

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
JORGE STREET
Técnico em Manutenção Automotiva

Anderson Roberto Cunha
Bruno Calil
Glauber Ramos Bonfim
Luciano Tadeu Lodovico
Marcos Rodrigues Lopes
Rafael da Costa Silva
Zulene Souza

SISTEMA DE DIREÇÃO SEM COLUNA

SÃO CAETANO DO SUL
2018

**Anderson Roberto Cunha
Bruno Calil
Glauber Ramos Bonfim
Luciano Tadeu Lodovico
Marcos Rodrigues Lopes
Rafael da Costa Silva
Zulene Souza**

SISTEMA DE DIREÇÃO SEM COLUNA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Manutenção Automotiva da Etec Jorge
Street, orientado pelo Prof. Milton
Alexandre Rhein Merizio, como requisito
parcial para obtenção do título de técnico
em Manutenção Automotiva.

**SÃO CAETANO DO SUL
2018**

AGRADECIMENTOS

A priori, a equipe agradece a nossa orientadora o coordenador do curso de Manutenção Automotiva, o professor Milton Alexandre Rhein Merizio que sempre nos apoiou, direcionou e nos deu suporte do início ao fim deste trabalho. Ao professor Salomão Choueri Júnior, que nos aconselhou em diversos momentos. Agradecemos também à direção da unidade, coordenação, diretoria administrativa e acadêmica e ao corpo docente por toda assessoria que nos foi oferecida para a realização deste trabalho. Por fim, aos familiares da equipe que deram suporte e aos colegas que também contribuíram na elaboração do projeto.

RESUMO

O projeto em questão foi realizado com o intuito de expor e estudar a fundo o sistema de direção sem coluna, com interligação eletrônica entre os componentes do sistema (Volante e caixa de direção), transparecendo os prós e os contras para o caso da mesma ser utilizada em veículos de passeio.

O projeto foi fundamentado através do conhecimento obtido durante o curso, testes realizados nas aulas e pesquisas feitas na internet para aprofundamento no assunto.

Palavras-chave: Sistema de direção, caixa de direção, coluna de direção, motor elétrico, sistema eletrônico.

ABSTRACT

The project was carried out with the intention of exposing and studying in depth the steering system without column, with electronic connection between the components of the system (Steering wheel and steering box), showing the pros and cons for the case of the same being used in passenger vehicles.

The project was based on the knowledge obtained during the course, tests carried out in the classes and researches done on the Internet to deepen the subject.

Keywords: Steering system, steering box, steering column, electric motor, electronic system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Benz 1885 com sistema de direção semelhante aos lemes dos barcos.....	13
Figura 2 - Sistema de direção com articulações.....	14
Figura 3 - Caixa de direção (Setor e rosca sem fim).....	15
Figura 4 - Caixa de direção (Pinhão e cremalheira).....	16
Figura 5 - Pierce Arrow Roadster 1925 (Primeiro carro equipado com sistema hidráulico de direção).....	17
Figura 6 - Pierce Arrow Roadster de Francis W. Davis (Única foto do modelo).....	17
Figura 7 - Cadillac V-12 1933, equipado com sistema de direção assistida hidráulica.....	18
Figura 8 - Sistema de direção hidráulica.....	18
Figura 9 - Sistema de direção elétrica.....	20
Figura 10 - Sistema de direção sem coluna.....	22
Figura 11 - Esquema Elétrico/Eletrônico (Sistema de direção sem coluna).....	23

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
I. Objetivos	8
II. Justificativa	8
III. Metodologia	8
1. Sistema de direção	9
1.1 SISTEMA DE DIREÇÃO COM ARTICULAÇÕES	9
1.1.1 COMPONENTES DO SISTEMA DE DIREÇÃO MECÂNICA	10
1.1.1.1 PRINCIPAIS TIPOS DE CAIXA DE DIREÇÃO (MECANICA E HIDRAULICA)	11
1.2 SISTEMA DE DIREÇÃO HIDRAULICA	12
1.3 SISTEMA DE DIREÇÃO ASSISTIDA ELÉTRICA	15
1.4 SISTEMA DE DIREÇÃO ELETRÔNICA	17
2. SISTEMA DE DIREÇÃO SEM COLUNA	18
2.1 BENEFÍCIOS	19
2.2 MALEFÍCIOS	19
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXOS	22
ANEXO 1: Código fonte de projeto	22

INTRODUÇÃO

I. Objetivos

O objetivo com o desenvolvimento do projeto é criar um sistema de direção que funcione independente da coluna de direção. Um componente mecânico presente no sistema convencional.

