrizes no veículo (MUNEKATA, 2020).

**Tração 4x2:** Representa um veículo com tração em duas rodas. A potência do motor é distribuída para ambas as rodas, podendo ser o par dianteiro ou traseiro.

**Tração Dianteira:** é mais comum em carros populares, além de proporcionar mais espaço interno, ajuda a reduzir o peso do veículo e oferece mais segurança. Porém o desgaste dos pneus da frente é maior.

**Tração traseira:** Oferece melhor equilíbrio, permite a realização de manobras esportivas e tem uma potência maior. Porém, possui um espaço interno menor e é mais difícil de controlar nas manobras de segurança (JOCAR, 2019).

**Tração 4x4:** Pode ser também denominado de tração nas quatro rodas ou *4 Wheel Drive* (4WD). Em veículos desse tipo, a força do motor geralmente é enviada por igual a todas as rodas, ou seja, todas são motrizes e provém movimento ao veículo.

A maior parte dos fabricantes adota a sigla 4WD para veículos com capacidade fora de estrada ou *off-road*, como a Ford Ranger na Figura 5 por exemplo, que dá opção ao motorista escolher

o tipo de tração *part-time*, que pode passar de 4×2 para 4×4 por um botão ou alavanca (QUATRO RODAS, 2020).

Figura 5: Ford Ranger com Sistema *part-time*



Fonte:Motor1 (2020).

Esse tipo de sistema pode ser ineficiente em curvas, pois a roda externa sempre percorre uma distância maior do que a de dentro e isso gera desconforto aos ocupantes e desgaste do sistema. Com isso, a maioria dos veículos possuem diferencial aberto, que permite que ambas as rodas girem em velocidades diferentes. Porém, o diferencial aberto manda mais força sempre para roda que está girando sem aderência. Por exemplo quando uma das rodas fica no ar não há força chegando ao solo e de fato empurrando o carro. Para resolver essa situação existem alguns tipos de bloqueio do diferencial. O Diferencial de Escorregamento Limitado ou *Limited Slip Differential* (LSD) é um tipo de transmissão que atua limitando a rotação das rodas para que a roda com menos tração não gire em falso e a de maior tração não fique parada (MORENO, 2018).

**Tração AWD:** De acordo com a Quatro Rodas é bem parecida com a 4WD (4x4), mas possuem tração integral permanente, sempre está ativada. Esses sistemas conseguem variar o envio de torque de uma roda para a outra ou até de um eixo para o outro, aumentando a estabilidade e a aderência do veículo, como no caso de Mitsubishi Lancer Evo e Land Rover Defender presente na Figura 6.

Figura 6 - Land Rover Defender com Sistema *full-time*



Fonte: Motor Show (2020).

## 2.8 Sobresterção e Substerção

Substerção ou Sobresterção, exemplificados na Figura 7, ocorrem quando o veículo entra em uma curva com excesso de velocidade e não consegue realizá-la forma correta sem perder o controle das rodas dianteiras ou traseiras (DUARTE, 2017).

Barata (2013) diz que o substerço ocorre quando os pneus dianteiros do veículo possuem menos aderência que os traseiros, impedindo que em uma curva a direção não mude, logo há uma saída de frente, fazendo com que o carro faça uma trajetória de raio maior que a curva, ele é empurrado e não faz a trajetória desejada pelo piloto na curva, ou seja, ele substerçou.

Sobresterção acontece o inverso do substerço, as rodas traseiras possuem menor aderência na pista que as dianteiras, o veículo realiza uma trajetória de raio menor que da curva, logo há uma saída de traseira, onde os pneus traseiros perdem aderência e consequentemente o controle do veículo (VALÉRIO, 2013).

Duarte ([2020]) diz que para ambos os casos deve haver uma frenagem antecipada maior para que tal fato não ocorra, no caso de uma sobresterção, é aconselhável girar o volante no sentido oposta a derrapagem traseira. Já no caso de substerço é necessário que haja uma torção menor do volante e uma frenagem antecipada da curva.

O controle de estabilidade analisa a diferença de rotação das rodas, numa sobresterção as rodas dianteiras possuem maior aderência e rotação que as traseiras, logo elas serão freadas para colocar o veículo em sua trajetória normal, já uma substerção as rodas traseiras possuem maior velocidade e as dianteiras perderam aderência, logo os pneus traseiros sofrerão ação do ABS para que o veículo não saia tangencialmente pela curva (BOSCH, [2020]).

Figura 7 - Situação de Subesterção e Sobreesterção



Fonte: Notícias Automotivas (2020).

## 2.9 Dinâmica de Estabilidade Veicular

O programa ESC analisa o comportamento do condutor aproximadamente 25 vezes por segundo e compara, com as informações obtidas pelos sensores, condizem com o comportamento real do veículo (MANAVELLA, 2014).

De acordo com Manavella (2014), se as informações não coincidem o sistema reage como se houvesse algum problema e toma algumas decisões sobre os sistemas:

- ABS: Deve possuir 4 canais, pois, para garantir estabilidade, o sistema de controle de tração atua nas 4 rodas individualmente. Vale lembrar que o módulo do ABS ativo atua em modo passivo se não houver perda de estabilidade durante frenagem.
- Direção dinâmica ou ativa: Para empregar pequenas correções na direção caso necessário.
- Controle do motor: Para que haja uma redução do torque através do acelerador ou atraso do ponto, isto se deve para o controle de tração. Há casos em que a válvula borboleta é aberta para ajustar a rotação do motor e evitar o travamento das rodas de tração.
- Suspensão ativa: para nivelar a carroceria.
- Transmissão automática: Mudança de marcha sem intervenção do condutor.

## 2.10 Direção Dinâmica

A direção dinâmica ou como podemos chamar também de direção ativa baseia-se em uma aplicação ao ângulo de giro do volante, que pode aumentar ou diminuir dependendo da situação, o que resulta em um maior ou menor esterçamento das rodas do que aquele aplicado pelo volante, isso deve-se pela velocidade do veículo e movimentação do volante (MANAVELLA, 2017).

Para realizar tal ato é colocado um atuador eletromecânico na coluna de direção, entre o volante e a caixa de direção. Esse atuador é controlado por um módulo dedicado e engrenagens, que são acionadas por um motor, que pode adicionar ou retirar ângulo daquele que foi aplicado no volante, imperceptível ao motorista (AUTOMOTIVE BUNISSES, 2013).

MANAVELLA (2017) diz que com o veículo parado ou em baixas velocidades, há uma variação grande do esterçamento para um determinado ângulo de giro do volante, que facilita manobras de baliza ou estacionamento.

O ângulo aplicado também depende da velocidade em que o volante é esterçado, quanto mais rápido for essa velocidade, maior será o ângulo aplicado, isso contribui no tempo de resposta da direção ao giro do volante. Já em altas velocidades, acima de 100 Km/h, a relação de transmissão é reduzida, nesse caso, a direção dinâmica atua no sentido contrário ao ângulo aplicado pelo condutor, o que faz com que reduza o ângulo de esterçamento. Essa ação faz com que a possibilidade de perda de controle por algum descuido do motorista diminua (MOTORCONSULT, 2012).

## 2.11 Sensor de Velocidade

O veículo conta com diversos sensores que são usados em diversas funções do carro, como medição de nível no tanque de combustível, temperatura, rotação do motor e muitos outros, e estes mesmos transformam fenômenos físicos em sinais elétricos para serem interpretados pela ECU (MTE-THOMSOM, [2020]). Os sensores magnéticos são os mais utilizados para realizar o monitoramento das diversas rotações do veículo de diferentes componentes para manter sincronia ou medição de velocidade por exemplo. Os sensores de rotação ficam em:

- Sensor de RPM e PMS (rotação e ponto morto superior);
- Sensor de posição da árvore de comando das válvulas;

- Sensor de velocidade do veículo;
- Sensor da velocidade da roda, utilizando o Sistema ABS;

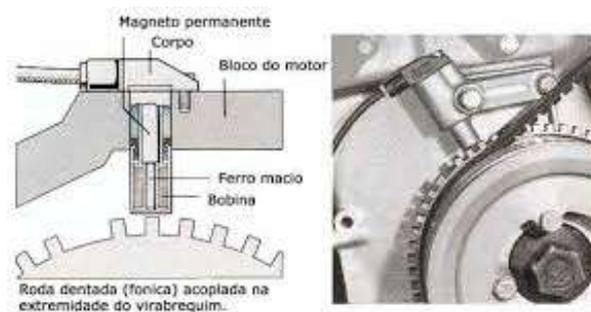
Os sensores de velocidade sempre estão associados a uma roda dentada ou disco magnetizado alternadamente, os mais utilizados atualmente são:

- Sensor de relutância magnética variável;
- Sensor de efeito HALL;
- Sensor Magneto-resistivo.

