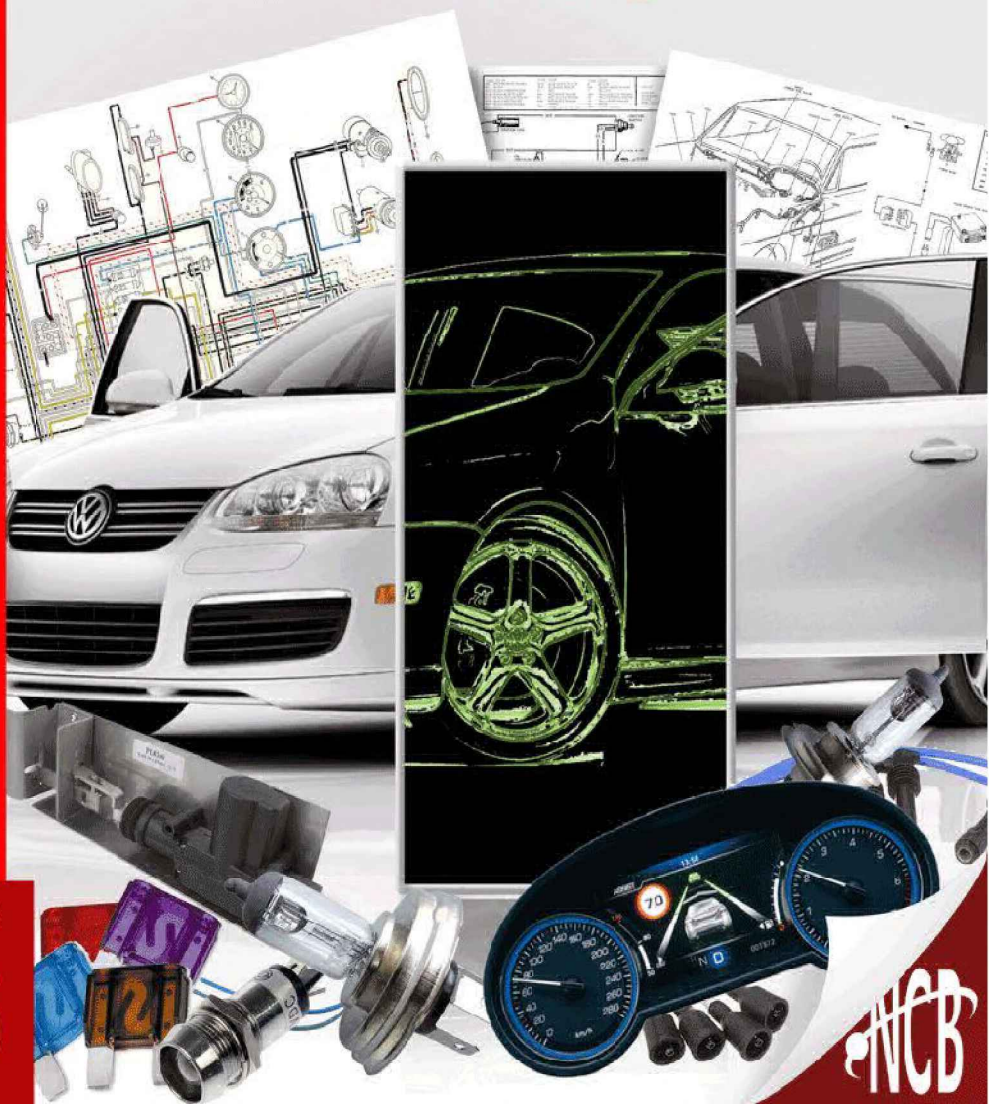


CURSO DE ELETRÔNICA

# ELETRÔNICA AUTOMOTIVA

Newton C. Braga



VOLUME

6

NCB

## ELETRÔNICA AUTOMOTIVA



**Instituto NCB**

[www.newtoncbraga.com.br](http://www.newtoncbraga.com.br)

[leitor@newtoncbraga.com.br](mailto:leitor@newtoncbraga.com.br)

## ELETRÔNICA AUTOMOTIVA

Autor: Newton C. Braga

São Paulo - Brasil - 2013

Palavras-chave: Eletrônica - Engenharia Eletrônica - Componentes –  
Reparação – Service

Copyright by

INTITUTO NEWTON C BRAGA.

1ª edição

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfílmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos, atualmente existentes ou que venham a ser inventados. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético atualmente em uso ou que venha a ser desenvolvido ou implantado no futuro. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal, cf. Lei nº 6.895, de 17/12/80) com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenização diversas (artigos 122, 123, 124, 126 da Lei nº 5.988, de 14/12/73, Lei dos Direitos Autorais).

**Diretor responsável:** Newton C. Braga**Diagramação e Coordenação:** Renato Paiotti

# Índice

<b>1 - Revisão dos Conceitos Básicos de Eletrônica .....</b>	<b>13</b>
Circuito elétrico, corrente, tensão e resistência.....	13
Circuito elétrico.....	15
Potência elétrica.....	17
Potência (W) = tensão (V) x corrente (A).....	18
Sistema de 42 V.....	20
Fontes de energia elétrica (geradores).....	26
Células Secundárias.....	30
Células de Níquel Cádmio.....	34
Reciclando Energia.....	37
Aperfeiçoamentos.....	37
Célula de Edison ou Hidróxido de Níquel-Ferro.....	38
Dínamos e alternadores.....	38
<b>CHOQUE ELÉTRICO .....</b>	<b>39</b>
Socorro para Acidentados por Choques Elétricos.....	42
Gaiola de Faraday.....	42
Termos em Inglês.....	44
Questionário:.....	46
<b>2 - Os Componentes Eletrônicos Básicos - Passivos .....</b>	<b>48</b>
Os Componentes Eletrônicos Básicos - Passivos.....	48
Resistores.....	48
Capacitores.....	50
Indutores.....	52
Transformadores.....	53
Fusíveis.....	55
Fusíveis Para Uso Automotivo.....	57
Interruptores e Chaves.....	60
Lâmpadas e LEDs.....	62
LEDs Nas Aplicações Automotivas.....	64
Outros componentes.....	70
Componentes Eletrônicos Básicos - Ativos.....	71
Diodos.....	71
Transistores.....	72
SCRs.....	74
Outros tiristores.....	75
Circuitos integrados (CIs).....	76

Microcontroladores.....	77
DSPs.....	78
Termos em Inglês.....	79
Component” ou “Device”.....	79
Questionário.....	82
<b>3 - Componentes eletrônicos básicos – sensores e atuadores .....</b>	<b>83</b>
Componentes eletrônicos básicos – sensores e atuadores.....	83
Sensores resistivos.....	83
Sensores Indutivos.....	87
Sensores Capacitivos.....	88
Sensores Hall.....	89
Sensores Mecânicos .....	92
Sensores tipo Reed Switches.....	96
Sensores de Pressão.....	98
Sensores Magneto Resistivos.....	100
Sensores de Gases.....	102
Atuadores.....	106
Chaves de controle.....	106
Relés.....	107
Solenóides.....	115
Tipos de Solenóides.....	117
Motores.....	118
<b>COMO FUNCIONAM OS MOTORES.....</b>	<b>119</b>
Termos em Inglês.....	124
Questionário:.....	124
<b>4 - O Multímetro no Automóvel .....</b>	<b>126</b>
Porque precisamos de um multímetro.....	126
Como Funciona o Multímetro.....	132
O Instrumento de Bobina Móvel.....	132
Diversas Escalas .....	134
O Multímetro Digital.....	138
O multímetro Automotivo.....	140
Analógico ou Digital – Qual o Melhor Multímetro .....	142
Digital x Analógico.....	143
As Características dos Multímetros.....	148
Que Multímetro Comprar.....	153
Classificando os Multímetros.....	154
Como Usar Corretamente o Multímetro.....	159