II. Justificativa

A pesquisa, a montagem e os testes de um projeto, possibilitam aplicações práticas de teorias previamente estudadas em aula, além de buscar conhecimentos.

O desenvolvimento do projeto abrange a substituição da conexão mecânica do volante com a caixa de direção, pela conexão eletrônica. Nesse projeto é permitido um contato mais próximo de situações e problemas reais, como a folga na direção, onde o carro fica menos ágil, gerando o risco de acidentes, então, tem-se a necessidade da equipe desenvolver um sistema de direção sem coluna, onde a direção fica mais precisa, diminui a possibilidade de folga, torna as manobras mais fáceis e evita o desgaste de componentes do sistema que pode prejudicar a dirigibilidade do veículo.

III. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada a metodologia exploratória com o apoio de pesquisas bibliográficas, na qual foram analisados livros, artigos digitais, além de teses e sites acadêmicos, para obtenção de maior conhecimento e familiarização com o que será apresentado.

Foram também realizados testes para a obtenção de provas da real funcionalidade do projeto em questão.

■ SISTEMA DE DIREÇÃO

Um dos primeiros desafios encontrados pelos desenvolvedores dos primeiros automóveis foi conciliar a propulsão com a dirigibilidade. Não bastava movimentar o veículo. Era preciso também ter controle para onde ele iria. As primeiras soluções encontradas não foram tão interessantes, mas funcionavam.

A primeira solução consistia em utilizar algo que se assemelhava aos lemes de barcos. Uma haste que girava uma roda apoiada no chão e determinava a direção para a qual o automóvel se movia. Temos como exemplo de veículo equipado com este tipo de direção, o Benz Patent-Motorwagen de 1885, mostrado na figura 1.

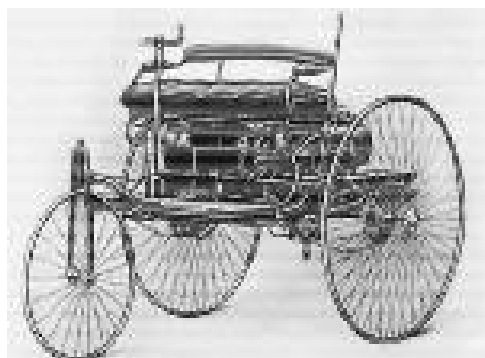


Figura 1 - Benz 1885 com sistema de direção semelhante aos lemes dos barcos

Este sistema não agradou a todos, pois apesar de ser uma solução para o problema de dirigibilidade do veículo, não era um sistema que proporcionava conforto aos condutores. Porém não levou muito tempo para que engenheiros e desenvolvedores começassem a aprimorar este sistema e iniciassem os testes com sistemas de direção que possuíam articulações.

1.1 SISTEMA DE DIREÇÃO COM ARTICULAÇÕES

Com o passar do tempo, o sistema evoluiu para um sistema com articulações que reduzia o esforço para esterço das rodas e ao mesmo tempo adotaram então o uso do volante ou direção como conhecemos, possibilitando que o componente responsável pelo esterço do veículo fosse posicionado de forma que gerasse mais conforto e ergonomia ao condutor. A

figura 2 apresenta a solução totalmente mecânica com articulações para transmitir a força exercida no volante para as rodas. Sistema este que é muito semelhante ao que encontramos até hoje em veículos de entrada (Que possuem menor custo).