### 2.11.1 Sensor de Relutância Magnética Variável

Eles consistem em um ímã permanente com uma bobina enrolada, a Figura 8 mostra a composição do sistema de trabalho do sensor captor entre os dois. Todas as vezes que um dos dentes da roda passa na frente do sensor, a relutância do circuito magnético diminui, quando nenhum dente está próximo ela aumenta. Com a rotação da roda o fluxo varia entre forte e fraco o que gera uma tensão variável na bobina captora na forma de pulsos. Nos terminais do sensor é possível medir esses pulsos todas as vezes que o campo fica fraco. O valor da tensão depende da velocidade de rotação da roda (MTE- THOMSON, [2020]).

Figura 8 - Sensor de relutância Magnética



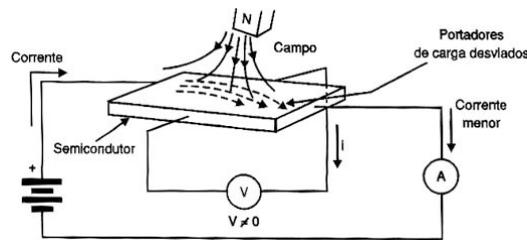
Fonte: OficinaeCia (2020).

### 2.11.2 Sensor de efeito HALL

É constituído por uma pequena pastilha de material semicondutor circulado por uma corrente contínua. A resistência elétrica da pastilha é sensível à presença de campo magnético. Assim, variando o campo magnético a intensidade magnética também muda, logo a corrente no circuito também é alterada. Um circuito eletrônico interno ao sensor converte as variações de corrente em variações de tensão. A Figura 9 apresenta um sensor de rotação baseado no efeito Hall na configuração utilizada em motores com distribuidor. O fluxo magnético que atinge o

sensor varia devido à presença ou não de uma janela do rotor. No rotor se interpõe entre o ímã e o elemento sensível. Ao girar, a alternância de abas e janelas provoca a variação de campo magnético necessária à geração do sinal pulsado. É importante ressaltar que, no caso do sensor HALL, a tensão gerada pelo sensor independe da velocidade de rotação do rotor ou da roda dentada (MTE – THOMSON, [2020]).

Figura 9- Sensor de efeito HALL

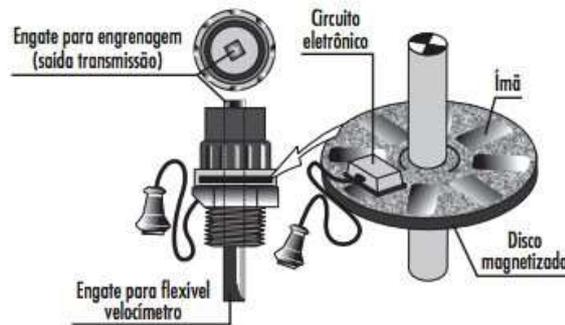


Fonte: Instituto NCB (2013).

### 2.11.3 Sensor Magneto-resistivo

Exemplificado pela Figura 10, estes sensores são constituídos de um disco de material magnético, magnetizado de forma alternada, com ímãs de polaridades diferentes. Um circuito eletrônico contendo um elemento magneto-resistivo, está instalado sobre o disco. O elemento sensível tem a propriedade de modificar a sua resistência em função da intensidade do campo magnético que o atravessa. Ao girar o disco, os ímãs provocam a variação do campo magnético que atinge o elemento magneto-resistivo. Como consequência disto, varia também sua resistência. Um circuito eletrônico associado transforma as variações de resistência em variações de tensão gerando, assim, o sinal pulsado (MTE – THOMSON, [2020]).

Figura 10 - Sensor Magneto-resistivo



Fonte: MTE-THOMSON (2020).

## 2.12 Motores de Ciclo Otto

Criado no século XIX por Nikolaus Otto, o Motor de ciclo Otto, que ficou assim conhecido, mas que também pode ser chamado de motor de quatro tempos, foi muito importante para a história da indústria automotiva desde sua criação até os dias atuais, que é usado ainda em grande massa de veículos em circulação ao redor do mundo. Um motor pode ser definido como um conjunto de peças fixas e móveis que tem a função de transformar qualquer tipo de energia em energia mecânica. Sendo assim, o motor de ciclo Otto transforma a energia química do combustível em energia térmica que transforma em energia do movimento, para isso os cilindros dentro do motor trabalham em quatro fases, que são: Admissão; Compressão; Combustão e Exaustão, como apresentado na Figura 11 (AUTOCAR UP, 2017).

As funções de cada fase são:

**Admissão:** Neste primeiro tempo, a válvula de exaustão está fechada e a válvula de admissão se abre, enquanto o pistão faz um movimento de ‘seringa’, partindo do ponto morto superior (PMS) ao ponto morto inferior (PMI) que cria um vácuo no interior da câmara de combustão, admitindo, portanto, a mistura Ar/Combustível em seu núcleo (SCHULZ, 2009);

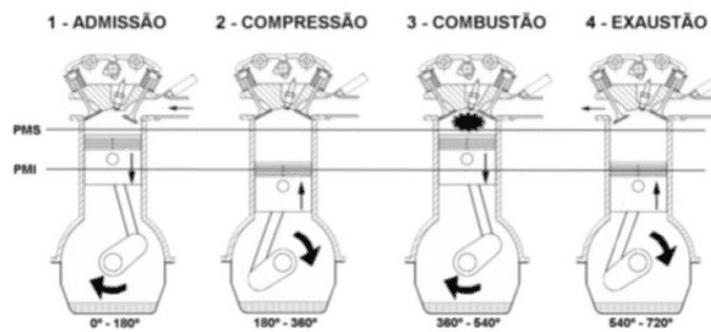
**Compressão:** Segundo tempo do ciclo onde as válvulas de admissão e escape são fechadas e então o pistão faz um movimento para comprimir a mistura Ar/Combustível do PMI ao PMS no interior da câmara de combustão, que faz com que a pressão lá dentro aumente, consequentemente resultando numa diminuição do volume da mistura (SCHULZ, 2009);

**Combustão:** Terceiro tempo do ciclo onde a vela de ignição gera uma centelha que resulta na queima da mistura Ar/Combustível, gerando energia térmica, que por sua vez através da expansão dos gases, transforma parte dessa energia em movimento empurrando com grande

quantidade de força o pistão do PMS ao PMI, aumentando o volume no interior do cilindro (EDUCAÇÃO AUTOMOTIVA, 2017);

**Exaustão:** quarto tempo do ciclo onde a válvula de admissão continua fechada e a válvula de exaustão se abre, permitindo que o pistão empurre os gases residuais da queima dentro da câmara possam ser expelidos com movimento do pistão do PMI ao PMS para que o ciclo possa recomeçar.

Figura 11: Representação do ciclo Otto



Fonte: Embarcados (2016).

### 2.13 Potência Mecânica

Para fazer o controle de tração, é necessário compreender a potência mecânica, que é uma grandeza física medida em watts (W), sendo também cada watt equivalente a 1 joule por segundo (J/s), que “é uma grandeza escalar que indica a velocidade com que algo transforma ou transfere energia mecânica em outro tipo de energia através do trabalho realizado por uma força” (PORTAL SÃO FRANCISCO, [2020]).

No ramo automotivo é comum usar o termo *horse power* (hp) ou cavalo vapor (cv), onde:

$$1\text{HP} = 745,7 \text{ W};$$

$$1\text{CV} = 735,5 \text{ W}.$$

Para calcular a potência instantânea usa -se a Fórmula 2 (HELERBROCK, 2020).

$$P = v \times F \quad (2)$$

Sendo 'P' Potência em Watt (W); 'v' velocidade em metros por segundo (m/s); 'F' força em Newton (N).

Então como potência é diretamente proporcional a velocidade e força, podemos dizer que quanto menor o tempo em que uma máquina realiza determinado trabalho, mais potente ela é. (HELERBROCK, 2020).

Com a evolução das tecnologias da indústria automotiva, o desenvolvimento de motores cada vez mais potentes é um dos principais atrativos que levam o consumidor a comprar um veículo, e com isso itens e sistemas de segurança são imprescindíveis nos automotores, assim sistemas de controle de tração tornam –se cada vez mais necessários, tanto para a segurança dos condutores e passageiros quanto para melhorar o rendimento do veículo, pois motores muito potentes geram deslizamento das rodas causando instabilidade na direção, desgastes e consumo elevado, portanto um controle de tração faz- se necessário para que seja entregue o máximo de potência possível sem deslizamento das rodas melhorando a dirigibilidade, performance e consumo do carro.

