

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**ROGÉRIO BENATO**

**UMA ANÁLISE PARA A AUTOMAÇÃO DE EIXOS DIRECIONAIS**  
**PARA SEMIRREBOQUES**

**MONOGRAFIA – ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**  
**2015**

**ROGÉRIO BENATO**

**UMA ANÁLISE PARA A AUTOMAÇÃO DE EIXOS DIRECIONAIS  
PARA SEMIRREBOQUES**

Monografia de conclusão do curso de Especialização em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira

**CURITIBA  
2015**

## RESUMO

BENATO, Rogério. Uma Análise para a Automação de Eixos Direcionais para Semirreboques. 50 f. Monografia – Especialização em Automação Industrial VII. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Este trabalho analisará a possibilidade de implementação da automação de eixos direcionais em semirreboques de três eixos usando tecnologias, dispositivos e equipamentos disponíveis no mercado. O maior benefício que se tenta atingir com esta análise é a melhor dirigibilidade em manobras de estacionamento, diminuição do arrasto e conseqüente economia de pneu, uma melhor conservação do piso e o aumento da vida útil do equipamento semirreboque, diminuindo manutenções nas suspensões e agregados.

**Palavras-chave:** semirreboques, tecnologias, dispositivos, arrasto.

## **ABSTRACT**

BENATO, Rogério. An Analysis of the Directional Axis Automation for Semi Trailers. 50 s. Monograph – Specialization in Industrial Automation VII. Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2015.

This work will consider the implementation of automation steering axes in semitrailers three axes using technologies, devices and equipment available. The biggest benefit that trying to achieve with this analysis is the best maneuverability in parking maneuvers, reduced drag and consequent tire economy, better conservation of the floor and increasing the life of the semi-trailer equipment maintenance with decreasing suspensions and aggregates.

**Keywords:** semi trailers, technologies, devices, drag.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT	-	Confederação Nacional do Transporte
DENATRAN	-	Departamento Nacional de Trânsito
CONTRAN	-	Conselho Nacional de Trânsito
CLP	-	Controlador Lógico Programável
DEINFRA-SC	-	Departamento Estadual de Infra-Estrutura de Santa Catarina
CTAV	-	Câmara Temática de assuntos Veiculares
DNIT	-	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte
PBTC	-	Peso Bruto Total Combinado
CMT	-	Capacidade Máxima de Tração
ECU	-	Unidade de Controle Eletrônica ( <i>Electronic Control Unit</i> )
A/D	-	Analógico / Digital
RTD	-	Detectores de Temperatura à Resistência ( <i>Resistance Temperature Detectors</i> )
SAE	-	Sociedade dos Engenheiros Automotivos ( <i>Society of Automotive Engineers</i> )
ISO	-	Organização Internacional para a Padronização ( <i>International Organization for Standardization</i> )
UART	-	Receptor e Transmissor Assíncrono Universal ( <i>Universal Asynchronous Receiver and Transmitter</i> )
LIN	-	Rede de Interconexão Local ( <i>Local Interconnect Network</i> )
CAN	-	Rede de Área Controlada ( <i>Controller Area Network</i> )
VAN	-	Rede de Área Veicular ( <i>Vehicle Area Network</i> )
AMR	-	Magneto Resistivo Anisotrópico ( <i>Anisotropic Magneto Resistive</i> )

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	TEMA.....	8
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	9
1.3	OBJETIVO.....	9
1.4	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	9
1.5	JUSTIFICATIVA.....	9
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>10</b>
2.1	TIPOS DE COMPOSIÇÕES.....	10
2.2	DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE GIRO DE UMA COMPOSIÇÃO.....	12
2.3	FUNCIONAMENTO DE UM EIXO AUTO-DIRECIONAL MECÂNICO.....	14
<b>3</b>	<b>SENSORES</b> .....	<b>15</b>
3.1	DEFINIÇÃO DE SENSORES/ATUADORES.....	15
3.2	SENSORES AUTOMOTIVOS.....	16
3.3	TIPO E FUNCIONAMENTO DOS SENSORES AUTOMOTIVOS.....	17
<b>4</b>	<b>ATUADORES</b> .....	<b>20</b>
4.1	ATUADORES HIDRÁULICOS.....	20
4.2	ATUADORES PNEUMÁTICOS.....	22
4.3	ATUADORES ELÉTRICOS.....	23
<b>5</b>	<b>REDES AUTOMOTIVAS</b> .....	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE PARA AUTOMAÇÃO DE EIXOS DIRECIONAIS</b> .....	<b>26</b>
6.1	ANÁLISE DO PROBLEMA.....	26

6.2	ESQUEMA DA IMPLANTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS.....	28
6.3	DESCRIÇÃO DOS DISPOSITIVOS USADOS NA IMPLANTAÇÃO.....	29
6.3.1	SENSOR DE ÂNGULO, SENTIDO E VELOCIDADE DE GIRO.....	29
6.3.2	SENSOR DE VELOCIDADE.....	34
6.3.3	CICUITO LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	36
6.3.4	MOTORES ELÉTRICOS CC.....	37
6.3.5	FUNCIONAMENTO DO EIXO DIRECIONAL COM MOTORES ELÉTRICOS CC.....	38
6.4	LÓGICA DO MECÂNISMO.....	39
6.5	DESENVOLVIMENTO DO DIAGRAMA.....	41
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA

No Brasil o uso de caminhões para o transporte de mercadorias representa cerca de mais de 60% de toda a carga que trafega no território nacional (CNT,2008). Esse cenário mostra que a economia brasileira ainda é bastante dependente do transporte rodoviário, apesar das características físicas brasileiras serem favoráveis à utilização de outros modais como o ferroviário e o aquaviário que são os meios de transportes mais indicados para grandes quantidades de cargas por longas distâncias.

Os caminhões-tratores representam cerca de 18%, 528.223 unidades, da frota circulante de caminhões no Brasil e a de reboques e semirreboques alcançam o total de 1.813.026 unidades (DENATRAN, 2013). O total de semirreboques é muito maior que a de reboques. A diferença entre reboque e semirreboque é que o primeiro é um veículo de carga independente, sem meio próprio de tração e que possui dois ou mais eixos; sua movimentação é articulada por meio de um veículo automotor, caminhão simples ou caminhão trator. O segundo também é um veículo de carga independente e sem meio próprio de tração; porém, sua tração deve ser realizada por caminhão trator e, normalmente, possui de um a três eixos. Desta maneira o reboque transita atrelado, engatado a um veículo enquanto o semirreboque apóia parte de sua unidade e peso ao veículo trator.

Quando utilizamos um semirreboque de três eixos e rodados duplos este dependerá de doze pneus para que possa transportar sua capacidade máxima de carga determinada pelas resoluções do CONTRAN. O custo com pneus em um implemento representa cerca de 60% do custo total com pneus na composição inteira; caminhão trator mais semirreboque de três eixos.

Ao efetuarmos manobras com o conjunto, caminhão trator 4X2 com um eixo direcional mais um eixo de tração e acoplado a ele um semirreboque de três eixo, principalmente em baixas velocidades o desgaste com pneus torna-se elevado exigindo do mesmo uma resistência descomunal exercida principalmente pelo peso total da carga mais o implemento, diminuindo em muito a vida útil do pneu. Sendo

assim, um pneu que pode durar até 200.000 Km, uso normal, antes de sofrer a primeira recapagem tem este valor reduzido acarretando custos adicionais.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O uso de semirreboques é largamente empregado no Brasil para transporte, existem atualmente no mercado semirreboques com eixos direcionais mecânicos para a diminuição do atrito e esforços do pneu com o solo. Além deste benefício descrito há o fato de que pela resolução do CONTRAN o uso de eixos direcionais espaçados aumenta a capacidade de carga do eixo direcional com suspensão a ar.

## 1.3 OBJETIVO

Analisar o funcionamento de eixos direcionais mecânicos em semirreboques com três eixos, sendo um direcional e os outros dois fixos. Modo como um semirreboque se comporta em manobras de baixa velocidade com grande esterçamento.

## 1.4 OBJETIVO ESPECIFICO

Propor uma análise e estudo da implantação de um controle automatizado sobre dois eixos direcionais dos três de um semirreboque. Analisar o funcionamento de sensores e atuadores acoplados a um CLP disponíveis comercialmente no mercado. Trazer para os implementos rodoviários uma visão dos benefícios da eletrônica embarcada disponíveis em veículos leves tais como utilitários e de passeio.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Atualmente no Brasil encontram-se em teste tentativas de implementação de eixos direcionais pelos fabricantes de implementos rodoviários tais como Randon, Librelato, Noma dentre outras. Porém nenhum destes fabricantes levaram adiante a

colocação destes implementos a disposição do mercado. Não se sabe exatamente a causa se é o fator custo ou manutenção. Por este motivo é que uma análise se faz necessária para explicar o uso de tais dispositivos eletrônicos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 TIPOS DE COMPOSIÇÕES

Da mesma forma que regulamentou os tipos de caminhões, o CONTRAN também regulamenta os tipos de carretas. As categorias variam de acordo com o número de eixos, medidas e capacidades do conjunto cavalo mecânico e dos semirreboques.

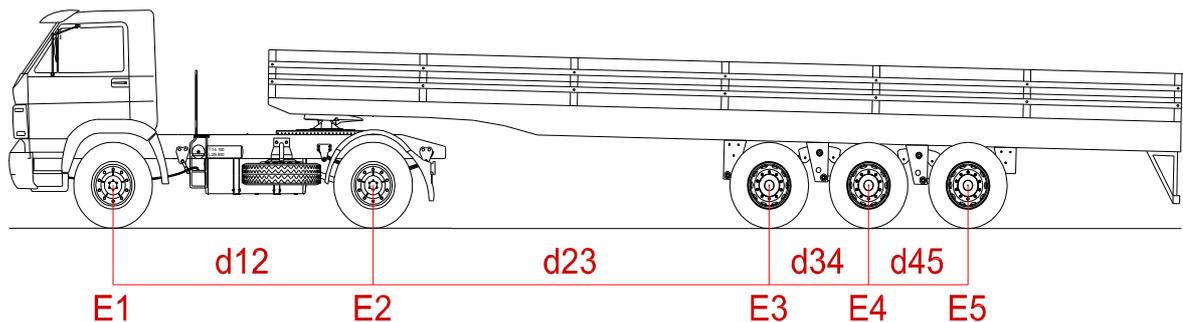


Figura 1- Caminhão trator 4X2 com semirreboque de 3 eixos.  
Fonte: Autoria própria.

As figuras 1, 2 e 3 mostram o objeto do nosso estudo; os dados abaixo foram extraídos da tabela de classificação, Resolução CONTRAN 12/98 de 06/02/98, onde:

E1 – Eixo simples, carga máxima de 6,0 ton.  
E2 – Eixo duplo, carga máxima de 10,0 ton.  
E3, E4, E5 – Conjunto de eixos em tandem triplo, carga máxima de 25,5 ton.  
 $d_{12}, d_{23} > 2,40\text{m}$  e  $1,20\text{m} < d_{34}, d_{45} < 2,40\text{m}$ .  
com PBTC e CMT de 41,5 ton e 43,6 ton respectivamente.