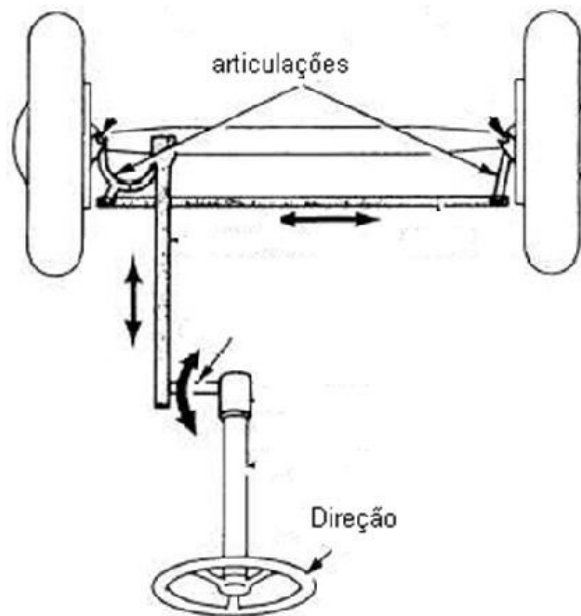


Figura 2 – Sistema de direção com articulações

Mesmo com a vinda de novos tipos de direção que trouxeram mais conforto para os motoristas, como citado acima, este tipo de direção mecânica ainda é utilizado nos veículos modernos, porém os sistemas mais recentes contam com o uso de componentes que possibilitam que o sistema mecânico ainda tenha um determinado grau de conforto.

1.1.1 COMPONENTES DO SISTEMA DE DIREÇÃO MECÂNICA

Os sistemas de direção mecânica modernos, contam com poucos componentes. São eles: Volante, coluna de direção, caixa de direção e terminais de direção. O princípio de funcionamento do sistema é o mesmo até hoje. Houve mudanças basicamente nos tipos de caixa de direção utilizados no conjunto.

PRINCIPAIS TIPOS DE CAIXA DE DIREÇÃO (MECANICA E HIDRAULICA)

Os tipos mais comuns de caixa de direção que temos são

- Com setor e rosca sem fim;
- Com pinhão e cremalheira.

SETOR E ROSCA SEM FIM

Todo o conjunto desta caixa trabalha em banho de óleo ou graxa. É geralmente utilizado em veículos mais antigos ou na linha de veículos pesados. A rosca sem fim recebe o movimento do volante e transmite ao setor, como pode ser verificado na figura 3.

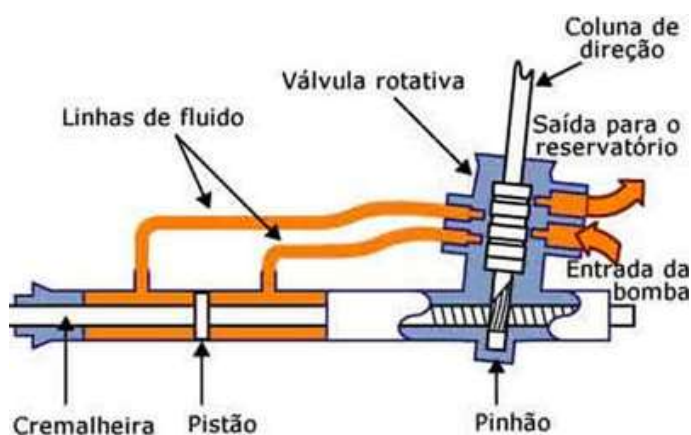


Figura 3 – Caixa de direção (Setor e rosca sem fim)

Este tipo de caixa de direção necessita de inspeções mais frequentes, reapertos, regulagens e verificação do óleo, pois o envelhecimento deste componente pode propiciar a corrosão.

PINHÃO E CREMALHEIRA

Os componentes desta caixa são montados em uma carcaça de liga leve com coifas protetoras. A graxa é utilizada como lubrificante.

O pinhão é montado junto com a árvore de direção e engrena-se a cremalheira.

A folga entre os dois componentes é corrigida por meio de dispositivos de regulação automática.

A cremalheira fica ligada às barras de direção por articulações esféricas.

Este tipo de caixa de direção é o mais utilizado em veículos modernos, por contar com um menor número de componentes, e com isso apresentar menor necessidade de manutenção. A figura 4 ilustra a caixa de direção do tipo pinhão e cremalheira.

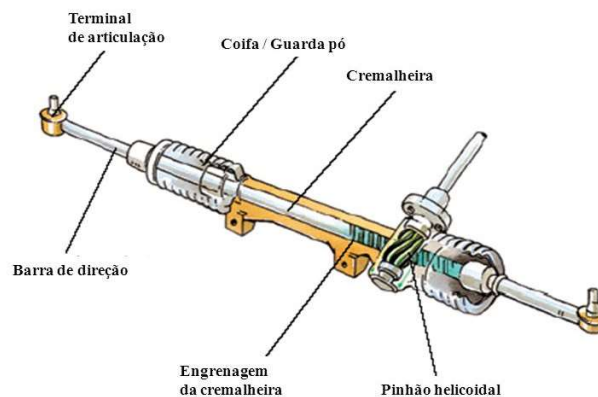


Figura 4 – Caixa de direção (Pinhão e cremalheira)

1.2 SISTEMA DE DIREÇÃO HIDRAULICA

O primeiro registro de um sistema de direção assistida hidráulica foi no ano de 1925, quando um engenheiro da Pierce Arrow, chamado Francis W. Davis fez a primeira instalação do sistema em seu próprio carro. Um Pierce Arrow Roadster, mostrado na figura 5.