O Multímetro Analógico Básico.....	159
O Multímetro digital.....	168
Termos em Inglês.....	172
Questionário.....	173
<b>5 - Motor e Sistema de Ignição .....</b>	<b>175</b>
O Combustível.....	175
O processo de queima.....	176
Carro a gás.....	183
Álcool Combustível e Flex – Não é novidade.....	184
Vantagens do Álcool.....	185
Desvantagem do álcool.....	186
Os Motores de Combustão Interna ou Motores à Explosão.....	186
O Motor Diesel.....	194
O sistema de Ignição.....	195
A bobina de ignição.....	198
O Circuito Completo.....	202
Analisando o Circuito.....	202
EMI.....	207
O Fim das Velas de Ignição.....	209
O CARRO COM COMBUSTÃO MAGNÉTICA.....	211
PORQUE OS CAMPOS MAGNÉTICOS INFLUEM NA COMBUSTÃO.....	212
Termos em Inglês.....	216
Questionário.....	216
<b>6 - Ignição Eletrônica .....</b>	<b>218</b>
Os primeiros sistemas.....	218
Substituindo o Platinado.....	223
O EFEITO HALL.....	224
OS SENSORES NA PRÁTICA.....	227
IGNIÇÃO POR DESCARGA CAPACITIVA.....	230
A Ignição por descarga Capacitiva.....	235
Topologias.....	240
Microcontroladores.....	247
Manutenção.....	248
A LUZ DE PONTO.....	249
O CIRCUITO DA LUZ DE PONTO.....	252
USANDO A LUZ DE PONTO.....	256
Termos em Inglês.....	257
Questionário.....	258

<b>7 - Baterias e Alternadores</b> .....	<b>260</b>
As Baterias.....	260
Células Primárias.....	265
A célula de Leclanché.....	266
Funcionamento.....	269
Pilhas comuns não são recarregáveis.....	271
Células Secundárias.....	272
Bateria Chumbo-Ácido.....	272
A Bateria Automotiva.....	276
O Hidrômetro ou Densímetro.....	281
Células de Níquel Cádmio.....	282
Aperfeiçoamentos.....	284
Célula de Edison ou Hidróxido de Níquel-Ferro.....	284
Conclusão.....	284
Os Alternadores.....	285
O DÍNAMO E O ALTERNADOR.....	288
O Alternador por dentro.....	293
SERVICE.....	299
Reparação de Alternadores – Teste de Alternadores.....	303
Quando uma fase falta.....	304
O Medidor de Ripple de Alternador.....	305
Montagem.....	306
Calibração.....	308
Osciloscópio.....	311
Recuperando Baterias Sulfatadas.....	312
COMO FUNCIONA.....	314
Montagem.....	315
PROVA E USO.....	318
Termos em Inglês.....	320
Questionário.....	320
<b>8 - Motor de Partida e Injeção Eletrônica</b> .....	<b>322</b>
O Motor de Partida.....	323
Injeção Eletrônica.....	329
Princípio de funcionamento.....	331
Combate à Poluição Com a Eletrônica na Ignição e Injeção .....	344
Parâmetros que Influem na Emissão de Poluentes.....	348
O Controle pela eletrônica.....	355
Os Conversores Catalíticos.....	359
A Sonda Lâmbda.....	364

Os Acionadores.....	368
Termos em Inglês.....	373
Questionário.....	374
<b>9 - Direção Elétrica, Suspensão Ativa e ABS .....</b>	<b>376</b>
Direção Elétrica.....	376
Suspensão Eletrônica.....	381
Suspensão Ativa.....	382
O Sistema de Freios ABS.....	388
O ABS.....	393
Airbag.....	402
Termos em Inglês.....	407
Questionário.....	408
<b>10 - Trio Elétrico, Segurança, GPS .....</b>	<b>410</b>
Trio Elétrico.....	410
Alarmes.....	411
Alarme de Intrusão Ultrassônico .....	414
Kits Trio Elétrico.....	417
Travas.....	419
Vidros Elétricos.....	422
Imobilizador.....	426
Transponders.....	429
Por Dentro do Circuito.....	435
Leitura e Gravação.....	436
Controle Remoto.....	438
GPS – GLOBAL POSITIONING SYSTEM.....	451
O GPS.....	453
USOS PARA O GPS.....	456
COMO FUNCIONA O GPS.....	458
Termos em Inglês.....	460
Questionário.....	461
<b>11 - Instrumentos, Painel e Som.....</b>	<b>463</b>
Cluster.....	464
O velocímetro.....	468
O tacômetro.....	472
Indicadores de funções.....	475
Outros Indicadores.....	487
Som, Rádio e Toca CDs.....	488



Os Tipos de Antena.....	503
A Escolha da Antena.....	508
Instalação.....	509
Som Potente .....	510
A solução capacitiva.....	512
Ultra Capacitores.....	513
Reparação de Auto-Rádios e Som Automotivo.....	515
Usando um amplificador externo.....	516
Termos em Inglês.....	519
Questionário.....	520
<b>12 - Central de Controle (ECU), Redes Automotivas e Carro Elétrico.....</b>	<b>272</b>
Microcontroladores.....	522
A Central Eletrônica.....	524
Rede CAN.....	538
EMI.....	542
Sistema de 42 V.....	544
O Carro Elétrico.....	548
Baterias Redox – Carga em minutos pela troca do eletrólito.....	554
Como Funciona.....	556
Células a Combustível.....	559
O que são as células a combustível.....	560
Outros tipos de Células.....	566
Aplicações Alternativas.....	568
Os Motores dos Carros Elétricos.....	571
Rumo ao Carro sem Manutenção.....	572
Como isso pode ser feito.....	573
Termos em Inglês.....	576
Questionário.....	576
<b>ANEXOS .....</b>	<b>578</b>
RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS.....	578
LINKS INTERESSANTES.....	578

## APRESENTAÇÃO

Durante nossa carreira escrevemos muitos artigos tratando de aplicações eletrônicas nos automóveis, além de darmos um curso introdutório que apareceu não só em publicações impressas como também em nosso site. O tema é fascinante e a todo o momento novas tecnologias estão aparecendo nos veículos que cada vez incorporam mais eletrônica. Muitos têm pedido a elaboração de um curso completo sobre o assunto o que é uma ideia que nos fascinou e que agora se torna realidade. No entanto, o tema é muito amplo, o que significa que mesmo com um enorme conteúdo, ainda não conseguimos abordar tudo. Assim, para os que desejam conhecimentos mais imediatos resolvemos preparar este livro que é a introdução à eletrônica do automóvel, de uma forma simples, para quem deseja trabalhar numa oficina, instalar equipamentos e acessórios em carros, ou simplesmente conhecer um pouco mais de seu próprio carro. Para este curso, a exigência que temos é que o leitor conheça os fundamentos da eletrônica, ou seja, conheça componentes e circuitos básicos além de um pouco de instrumentação, como o uso do multímetro e o teste dos componentes. Assim, para os que não tenham conhecimento algum de eletrônica sugerimos que, antes deste livro, leiam o nosso Curso de Eletrônica - Eletrônica Básica – volume 1, Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica – Volume 2 e a série Como Testar Componentes - Volume 1 a 4. Também é interessante ter o livro Conserte Tudo que dá muitas dicas sobre reparação. Enfim, trata-se de um livro de iniciação e conceitos básicos que será de grande utilidade para quem deseja aprender um pouco sobre o funcionamento dos sistemas eletrônicos dos automóveis. Lembramos que este livro foi elaborado em 2012 e que constantemente novas tecnologias estarão aparecendo nos veículos. Artigos sobre estas tecnologias estarão constantemente aparecendo no site do autor que então é indicado para a atualização de quem gosta do assunto. Também lembramos que, como se trata de E-book, o autor poderá fazer atualizações constantes sempre que for necessário e mesmo aqueles que já tenham comprado o livro terão

automaticamente essas atualizações, sem a necessidade de comprar as novas versões.