## Capítulo 3 - Materiais e Métodos

Para desenvolver o projeto de controle de tração, optou -se por implementar uma bancada de simulação com auxílio do Arduino Uno para fazer o controle do sistema através da programação, dois motores elétricos que serão rotacionados de diferentes formas para aplicação da programação de controle que irá igualar ou reduzir a diferença de velocidade de rotação entre os motores. Seguindo a lógica que, quando houver uma certa diferença de rotação entre as rodas, o sistema de controle irá fazer uma redução da velocidade da roda até reduzir a diferença, sendo necessário também o uso de sensores para realizar o monitoramento de velocidade para que seja possível existir a comparação de velocidade.

### 3.1 Microcontrolador Arduino

Criado em 2005, o Arduino foi criado por Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis com o intuito de ser barato, funcional e de programação simples, sendo acessível para qual quer usuário. Possui também o conceito de *hardware* livre, que significa que qualquer um pode mudar, montar e melhorar o Arduino, partindo do mesmo *hardware*. Ele é composto por um microcontrolador Atmel, possui entradas e saídas que podem ser ligadas por USB e programadas pelo programa *Integrated Development Environment (IDE)* que é uma plataforma cruzada, que pode ser acessada de qualquer dispositivo, escrito em linguagem C e C++. Esse programa como dito, é usado para escrever e fazer upload de programas em placas compatíveis com o Arduino, mas também, com ajuda de outros núcleos, outras placas de desenvolvimento. Existem várias versões do Arduino, como Leonardo, Nano, Due, entre outras, sendo o Arduino Uno o mais usual, representado pela Figura 12 (THOMSEN,2014).

Figura 12 -Arduino Uno



Fonte: dedcomponentes (2020).

### 3.2 Sensor de Velocidade para o Arduino

Para realizar o funcionamento do TCS é necessário implementar uma bancada simuladora. Foi visto nesse estudo que os veículos possuem diversos sensores de rotação para manter a sincronia, monitoramento e correto funcionamento dos diversos componentes nele presentes.

Tendo em foco nesse projeto o controle de tração eletrônico, os sensores que possuem uma maior relevância são os instalados no ABS, comumente de Efeito HALL, que monitoram a velocidade das rodas. Utilizaremos sensores de velocidade específicos para o Arduino, como apresentado na Figura 13, porém com mesmo princípio de funcionamento de um sensor automotivo juntamente com disco *encoders*, que serão acoplados nos eixos dos motores para possibilitar a leitura da velocidade de cada um.

Figura 13: Sensor de Velocidade do Arduino



Fonte: Autocorerobotica (2020).

### 3.3 Disco Codificador

Como nos veículos, os sensores de velocidade neles instalados necessitam de uma roda dentada para oscilar o campo magnético criado e assim medir a rotação do motor, das rodas e entre outros. No caso do motor utilizado no Arduino utilizaremos dois discos *encoders*, conforme na Figura 14. Estes serão instalados nos eixos dos motores elétricos que funcionam basicamente como a roda dentada para oscilar o campo magnético dos sensores.

Figura 14 - Disco Codificador



Fonte: Eletrogate (2020).

### 3.4 Motores DC com caixa de redução

Nos veículos, o sistema ABS analisa a rotação das rodas e identifica diferença de rotação entre elas. Neste projeto serão utilizados dois motores de corrente contínua ou *Direct Current* (DC), representados pela Figura 15, para rodarem em diferentes velocidades para que assim o sistema TCS, com uma lógica de comparação entre com uma ação para igualar as rotações.

Figura 15 - Motor DC com caixa de redução



Fonte: usinainfo (2021).

### 3.5 PWM e seu funcionamento

Modulação de Largura de Pulso ou *Pulse Width Modulation* (PWM) é uma técnica de controle de potência eficiente, muito utilizada na eletrônica em geral para controlar motores, servo motores, luminosidade, fontes chaveadas entre outras diversas aplicações que envolvem variação de potência. Para controlar a tensão e a corrente fornecidas a uma carga, o PWM liga e desliga a energia da fonte para o circuito muito rapidamente. Quanto maior o período que a

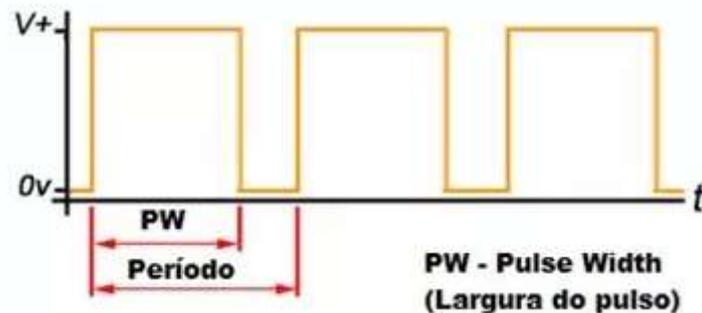
alimentação permanece ligada em comparação ao período que permanece desligada, maior é a potência que chega ao circuito, ou seja, quanto maior a largura de pulso, maior a potência fornecida (REIS, 2017).

A largura de pulso é mais conhecida como *Duty Cycle* (ciclo ativo), e é definida em porcentagem demonstrado na Figura 16, e para calcular é possível usar a Fórmula 2: (MATTEDE, 2016).

$$Duty\ Cycle = 100 \times \frac{Largura\ de\ Pulso\ (t)}{Período\ (T)} \quad (2)$$

Sendo  $t$  = o tempo que o sinal está ligado; e  $T$  = tempo de um ciclo da onda.

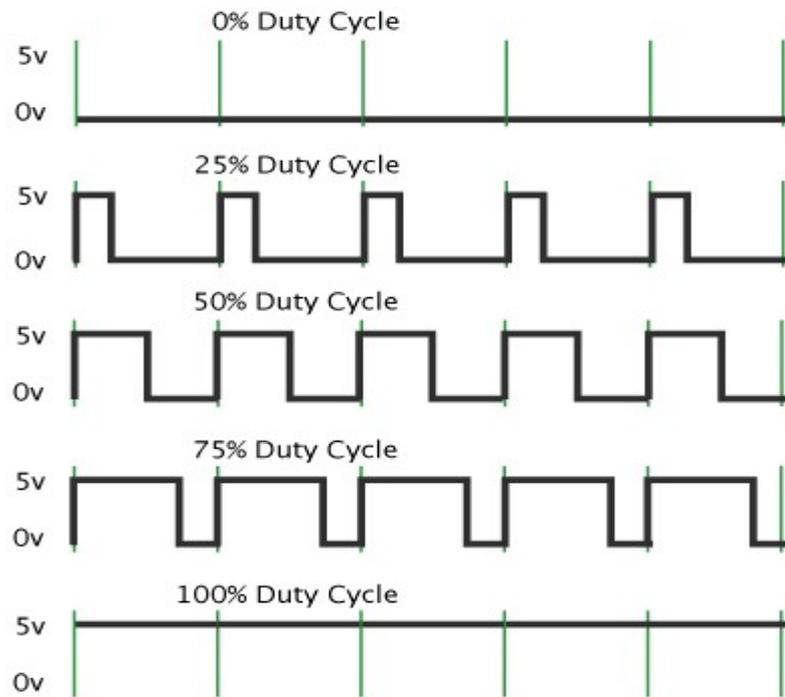
Figura 16 - Gráfico da largura do pulso



Fonte: Mundo da Elétrica (2016).

Então, observando a Figura 17, compreende-se que quando a porcentagem do *duty cycle* é 0%, não há energia sendo fornecida ao circuito, e quando o *duty cycle* é 100%, a potência total é entregue ao sistema.

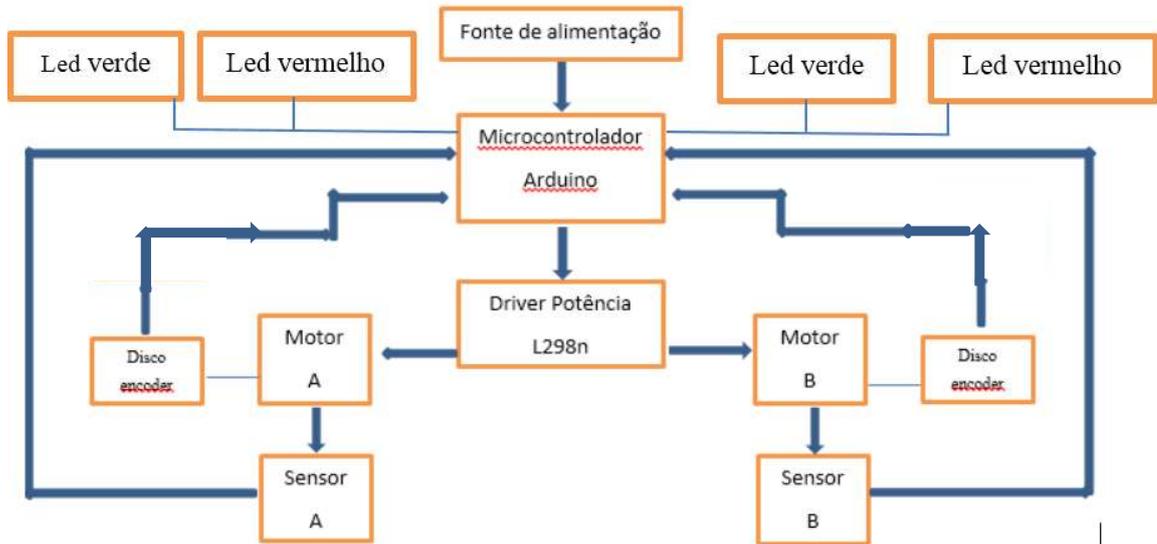
Figura 17 - PWM



Fonte: Bóson Treinamentos (2017).