Este sistema, diferente do antigo, não dependia dos dois fatores que eram: Peso do veículo e sua velocidade. Onde quando o veículo estava parado, o esforço para movimentar as rodas e exercer uma manobra era muito maior. Neste sistema novo, utilizaram como solução para um menor esforço um mecanismo acionado pela direção que conta com uma pressão gerada por um fluido (óleo) e auxilia no esterçamento. A bomba hidráulica responsável por gerar esta pressão é acionada pela movimentação do próprio motor, e por esta razão, o sistema não funciona com o veículo desligado.



Figura 5 – Pierce Arrow Roadster 1925 (Primeiro carro equipado com sistema hidráulico de direção).

O sistema foi apresentado em pela primeira vez em Detroit a 26 engenheiros. Segundo a edição de fevereiro de 1956 da revista *Popular Science*, todos que tiveram a oportunidade de dirigir este carro ficaram unanimemente entusiasmados com o carro que segundo eles, era tão fácil de esterçar quanto uma bicicleta.

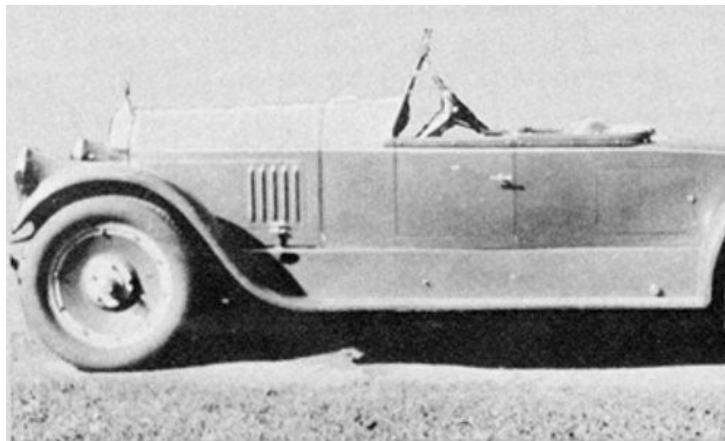


Figura 6 - Pierce Arrow Roadster de Francis W. Davis (Única foto do modelo)

Em 1927 com um contrato assinado, Francis W. Davis iniciou a adaptação do sistema hidráulico apresentado nos veículos da montadora Cadillac. Após alguns anos trabalhando na adaptação do sistema, o mesmo foi finalmente apresentado oficialmente em 1933 no modelo Cadillac V-12. Modelo topo de linha da montadora. (Hernandes DALMO, 2015)



Figura 7 - Cadillac V-12 1933, equipado com sistema de direção assistida hidráulica

O sistema se assemelhava muito com o sistema hidráulico moderno, ilustrado na figura 8.

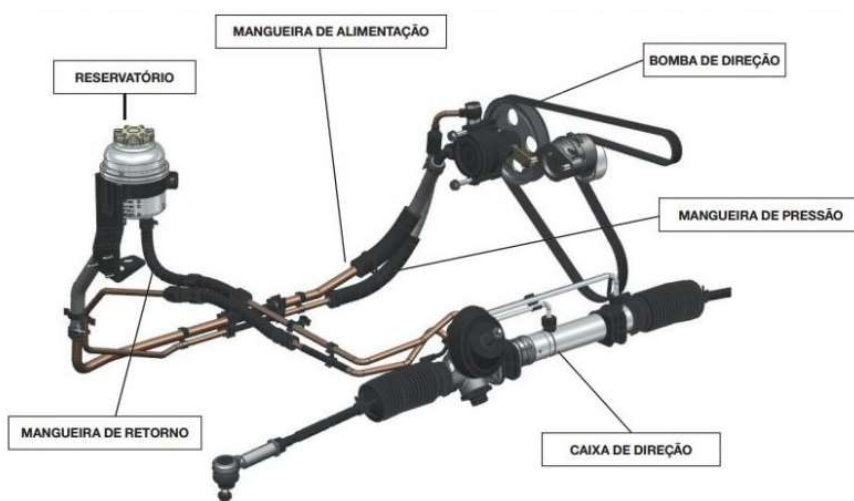


Figura 8 – Sistema de direção hidráulica

1.3 SISTEMA DE DIREÇÃO ASSISTIDA ELÉTRICA

Por volta do ano de 1988, chegava ao mercado um sistema mais novo e tecnológico de direção que conciliava muito bem conforto e segurança para os motoristas. O sistema de direção elétrica.