Newton C. Braga

## INTRODUÇÃO

O sistema simples de ignição dos carros mais antigos, que não tinha nada de eletrônico a não ser um transformador (bobina de ignição), evoluiu para os sistemas complexos controlados por microprocessadores e microcontroladores com uma eletrônica sofisticada que exige técnicas e equipamentos especiais. Estes livros não pretende ensinar tudo sobre os sistemas eletrônicos dos automóveis, pois existem alguns pontos muito avançados que somente os engenheiros que trabalham com seu projeto nas fábricas precisam conhecer. O que daremos neste livro são os conceitos básicos sobre o funcionamento de diversas partes do circuito eletrônico do carro que podem ser manuseadas ou reparadas de forma simples ou pelo menos ter seus defeitos diagnosticados com facilidade por alguém que não sejam um especialista. Com o conhecimento básico destes dois volumes, os interessados em abrir uma oficina podem partir para uma especialização em empresas que fazem o treinamento de profissionais e ensinam a usar ferramentas avançadas de diagnóstico. No entanto, o uso dessas ferramentas sempre será facilitado se o leitor conhecer um pouco mais sobre o funcionamento dos sistemas eletrônicos do carro e é essa justamente a finalidade destes livros. Trataremos dos sistemas de ignição de todos os tipos, da injeção eletrônica, carga de bateria, dos sistemas de frenagem ABS, sistemas de conforto e painéis além de acessórios como som, alarmes, etc. Enfim, trata-se de uma obra de iniciação muito útil para quem já conhece um pouco de eletrônica e deseja ir um pouco além.

Newton C. Braga

## Capítulo 1

### Revisão dos Conceitos Básicos de Eletrônica

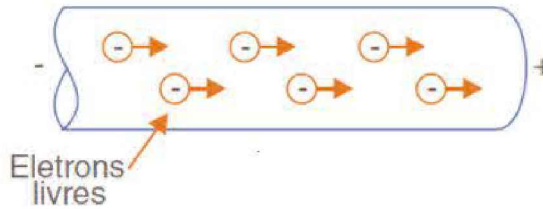
Para entender o funcionamento do automóvel moderno não basta o conhecimento da mecânica. É preciso conhecer eletricidade básica e a partir dela os fundamentos da eletrônica.

Se bem que tenhamos recomendado aos leitores que não tenham uma boa formação em eletrônica a leitura de nossos livros Curso de Eletrônica – Vol 1 – Eletrônica Básica, Curso de Eletrônica – Vol 2 – Eletrônica Analógica e além disso as edições Como Testar Componentes em 4 Volume e o livro Conserte Tudo, disponíveis no formato digital, damos a seguir uma pequena revisão de conceitos que pode ser muito importante para reciclar conhecimentos e para avivar a memória dos que saíram de uma escola técnica há muito tempo.

São justamente os fundamentos que daremos a partir de agora iniciando pela revisão dos conceitos básicos de eletricidade que serão utilizados nas explicações da maioria dos equipamentos eletrônicos do automóvel abordados neste livro.

#### **Circuito elétrico, corrente, tensão e resistência**

Uma corrente elétrica consiste num fluxo de cargas que circula através de um fio condutor. Estas cargas são os elétrons que encontram liberdade de movimento em materiais como os metais, conforme mostra a figura 1. Estes materiais são denominados condutores de corrente elétrica.



*Figura 1 – A corrente elétrica*

**Lembre-se:**

*Num condutor elétrico a corrente consiste num fluxo ordenado de cargas.*

No entanto, os condutores não são perfeitos. Os elétrons que formam uma corrente encontram certa dificuldade para passar através dos fios. Essa dificuldade é denominada resistência e é constante. A resistência de um fio é medida em ohms ( $\Omega$ ).

Se aplicarmos a um condutor, que apresenta certa resistência, uma tensão, a corrente será determinada pela resistência desse condutor. A resistência limita, portanto a intensidade da corrente num fio. Maior resistência, menor corrente com a mesma tensão.

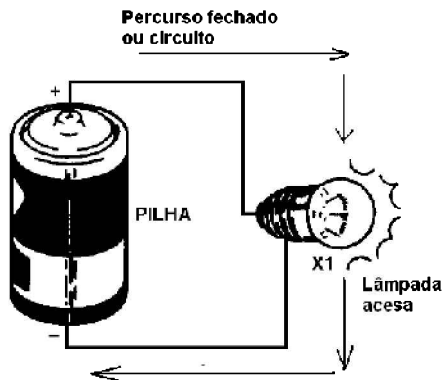
**Curiosidade – Por que os elétrons são negativos?**

*Quando Benjamin Franklin precisou explicar o sentido do movimento das cargas elétricas nos seus trabalhos de pesquisa com objetos eletrizados ele achou que o movimento dos elétrons ocorria de um pedaço de lã para um pedaço de cera eletrizado quando na realidade*

*ocorria ao contrário. Assim, ao se enganar quanto ao sentido da corrente ele assumiu que os elétrons eram negativos e assim ficou...*

### **Circuito elétrico**

Os elétrons não podem ser criados. Uma bateria fornece elétrons para uma lâmpada, mas ela precisa estar constantemente repondo estes elétrons que saem dela. Assim, só é possível obter uma corrente fazendo circular os elétrons no que denominamos circuito, conforme mostra a figura 3.



*Figura 3 – Uma corrente circulando por uma lâmpada*

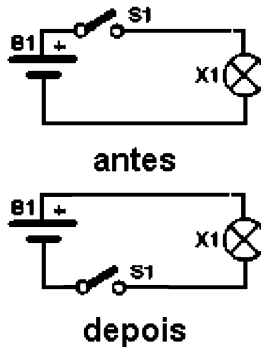
Para acender uma lâmpada (que denominamos receptor de energia), por exemplo, precisamos de uma fonte de energia (que denominamos gerador). No caso do carro, o gerador é a bateria.

A quantidade de energia que podemos transferir para a lâmpada não depende apenas da tensão que aplicamos nela, mas também da corrente.

Essa transferência, conforme mostramos na figura 3, se faz através de um fio que leva a corrente e outro que a traz de volta para

que os elétrons possam ser reciclados. Trata-se, portanto de um percurso ou circuito fechado, daí o nome "circuito".

Podemos interromper a corrente num circuito colocando um interruptor em qualquer lugar do circuito, conforme mostra a figura 4.



*Figura 4 – O interruptor pode ser colocado antes ou depois da lâmpada*

### **Lembre-se**

*Num circuito elétrico fechado a intensidade da corrente é a mesma em todos os seus pontos*

Num automóvel, o retorno ou caminho de volta da corrente não precisa ser feito através de um fio. Como o chassi do carro é metálico ele pode ser usado para esta finalidade, sendo por isso denominado "terra".

O nome vem do fato de que nas instalações de eletricidade doméstica a terra, que é condutora de eletricidade, é utilizada como retorno.

Desta forma, como mostra a figura 5, num carro, o pólo negativo é ligado ao chassi e os fios que alimentam os diversos dispositivos



saem do positivo. Em cada dispositivo existe um "retorno", que é feito pelo chassi (fio terra).