### 3.6 Diagrama de blocos do Funcionamento do *Hardware*

Representado pela Figura 18, o diagrama de blocos representa o esquema de funcionamento do *hardware*. A fonte fornece 12V para o Arduino Uno, que transmite energia para os drivers de potência, que controla os dois motores, que giram os *encoders*, assim os sensores de velocidade os reconhecem e enviam a informação para o Arduino Uno.

Figura 18 – Diagrama de Blocos do Funcionamento do *Hardware*

Fonte: Autores (2021).

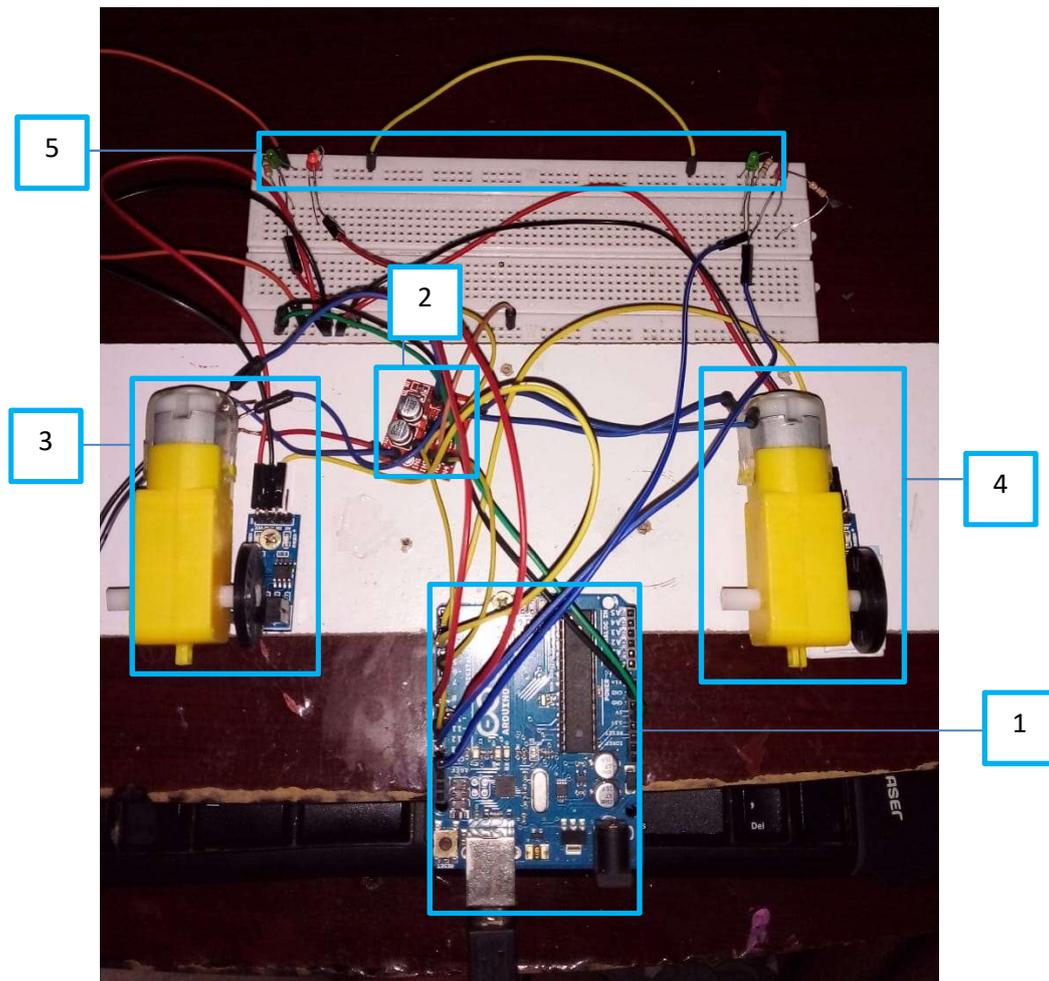
#### 4. Resultados e discussões

Após planejar e desenvolver na teoria o *hardware* e o *software* do projeto, decidiu-se criar uma bancada de testes que simulou o funcionamento do Controle de Tração Eletrônico pelo controle de velocidade das rodas, com os componentes listados no capítulo 3.

Representado pela Figura 19, para constituir a bancada simuladora do controle de velocidade por meio da redução de potência dos motores foi utilizado um Arduino Uno para ser o gerenciador do sistema representando a ECU veicular, onde foi encarregado de receber, converter e transmitir sinais para outras partes do sistema. O PWM (*Pulse Width Modulation*) presente no próprio Arduino, para modular a potência enviada aos motores para igualar suas velocidades. Também foi utilizado uma mini ponte H dupla L298N, como driver de potência para fazer o acionamento simultâneo dos dois motores DC. Dois motores, representando cada uma das rodas de tração do veículo. Dois discos *encoders*, acoplados aos motores que simulam as rodas fônicas. Dois sensores de velocidade, que fazem a leitura da velocidade dos dois discos *encoders* e os LEDs que ao acenderem, indicam quando e qual medida está sendo tomada pelo *software* para controlar a potência enviada aos motores.

Vale lembrar que os testes feitos foram realizados com motores DC controlados e rotacionados independentes um do outro, por conta disso encontramos diferenças nas rotações entre eles, diferenças físicas geram uma pequena diferença ao rotacionar.

Figura 19 - Bancada de Simulação



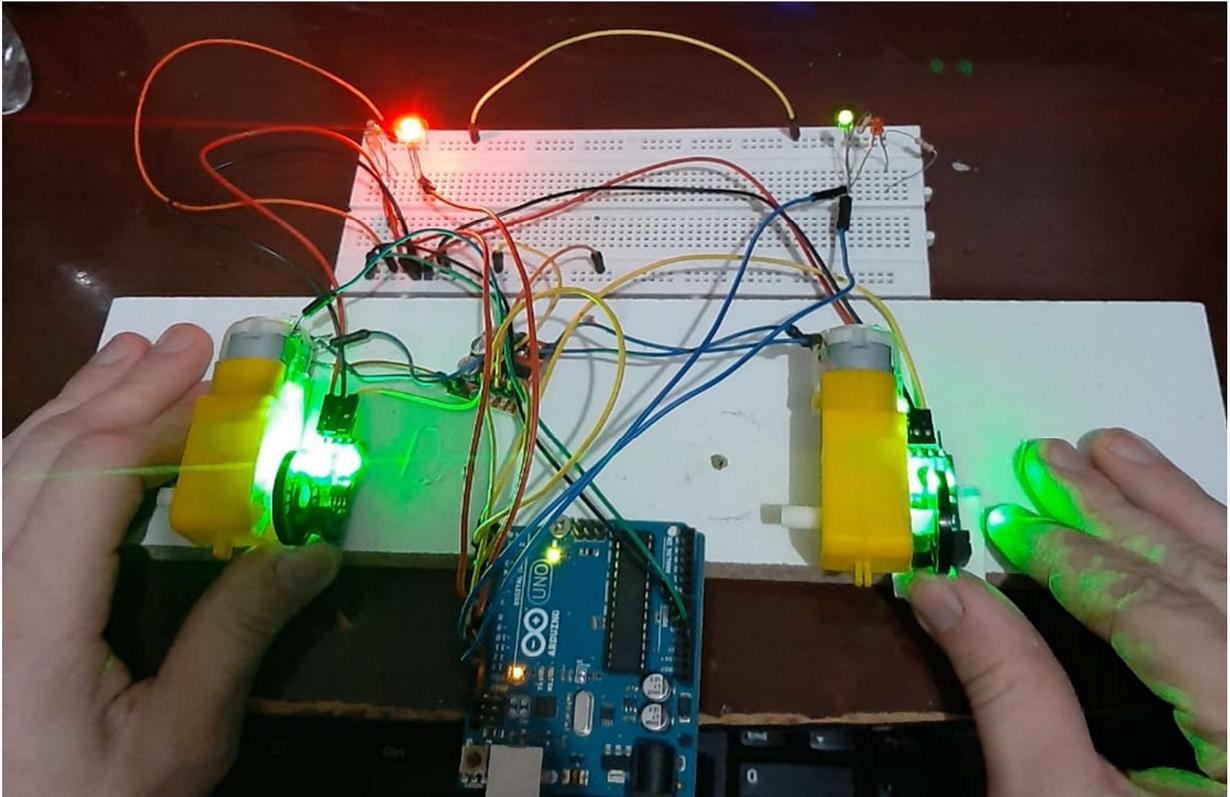
Fonte: Autores (2021).