Este sistema contava com o auxílio de um motor elétrico que era acionado quando o veículo estava parado ou em baixa velocidade. Dessa forma, realizar manobras e transitar pelas cidades em velocidades baixas era fácil, pois este sistema proporcionava uma direção mais leve que a do sistema hidráulico. Ao mesmo tempo, em velocidades mais altas o sistema era desativado, fazendo com que a direção ficasse mais pesada, aumentando a estabilidade na condução do veículo e diminuindo o risco de acidentes. O modelo foi apresentado em um Suzuki Cervo.

O sistema começou a ganhar espaço em 1995 pelas mãos de Lucas Variety, em Sheirley, na Inglaterra. Coube a Itália a primazia de principiar na prática o uso do mesmo sistema, isto em 2001, inovação que desembarcou no Brasil em 2003 com o Fiat Stillo.

Neste sistema, um motor elétrico é solidário a um eixo sem fim, que engrena a uma coroa que, por sua vez, é solidária a coluna de direção. Um sensor de torque e posição também é solidário a coluna, onde os sinais são interpretados pela central eletrônica, que controla o motor elétrico.

As vantagens deste sistema com relação ao antigo, como mencionado, temos a maior facilidade e conforto em manobras, aumento da assistência no sistema *Dual Drive* (Encontrado como modo *city* no modelo Fiat Stillo) e até mesmo a vantagem de economia de combustível. De acordo com testes realizados durante o desenvolvimento do sistema, a economia pode ser de até 0,6 litros de combustível a cada 100 quilômetros. Esta economia está ligada ao fato de que, diferente do sistema hidráulico, ele não funciona com base no movimento do motor, o que reduz a perda de energia produzida pelo mesmo.

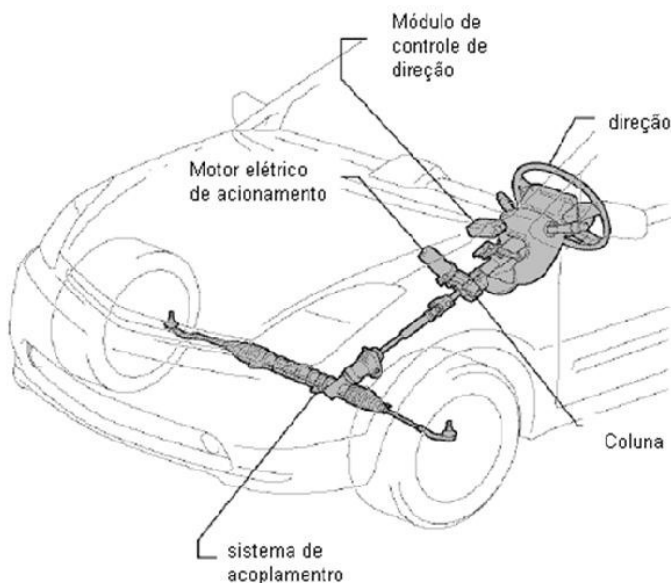


Figura 9 – Sistema de direção elétrica

Desde então, este sistema é visto como aquele que fornece maior conforto e segurança ao condutor. Com a vinda dos componentes eletrônicos, peças e ligações mecânicas, foram aos poucos substituídas por componentes eletrônicos em diversos setores. Um exemplo disto é a forma de condução de aeronaves, onde antigamente, os aviões contavam com ligações mecânicas entre o manche e os *Flaps* e que hoje contam com um sistema chamado de *Flying by wire*. Este sistema nada mais é do que uma ligação entre o manche e os *Flaps* por meio de fios, proporcionando uma conexão eletrônica.