**Curiosidade:**

*Existem carros antigos em que é o pólo positivo da bateria que é ligado ao chassi. Tais carros têm, portanto um terra positivo e não negativo, o que exige cuidado ao se trabalhar com eles.*

Tomando o circuito elétrico básico de um carro,



*Figura 5 – Dispositivos alimentados pela bateria ligados em paralelo*

**Potência elétrica**

A quantidade de energia fornecida a uma lâmpada, por exemplo, depende tanto da tensão como da corrente.

Quando ligamos uma lâmpada a uma bateria, a intensidade da luz que ela produz depende tanto da quantidade de elétrons que passam pelo filamento como da velocidade com que eles fazem isso, ou seja, da força com que eles são empurrados.

Definimos então a potência elétrica como uma grandeza diferente da tensão e corrente. A potência é a quantidade de energia por segundo, e é medida em Watts (W). Para calcular a potência, multiplicamos a corrente pela tensão.

### **Potência (W) = tensão (V) x corrente (A)**

Veja agora como tudo isso funciona num carro, por exemplo:

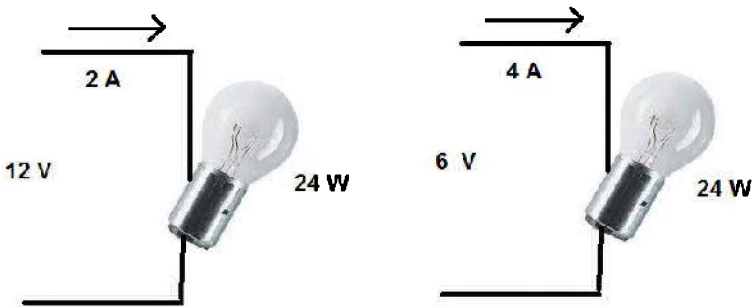
Uma lâmpada de 24 Watts ligada em 12 V ao ser ligada "puxa" uma corrente de 2 A pois  $24 \text{ W} = 2 \times 12$ .

Para termos os mesmos 24 W numa bateria de 6 V, a corrente precisaria ser 4 A.

Um fio precisa ser tanto mais grosso quanto maior for a intensidade da corrente que ele deve conduzir. Por este motivo é que os fios do motor de partida de um carro têm de ser muito mais grossos do que os fios usados para alimentar as lâmpadas.

O Consumo do motor de partida exige várias dezenas de ampères, enquanto que as lâmpadas exigem poucos ampères.

Existe, portanto, vantagem em utilizar tensões maiores nos circuitos, pois os fios podem ser mais grossos. Note que a potência continua ser absolutamente a mesma. Uma lâmpada de 24 W para 6 V produz 24 W de luz quando ligada nesta tensão, como uma lâmpada de 24 W produz 24 W de luz quando ligada em 12 V. O que muda é apenas a corrente!



*Figura 6 – A corrente muda, mas a potência é a mesma*

No entanto, como a corrente na instalação de 12 V é menor, o fio usado é mais fino. Outra vantagem de se utilizar tensão maior é que as perdas no fio são menores.

Conforme vimos, mesmo os fios apresentam uma certa resistência, dificultando a passagem da corrente, o que faz com que ocorram perdas.

Com tensões maiores, estas perdas são menores. Com o aumento de dispositivos elétricos e eletrônicos nos carros, mesmo os 12 V estão se tornando problemáticos em termos de consumo e mesmo de custos da fiação.

Assim, a nova geração de automóveis que está por vir já prevê a utilização de baterias de 42 V. Os fios de ligação dos diversos dispositivos podem ser 3,5 vezes mais finos com esta tensão!

Ao longo da evolução do automóvel cada vez mais dispositivos foram agregados ao sistema elétrico, aumentando seu consumo. Assim, de menos de 500 W de potência consumida na década de 80, os carros passaram a 1000 W na década de 90 e já em 2005 a potência ultrapassava os 1 500 W.

Nos veículos médios a potência já se aproxima dos 3 000 W em 2013, ano em que completamos este livro e para os veículos grandes já ultrapassa os 3 500 W.

Isso significa, não apenas a necessidade de baterias com muito maior capacidade como também fiação que utilize fios cada vez mais grossos.

### ***Consumo e autonomia***

*O consumo de um equipamento do carro também determina a autonomia da bateria quando só ela deve fornecer energia. Assim, um som potente pode permanecer ligado apenas alimentado pela bateria por menos tempo que um de menor potência ou usado com menor volume.*

### **Sistema de 42 V**

Hoje em dia os cabos que formam o sistema elétrica de um automóvel chegam a um peso superior a 20 kg. Esse peso tende a aumentar com o aumento do consumo e evidentemente isso pesa no custo e no próprio desempenho.



*Figura 7 – Quantidade de fios retirada de uma instalação elétrica de carro comum*

Uma forma de se reduzir a espessura dos fios da fiação de um veículo e também as correntes dos principais dispositivos alimentados é com a adoção do padrão de alimentação de 42 V em lugar de 12 V.

Com uma tensão 3,5 vezes maior, as correntes nos dispositivos alimentados será 3,5 vezes menor e, com isso, a espessura dos fios poderá ser reduzida. Esse padrão tende a ser adotado nos próximos anos. Falaremos dele mais adiante neste livro.

### ***Carro elétrico***

*No futuro o carro terá propulsão elétrica com energia vinda de baterias ou de geradores do tipo célula à combustível. Com isso, a eletrônica terá uma importância ainda maior nesses veículos. Neste livro trataremos de alguns sistemas que já estão sendo encontrados nos denominados veículos híbridos, ou seja, que usam tanto a propulsão de um motor de combustão interna como de um motor elétrico. No Brasil, na época em que escrevemos este livro (2013) veículos deste tipo já se encontram em uso.*



*CR-Z – Honda – Carro híbrido apresentado em 2009 no Brasil*

[42volt.com](http://42volt.com)

*Neste site encontramos informações sobre o futuro sistema de 42 V a ser adotado por todos os carros.*



## Efeitos da corrente

O principal efeito é a produção de calor, ou efeito térmico, também chamado "Efeito Joule". Para vencer a resistência de um meio, a eletricidade faz um esforço que se converte em calor. Este efeito pode ser aproveitado em elementos de aquecimento, como aquecedores, acendedores de cigarro, etc.

A quantidade de calor que um condutor que apresenta certa resistência produz quando percorrido por uma corrente é calculada pela Lei de Joule.

O que esta lei estabelece é que a quantidade de calor gerado, ou potência dissipada (medida em watts), é proporcional ao produto da corrente pela tensão no condutor, conforme a fórmula:

$$P = V \times I$$

**Onde:**

P é a potência em watts (W)

V é a tensão em volts (V)

I é a corrente em ampères (A)

Levando em conta, pela Lei de Ohm que a corrente num resistor é proporcional à tensão em seus terminais ou  $R = V/I$  , também podemos escrever para a Lei de Joule que:

$$P = R \times I^2$$

$$P = V^2/R$$

**Perdas**

*Sempre existem perdas na forma de calor. Todos os meios condutores sempre apresentam uma certa resistência e com isso, ao haver uma circulação de corrente calor é gerado. Esse calor representa perdas de energia, ou a dissipação de energia em forma de calor. Um problema da eletrônica é o que fazer com esse calor. Nos diversos componentes do circuito elétrico de um carro grande quantidade de calor é gerada, exigindo assim radiadores em alguns deles para que "se livrem" do calor. Se esse calor ficar "acumulado" ele eleva a temperatura do componente até o ponto em que ele queima*

Se o calor for muito intenso, temos também a produção de luz, como no caso das lâmpadas incandescentes.