A figura 2 mostra uma carreta 4X2 com semirreboque de três eixos sendo que o primeiro é espaçado; conforme a mesma resolução do CONTRAN temos:

E1 – Eixo simples, carga máxima de 6,0 ton.  
E2 – Eixo duplo, carga máxima de 10,0 ton.

E3 - Eixo duplo, carga máxima de 10,0 ton.

E4, E5 – Conjunto de eixos em tandem duplo, carga máxima de 17,0 ton.

$d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40\text{m}$  e  $1,20\text{m} < d_{45} < 2,40\text{m}$ .

com PBTC e CMT de 43,0 ton e 45,2 ton respectivamente.

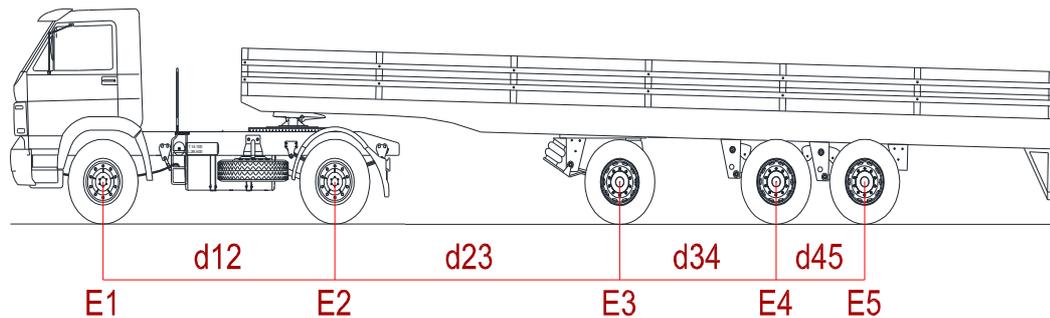


Figura 2- Caminhão trator 4X2 com semirreboque de 3 eixos com 1 espaçado.  
Fonte: Autoria própria.

E por final a última possibilidade que podemos ter para um caminhão trator 4X2 com semirreboque de três eixos que são os três eixos espaçados; conforme mostra a figura abaixo. Conforme a mesma resolução do CONTRAN temos:

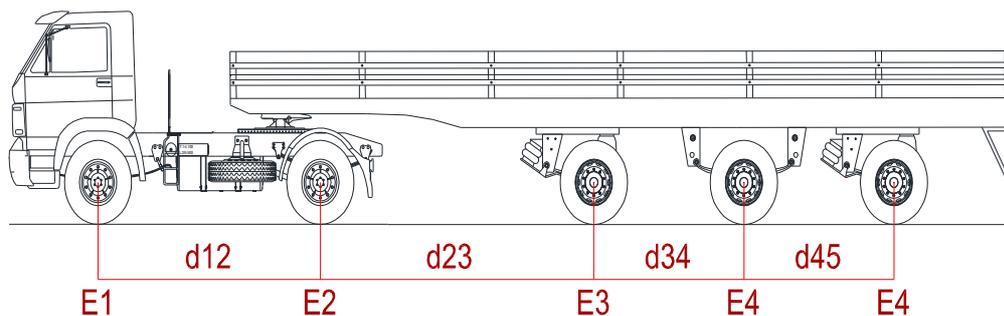


Figura 3- Caminhão trator 4X2 com semirreboque de 3 eixos com 2 espaçados,  
Fonte: Autoria própria.

E1 - Eixo simples, carga máxima de 6,0 ton.

E2 - Eixo duplo, carga máxima de 10,0 ton.

E3 - Eixo duplo, carga máxima de 10,0 ton.

E4 - Eixo duplo, carga máxima de 10,0 ton.

E5 - Eixo duplo, carga máxima de 10,0 ton.  
d12, d23, d34, d45 < 2,40m.  
com PBTC e CMT de 46,0 ton e 48,3 ton respectivamente.

## 2.2 DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE GIRO DE UMA COMPOSIÇÃO

Quando a composição, caminhão trator mais semirreboque de três eixos, está efetuando uma curva em baixa velocidade, estacionando por exemplo, os pneus rolam sem ângulo de escorregamento, isto é, os pneus sofrem arrasto lateral pelo motivo dos eixos não serem direcionais acarretando um desgaste prematuro, mesmo o pneu sendo um componente elastomérico. Na figura 4 estão indicados raios e distâncias de interesse para cálculo do raio de giro.

“A preocupação com os ângulos posicionais das rodas começou muito antes da invenção do automóvel. Em 1818, o inventor alemão Rudolf Ackermann registrou a patente de um dispositivo de direção que denominou “ o princípio de direção geometricamente correta”, segundo o qual quando um veículo percorre uma curva, as suas rodas devem descrever segmentos de círculos concêntricos. Se uma roda descrever uma trajetória diferente, tenderá a derrapar o correspondente à diferença das trajetórias, resultando no desgaste do pneu por arraste e perda de atrito na roda”. (NOTÍCIAS DA OFICINA VW, 2015, Cap. 2)

O comportamento de uma carreta 4X2 em manobra de estacionamento que é o momento mais crítico para os pneus e suspensão, haja vista que é neste instante que os esforços serão máximos combinando alto peso e um elevado grau de esterçamento. Continuando a explanação a respeito do modelo, Ackermann mostra que um veículo pode ser reduzido a um modelo equivalente de uma bicicleta, e como este conjunto se comporta em uma manobra mostrando relações trigonométricas para o cálculo do raio de giro. O objetivo é mostrar que as rodas descrevem circunferências concêntricas. O modelo e fórmulas abaixo foram extraídas do DEINFRA-SC, Gerencia de projetos rodoviários.

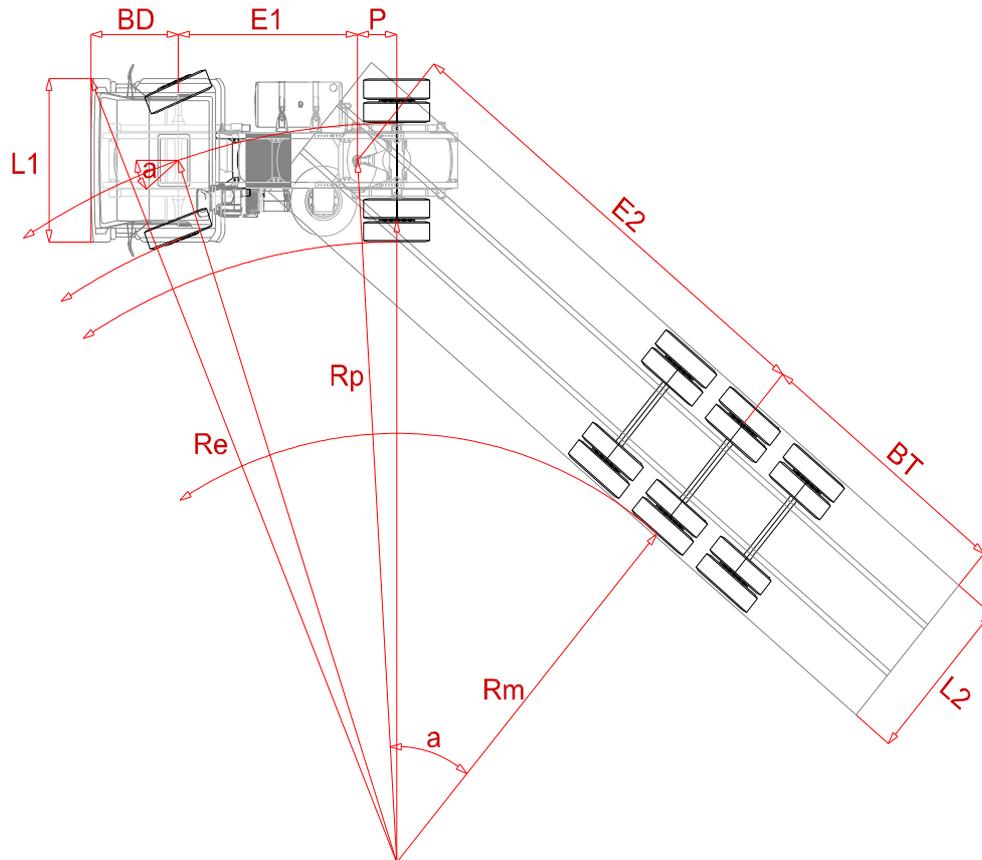


Figura 4 – Desenho esquemático dos raios e distâncias envolvidos no cálculo.  
Fonte: Autoria própria.

Onde:

$a$  – ângulo médio de giro das rodas dianteiras

BD – Balanço dianteiro

BT – Balanço traseiro

E1 – Distância entre o eixo dianteiro e traseiro do caminhão trator

E2 – Distância entre o pino rei e o eixo do meio do semirreboque

L1 – Largura do caminhão trator

L2 – Largura do semirreboque

P – Distância do pino rei ao eixo traseiro do caminhão trator

Re – Raio externo (Raio de giro)

Rm – Raio mínimo interno

Rp – Raio do pino rei

Usando trigonometria obtiveram-se as equações 1 e 2 para a obtenção do raio de giro:

$$R_m = (E_2/tga) - (L_2/2) \quad (1)$$

$$R_e = [(\sqrt{(E_2/tga)^2 + (E_2)^2 + (P)^2}) + (L_1/2)^2 + (E_1 + BD)^2]^{1/2} \quad (2)$$

### 2.3 FUNCIONAMENTO DE UM EIXO AUTO-DIRECIONAL MECÂNICO

O eixo auto-direcional de rala com suspensão pneumática permite esterçar o eixo o que representa maior vida útil para os pneus. O eixo direcional é composto por dois amortecedores calculados para oferecem resistências a pequenos atritos dos pneus com o solo; contudo quando o semirreboque exerce uma força maior que a resistência destes amortecedores o eixo tende a girar no sentido do esforço, isto é, no sentido da curva que provoca o arrasto do conjunto fazendo com que ocorra um esterçamento do eixo com um ângulo máximo, segundo os fabricantes de implementos, de 10 a 15 graus. O giro é executado porque a rala faz a fixação da suspensão ao chassi do semirreboque, podemos dizer que ela funciona como uma quinta roda fixa isto é, ela não acompanha os movimentos radiais, quem faz este papel é a suspensão pneumática. Na figura 5 o eixo afastado é auto-direcional. Na figura 6 é mostrado o eixo auto-direcional com suspensão a ar.

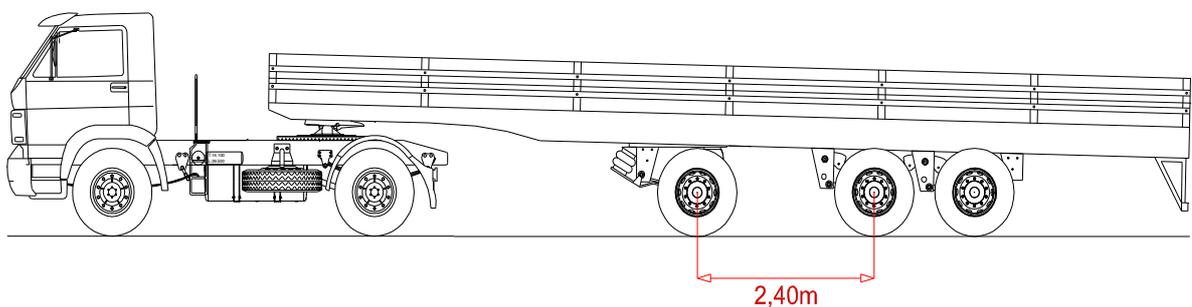


Figura 5 – Perfil de uma carreta 4X2 com eixo direcional espaçado.  
Fonte: Autoria própria.