Alguns engenheiros já contavam com o uso deste mesmo sistema usado nos aviões em veículos de passeio. Tal feito foi alcançado e até mesmo aperfeiçoado em alguns modelos de veículos modernos de alto padrão onde o controle da direção elétrica opera integrado ao sistema de suspensão e frenagem com ajuda de sensores capazes de mapear uma vaga pela qual o veículo passa, permitindo que o mesmo realize balizas sem que o motorista precise sequer tocar ao volante. Em alguns casos, o motorista tem somente a função de controlar a aceleração do veículo enquanto o resto é executado eletronicamente através de sensores.

O desenvolvimento do projeto apresentado foi baseado em pesquisas relacionadas ao uso de sistemas de direção independentes de ligações mecânicas entre o volante de direção e a caixa de direção. Sistema este chamado de *Steering by wire*.

1.4 SISTEMA DE DIREÇÃO ELETRÔNICA

De acordo com pesquisas realizadas, o sistema de direção eletrônica, isto é, sem interligação mecânica entre o volante e a caixa de direção, já existe e é aplicado em veículos agrícolas. Apesar de ter sido desenvolvido por fabricantes de veículos de passeio, até hoje não foi aplicado neste segmento. Até por este motivo, os desenvolvedores deste tipo de sistema não divulgam nenhum tipo de informação a respeito. Sendo assim, o grupo desenvolveu sua própria proposta.

■ SISTEMA DE DIREÇÃO SEM COLUNA

O projeto foi desenvolvido e adaptado em uma caixa de direção elétrica com motor acoplado diretamente a caixa. O sistema elaborado pelo grupo conta com a utilização de dois potenciômetros que servem como sensores de posicionamento, uma placa de arduino uno para processamento, uma placa com relés para acionamento do motor da caixa de direção.

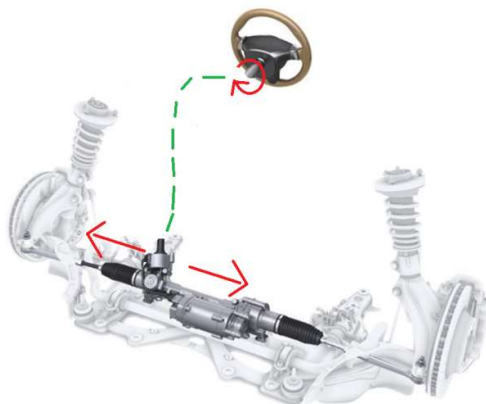


Figura 10 – Sistema de direção sem coluna

Um potenciômetro multivolta ligado ao volante serve como sensor de posicionamento, envia o sinal ao arduino que processa a informação e envia os dados para um potenciômetro retilíneo que é fixado a caixa de direção. De acordo com a informação recebida, o relé de acionamento informa ao motor elétrico da caixa para qual lado o mesmo deve atuar, movendo a cremalheira da caixa de direção para a direita ou para a esquerda.

Com isso conseguimos a eliminação da coluna de direção, um componente de interligação mecânica que pode gerar folgas no sistema e a falta da sensibilidade da direção do veículo.

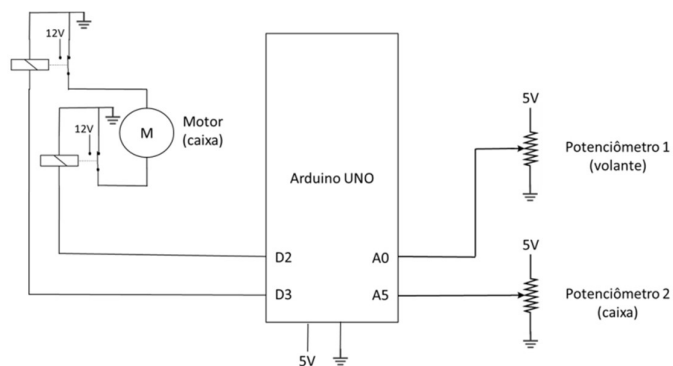


Figura 11 – Esquema Elétrico/Eletrônico (Sistema de direção sem coluna)

2.1 BENEFÍCIOS

Com relação aos benefícios do projeto, podemos mencionar os seguintes:

- Sistema mais leve;
- Menor possibilidade de folgas;
- Facilidade no desenvolvimento de futuros projetos com mão inglesa;
- Tornar manobras mais fáceis.

Considerando este como um sistema eletrônico que substitui componentes mecânicos, podemos afirmar que a possibilidade de folgas no sistema ou até mesmo a necessidade de manutenção deste com relação ao sistema convencional, é altamente reduzida por se tratar de um sistema que trabalha na maior parte com envio e recebimento de dados eletronicamente.