Outro efeito importante é o magnético. Quando uma corrente passa através de um condutor, em sua volta aparece um campo magnético. Se enrolarmos um fio em forma de bobina e fizermos passar uma corrente o campo criado concentra-se e temos um eletroímã.

Podemos aproveitar este efeito em solenóides, como os usados nas fechaduras elétricas do carro ou em motores como o motor de partida ou o motor do limpador de pára-brisas.

Na figura 8 temos um exemplo de solenóide de uso automotivo. Solenóides deste tipo são usados na abertura e trava de portas e do porta-malas.



*Figura 8 – Solenóide de uso automotivo*

Neste tipo de solenóide quando a corrente passa pela bobina, o campo magnético criado puxa o núcleo obtendo-se assim uma força capaz de realizar algum tipo de ação externa.

Outro efeito importante da corrente elétrica, aproveitados na baterias dos carros é o efeito químico.



Quando uma corrente circula através de determinados líquidos ocorrem reações químicas e com elas a troca de energia. Assim, é possível armazenar energia numa substância quando ela é percorrida por uma corrente e depois, podemos liberar esta energia, aproveitando-a para alimentar um circuito externo. A carga de uma bateria automotiva aproveita este efeito. Mais adiante veremos como isso pode ser feito.

### **LEDs**

*Nos livros de física, a luz produzida pela eletricidade era incluída no Efeito Joule, já que as lâmpadas de então eram do tipo incandescente. Hoje, o efeito luminoso pode incluir um outro tipo de dispositivo que é o LED. O LED converte diretamente energia elétrica em luz e está sendo cada vez mais usado no carro, em substituição às lâmpadas incandescentes comuns.*



*Lâmpadas de LEDs de uso automotivo*

### **Para saber mais**

*Sugerimos a leitura de nossos livros Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica e Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica (Vol 1 e 2)*

## **Fontes de energia elétrica (geradores)**

Para forçar a corrente através de um circuito e com isso fornecer energia a ele precisamos de dispositivos que estabeleçam entre dois pólos a pressão elétrica necessária a isso. Estes dispositivos são denominados geradores.

Como na natureza não é possível criar energia a partir do nada, estes dispositivos convertem alguma forma de energia em energia elétrica. Temos então os seguintes tipos de geradores:

## **Pilhas Baterias e Acumuladores**

Uma das formas mais utilizadas de se armazenar energia é a bateria. Desde sua invenção, a bateria passou por uma evolução constante, tanto para atender as exigências da tecnologia moderna como para torná-las mais eficientes e baratas.

Assim, a partir de uma reação química de redução e oxidação que ocorram simultaneamente, pode-se obter um fluxo de elétrons e com isso energia elétrica.

Este é o princípio básico de operação das células ou baterias, onde uma substância é reduzida e outra oxidada e no processo a energia liberada pode ser aproveitada na forma de eletricidade.

As células podem ser classificadas em duas grandes categorias:

### **a) Primárias**

Aquelas que já contêm a energia a partir do momento em que são fabricadas, e não podem ser carregadas posteriormente. O processo químico de produção de energia ocorre a partir de uma reação irreversível.

## b) Secundárias

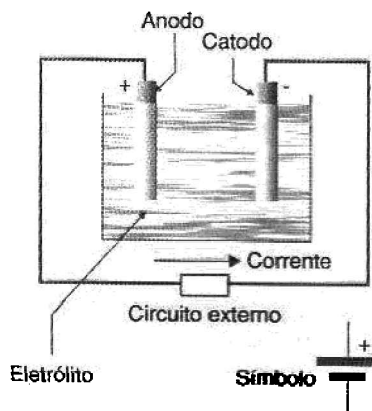
Aquelas que, ao serem fabricadas, não dispõem de energia. Elas precisam ser carregadas e o ciclo de carga e descarga pode ser repetido um número elevado de vezes. A reação que ocorre nestas células é reversível. As células secundárias também são chamadas "acumuladores".

As aplicações dos dois tipos de células não se limitam ao fornecimento de energia em grande quantidade. Pequenas células podem ser necessárias para a alimentação de equipamentos de sensoriamento remoto, pequenas automações, e muito mais.

Por outro lado, também devemos levar em conta as aplicações em que as baterias células devem ser de grande porte alimentando dispositivos de alta potência como inversores para um sistema de iluminação, um motor num sistema que não pode parar e muito mais.

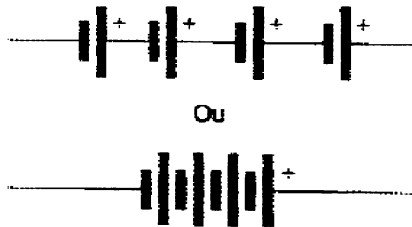
Neste ponto é interessante diferenciarmos o que se denomina célula e bateria.

Conforme mostra a figura 9, a célula é a unidade de fornecimento de energia, constando de um par de eletrodos e uma substância ativa (eletrólito) que os interfaceia eletricamente.



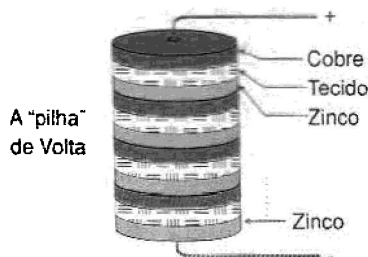
*Figura 9 – Uma célula química*

Quando associamos diversas células formamos uma bateria, conforme mostra a figura 10.



*Figura 10 – Associação de pilhas ou células formando uma bateria*

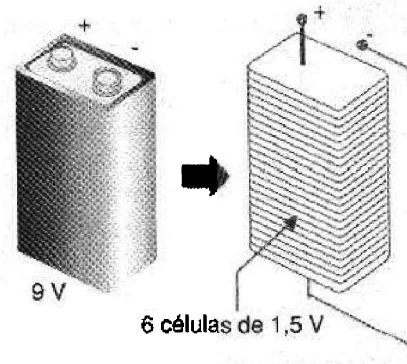
O conceito de pilha vem da “pilha” de Volta que realmente era uma bateria de células primárias onde as diversas células, formadas por discos de cobre e zinco, eram “empilhadas”, conforme mostra a figura 11.



*Figura 11 – A pilha de Volta*

Desta forma, ficou o conceito de “pilha” para as pequenas unidades primárias que usamos em rádios, gravadores e outros equipamentos e o conceito de bateria para as unidades formadas pela associação dessas células, como as baterias de 9 V.

O termo bateria também é empregado popularmente para designar as células secundárias que normalmente são fornecidas isoladamente ou associadas, conforme mostra a figura 12.



*Figura 12 – Uma "bateria" de 9 V em corte*

Neste livro usaremos o termo "célula" para indicar a unidade geradora e bateria para a sua associação.

Veja que, neste item, estamos nos referindo apenas às baterias químicas já que podemos adotar os mesmos conceitos para baterias solares, baterias atômicas, células à combustível, etc.

Nos automóveis são usados basicamente os acumuladores chumbo-ácido, que são células secundárias, assim para recordar os princípios de funcionamento destas células, omitimos as células primárias.

### **Carro elétrico**

*Com a chegada do carro elétrico, a importância da bateria como fonte de energia se tornou muito grande. Neste caso, observamos que os*

*acumuladores ou baterias usadas nestes veículos devem ter uma grande capacidade de energia. Muitas tecnologias têm sido criadas para obter acumuladores com grandes capacidades de armazenamento.*

## **Células Secundárias**

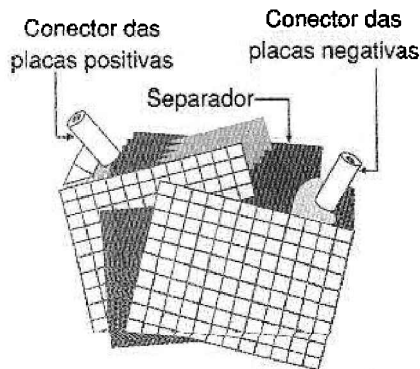
O tipo mais comum de célula secundária em uso no mundo é a chumbo-ácido, devido sua aplicação nos automóveis. Em segundo lugar temos as células de níquel-cádmio (Nicad) e ferro-níquel (células de Edison).