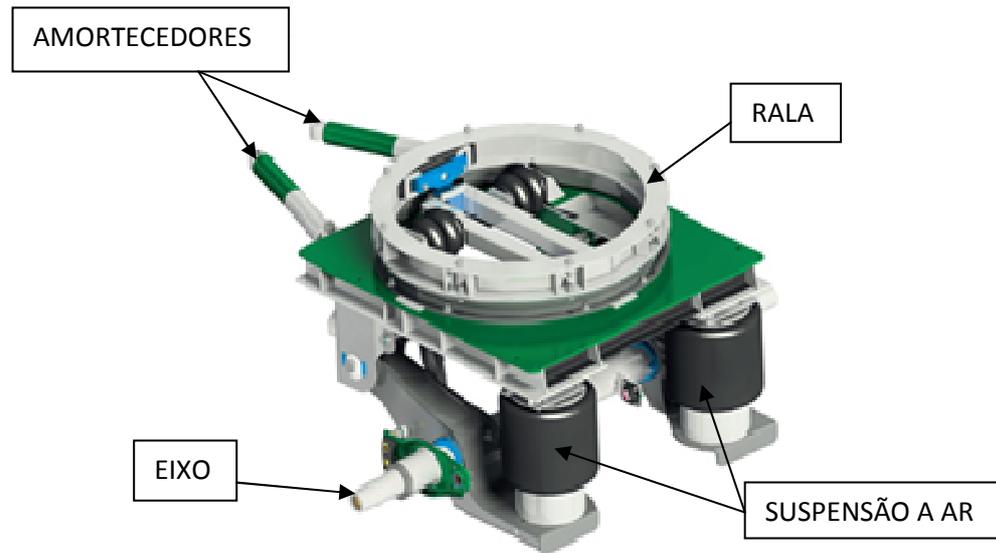


Figura 6 – Eixo auto-direcional com suspensão a ar.  
Fonte: Suspensys

A distância de 2,40m entre o eixo afastado (figura 5) e os dois em tandem é para fazer com que o arrasto seja superior a distância média de um semirreboque com três eixos que é em torno de 1,25m, valor estudado pela Transtech Engenharia e Inspeção S/C. Isto ocorre por uma questão de equilíbrio no atrito, o conjunto gira em torno de um eixo imaginário entre os dois eixos reais fixos.

O CONTRAN liberou os semirreboques novos com dois eixos distanciados desde que o primeiro eixo seja equipado com suspensão pneumática. A suspensão pneumática ameniza o arraste nas curvas, reduzindo o atrito dos pneus e ao mesmo tempo preservar o pavimento, contudo o desgaste do pneu em baixa velocidade, no caso de manobras, continua elevado.

### 3 SENSORES PARA AUTOMAÇÃO

#### 3.1 DEFINIÇÃO DE SENSORES/TRANSDUTORES

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, automobilísticos, domésticos, entre outros, é preciso determinar as condições (ou variáveis) do sistema. É necessário obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado e este é o trabalho dos sensores. Sensores

servem para informar um circuito eletrônico a respeito de um evento que ocorra externamente, sobre o qual ele deva atuar, ou a partir do qual ele deva comandar uma determinada ação. (WENDLING, 2010)

Podemos definir sensor de uma maneira mais direta como um dispositivo que recebe um estímulo físico e responde com um sinal, na maioria das vezes, elétrico. Muitas vezes um sensor é composto de um transdutor. Sendo o transdutor uma parte que converte o estímulo físico em energia que resulta em um sinal elétrico padronizado. Um instrumento de medida pode ser um sensor/transdutor com indicação direta, como um termômetro de mercúrio que converte uma variação de um fenômeno físico em uma escala numérica padronizada ou um medidor elétrico que detecta o fenômeno físico dos elétrons e os transforma em grandezas métricas de modo que o valor detectado se torne legível pelo homem. Os sensores são largamente usados na medicina, na indústria e na robótica, além de outras aplicações. Como o sinal é uma forma de energia, os sensores/ transdutores podem ser classificados de acordo com o tipo de energia que detectam. (PATSKO, 2006).

### 3.2 SENSORES AUTOMOTIVOS

A eletrônica nos veículos vem aumentando sistematicamente nas últimas décadas. Os principais objetivos são melhorar o rendimento e eficiência dos motores, reduzir a emissão de gases e aumentar as condições de segurança e conforto para os passageiros. Atualmente, os veículos mais sofisticados utilizam dezenas de microcontroladores que gerenciam todo o sistema, como o motor, sistema de freios, suspensão e diversas outras funções.

Um sistema automotivo - seja de carro de passeio, caminhão ou máquina agrícola - consiste em um conjunto de elementos que se relacionam entre si para atingir um objetivo bem definido ao usuário final. Estes elementos são definidos como subsistemas e podem ser classificados quanto a sua função: sistemas de segurança ativa, segurança passiva, powertrain, conforto, carroceria, x-by-wire, entre outras. (SABER ELETRÔNICA nº 426, 2007)

### 3.3 TIPOS E FUNCIONAMENTO DOS SENSORES AUTOMOTIVOS

Os sensores são componentes eletrônicos que monitoram o funcionamento do motor e do veículo como um todo e estão presentes em quase todas as partes do mesmo. No geral, os sensores são classificados pela sua função: tipos de curva característica e o tipo de sinal de saída, ou pelo seu princípio de funcionamento: resistivos, capacitivos, geradores de sinal, efeito Hall e interruptores. Podemos classificá-los ainda pela classe de confiabilidade: classe I, classe II e Classe III que relaciona o sinal de saída com o de entrada e que está diretamente relacionado à exatidão do sensor. Quanto ao domínio, os sensores podem ser: analógico, onde se tem a amplitude do sinal na forma de corrente, tensão ou potência; do tempo, onde se tem relação de tempos na forma de período ou frequência, largura de pulso ou fase e digital onde a informação é caracterizada binariamente e pode ser conduzida por um trem de pulsos, ou codificação serial ou paralela.

Quando um sensor capta um sinal para ser usado em uma malha de controle o mesmo deve passar por diferentes fases de tratamento para que realmente possa ser empregado com segurança e a mais alta confiabilidade e fidelidade possível evitando análises incorretas por parte do controlador. Podemos enumerar, de uma forma sintetizada, algumas etapas de tratamento de um sinal quando obtido por um sensor. Este processo muitas vezes é chamado de condicionamento, que nada mais é do que adequar um sinal a níveis elétricos para que o mesmo possa ser interpretado.

**AMPLIFICAÇÃO:** sinais de baixa intensidade são amplificados para aumentar a resolução e reduzir o ruído de forma que a máxima tensão do sinal coincida com a máxima tensão de entrada do conversor A/D.

**ISOLAÇÃO:** garantir que o sinal do sensor estará imune a diferença de potencial de terra e de modo comum evitando o chamado curto de terra. Outra característica é isolar o conversor de sinais de alta tensão que possam danificar o conversor.

**MULTIPLEXAGEM:** é uma técnica que utiliza várias amostras de uma mesma medida isto é, um sinal em determinado tempo é lido e amostrado pelo conversor A/D de uma maneira sucessiva.

**FILTRAGEM:** tem como principal função retirar somente a parte que interessa de um sinal medido; através de filtros apropriados e sintonizados corretamente remove

completamente todas as freqüências do sinal que são maiores que a largura de banda de entrada do equipamento.

**LINEARIZAÇÃO:** estabelecer uma correlação linear com os valores medidos isto é, as mudanças nas medidas apresentam variações não-lineares dentro de uma faixa, linearizando conseguimos parametrizar a resposta do mesmo para uma melhor descrição e visualização das medidas.

Além do que já foi descrito acima existem outros tópicos que são tão importantes quantos os já descritos tais como:

**ALCANCE (Range):** representa toda a faixa de valores de entrada de um sensor;

**VELOCIDADE DE RESPOSTA:** é a velocidade com que o sensor fornece o valor da variável. O ideal é que o sensor possua uma resposta instantânea, pois uma resposta lenta pode prejudicar muito a eficiência do sistema de controle. (SABER ELETRÔNICA, 2012; NOTÍCIAS DA OFICINA VW, 2014).

Ainda podemos classificar os sensores, já mencionados anteriormente, em: **SENSORES RESISTIVOS:** este tipo de sensor é o mais simples e comum usado em automóveis; um fenômeno físico causa uma variação na resistência do sensor. Na figura 7 vemos um sensor de temperatura também conhecido como RTDs.



Figura 7 – Exemplo de Sensor resistivo RTD.  
Fonte: AUTOTECH.

**SENSORES INDUTIVOS:** são sensores formados por uma bobina e uma peça de metal ferroso que executam uma comutação quando um objeto metálico

altera seu campo eletromagnético, causando a mudança de seu estado gerando um pulso elétrico. Na figura 8 são mostrados dois exemplos de sensores indutivos.



Figura 8 – Exemplo de Sensor indutivo.  
Fonte: WEG.

**SENSORES CAPACITIVOS:** são sensores formados por placas capacitivas sensíveis ao ambiente; um circuito ressonante emite uma frequência, com a proximidade de um objeto ocorre uma mudança na capacitância que faz com que a frequência mude. A alteração da frequência é convertida em sinal de tensão. A figura 9 mostra um sensor capacitivo típico.



Figura 9 – Exemplo de Sensor capacitivo.  
Fonte: SICK.

**SENSORES DE EFEITO HALL:** é baseado no efeito Hall “descoberto em 1879 por Edwin Hall”. Quando se tem um fluxo de corrente em um material que não está exposto a um campo magnético, as linhas equipotenciais que cruzam

perpendicularmente este fluxo são linhas retas. Ao ser exposto a um campo magnético ocorrerá um desvio e o sensor responderá com uma variação na tensão de saída. Na figura 10 a foto de um sensor Hall.



Figura 10 – Exemplo de Sensor de efeito Hall.  
Fonte: PIHER.

## 4 ATUADORES

O atuador é um dispositivo que recebem uma forma de energia, manual ou automática, e a converte em outro tipo de energia modificando assim o meio em que está inserido; isto é, realiza trabalho. Podemos classificá-los pelo tipo de saída, princípio de funcionamento e tipo de movimento. Quanto ao tipo de saída pode ser térmica, mecânica, ou outra forma; quanto ao tipo de funcionamento pode ser elétrico, pneumático, hidráulico, ou outra forma; e quanto ao tipo de movimento pode ser linear ou rotativo. Iremos classificá-los de acordo com o funcionamento e o movimento; mais especificamente quando receber energia elétrica, pneumática e hidráulica e a transformar em movimento linear ou rotativo, então: (MOODLE.STOA.USP.BR, 2010)

### 4.1 ATUADORES HIDRÁULICOS

Os atuadores lineares transformam trabalho hidráulico em energia mecânica linear; o mesmo obtém a energia de um fluido hidráulico pressurizado. Consiste basicamente em duas peças: um cilindro e um pistão móvel conectados a duas

haste em cada ponta. O pistão divide o interior do cilindro em duas câmaras: a câmara inferior e a câmara da haste. A pressão hidráulica atua no pistão para produzir o movimento linear. A força é constante desde o início até a finalização do percurso. A velocidade depende do caudal de fluido e da superfície do êmbolo. Segundo a construção, o cilindro pode realizar forças de tração e/ou compressão. A figura 11 mostra um atuador linear hidráulico.