- 1- Microcontrolador Arduino;
- 2- Mini Ponte H L298n;
- 3- Motor 1 com Caixa de Redução, Disco Encoder e Sensor de Velocidade;
- 4- Motor 2 com Caixa de Redução, Disco Encoder e Sensor de Velocidade;
- 5- LEDs de indicação.

#### 4.1 Funcionamento

Para realizar os testes, primeiramente aplicamos uma força em cada motor representado pela Figura 20. Os LEDs vermelhos acionam quando um motor tem sua velocidade decrementada, e os LEDs verdes acendem quando a velocidade é incrementada.

Figura 20 – Motores 1 e 2 Sofrendo Ação das Forças

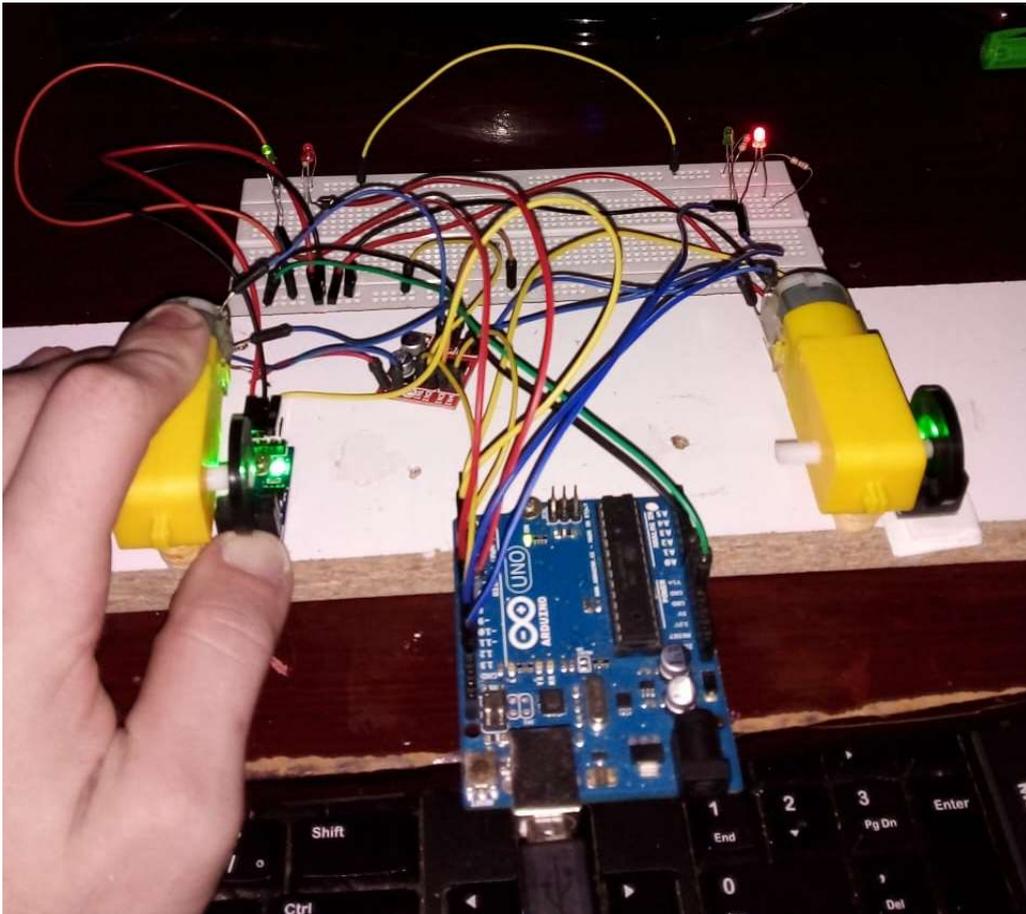


Fonte: Autores (2021).

Com esse teste, pretendia-se recriar a situação onde o veículo está com as duas rodas tracionadas, girando sem nenhuma anormalidade, como em pistas molhadas ou qualquer outro tipo de solo que possa acarretar na perda de aderência entre banda de rodagem e o pavimento. Demonstrado na Figura 21, foi mantida a condição de força no Motor 1, e foi retirada a força aplicada no Motor 2, assim criando uma simulação onde o veículo desliza uma das rodas (Motor 2) por condições adversas na pista como pista molhada, areia na pista ou qualquer situação que possa gerar escorregamento da roda, que gera perda de estabilidade. Então o programa decrementa o valor do PWM referente ao Motor 2 até que sua velocidade se aproxime ou se iguale a velocidade do Motor 1, ao mesmo tempo o LED vermelho do lado do Motor 2 acende para mostrar que o programa está agindo, situação que representa a ação de um sistema de freios

ABS que aciona naquela roda ao perceber elevada diferença entre as rotações. O LED verde acende, pois ao segurar o Motor 1, sua rotação fica menor do que a rotação do Motor 2, então ele sinaliza que quer incrementar seu PWM para que as rotações se igualem.

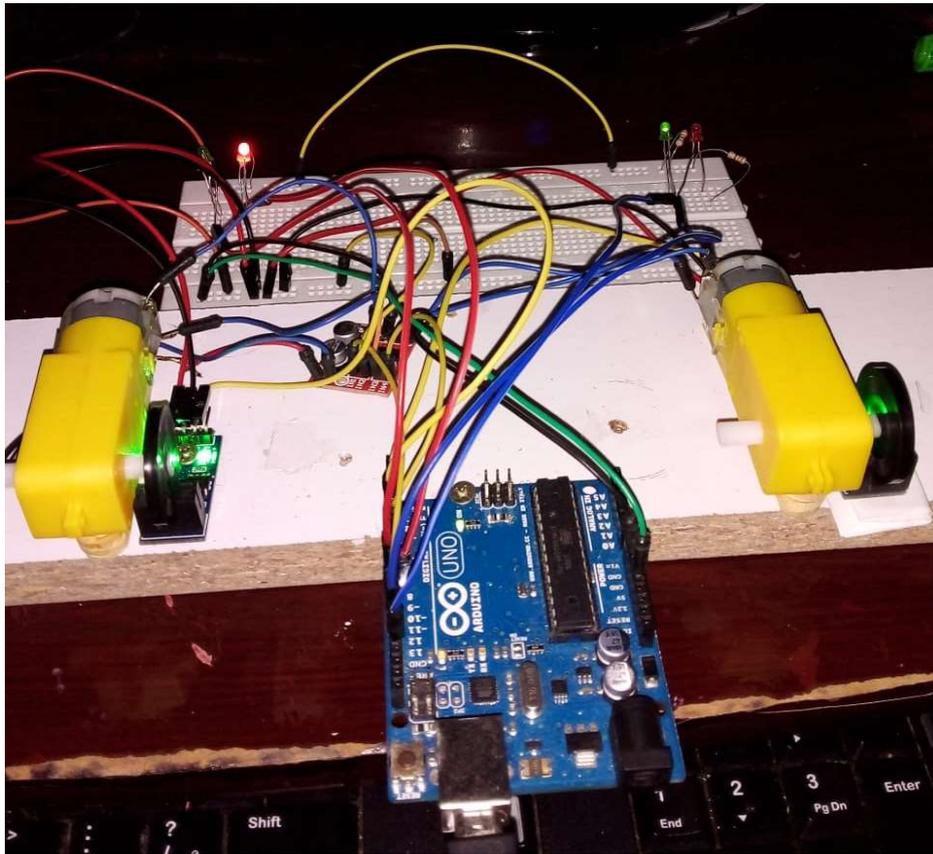
Figura 21 – Força Aplicada ao Motor 1



Fonte: Autores (2021).

Na Figura 22, retiramos a força aplicada ao Motor 1, para observar se o sistema iria procurar um equilíbrio entre as velocidades dos motores. Foi possível observar que o LED verde está aceso, isso significa que o *software* está aumentando o pulso PWM para aumentar a potência fornecida e conseqüentemente igualar novamente as diferenças de rotação entre os motores.