Além dessas temos as células de brometo de zinco, sulfato de sódio, e outras que fazem uso do lítio como elemento básico.

Analisemos os principais tipos:

### **Bateria Chumbo-Ácido**

Na figura 13 temos o princípio de operação deste tipo de bateria.



*Figura 13 – Estrutura de uma bateria chumbo-ácido*

A metade da célula correspondente ao anodo é feita de chumbo ou uma grade de uma liga de chumbo. O eletrólito consiste em ácido sulfúrico diluído.

A metade correspondente ao catodo consiste em chumbo ou uma grade com uma liga de chumbo e dióxido de chumbo esponjoso sobre ela. O eletrólito também consiste em ácido sulfúrico diluído. As duas meias células são separadas por uma barreira porosa.

O chumbo do anodo, nas aplicações comerciais é obtido por métodos que permitem obter uma porcentagem de 40% desse elemento.

Aditivos como a água, ácido sulfúrico e outros como o sulfato de bário são adicionados para evitar a densificação do carbono poroso usado no processo devido aos ciclos de carga e descarga da célula.

Densificação significa perder a porosidade e encolher o que pode causar deformação das placas.

A grade na qual as misturas do anodo e catodo são colocadas consiste numa liga de chumbo. Ligas de antimônio e arsênio são usadas, além de outros metais. O uso de ligas visa aumentar a resistência à corrosão e ao esforço mecânico.

### **Toxidade**

*Conforme podemos ver, os materiais usados nas baterias contem substâncias altamente tóxicas, devendo ser evitado o contato direto e principalmente o descarte no meio ambiente.*

Nas baterias com ciclos rápidos de carga e descarga 8% de antimônio é usado. Nas outras aplicações proporções de 1 a 3% são usadas.

O eletrólito usado nessas baterias é uma solução de ácido sulfúrico que deve ser livre de impurezas. A concentração normalmente é de 6 M, o que em termos comerciais significa uma densidade específica de 1,27 a 1,3.

### **Água destilada**

*Nas baterias não seladas (antigas) pode ser necessário acrescentar água quando o nível do eletrólito baixa por evaporação. A água usada deve ser obrigatoriamente destilada (pura), pois a água de fontes, torneiras, e mesmo da chuva é impura, pois contém diversos tipos de sais e outras substâncias dissolvidas.*

A tabela abaixo mostra como as concentrações dependem tanto da aplicação da bateria como ao próprio clima do local em que ela deve funcionar.

<b>Aplicação</b>	<b>Gravidade Específica (clima temperado)</b>	<b>Gravidade Específica (clima tropical)</b>
SLI (*)	1,27 a 1,29	1,22 a 1,24
Força Motora	1,28 a 1,32	1,24 a 1,28
Standby (carregada)	1,22 a 1,24	1,20 a 1,22
Standby (descarregada)	1,27 a 1,30	1,26 a 1,28
Aeronaves	1,26 a 1,28	1,26 a 1,28

(\*) Este termo refere-se a aplicação da bateria em uso automotivo e na partida de motores.

As barreiras que separam as duas metades da célula são normalmente feitas de celulose, polipropileno ou PVC. A porosidade é expressão em porcentagens ficando tipicamente entre 45% e 90% o que resulta em resistências específicas de 0,1 a 0,30 ohms/cm<sup>2</sup>.



As baterias chumbo-ácido encontram diversos campos de aplicação como:

- SLI e automotivas que são usadas em veículos de combustão interna no acionamento do motor de partida e mesmo na propulsão de veículos elétricos.
- Estacionárias, que são usadas com fontes auxiliares de energia.
- Portáteis, que são usadas na alimentação de equipamentos portáteis.
- Aeronaves e armazenamento renovável de energia

### **Toxicidade**

*Os vapores de ácido sulfúrico que emanam de uma bateria deste tipo são altamente tóxicos. O manuseio destas baterias deve ser feito sempre em ambientes muito arejados.*

### **Descarte de Eletrônicos**

*Não coloque componentes eletrônicos, pilhas ou baterias junto com o lixo comum, pois eles podem contaminar o meio ambiente. Veja na sua localidade como fazer o descarte desses produtos, deixando para isso um local especial onde você os acumula. Lembramos que placas de circuito impresso e muitos componentes possuem chumbo, que tipos não controlados de pilhas possuem mercúrio e cádmio que são elementos altamente poluentes e, como vimos, as baterias contém chumbo, arsênio e outros elementos tóxicos. Vamos preservar nosso meio ambiente.*

## Células de Níquel Cádmio

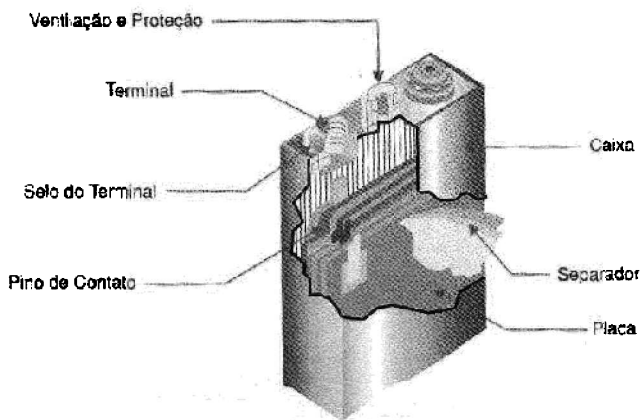
Essas células podem ser encontradas numa grande variedade de configurações. As mais comuns são as baterias chatas de bolso e as de formato cilíndrico visando as mesmas aplicações das pilhas comuns.

A tecnologia de montagem depende da forma e tamanho da célula ou bateria, já que podemos encontrar desde os tipos botão e cilíndricas de pequenas dimensões até as chatas maiores usadas em celulares e outros equipamentos.

Para este tipo de bateria os eletrodos de anodo consistem numa mistura de cádmio com outras substâncias enquanto que o catodo consiste em hidróxido de níquel além de outras substâncias.

Da mesma forma que nas baterias chumbo-ácido tanto o anodo como catodo estão imersos no mesmo eletrólito.

A substância usada neste caso é o hidróxido de potássio. Na figura 14 temos a construção típica de uma célula de Nicad típica.



*Figura 14 – Construção de uma bateria de Nicad.*

Para o anodo temos o hidróxido de níquel e a grafite misturados. O grafite em pó entra numa proporção de 20% do material do eletrodo.

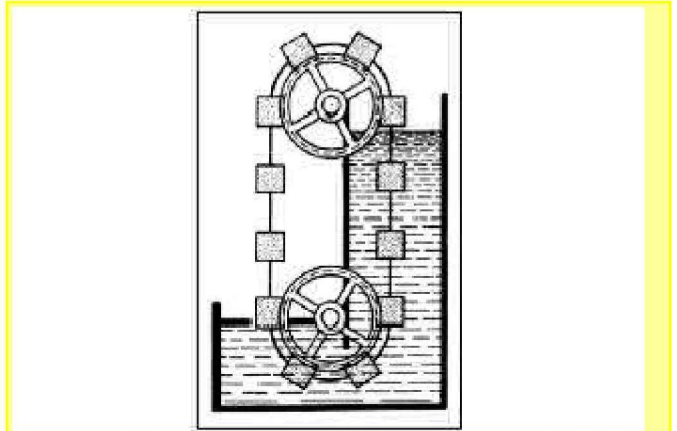
Para o catodo temos o hidróxido de cádmio, óxido de ferro, grafite e alguns aditivos orgânicos. O material entra no processo de fabricação na forma de pó.