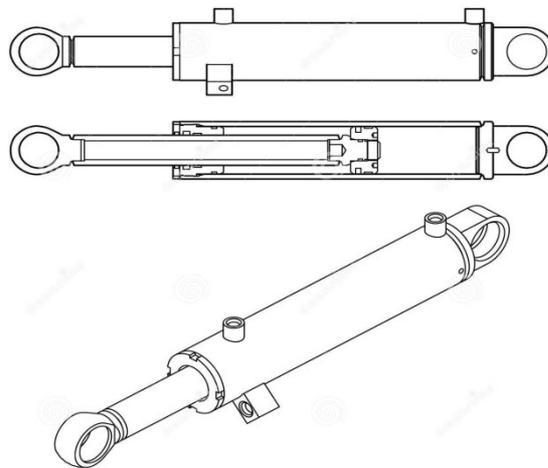


Figura 11 – Exemplo de Atuador Hidráulico Linear.  
Fonte: FENIX84.

Os atuadores cilíndricos podem ser de dois tipos: de cremalheira e de aleta rotativa. O primeiro tipo constitui-se da união de um cilindro pneumático com um sistema mecânico. Na haste do pistão de um atuador linear é usinada uma cremalheira. A cremalheira aciona uma engrenagem, fazendo girar o eixo acoplado a ela. No cilindro de aleta rotativa, apresentado na figura 12, uma pá ou aleta pode girar de um determinado ângulo ao redor do centro da câmara do cilindro. A aleta, impulsionada pelo fluido sob pressão, faz girar o eixo preso a ela num ângulo que raramente ultrapassa 300°. (ATUADORES E ACUMULADORES HIDRÁULICOS, 2013).



Figura 12 – Exemplo de Atuador Hidráulico Rotativo.  
Fonte: HIDRAUPARTS

## 4.2 ATUADORES PNEUMÁTICOS

Atuadores pneumáticos lineares podem ser de simples ação ou simples efeito; são assim chamados porque utilizam o fluido (ar comprimido) para produzir trabalho em um único sentido de movimento, no avanço ou no retorno possuindo apenas um orifício que serve tanto para entrada quanto a saída do fluido; o retorno é feito geralmente por ação de uma mola. A figura 13 mostra um atuador pneumático linear.



Figura 13 – Exemplo de Atuador Pneumático Linear.  
Fonte: FESTO.

Atuador pneumático rotativo, também conhecido como motores pneumáticos fornecem movimento giratório contínuo através da aplicação de ar comprimido; o princípio de funcionamento é o mesmo do atuador hidráulico com a diferença de que

este usa o ar comprimido como fluído. Os atuadores pneumáticos rotativos são mais leves e não esquentam como os atuadores hidráulicos, mas não são tão precisos, pois o ar sofre compressão enquanto o fluído hidráulico não. Na figura 14 é mostrado um atuador pneumático rotativo.



Figura 14 – Exemplo de Atuador Pneumático Rotativo.  
Fonte: FESTO

#### 4.3 ATUADORES ELÉTRICOS

Um atuador elétrico é um dispositivo com funcionamento similar ao hidráulico e ao pneumático mas, com alimentação elétrica. A saída desse tipo de atuador pode ser linear ou rotativa. No caso de atuadores rotativos, utilizam engrenagens, cames ou conexões diretas para transferir movimento, dependendo dos requisitos de torque da aplicação. Já nos atuadores lineares, estes fazem uso de um arranjo de engrenagens para fornecerem movimento linear, estendendo ou retraindo. São utilizados onde a precisão de movimento é o principal requisito. Mostra-se na figura 15 um atuador elétrico rotativo.



Figura 15 – Exemplo de Atuador Elétrico Rotativo.  
Fonte: KOLLMORGEN.

## 5 REDES AUTOMOTIVAS

As redes de comunicação automotivas juntamente com os sensores/transdutores e atuadores revolucionaram a indústria automotiva ao incorporarem entretenimento, facilidade em diagnóstico e manutenção e uma vasta oferta de funções em nível de conforto e segurança ao produto para o usuário final; entretanto, para satisfazer os requisitos de funções adicionais em sistemas automotivos, aumentaram a utilização de dispositivos microprocessados, redes de comunicação e softwares. Durante anos desenvolveram-se pesquisas com o objetivo de agregar novas funções baseadas em componentes eletro-eletrônicos, mas o que foi determinante nesta evolução foram o fato do ganho em escala, redução de tamanho e custo.

As tecnologias de redes de comunicação podem ser classificadas em dois níveis: as redes proprietárias, que são disponibilizadas por um fornecedor (fabricante) que detém o domínio total da tecnologia e a fornece com todos os equipamentos, drives e softwares para os seus produtos; e as redes de padrão aberto, que têm sua especificação funcional técnica amplamente disponível e padronizada para que o cliente possa acrescentar ou modificar, mediante um protocolo. A padronização (protocolos) de tecnologias de redes automotivas é regida por órgãos tais como o SAE e ISO. Algumas das principais tecnologias de redes

disponíveis no mercado são: UART, LIN, CAN, VAN, entre outras. A rede mais utilizada é a CAN que foi desenvolvida pela Bosch para atender o mercado automotivo. (SABER ELETRÔNICA, 2012; NOTICÍAS DA OFICINA VW, 2015)

Iremos explicar um pouco mais a respeito da rede CAN. Funciona com todas as unidades de áreas interligadas entre si sobre o mesmo protocolo isto é, quando os sinais dos sensores são enviados para um processador, este depura o sinal e o envia para uma unidade de controle, esta unidade verifica se o sinal é pertencente a ela ou não, se não for é enviada até um controlador CAN que tem a função de transformar esta informação em uma mensagem, que chamamos de datagrama. O datagrama é recepcionado pelo transceptor que a converte em pulsos elétricos, bits, e disponibiliza para trafegar até seu destino; como o veículo é um meio que tem um alto índice de interferência magnética a informação irá trafegar sobre um barramento que é formado por dois fios denominados de CAN high e CAN low; estes fios são trançados para evitar justamente a interferência magnética. A figura 16 mostra uma configuração típica de rede CAN.

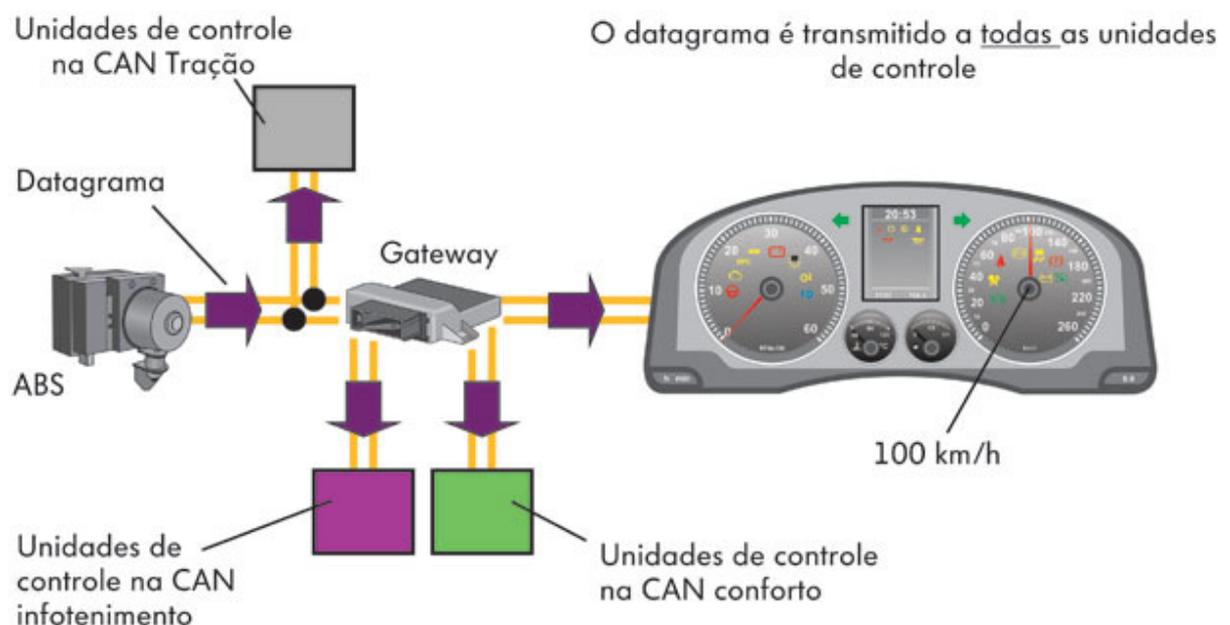


Figura 16 – Exemplo de Rede CAN.  
Fonte: NOTICÍAS DA OFICINA VW.

## 6 DESENVOLVIMENTODA ANÁLISE PARA A AUTOMAÇÃO DE EIXOS DIRECIONAIS

Como vimos anteriormente o CONTRAN através de suas resoluções permitiu o uso de semirreboques com três eixos espaçados; sendo que dois deles, o primeiro e o terceiro eixo deveriam ter suspensão pneumática; o uso de eixo direcional mecânico no primeiro eixo é obrigatório. Além de aumentar o PBTC / CMT do conjunto tínhamos ainda a diminuição do arrasto do primeiro eixo e conseqüentemente uma melhor preservação do piso.

### 6.1 ANÁLISE DO PROBLEMA

O objetivo principal é implementar a dirigibilidade dos eixos, em específico o primeiro e o terceiro eixos de um semirreboque. No nosso caso não serão as rodas, ou melhor, os rodados duplos que irão esterçar como ocorre nas rodas dianteiras do caminhão trator a onde o eixo fica fixo e as rodas giram; se quisemos fazer desta forma teríamos que enfrentar dificuldades maiores do que a que temos em tentar fazer o giro no conjunto como um todo isto é, esterçar o eixo com os dois rodados duplo acoplados ao mesmo sobre um ponto central, como se fosse uma quinta roda; a figura 17 mostra.



Figura 17 – Comparação entre eixos fixos e direcionais espaçados.  
Fonte: Autoria própria.

Após estabelecermos que quem irá girar é o conjunto como um todo, eixo e rodados, podemos então discutir como faremos. Na nossa análise não faz sentido tentar girar os três eixos uma vez que o arrasto se mostra justamente mais acentuado no primeiro e no terceiro além do que, esta implementação seria mais difícil.

Observando a figura 17 nos perguntamos qual o ângulo de giro que os eixos direcionais devem executar. Ao voltarmos no item 2.2 da vimos que as rodas descrevem circunferências concêntricas e que cada roda tem a sua circunferência. Quando o caminhão trator esterça as rodas do eixo dianteiro ele está estabelecendo um ângulo, através do pino rei, entre o cavalo mecânico e o semirreboque. O ângulo médio de esterçamento das rodas dianteiras é o mesmo ângulo formado pelo eixo central do semirreboque com o pino rei.