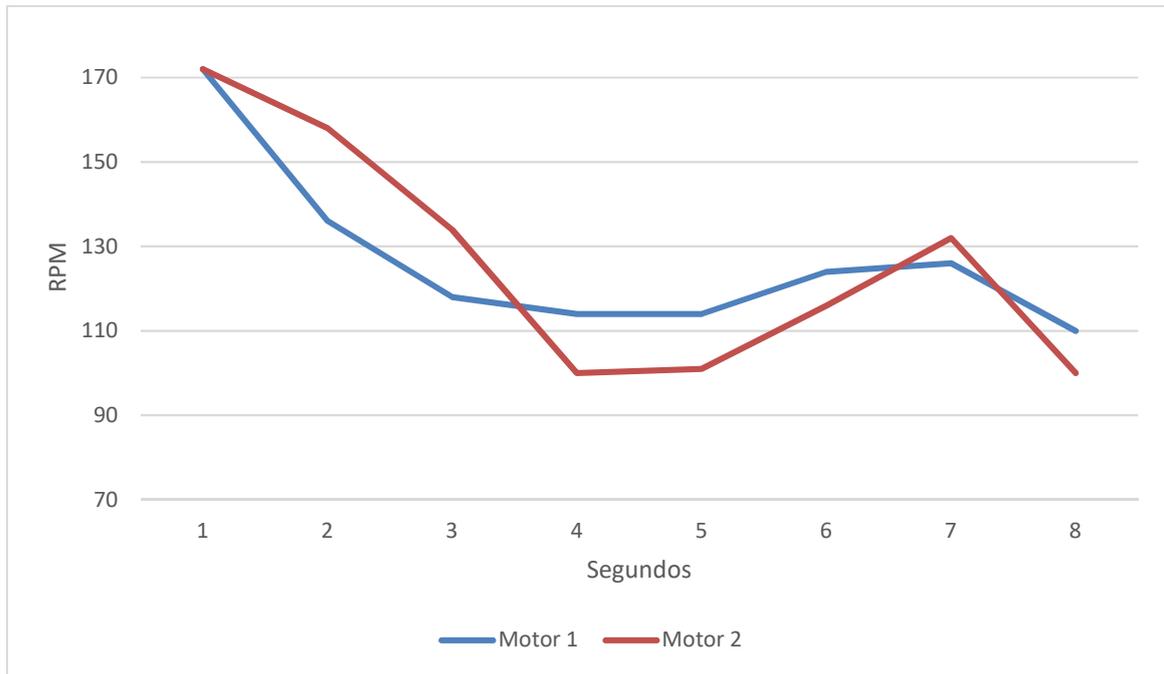
Figura 22 – Força Retirada do Motor 1



Fonte: Autores (2021).

De acordo com o teste da Figura 21, foi aplicada uma força no Motor 1, deixando o Motor 2 deslizando para observar o comportamento do programa através do gráfico representado pela Figura 23 com a rotação de cada motor. Pode ser observado que as velocidades nunca se mantêm iguais pelas limitações físicas presentes nos motores, porém é também visto que o motor controlado pelo *software* sempre busca se aproximar da velocidade de referência para diminuir a instabilidade que seriam geradas por rotações com grande diferença.

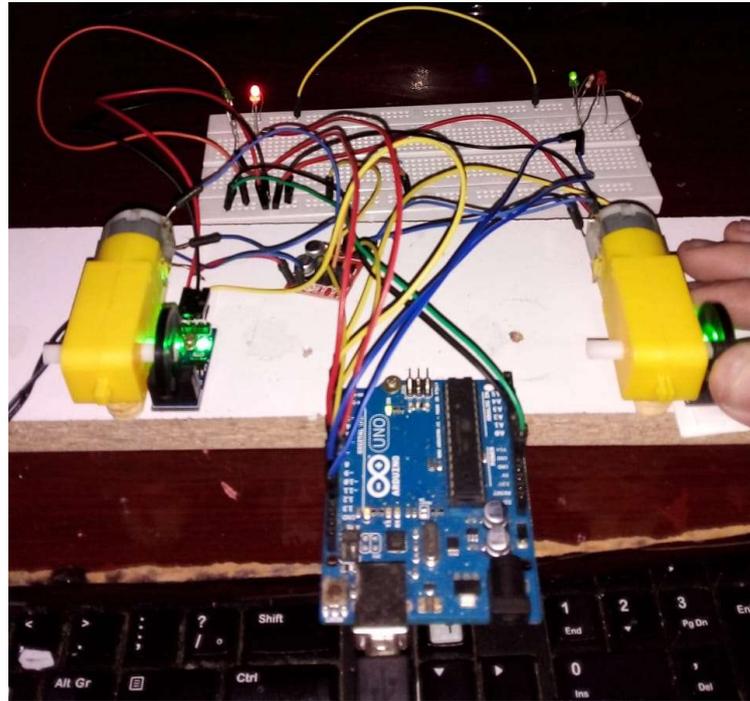
Figura 23 – Gráfico de Controle de Rotação Motor 2



Fonte: Autores (2021).

Assim, como é possível ver na Figura 24, foi feita a experiência inversa, ou seja, foi aplicada uma força no Motor 2, representando uma roda de um veículo tracionada, enquanto o Motor 1 está em estado de escorregamento, simulando a roda em condições de instabilidade. Do mesmo modo, o LED vermelho do Motor 1 está aceso representando a retirada de potência fornecida a ele pelo sistema. E o LED verde do Motor 2 mostra que quer incrementar seu PWM para buscar a igualdade de velocidades.

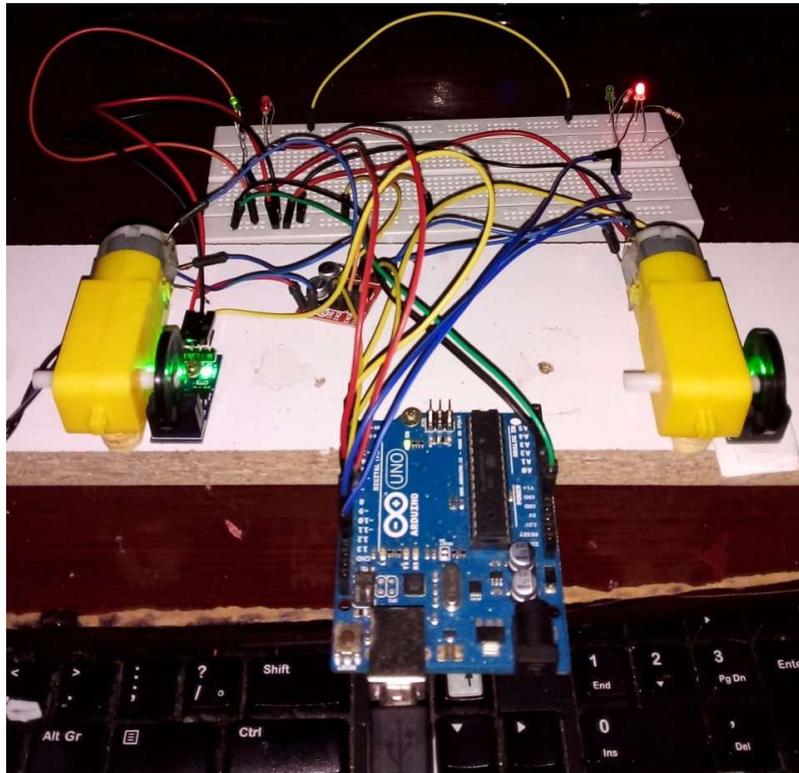
Figura 24 – Força aplicada ao Motor 2



Fonte: Autores (2021).

A Figura 25 demonstra o comportamento do programa ao retirar a força aplicada ao Motor 2, que busca o equilíbrio novamente, acendendo o LED verde que exibe a ação do *software* incrementando o PWM desse motor, e o vermelho no Motor 1 para mostrar que o programa está decrementando seu PWM.

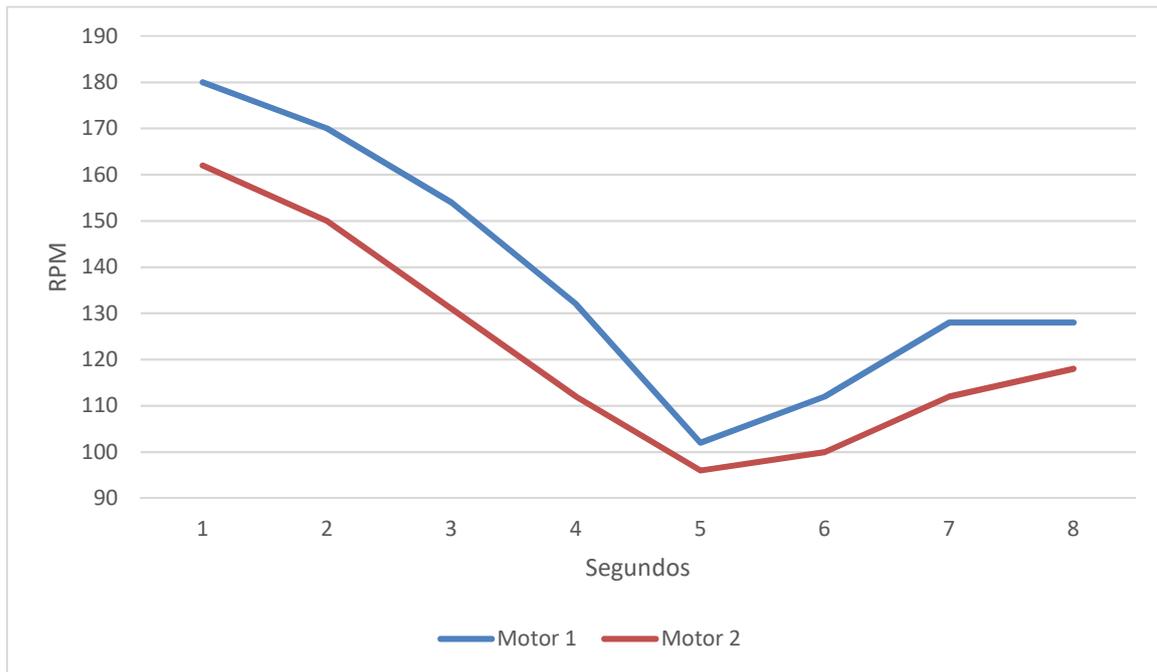
Figura 25 – Força Retirada do Motor 2



Fonte: Autores (2021).