2.2 MALEFÍCIOS

Com relação aos malefícios do projeto, podemos mencionar a possibilidade de falha na conexão eletrônica entre o volante e a direção. Tal falha pode acarretar na perda de comunicação do volante com as rodas, ocasionando em um acidente.

Outro ponto é a necessidade de um especialista para realizar as revisões e garantir o bom funcionamento de todo o sistema.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estamos em uma época de inovações e este projeto expõe ideias que podem ser agregadas a veículos em um futuro próximo.

A ideia de um carro autônomo, por exemplo, torna o uso de uma direção cem por cento mecânica um tanto desnecessária, e a agregação da direção eletrônica vêm como uma excelente alternativa.

O avanço tecnológico se espelha muito no ramo automotivo, como em tantos outros. Torna-se obrigatório o crescimento e desenvolvimento para que a tecnologia automotiva cresça e se inove dia após dia, acompanho o mercado nacional e internacional e ideias como as expostas neste projeto serão rotineira para que haja este acompanhamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZUL SEGUROS. *Conheça os diferentes tipos de direção*. Disponível em: <<https://www.azulseguros.com.br/fique-por-dentro/como-funcionam-as-direcoes-hidraulica-eletrica-e-eleetrohidraulica/>>. Acesso em 10 mai. 2018.
- BRAGA, Newton C. *A evolução da direção*. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/51-automotivos/108-a-evolucao-da-direcao.pdf>>. Acesso em 23 mai. 2018.
- CONNECT PARTS. *Conheça os principais tipos de direção veicular*. São Paulo, 2016 Disponível em: <<https://www.blog.connectparts.com.br/conheca-os-principais-tipos-de-direcao-veicular/>>. Acesso em 20 mai. 2018.
- FONSECA, Gustavo. *Como Funciona a Direção Elétrica + Vantagens e Desvantagens*. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://doutormultas.com.br/direcao-eletrica/>>. Acesso em 23 mai. 2018.
- HERNANDES, Dalmo. *Qual foi o primeiro carro do mundo equipado com direção hidráulica?*. São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://www.flatout.com.br/qual-foi-o-primeiro-carro-do-mundo-equipado-com-direcao-hidraulica/>>. Acesso em 10 mai. 2018.
- LUDWIGSEN, Karl. *O Volante*. Disponível em: <http://www.carroantigo.com/portugues/conteudo/curio_volante.htm>. Acesso em 20 mai. 2018.
- PORTAL SÃO FRANCISCO. *Direção elétrica*. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/mecanica/direcao-eletrica>>. Acesso em 10 mai. 2018.
- SUA PESQUISA. *História do Automóvel e Carros Antigos*. Disponível em: <<https://www.suapesquisa.com/cienciastecnologia/carrosantigos/>>. Acesso em 10 mai. 2018.
- WIKIPEDIA. *Direção assistida*. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Dire%C3%A7%C3%A3o_assistida>. Acesso em 20 mai. 2018.

ANEXOS

ANEXO 1: Código fonte de projeto

```

int potPin1 = 0;
int potPin2 = 5; // selecione o pino de entrada ao potenciômetro
int ledPin = 13;
int rele1 = 2;
int rele2 = 3; // selecione o pino ao LED
int pot1 = 0; // variável a guardar o valor proveniente do sensor
int pot2 = 0;
int dif = 0;
int x;
int y;
void setup() {

    pinMode(ledPin, OUTPUT);
    pinMode(rele1, OUTPUT);
    pinMode(rele2, OUTPUT); // declarar o pino ledPin como saída

}

void loop() {

    pot1 = analogRead(potPin1); // ler o valor do potenciômetro
    pot2 = analogRead(potPin2);

    x = pot1/70;
    y = pot2/41;

    if (y == (2*x-2))

```

```
{
    dif=0;
}
else
{
    if (y > (2*x-2))
    {
        dif = 1;
    }
    else
    {
        dif=2;
    }
}

switch (dif) {
    case 0: // reles desligados
        digitalWrite(2,HIGH);
        digitalWrite(3,HIGH);
        digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
        break;

    case 1: // rele 2 acionado
        digitalWrite(2,LOW);
        digitalWrite(3,HIGH);
        digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);

        break;

    case 2: // rele 1 acionado
        digitalWrite(2,HIGH);
        digitalWrite(3,LOW);
        digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
```

```
        break;  
    }  
  
}
```