Assim, o arrasto será maior quanto maior for este ângulo aumentando o offtracking; o engenheiro Rubem Penteado define offtracking “como a diferença radial entre a trajetória do centro do eixo dianteiro e a trajetória do centro do eixo traseiro”. No caso, a trajetória considerada é a do eixo dianteiro do caminhão trator com o eixo central fixo do semirreboque.

O ângulo de esterçamento do eixo dianteiro varia conforme os fabricantes de caminhões, mas da literatura podemos dizer que a média fica em torno de 37 graus. Então este é o tanto que os eixos do semirreboque terão que girar? Não, este projeto levará em consideração que um giro de metade deste ângulo pelos eixos direcionais é o suficiente para que os mesmos tenham a trajetória do eixo central fixo do semirreboque, como acontece com o conjunto de rodas de um trem, cada eixo girando para um lado tangencialmente a circunferência descrita. Isto não significa que a trajetória será a mesma do cavalo mecânico e sim que o offtracking será reduzido.

## 6.2 ESQUEMA DA IMPLANTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

O que desejamos fazer é implantar dispositivos eletrônicos de sensoriamento, monitoramento e atuação no semirreboque que sejam capazes de identificar uma ação, descrevê-la e transmiti-la para um controlador. Este controlador em posse destes dados recebidos deste monitoramento seja capaz de enviá-los a um equipamento de atuação que execute as ações necessárias para fazer com que os eixos direcionais girem conforme um ângulo pré-determinado. A figura 18 mostra os principais componentes que iremos implementar.

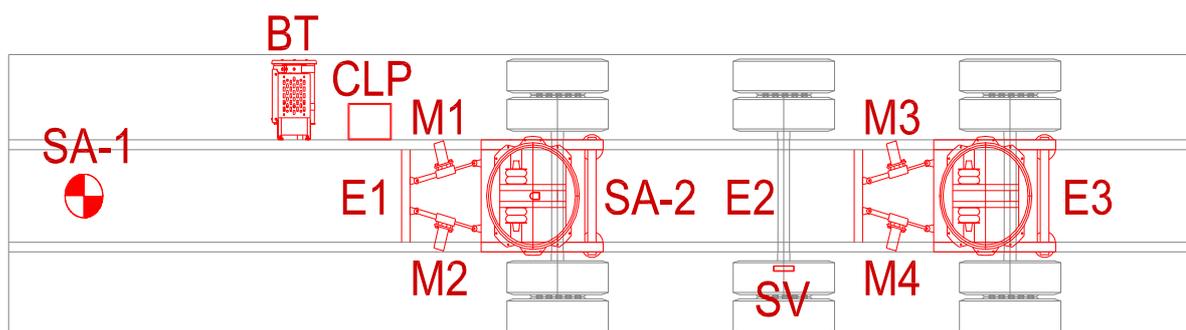


Figura 18 – Esquema de distribuição dos dispositivos.  
Fonte: Autoria própria.

Da figura 18 temos:

SA-1: Sensor do ângulo de giro número 1, instalado junto ao pino rei.

BT: Bateria de 24V CC alimentada por um alternado acoplado junto ao caminhão trator.

CLP: Circuito lógico programável, irá gerência todos os dados, recebendo e enviando.

M1, M2, M3 e M4: Motores elétricos CC acoplados junto à caixa de direção com cremalheira.

SA-2: Sensor do ângulo de giro número 2, instalado junto a Rala do eixo E1.

SV: Sensor de velocidade instalado no eixo fixo E2.

### 6.3 DESCRIÇÃO DOS DISPOSITIVOS USADOS NA IMPLANTAÇÃO

Nesta seção iremos descrever os dispositivos que irão compor o sistema de automação dos eixos direcionas. Iniciaremos comentado o uso de um sensor de ângulo de giro; abaixo descreveremos o que é este sensor e como funciona.

#### 6.3.1 SENSOR DE ÂNGULO, SENTIDO E VELOCIDADE DE GIRO

Existem dois tipos de sensores angulares magnéticos de medição absoluta adaptados às unidades de controle Bosch, que ao contrário dos sensores de medição incremental podem detectar, a todo o momento, o ângulo de giro do volante em todo o campo angular que este alcançar. São de dois tipos:

- Sensor de ângulo de giro do volante LWS1.
- Sensor magneto resistivo de ângulo de giro do volante LWS3.

#### SENSOR DE ÂNGULO DE GIRO DO VOLANTE LWS1

O sensor do tipo LWS1, figura 19, detecta mediante 7 emissores e receptores de luz “barreiras” a posição angular e o número de voltas do volante. O funcionamento do sensor é semelhante ao de uma barreira de luz; o disco codificado tem dois anéis, um anel externo de referência com valores absolutos e um anel interno de incremento com valores incrementais. O anel de incremento está dividido em 5 segmentos de 72° cada e exposto a um conjunto de emissor e receptor de luz

“barreira”. Cada segmento tem um número exato e tamanho de dentes, a ordem e o número de dentes são invariáveis dentro de um mesmo segmento, porém diferentes de um segmento para o outro. Desta forma resulta a codificação dos segmentos. O anel de referência determina o ângulo e é imerso em 6 pares de emissores e receptores de luz. O sensor pode detectar até  $1044^\circ$  (quase 3 voltas de giro do volante), ao passar pelos  $360^\circ$  é reconhecido uma volta completa do volante. A figura 19 abaixo mostra um sensor de ângulo tipo LWS1.

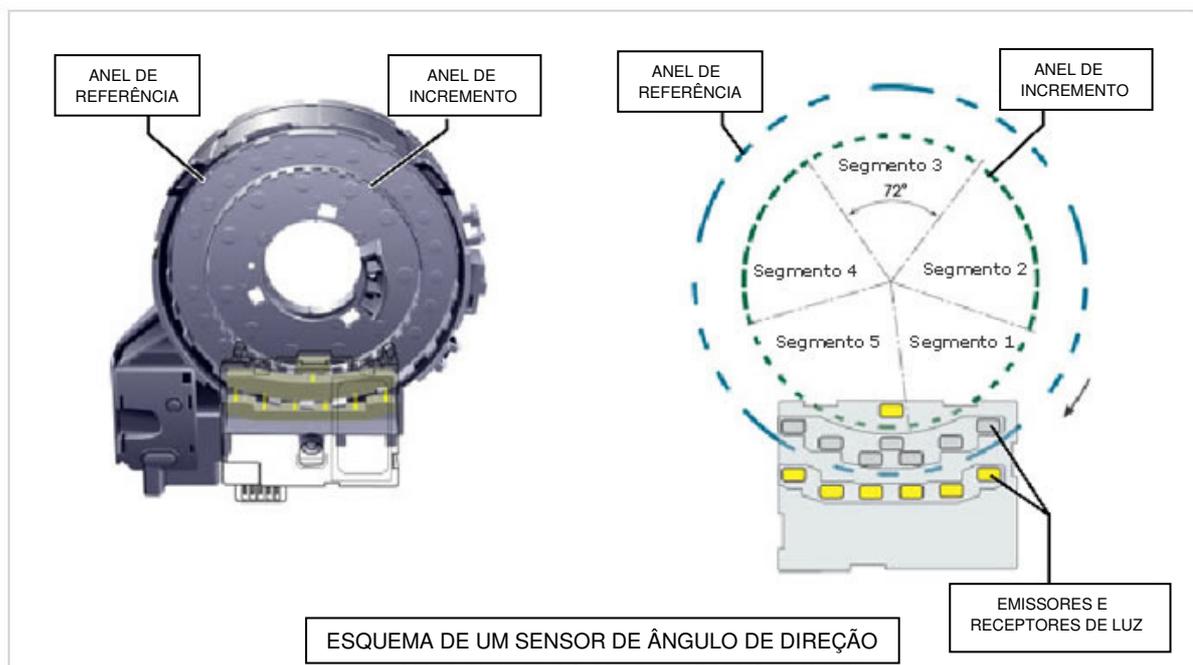


Figura 19 – Sensor de ângulo de giro tipo LWS1.  
Fonte: TWR.

## FUNCIONAMENTO

Referenciando somente ao anel de incremento, é aplicada por um dos lados a fonte de luz e do outro lado do anel o sensor óptico (inferior). A medição do ângulo é efetuada de acordo com o princípio da barreira de luz. Quando a luz atinge o sensor que passa através de uma ranhura (dente) do anel é gerado um sinal de tensão. Ao cobrir a fonte de luz é interrompida novamente o sinal de tensão. Ao girar o anel de incrementos produzimos uma seqüência de sinais de tensão.

Da mesma forma se gera uma seqüência de sinais de tensão em cada par de barreiras de luz aplicada ao anel de valor absoluto. Todas as seqüências de sinais

de tensão são processados na unidade de controlo eletrónico da coluna de direção. Ao comparar os sinais, o sistema pode calcular quanto graus foram movidos. Durante essa operação também se determina o ponto de partida do movimento no anel de valores absolutos. A figura 20 mostra mais detalhes do sistema de leitura de ângulo de giro.

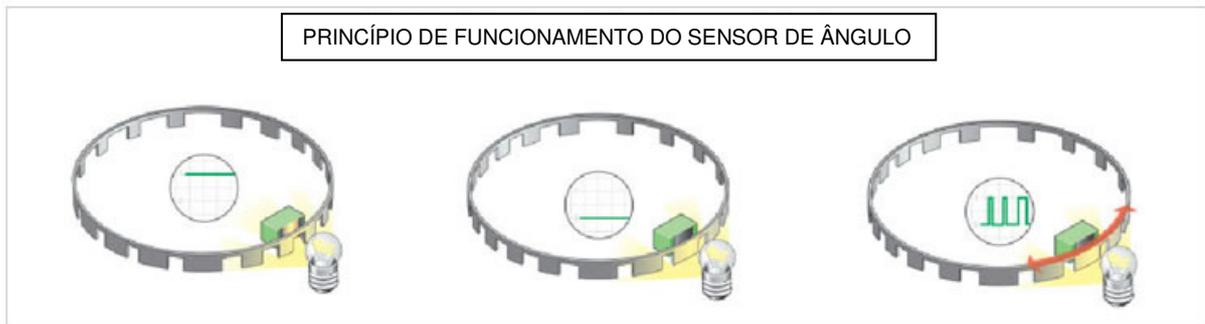


Figura 20 – Funcionamento do Sensor de ângulo de giro tipo LWS1.  
Fonte: TWR.

### SENSOR MAGNETO RESISTIVO DE ÂNGULO DE GIRO DO VOLANTE LWS3

Sensor magneto resistivo de ângulo do volante LWS3 também é um sensor de ângulo do volante. O LWS3 funciona com sensores magneto resistivo – AMR (Anisotrop Magneto resistive), cuja resistência elétrica varia em função do sentido de um campo magnético externo. Trata-se de um sensor angular de estrutura compacta e sem contatos com elementos magneto resistivos.