O gráfico da Figura 26 representa as velocidades instantâneas de cada motor da experiência da Figura 24, onde foi aplicada uma força somente no Motor 2 para mostrar que o comportamento é semelhante ao gráfico anterior, com uma pequena variação entre as velocidades.

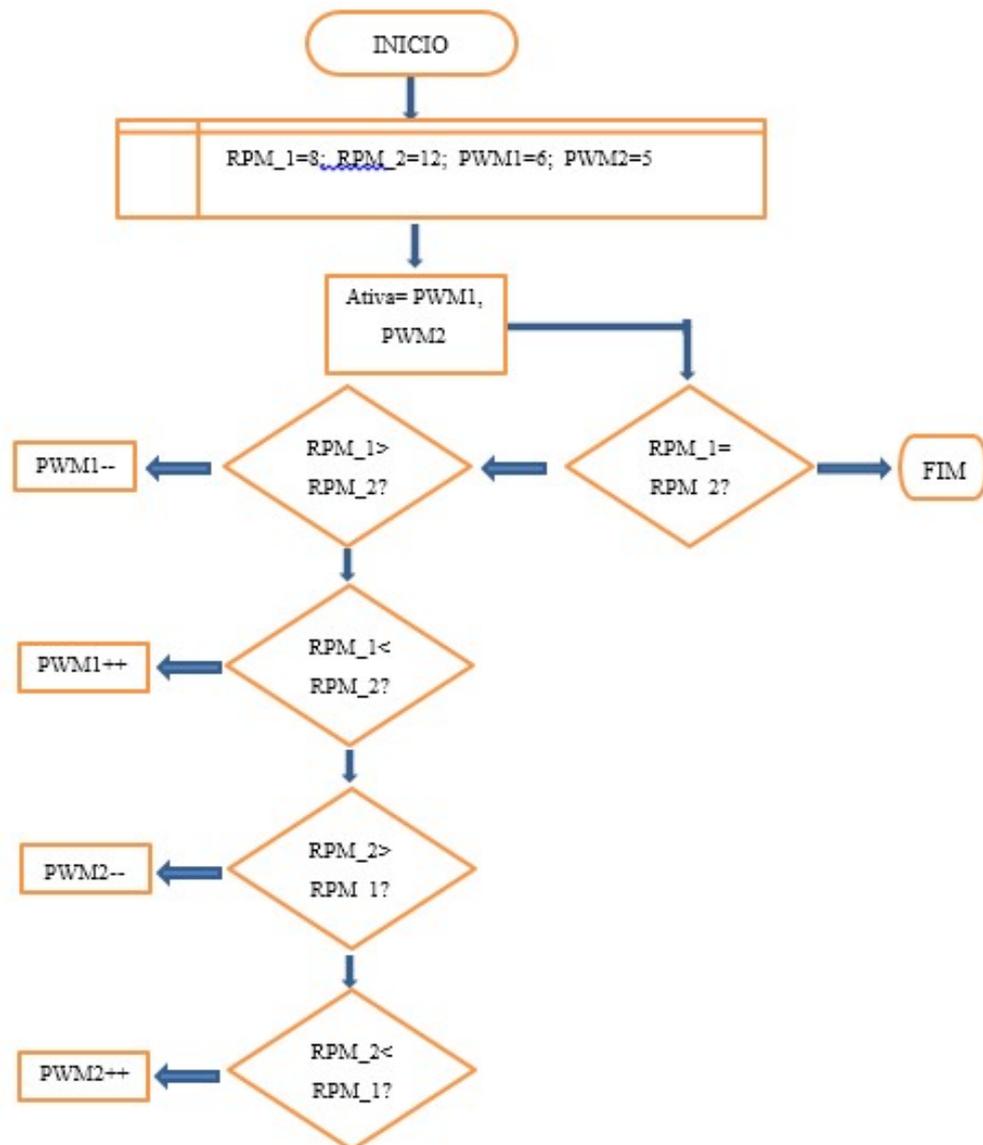
Figura 26 – Gráfico de Controle de Rotação Motor 1



Fonte: Autores (2021).

O fluxograma da Figura 27 mostra a estratégia criada para controlar as velocidades dos motores em cada situação adversa encontrada pelo *software*.

Figura 27 - Fluxograma de Funcionamento do *Software*



Fonte: Autores (2021).

**PWM1 e PWM2:** *Pulse Width Modulation*;

**RPM\_1 e RPM\_2:** Rotação por Minuto do motor 1 e motor 2;

E assim é o funcionamento do *software*, que sempre está comparando a velocidade dos dois motores, com tomadas de decisão de incrementar ou decrementar a potência deles através do PWM para simular o controle de estabilidade do veículo com auxílio dos freios ABS.

## 5.0 Conclusões

A proposta deste trabalho foi criar um controle de tração onde sempre que uma das rodas do veículo tiver algum tipo de escorregamento, um programa controla a velocidade daquela roda até que ela seja igual a roda que está tracionada, para assim gerar uma melhor estabilidade e segurança para o condutor, isso de forma ativa, para a prevenção de acidentes, usando a própria eletrônica embarcada do automóvel, que tem obrigatoriamente nos modelos fabricados desde 2014 no Brasil, os freios ABS.

Então com uma mão de obra especializada em criar *softwares*, as empresas poderiam adaptar esse sistema em seus produtos, com as devidas alterações e melhorias, para ficar mais robusto e preparado para situações adversas, fazendo o uso dos freios ABS como principal atuador para controlar as rotações.

Neste trabalho foi usada a estratégia de modular a velocidade das rodas, simuladas por meio de motores elétricos, através dos PWMs presentes no Arduino Uno, para simular a ação dos freios ABS.

Assim acredita-se que seria possível a implementação desse sistema de forma acessível nos veículos nacionais de entrada, melhorando a segurança com custo otimizado e sem muita alteração na estrutura base do automóvel.

## 5.1 Propostas Futuras

Como nesse trabalho nosso objetivo era desenvolver apenas um controle de tração por meio da modulação da velocidade dos motores DC, como proposta futura deixamos a implementação em um protótipo como um carrinho, onde os ajustes de rotação precisariam ser refinados por meio da programação e realizar um teste de perda de tração em uma das rodas para demonstrar o desempenho do sistema.