Por um processo de evaporação do cádmio é produzido óxido de cádmio o qual é convertido em hidróxido de cádmio por hidratação. Em determinado momento do processo óxido de ferro é adicionado e em seguida a grafite e os aditivos orgânicos.

Para o eletrólito a condutância máxima ocorre quando a solução tem uma densidade de 1,26 a 25 °C. Nas aplicações comerciais é adicionado hidróxido de lítio ao hidróxido de potássio numa concentração de 8 a 20 g.l com a finalidade de se evitar que o ferro contamine o catodo.

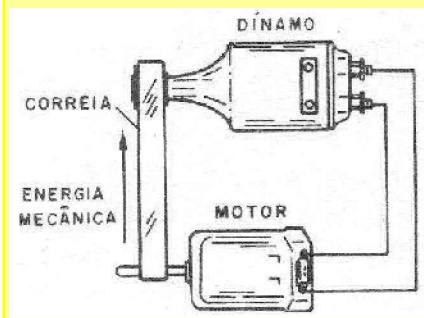
### ***Moto Perpétuo***

*Este nome serve para designar tentativa de muitos para construir um motor perpétuo, um motor que funcione sem precisar de energia. Evidentemente ninguém conseguiu ainda porque contraria os princípios da física, especificamente o da conservação da energia que vimos no nosso Curso de Eletrônica - Eletrônica Básica. Energia não pode ser criada, tem de vir de algum lugar. Além de diversas idéias, que não funcionaram, envolvendo recursos mecânicos, como a da figura A, existem idéias que envolvem eletricidade.*



*Figura A - A água que enche o balde de cima faz peso e ele desce fazendo o mecanismo girar indefinidamente. Por que não funciona?*

*Uma delas é a de se ligar um motor a um dínamo e depois alimentar o motor pelo dínamo, como mostra a figura B.*



*Figura B - Dínamo e alternador*

*Por que isso não funciona? Simplesmente porque os rendimentos do motor e do dínamo não são 100%. O dínamo não converte toda energia mecânica que recebe para girar em*

*eletricidade, assim vai para o motor um pouco menos de energia elétrica do que ele recebeu na forma de energia mecânica. Da mesma forma, o motor não converte 100% de energia elétrica em mecânica, assim ele não transfere para o dínamo toda energia. O dínamo neste ciclo já recebe menos, e com isso menor quantidade de energia é gerada, e no processo a energia vai caindo até tudo parar... Mesmo que o processo tivesse 100% de rendimento, no momento em que tiramos um pouco da energia para alimentar alguma coisa externa, a energia do sistema cai e com isso ele reduz sua velocidade até parar...*

## **Reciclando Energia**

Se bem que não possamos criar energia, conforme vimos, os carros híbridos aproveitam a idéia de que parte da energia que seria desperdiçada, por exemplo na frenagem quando se desce uma ladeira, pode ser usada para carregar uma bateria.

Assim, o que se faz é acoplar o sistema de propulsão do carro a um dínamo de tal forma que, quando descemos uma ladeira a energia potencial que existe neste caso e que seria perdida na frenagem, na verdade é utilizada pelo dínamo que recarrega a bateria.

Reaproveitamos então a energia da frenagem (não totalmente) para recarregar a bateria.

## **Aperfeiçoamentos**

Uma exigência das aplicações modernas é que suas baterias tenham o mínimo de manutenção. Para isso, foram desenvolvidas

tecnologias baseadas no uso de ciclos de recombinação de oxigênio para evitar a perda de água.

Outra tecnologia envolve novas arquiteturas para o material que envolve a bateria como, por exemplo, placas de fibras de níquel ou ainda placas de plástico ou borracha.

### ***Carro elétrico***

*Este tipo de bateria também tem sido empregado em carros elétricos. O que limita seu uso, além do custo, é a capacidade de armazenamento. Progressos têm sido feitos. Veja no capítulo 12.*

## **Célula de Edison ou Hidróxido de Níquel-Ferro**

Trata-se de um tipo de célula secundário muito semelhante a célula de Níquel-Cádmio. A principal diferença está no fato do anodo ser ferro.

Esta célula foi patenteada em 1901, mas não teve o mesmo sucesso das baterias de Níquel-Cádmio devido as sua baixa capacidade de retenção de carga. A vantagem principal, entretanto, está no fato de que o ferro é mais barato que o cádmio e é muito menos tóxico.

## **Dínamos e alternadores**

Os dínamos e alternadores são geradores que convertem energia mecânica, a força do motor, por exemplo, em energia elétrica. Eles consistem em conjuntos de bobinas que criam campos elétricos e através deles a energia é gerada pelo movimento.

Dada sua importância na eletricidade do automóvel teremos um capítulo especial para seu estudo.

## **CHOQUE ELÉTRICO**

A passagem de uma corrente elétrica através de nosso corpo pode provocar diversos efeitos, alguns dos quais muito perigosos. Uma corrente muito fraca mal consegue excitar os nossos nervos e nada sentimos.

Nesse caso, a corrente pode ser considerada inofensiva, por não manifestar outros efeitos.

Se a corrente tiver uma intensidade um pouco maior, ela já consegue excitar os nervos provocando diversos tipos de sensação que vão desde um simples "formigamento" até o limiar da dor.

No caso de uma corrente mais forte, além da dor podem ocorrer efeitos adicionais perigosos como queimaduras e até mesmo a paralisação de algumas funções vitais.

É muito difícil dizer com precisão qual é a tensão que pode matar uma pessoa porque os efeitos do choque dependem muito mais da corrente e a corrente não depende apenas da tensão, mas também da resistência apresentada pela pessoa no momento do choque.

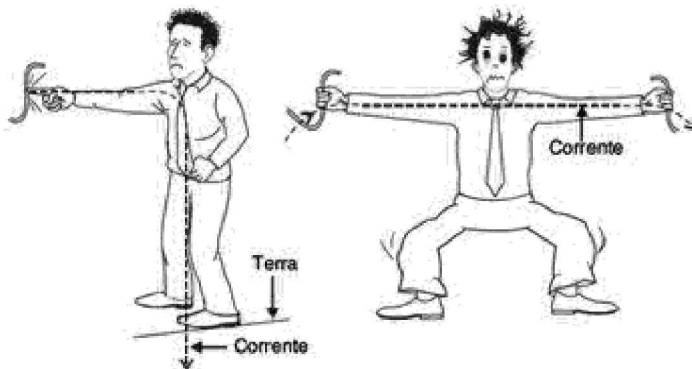
Essa resistência pode variar entre centenas de milhares de ohms nos pontos em que a pele é mais grossa e seca, até algumas centenas de ohms nos locais em que a pele seja fina ou esteja ferida e molhada.

No automóvel a tensão da bateria de 12 V é insuficiente para provocar uma corrente apreciável em nosso corpo e, com isso, causar choques. No entanto além de existirem no carro sistemas que operam com altas tensões, como o sistema de ignição e que, portanto causam choques, muitos equipamentos de diagnóstico de defeitos são ligados à rede de energia.

Além disso, existe o perigo de se expor a choques quando num acidente caem fios da rede de energia sobre o carro. Assim, saber como o choque ocorre e o que fazer para evitá-lo é assunto importante para quem deseja fazer a manutenção elétrica de um veículo.