Os magnetos resistores são componentes de circuito nos quais o valor nominal da resistência elétrica é uma função da intensidade do campo magnético no qual se encontram imersas. Ao aplicar um campo magnético perpendicular a um condutor onde circula uma corrente elétrica ocorre uma modificação na trajetória inicial dos elétrons pela força do campo magnético. Essa mudança resulta numa variação de corrente no condutor o que define uma variação na sua resistência. Deste modo a resistência do condutor é alterada em função do campo magnético. (CICLO ENGENHARIA, 2013). A figura 21 abaixo mostra um sensor tipo LWS3.

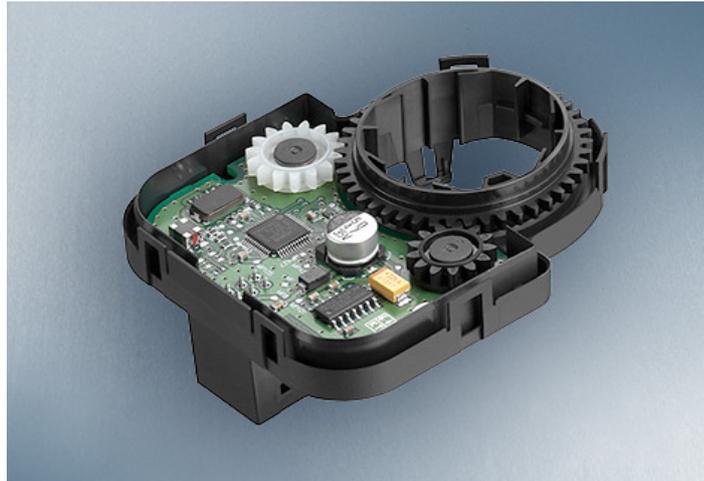


Figura 21 – Sensor de ângulo de giro tipo LWS3.  
Fonte: O Mecânico.

## FUNCIONAMENTO

A coluna de direção (1) gira uma coroa dentada (2) com “n” dentes que por sua vez faz girar outras duas engrenagens satélites 3a, com “ $m < n$ ” dentes, e 3b com “ $m+1$ ” dentes. Os elementos magnéticos (4) estão acoplados às engrenagens satélites e giram conforme o movimento das mesmas. Os elementos anisotrópicos magneto resistivo (5) estão acima e a uma distância fixa dos elementos magnéticos (4). Quando as engrenagens satélites (3a e 3b) giram, os campos magnéticos dos elementos (4) induzem diferentemente para cada posição dos magnetos resistores (5). O sinal gerado é um sinal senoidal de alta fidelidade. Devido a uma diferença no número de dentes das engrenagens satélites os sinais são defasados sendo que uma das engrenagens serve de marcador da direção em linha reta para a outra. (CICLO ENGENHARIA, 2013).

A alimentação desses sensores é de 12-24Vcc; e a saída para o módulo de controle é uma onda quadrada com amplitude de pico a pico de 9mA a 16mA. A figura 22 abaixo mostra o funcionamento do sensor.

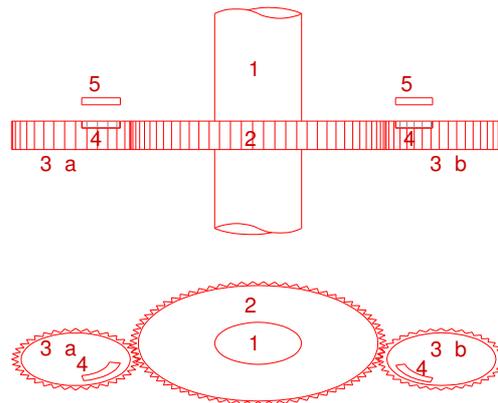


Figura 22 – Funcionamento do Sensor de ângulo de giro tipo LWS3.  
Fonte: Autoria própria.

Na figura 23 vemos o pino rei (1A) e a trava do mesmo na quinta roda (2A) usado em todas as carretas; ao lado temos o pino rei (1B) torneado juntamente com a trava também torneada. O item 3 é a parte que será colocada para a fixação do sensor de ângulo de giro (4). O funcionamento do conjunto se dá pelo travamento do pino rei junto à trava, quando o caminhão trator gira faz com que o pino rei gire junto, como o sensor está fixo ao prolongador a parte interna irá girar. Abaixo a figura mostra a fixação de todo o conjunto. Já a figura 24 mostra a colocação do mecanismos no caminhão trator e no semirreboque

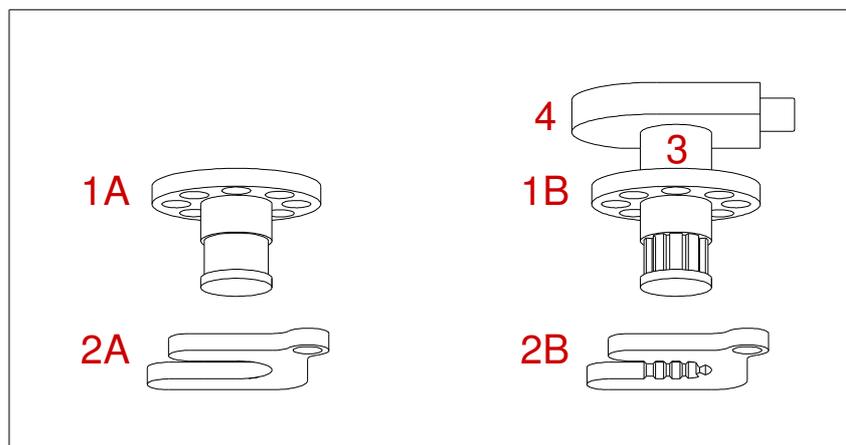


Figura 23 – Colocação do Sensor de ângulo ao pino rei.  
Fonte: Autoria própria.

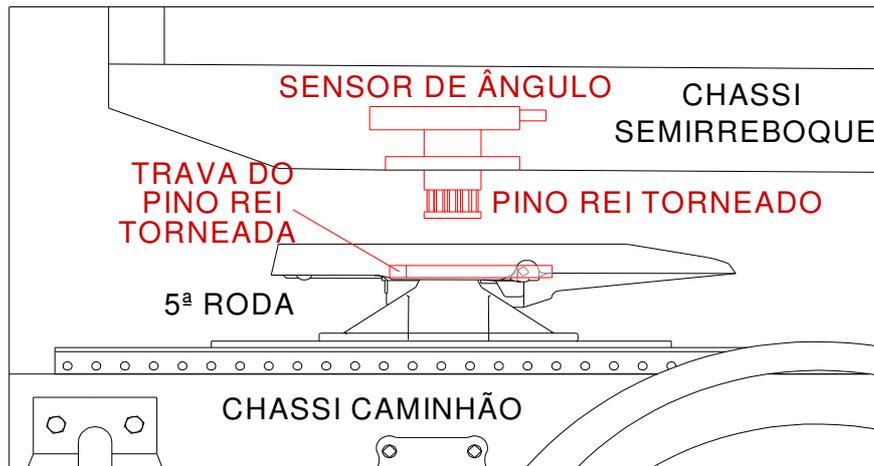


Figura 24 – Conjunto Sensor de ângulo e pino rei acoplados.

Fonte: Autoria própria.

### 6.3.2 SENSOR DE VELOCIDADE

Os sensores de velocidade podem ser ativos ou passivos;

**PASSIVOS:** são aqueles que não necessitam de alimentação, não são tão precisos e só começam a funcionar depois de determinada velocidade. A vantagem é que são mais robustos e a verificação de funcionamento é mais fácil; atualmente estão deixando de ser usados nos veículos mais novos. A figura 25 mostra as partes do sensor

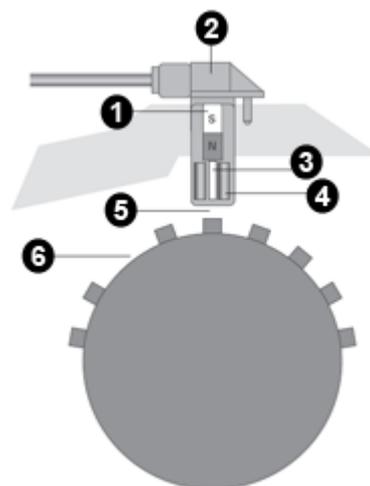


Figura 25 – Sensor de Velocidade Passivo.

Fonte: TWR

- 1- Ímã permanente
- 2- Estrutura
- 3- Núcleo de Ferro
- 4- Bobina
- 5- Entreferro
- 6- Roda dentada com intervalos pré-definidos (referência)

ATIVOS: ao contrário dos passivos, estes sensores necessitam de uma alimentação externa para poderem funcionar, são mais precisos e mais usados nos veículos atualmente. A velocidade da roda é medida utilizando-se o efeito magneto resistivo anisotrópico (AMR). Esse método a função de processamento de informação integrada permitem gerenciar as funções de medição da velocidade mesmo a baixas velocidades. Abaixo, figura 26, sensor de velocidade ativo.

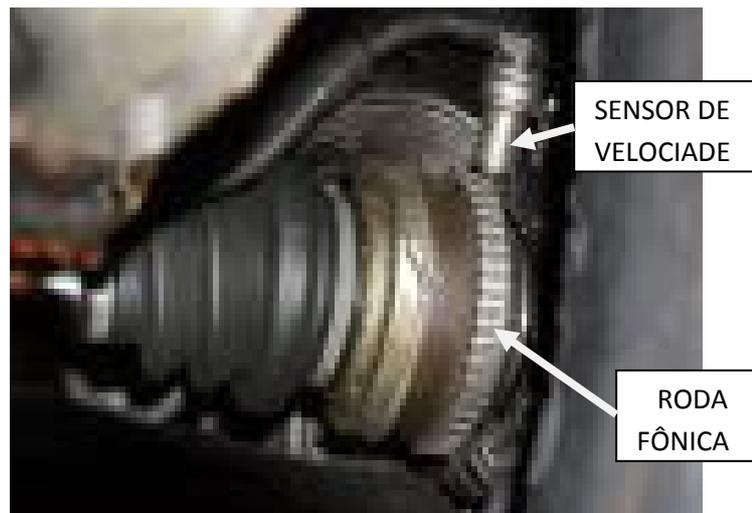


Figura 26 – Sensor de Velocidade Ativo.

Fonte: O Mecânico

Cada configuração possui suas características, embora sejam mais comuns, os sensores indutivos são mais sensíveis as interferências externas, por isso precisam de um terceiro fio só para blindagem, ao passo de que um sensor hall possui mais robustez na emissão de seu sinal, mesmo assim possuem blindagem na sua fiação. O sensor indutivo trabalha com tensão alternada, possui um sinal muito parecido com uma curva senoidal, é analógico, e necessita do conversor AD para que a ECU interprete sua informação. No sensor hall a variação de tensão ou é

máxima, ou é nula, sendo então um sinal de onda quadrada, nos sensores hall utilizados atualmente esse sinal precisa ser convertido em digital.