Outra proposta é a de simular o TCS na Parati da praça técnica desenvolvendo uma unidade de controle por meio de Arduino ou Raspberry para leitura dos sensores do ABS e disparo do sinal de comando de atuadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTOCAR UP. **A História dos Motores a Combustão interna.** 23 de Jan. 2017. Disponível em:<<https://autocarup.com.br/historia-motor-a-combustao/>. >Acesso em 10 de Abr. de 2020.mundo
- AUTOMOTIVE BUSINESS. **Volvo apresenta novo sistema de direção dinâmica de caminhões.** 19 de Fev. 2013. Disponível em:<<https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/16297/volvo-apresenta-novo-sistema-de-direcao-dinamica-de-caminhoes>>. Acesso em 20 de Set. de 2020.
- BARATA, Juliano. **Subesterço ou saída de frente: o que é, como corrigir e quais as causas?** 30 de Dez. 2013. Disponível em:<<https://flatout.com.br/subesterco-ou-saida-de-frente-o-que-e-como-corrigir-e-quais-as-causas/>>. Acesso em 05 de Out. de 2020.
- BLOG DA JOCAR. **O que é tração, e para que ela serve?** 26 de Nov. 2019. Disponível em:<<https://blog.jocar.com.br/o-que-e-tracao-e-para-que-ela-serve/>>. Acesso em 18 de Ago. de 2020.
- BOSCH, Manual de Tecnologia Automotiva 25º ed. Editora Edgard Blücher; 2005.
- BOSCH. **Programa eletrônico de estabilidade – esp.** s.d. Disponível em:<[https://www.bosch-mobility-solutions.com.br/br/destaques/mobilidade-aut%C3%B4noma/programa-eletr%C3%B4nico-de-estabilidade-\(esp%C2%AE\)](https://www.bosch-mobility-solutions.com.br/br/destaques/mobilidade-aut%C3%B4noma/programa-eletr%C3%B4nico-de-estabilidade-(esp%C2%AE))>. Acesso em 27 de Out. de 2020.
- BRAGA, Newton. **Como funciona o sistema de freio ABS.** 30 de Mai. de 2011. Disponível em: <<https://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/53-artigostecnicos/automotivos/3611-art493>> Acesso em 5 de Mai. de 2020.
- CONTESINI, Leonardo. **Afinal o que é ECU? Como elas funcionam?** 17 de Abr. de 2017. Disponível em: <<https://flatout.com.br/afinal-o-que-e-ecu-como-elas-funcionam/>>. Acesso em: 06 de Jul. de 2020.
- DUARTE, André. **Subviragem e sobreviragem: o que são?** 01 de Mai. 2017. Disponível em:<<https://www.autosport.pt/automais/subviragem-sobreviragem-o-que-sao/>>. Acesso em 06 de Out. de 2020.
- EDUCAÇÃO AUTOMOTIVA. **Como Funciona um Motor de Quatro Tempos.** 06 de Jul. 2017. Disponível em:<<https://educacaoautomotiva.com/2017/07/06/motor-4-tempos-como-funciona/>> Acesso em 15 de Mai. de 2020.
- FERREIRA, Larissa. **Controle de estabilidade x controle de tração, qual a diferença?** 29 de Abr. 2019. Disponível em:<<https://www.comparaonline.com.br/blog/carros/controle-de-estabilidade-x-controle-de-tracao/>>. Acesso em 12 de Set. de 2020.
- HELERBROCK, Rafael. **Potência e Rendimento.** *Brasil Escola.* s.d. Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencia.htm>>. Acesso em 02 de Nov. de 2020.

HELERBROCK, Rafael. **Tração.** *Mundo Educação.* s.d. Disponível em:<<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/forcas-tracao.htm>>. Acesso em 23 de Nov. de 2020.

HIPPER FREIOS. **Entendendo o circuito de freio cruzado.** 08 de Abr. 2020. Disponível em:< <https://www.hipperfreios.com.br/pt-br/dica/entendendo-o-circuito-freio-cruzado-52>>. Acesso em 11 de Jul. de 2021.

LEGISWEB. **Resolução CONTRAN N° 567 de 16/12/2015.** 18 de Dez. 2015. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=313897>>. Acesso em 08 Mai. 2020.

LOPES, Ricardo. **Tire dúvidas sobre controle de tração, Sistema ficou conhecido na Fórmula 1 e em carros da marca alemã BMW. Dispositivo evita que as rodas girem em falso e que o veículo patine.** 12 de Jul. 2009. Disponível em:< <http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1225838-9658,00-TIRE+DUVIDAS+SOBRE+CONTROLE+DE+TRACAO.html>>. Acesso em 24 de Mar. de 2020.

MANAVELLA, Humberto. **Direção dinâmica é a maior revolução desde a direção mecânica, a hidráulica e a elétrica.** 26 de Mai. 2017. Disponível em:<<https://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/direcao-dinamica-e-a-maior-evolucao-desde-a-direcao-mecanica-a-hidraulica-e-a-eletrica>>. Acesso em 12 de Set. de 2020.

MANAVELLA, Humberto. **Estabilidade dinâmica veicular (esc)- alguns detalhes que fazem a diferença na reparação.** 14 de Out. 2014. Disponível em:<<https://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/estabilidade-dinamica-veicular-esc-alguns-detalhes-que-fazem-a-diferenca-na-reparacao>>. Acesso em 14 de Set. de 2020.

MATTEDE, Henrique. **PWM – O que é e para que serve?** s.d. Disponível em:< <https://www.mundodaeletrica.com.br/pwm-o-que-e-para-que-serve/>>. Acesso em 18 de Mai. de 2021.

MATTEDE, Henrique. **Qual a diferença entre HP e CV.** s.d. Disponível em:<<https://www.mundodaeletrica.com.br/qual-a-diferenca-entre-hp-e-cv/>>. Acesso em 13 de Out. de 2020.

MIURA, André. **Rede CAN - Sistema de transmissão de dados em rede entre os módulos de controles veiculares O conhecimento facilita e acelera o trabalho, isso se aplica na reparação dos veículos e também no próprio carro que saiu de um sistema mecânico, avançou para controles elétricos e eletrônicos compartilhados.** 13 de Jul. 2017. Disponível em:< <https://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/rede-can-sistema-de-transmissao-de-dados-em-rede-entre-os-modulos-de-controles-veiculares>>. Acesso em 20 de Mai. de 2020

MORENO, Thiago. **4x4: como funciona e por que é importante também no asfalto?** 11 de Abr. 2018. Disponível em:<<https://www.icarros.com.br/noticias/geral/4x4:-como-funciona-e-por-que-e-importante-tambem-no-asfalto-/24525.html>>. Acesso em 15 de Set. de 2020.

MOTOR CONSULT. **Direção dinâmica.** 12 de Nov. 2012. Disponível em:<[http://www.motorconsult.pt/artigos/320-dire%C3%A7%C3%A3o-din%C3%A2mica#.X72\\_9Ldv\\_IV/](http://www.motorconsult.pt/artigos/320-dire%C3%A7%C3%A3o-din%C3%A2mica#.X72_9Ldv_IV/)>. Acesso em 12 de Set. de 2020.

MTE-THOMSON. **Sensor de rotação.** [2020]. Disponível em:<<https://www.mte-thomson.com.br/sensor-de-rotacao-new/#:~:text=Sensor%20de%20Relut%C3%A2ncia%20Magn%C3%A9tica%20Vari%C3%A1vel,bobina%20captora%20enrolada%20sobre%20ele.&text=Nos%20terminais%20do%20sensor%20%C3%A9,de%20rota%C3%A7%C3%A3o%20da%20roda%20f%C3%B4nica>>. Acesso em 09 de Ago. de 2020.

MUNEKATA, Luana. **Tração de carro: o que é e quais são os tipos?.** 2020. Disponível em:<<https://www.webmotors.com.br/wm1/dicas/tracao-de-carro-o-que-e-e-quais-sao-os-tipos>>. Acesso em 17 de Abr. de 2020.

NOXCAR. **Como funcionam os diferentes tipos de tração de carro?** s.d. Disponível em:<<https://noxcar.com.br/como-funcionam-os-diferentes-tipos-de-tracao-de-carro/>>. Acesso em 26 de Mar. de 2020.

OSÓRIO, Sueli. **Entenda como funciona o sistema de freios ABS.** s.d. Disponível em:<<https://www.noticiasautomotivas.com.br/entenda-como-funciona-o-sistema-de-freios-abs/>>. Acesso em 30 de Nov. de 2020.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Potência.** s.d. Disponível em:<<https://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/potencia>>. Acesso em 23 de Mai. de 2020.

QUATRO RODAS. **Qual a diferença entre tração 4WD e tração AWD?** 02 de Jan. 2017. Disponível em : < <https://quatrorodas.abril.com.br/auto-servico/qual-a-diferenca-entre-tracao-4wd-e-tracao-awd/>> Acesso em 25 de Mai. 2020.

REIS, Fábio. **Curso de Eletrônica – O que é PWM – Pulse Width Modulation.** 14 de Jun. 2017. Disponível em:<<http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/curso-de-eletronica-o-que-e-pwm-pulse-width-modulation/>>. Acesso em 16 de Mai. de 2020.

SCHULZ, Daniel. **ETAPAS DE FUNCIONAMENTO.** 2009. Disponível em:<[https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t\\_etapas.htm](https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t_etapas.htm)>. Acesso em 11 de Nov. 2020.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino.** 02 Set. 2014. Disponível em:<<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em 10 de Nov. de 2020.

UFRGS. **Estudo experimental da relação ar/combustível para máxima potência em um motor de combustão interna, utilizando diversos combustíveis.** Mar. 2002. Disponível em:< <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/117919>>. Acesso em 13 de Mai. de 2020.

VALÈRIO, Raymundo. **Dicas para reduzir o “understeer”.** 16 de Fev. 2018. Disponível em:<[www.kartbuzz.com.br/dicas-para-reduzir-o-understeer/](http://www.kartbuzz.com.br/dicas-para-reduzir-o-understeer/)>. Acesso em 30 de Abr. de 2020.

WABCO, Sistemas de Freios Anti-Bloqueio para Veículos Comerciais, 1994.