O funcionamento dos dois tipos de sensores tem o mesmo princípio. A variação de fluxo magnético criado na roda fônica (dentada) através do ciclo: dente, espaço, dente; gera uma tensão no sensor, a velocidade também influencia no valor dessa tensão. Devido ao fato de os intervalos entre máxima e mínima tensão serem cada vez menores à medida que a velocidade crescer, logo a amplitude do sinal também varia com a velocidade. Um fator que pode influenciar na leitura, é à distância do sensor para a roda dentada, atualmente os novos sistemas utilizam sensores com posição fixa, mas em sistemas mais antigos a posição do sensor era regulável. A distância é determinada pelo fabricante. A quantidade de dentes também difere de sistema para sistema, mas no princípio funcionam da mesma forma. O terminal do sensor pode ter 2 ou 3 pinos, caso possua dois pinos, um será o positivo 5 ou 12V e o outro será o sinal negativo para ECU, porém, como o sensor indutivo é mais sensível ele precisa estar protegido das interferências externas, neste os dois fios são trançados para criar um tipo de “blindagem magnética”. Sendo um terminal de três pinos, o terceiro é um fio de blindagem feito de cobre, alumínio e poliéster ligado em algum ponto de aterramento. (CICLO ENGENHARIA, NOTÍCIA DA OFICINA VW, PATSKO)

### 6.3.3 CIRCUITO LÓGICO PROGRAMÁVEL

O CLP funciona basicamente como um sistema de controle sobre processos. Para que esse controle seja correto é preciso que o processo, que se deseja controlar seja monitorado; papel este desempenhado pelos sensores; o controle se dá com base nas leituras dos sensores e por meio de atuadores. Atualmente a maioria das fontes que alimentam o CLP é chaveada e apresenta uma tensão de saída única de 24 Vcc. Ela serve para alimentar os módulos de entrada e saída e a CPU ao mesmo tempo. Esta tensão possui algumas vantagens sobre outras por poder ser facilmente regulada para tensões menores, ter uma maior imunidade a ruídos elétricos e ser compatível com o padrão RS-232 de comunicação. Ao trazer uma informação do mundo externo, entrada, o CLP precisa enviar um comando baseado nesta informação, saída; estas entradas e saídas podem se do tipo analógica ou digital. Para que um CLP funcione corretamente ele precisa ser

programado para desempenhar a função que desejamos, é preciso que se diga a ele o que fazer com as informações que o mesmo recebe através de suas entradas.

Existem diversos tipos de módulos de entrada e saída que se encaixam as necessidades do sistema a ser controlado. Os módulos de entrada e saídas são compostos de grupos de bits, associados em conjunto de 8 bits (1 byte) ou conjunto de 16 bits, de acordo com o tipo da CPU. As entradas analógicas são módulos conversores A/D, que convertem um sinal de entrada em um valor digital. As saídas analógicas são módulos conversores D/A, ou seja, um valor binário é transformado em um sinal analógico. Os sinais dos sensores são aplicados às entradas do controlador e a cada ciclo (varredura) todos esses sinais são lidos e transferidos para a unidade de memória interna denominada memória imagem de entrada. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do ciclo de varredura, os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída. A figura 27 abaixo mostra o bloco.

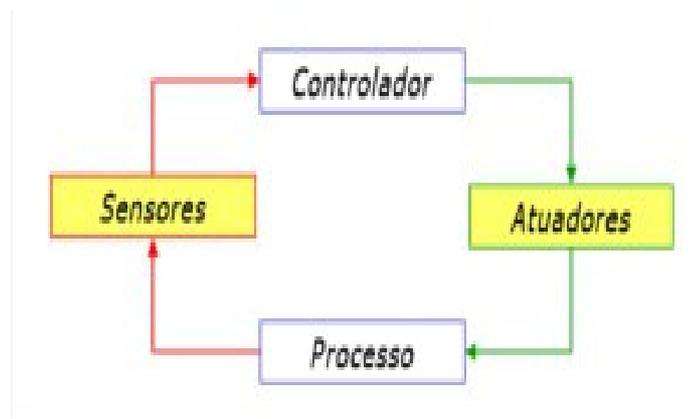


Figura 27 – Diagrama de blocos de um processo.

Fonte: CLP REDES

#### 6.3.4 MOTORES ELÉTRICOS CC

A figura 28 abaixo mostra um motor CC aplicado em direções elétricas veicular. No nosso projeto iremos usar dois motores para o acionamento do pinhão e conseqüente movimento da cremalheira. Como precisamos movimentar um eixo que suporta aproximadamente 10 ton não teríamos como fazê-lo usando somente um motor. Estes motores serão responsáveis pelo giro da RALA; rala é parte integrante

da suspensão dos eixos direcionais e é responsável por acoplar a suspensão ao chassi do semirreboque.

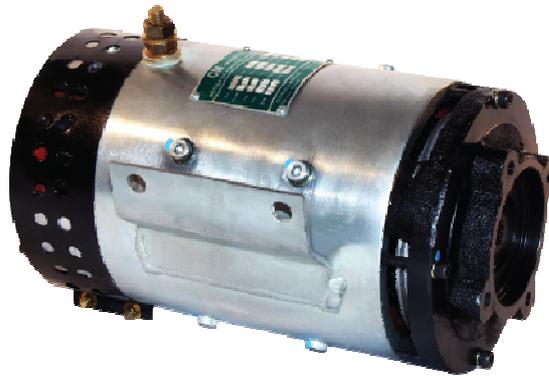


Figura 28 – Motor CC para direção elétrica.

Fonte: MC – Moya e Cezarino

### 6.3.5 FUNCIONAMENTO DO EIXO DIRECIONAL COM MOTORES ELÉTRICOS CC

Quando rodamos o volante, rodamos a coluna onde ele está inserida, denominada coluna de direção. No fim da coluna está o pinhão de ataque. À medida que rodamos o volante, rodamos o pinhão e este obriga a régua dentada (cremalheira) a deslocar-se, ora para a esquerda, ora para a direita. Por sua vez, a cremalheira obriga a rodas a posicionarem-se para a esquerda ou para a direita por via dos braços da direção. Ao acoplarmos o motor elétrico junto à caixa de direção o mesmo fará o trabalho de girar o pinhão fazendo com que a cremalheira deslize de um lado para o outro conforme o comando. Cada eixo direcional terá dois conjuntos. A figura 29 mostra o conjunto completo e o mecanismo de funcionamento do pinhão com a cremalheira.

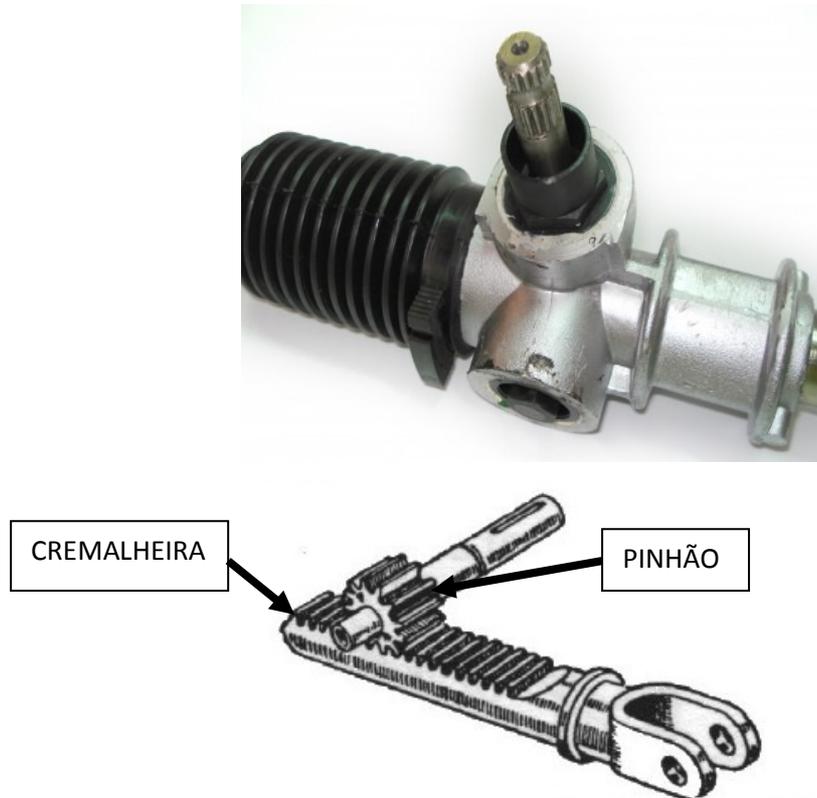


Figura 29 – Caixa de direção.  
Fonte: MC – Moya e Cezarino

#### 6.4 LÓGICA DO MECANISMO

No fluxograma abaixo, figura 30, estabelecemos a lógica que deverá ser aplicada ao semirreboque. A idéia é aplicar uma seqüência de instruções que faça com que os eixos direcionais atuem dentro de uma delimitação, no caso serão duas. A primeira está relacionada à velocidade, tanto para frente quanto a marcha ré; e a outra é quanto ao ângulo máximo entre o caminhão trator e o semirreboque. A velocidade estará dentro de 0 até 20 Km/h; e o ângulo entre 0° e 20° no sentido horário e anti-horário.

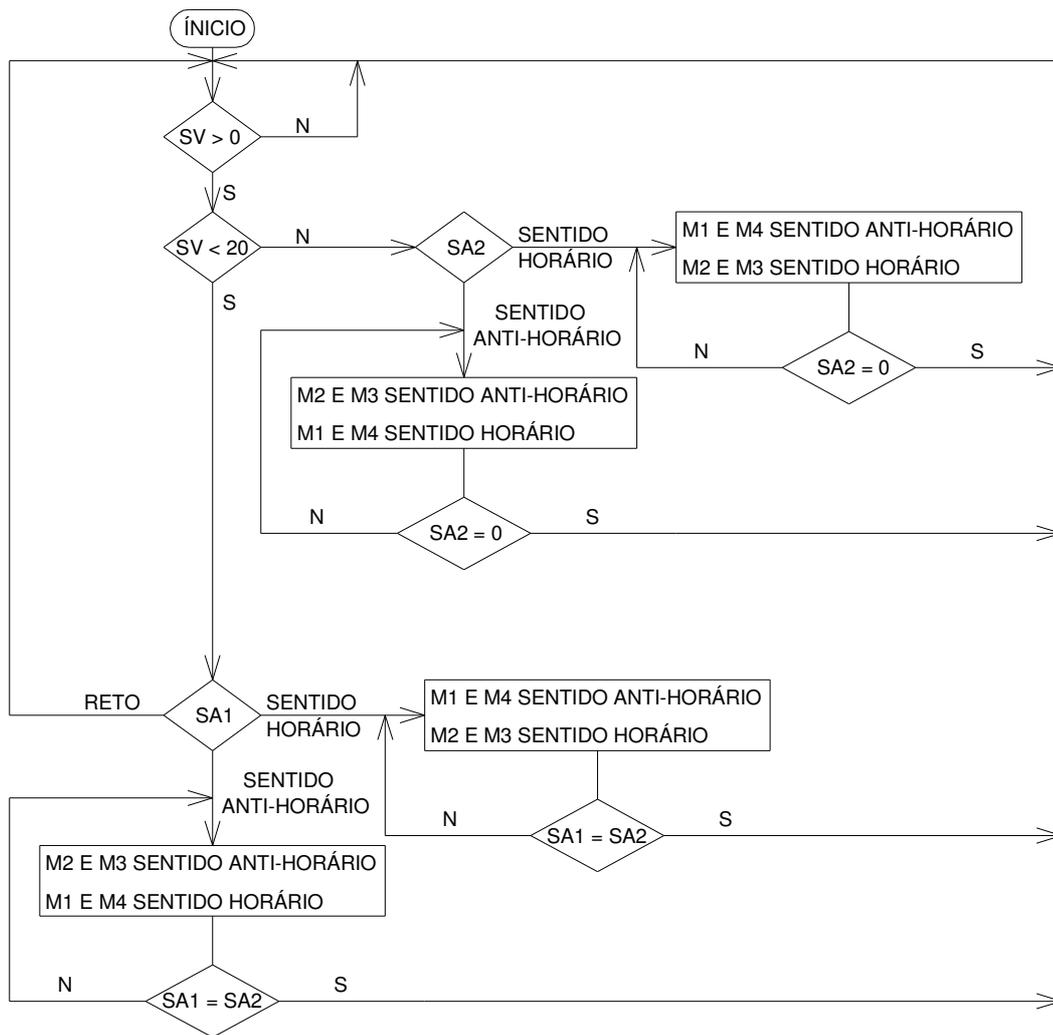


Figura 30 – Fluxograma do processo de esterçamento.

Fonte: Autoria própria.

Vamos começar a analisar o fluxograma.

Enquanto o semirreboque estiver parado o sistema fica aguardando; ao ocorre um deslocamento sentido pelo sensor de velocidade (SV) tanto à frente quanto à ré existirá uma comparação, se a velocidade for maior que 20 Km/h os dois eixos direcionais serão colocados em linha reta, sensor de ângulo (SA2) 0°, através do acionamento dos quatro motores M1, M2, M3, M4. Acionamos os motores através de um comando isto é, ao fazermos com que o motor M1 gire no sentido anti-horário o mesmo comando fará com que o motor M3 gire no mesmo sentido e os motores M2 e M4 no sentido contrário, ou seja, horário. Ele acionará os motores até que o

ângulo de SA2 seja  $0^\circ$ , independente do sensor SA1 colocado no pino rei; ele permanecerá assim até que a velocidade seja menor que 20 Km/h.

Se a velocidade for maior que 0 e menor do que 20 Km/h ocorrerão uma comparação entre os graus do sensor SA1 e SA2; quem determinará se o sentido é horário ou anti-horário será o sensor SA1. Os motores serão acionados conforme o sentido de giro, horário ou anti-horário, até que os ângulos de SA1 e SA2 sejam iguais. Enquanto não se atingir estes valores os motores ficam acionados, ao atingir a igualdade desligam-se os motores e o sistema volta ao estado de espera. Caso o ângulo de SA1 seja de  $0^\circ$  o sistema fica em estado de espera.

## 6.5 DESENVOLVIMENTO DO DIAGRAMA

Os CLPs podem ser programados em várias linguagens de programação e por isso foram desenvolvidas vários tipos diferentes, ou seja, cada fabricante poderia ter uma linguagem; por este motivo a IEC determinou a norma IEC 61131-3 que definiu cinco linguagens de programação, as funções padrão tais como: aritméticas (adição, subtração, multiplicação, divisão), seletoras, trigonométricas, condicionadoras de sinais, comparadoras e de tempo. Os CLPs têm a partir dessa determinação duas linguagens textuais, texto estruturado e lista de instruções, e três delas gráficas, diagrama ladder, diagrama de blocos, diagrama funcional seqüencial. A linguagem Lista de Instruções ou Instruction List (IL) define mnemônicos como é feito na linguagem assembly utilizada nos microprocessadores e microcontroladores. Os mnemônicos representam operações lógicas booleanas e comandos de transferência de dados. As instruções contêm apenas uma operação por linha e apresenta alta eficiência em pequenas aplicações ou para melhorar partes de uma aplicação mais complexa. Ela é composta de uma seqüência de instruções em que cada instrução deve começar em uma nova linha e deve conter um operador que pode ter modificadores de instrução.

A programação de texto estruturado ou structured text (ST), é uma linguagem de alto nível, semelhante ao Pascal, textual e que incorpora vários conceitos intuitivos. Ela abrange os elementos comuns de linguagem de programação moderna como as instruções condicionais, if, then, else e case of, e também as instruções de iterações, for, while e repeat. É eficiente no desenvolvimento de programação estruturada em que se têm funções complexas, onde é difícil

expressar com linguagem gráfica, como linguagem de algoritmos de otimização e inteligência artificial.(BOLTON, 2008; KILIAN, 2000; DA SILVA FILHO, 2008).

Nosso processo não é discreto e sim contínuo sendo assim não podemos desenvolver um diagrama em GRAFCET tão pouco usar a linguagem LADDER para realizarmos o controle. Como foi descrito acima existem outras linguagens que associadas com a LADDER podem ser aplicadas. Iremos usar o recurso de blocos que a linguagem ST nos possibilita, estes blocos são chamados para fazerem parte da estrutura LADDER através dos comandos CHF ou CHP. A figura 31 abaixo mostra isso através do diagrama Ladder e ST.

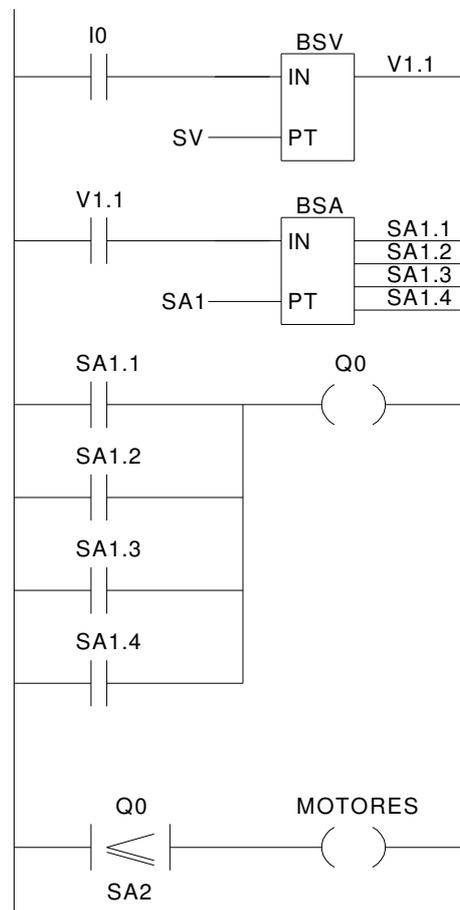


Figura 31 – Diagrama LADDER do processo de esterçamento.

Fonte: Autoria própria.

BSV é o bloco de velocidade, este bloco compara o sinal vindo do sensor SV com o sinal de início, enquanto a condição  $0 < SV \leq 20$  Km/h for satisfeita ele fornece V1.1; V1.1 torna-se a entrada, e condição, do Bloco BSA, este bloco divide o raio de

esterçamento em 4 partes,  $0^\circ < SA1.1 \leq 5^\circ$ ,  $6^\circ < SA1.2 \leq 10^\circ$ ,  $11^\circ < SA1.3 \leq 15^\circ$  e  $16^\circ < SA1.4 \leq 20^\circ$ . Para o sinal de saída Q0 ser verdadeiro SA1.1 ou SA1.2 ou SA1.3 ou SA1.4 devem ser verdadeiros; os motores M1, M2, M3 e M4 só serão acionados enquanto o valor de Q0 for maior ou igual o sinal do sensor SA2; este sensor esta acoplado junto ao eixo E1 do semirreboque. Ele só efetuará o giro até a posição de SA1.

## 7 CONCLUSÃO

A chamada eletrônica embarcada que vemos nos automóveis, que começou seu grande salto com o advento da injeção eletrônica, tornou-se cada vez mais importante e essencial nos dias de hoje. É cada vez mais difícil encontrar um veículo que não possua Redes de comunicação embarcada como CAN e LIN; Sistemas de GPS e navegação; Controle de motor e injeção eletrônica; Alarmes; Controle de transmissão e carroceria; Sistemas em tempo real como Freios ABS e Air Bag; Controle de tração; Sistemas de entretenimento; Painel de instrumentos; e muitos outros.

Com o aumento da necessidade de novos sistemas, sensores, atuadores e circuitos, sem falar nos softwares necessários para o funcionamento destes equipamentos, fez com que as indústrias também evoluíssem junto com este mercado. O próprio CLP, que nasceu dentro da indústria automotiva com a finalidade de maximizar processos, passou por ciclo de evolução semelhante e grande.

Este trabalho mostrou de uma forma analítica que estes benefícios podem contribuir, também, com a evolução dos implementos usados por estes veículos, no caso referindo-se mais especificamente aos caminhões. Vários são os fabricantes que buscam agregar tecnologia eletrônica em seus implementos; ainda mais num país como o Brasil onde a presença do caminhão é muito forte no modal de transporte.

## REFERÊNCIAS

- BOLTON, William; Mecatrônica– Uma abordagem multidisciplinar. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2010. 651 p.
- BOSCH, Robert; Manual de Tecnologia Automotiva. 25ª Edição: Edgard Blucher, 2005.758 P.
- BRAGA, Newton C., Eletrônica Automotiva. São Paulo: Instituto NCB, 2013. 578 p.
- FAIRBAIRN, Andrew; Falando aos 52 Computadores do Carro Moderno. São Paulo: Clube dos Autores, 2010. 66 p.
- FRADEN, Jacob; Handbook of Modern Sensors. New York: Ed. American, 1997  
<http://moodle.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=19327>
- LIMA JUNIOR, Francisco A.; Atuadores e Acumuladores Hidráulicos: UFPE, 2013. 52p.
- MECATRÔNICA ATUAL. nº. 56. São Paulo: Saber, 2012. 50 p.
- NOTÍCIAS DA OFICINA VW nº. 241. São Paulo: Germinal, 2011. 52 p.
- NOTÍCIAS DA OFICINA VW nº. 245. São Paulo: Germinal, 2013. 56 p.
- NOTÍCIAS DA OFICINA VW nº. 247. São Paulo: Germinal, 2013. 28 p.
- NOTÍCIAS DA OFICINA VW nº. 250. São Paulo: Germinal, 2014. 28 p.
- NOTÍCIAS DA OFICINA VW nº. 251. São Paulo: Germinal, 2014. 56 p.
- NOTÍCIAS DA OFICINA VW nº. 252. São Paulo: Germinal, 2014. 28 p.
- PATSKO, Luís F.; Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores: Maxwell Bohr, 2006. 83 p.
- SABER ELETRÔNICA nº. 426. São Paulo: Saber, 2007. 65 p.
- SABER ELETRÔNICA nº. 458. São Paulo: Saber, 2012.68 p.
- SABER ELETRÔNICA nº. 460. São Paulo: Saber, 2012. 68 p.
- SABER ELETRÔNICA nº. 461. São Paulo: Saber, 2012. 68 p.
- THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B.; Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações. 5ª Edição. São Paulo: Érica, 2005. 222 p.
- VÁRIOS, Manual de Injeção Eletrônica – Estudo de sensores e atuadores. Belo Horizonte: CDTM, 2013. 88 p.
- WENDLING, Marcelo; Apostila de Sensores: UNESP, 2010. 19 p.

KILIAN, Christopher T. Modern Control Technology - Components and Systems, 2ª Edição, Delmar Thomson Learning, 2000.

DA SILVA FILHO, Bernardo Severo. Apostila Curso de Controladores Lógicos Programáveis. Rio de Janeiro: UERJ, 2008.