Importante na análise das condições em que uma pessoa pode levar choques é o fato da corrente poder circular somente se houver um percurso para isso, o que quer dizer que uma pessoa só pode levar um choque se a corrente puder circular entre dois pontos de seu corpo.

A figura 15 mostra duas condições em que uma pessoa pode levar um choque.



*Figura 15 – Condições em que ocorre o choque*

Na primeira, a corrente pode circular entre o ponto de contacto da pessoa com o circuito elétrico e a terra, caso em que a presença de um bom isolante, como um sapato de sola de borracha pode ser eficiente na proteção, e na segunda, caso em que a pessoa toca simultaneamente dois pontos do circuito de modo que a corrente pode circular entre eles.

Neste segundo caso, o fato da pessoa estar com um sapato com sola de borracha ou outro isolante não a impede de levar o choque.

De um modo geral, pode-se dizer que uma corrente entre 100 mA e 200 mA é suficiente para causar a morte e que uma corrente de



apenas 25 mA já é suficiente para causar a paralisia de funções importantes.

Os aparelhos eletrônicos podem manifestar com facilidade, em diversos de seus pontos, tensões que são mais de que suficientes para causar choques perigosos, daí a necessidade de cuidados especiais no seu manuseio, principalmente quando ligados (lembramos que mesmo desligados, muitos aparelhos podem ser responsáveis por choques violentos, devido às cargas armazenadas nos capacitores, principalmente os de valores elevados).

Uma regra geral adotada pelos profissionais e pessoas em geral que têm contato com a eletricidade consiste em se manusear um fio ou objeto que possa estar energizado sempre usando uma mão só. A outra deve ser mantida no bolso, conforme mostra a figura 16.



*Figura 16 – Regra da mão no bolso*

### ***Socorro para Acidentados por Choques Elétricos***

- Procure em primeiro lugar separar a vítima da fonte de corrente, se ela ainda estiver recebendo a descarga. Não toque na vítima, pois a corrente pode passar para seu corpo e você também receberá o choque. Se a pessoa estiver com roupas secas, puxe-a por elas. Caso contrário, use um objeto seco não condutor de eletricidade, para separar a pessoa da fonte de choque. Se possível, desligue a chave geral ou qualquer chave próxima que possa interromper a corrente causadora do choque.

- Se a pessoa não estiver respirando após o choque, aplique os métodos de respiração artificial. É importante observar se a língua da vítima está enrolada, dificultando ou impedindo a respiração. A língua deve ser puxada para se evitar a asfixia. Ao mesmo tempo em que aplicar qualquer técnica de socorro, verificando se tratar de caso grave, deve-se procurar auxílio médico imediato.

### **Gaiola de Faraday**

O carro, por ser uma estrutura metálica fechada, funciona como uma blindagem. O que ocorre é que se tivermos um corpo metálico oco, e ocorrer uma descarga elétrica neste corpo, a corrente contorna o corpo e não penetra no seu interior.

Assim, numa tempestade, se um raio cair num carro, a corrente criada percorre a estrutura metálica pelo lado externo e quem estiver no seu interior não recebe choque algum, conforme mostra a figura 17.



*Figura 17 - Foto antiga de um livro da General Electric*

Observe em vermelho a faísca saltando da parte metálica para a terra a partir de uma das rodas.

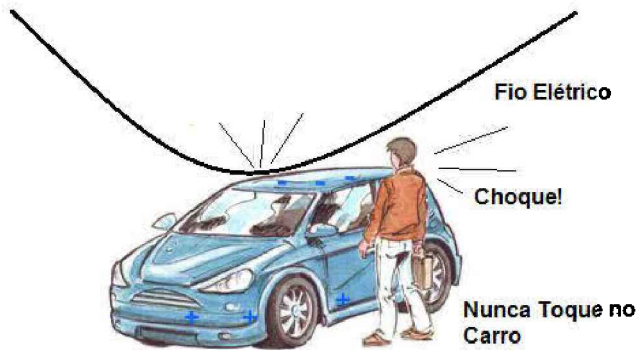
O carro é, portanto, um lugar seguro para estar no caso de uma tempestade com raios.

O mesmo ocorre se um fio da rede de energia cair sobre o carro no caso de um acidente. Enquanto a pessoa estiver no seu interior, ela não vai levar choque algum.

No entanto, se ela tentar sair do carro, no momento em que colocar os pés no chão, ela fecha o percurso para a corrente e morre eletrocutada.

Se um fio cair sobre o carro em caso de acidente. Nunca tente sair do veículo. Não tente tirar alguém que se encontre no seu interior (figura 18). Espere socorro.

Se tiver que sair por motivo pior, por exemplo, o carro começar a pegar fogo, salte. Nunca mantenha ao mesmo tempo contato com o veículo e a terra.



*Figura 18 – Não toque num veículo que esteja em contato com um fio elétrico*

## **Termos em Inglês**

Como fazemos em muitos de nossos livros, onde aparecem muitos termos técnicos em inglês, dedicamos um espaço especial para explicar alguns destes termos. Assim, quando falamos em energia fornecida por uma pilha bateria, vem à tona os termos *Power*, *Energy* e *Force*. Veja a explicação dada a seguir:

Um dos problemas das traduções técnicas é que, em muitos casos, quem faz essas traduções não conhece o assunto do texto, mas tão somente o inglês. Isso pode levar a situações bastante embaraçosas como, por exemplo, as traduções comuns de "silicon" por silicone em lugar de silício.

Como membro da Associação Brasileira de Jornalismo Científico, defendemos justamente esse fato, procurando fazer ver que o jornalista científico também deve ter um preparo especial sobre o assunto que escreve.

No caso da eletrônica aplicada ao automóvel também é comum a tradução errada dos textos em que os termos *power*, *energy* e *force* são usados.

Power – Energy – Force

Os termos:

Power = potência

Energy = Energy

Force = Força

Esses termos têm significados bem diferentes, partindo da própria física. Tomemos para isso o texto do Prof. Léo (Luiz Ferraz: Neto, nosso amigo e colaborador por muito tempo):

**Definição** - *As forças têm a qualidade de realizarem 'trabalho', função dos deslocamentos que provocam nos corpos. Todo trabalho implica numa transferência de energia (outro modo de se transferir energia de uma região para outra é através de ondas). Em Ciência, toda transferência de energia se dá através do trabalho ou de ondas. O trabalho de uma força é definido como o produto da intensidade da força pela extensão do deslocamento que ela determina no corpo, quando o deslocamento se dá na direção da força; no caso geral, nesse produto se considera apenas o componente da força segundo a direção do deslocamento.*

Fica claro que força, trabalho e energia são coisas diferentes. Mas, para melhor entender como tudo isso se aplica ao inglês tomemos o seguinte texto como exemplo:

### **ENGINE**

*A machine that converts energy into mechanical force or motion. Sources of energy include heat, chemical reaction, potential energy of elevated water, etc.*

**Vocabulário:**

Engine – motor

Machine – Máquina

Converts – converte

Força – força

Motion - Movimento

Sources – fontes

Energy – energia

Heat – calor

Elevated – elevada

Traduzindo o texto ficamos com:

“Motor

Uma máquina que converte energia em força mecânica ou movimento. Fontes de energia incluem calor, reação química, energia potencial da água em lugares elevados, etc.”

**Questionário:**

1) Um fluxo de elétrons consiste em:

a) Uma diferença de potencial

b) Uma carga estática

c) Uma corrente elétrica

d) Uma fonte de energia

2) Numa bateria chumbo-ácido, os eletrodos consistem:

- a) Placas de chumbo
- b) Uma solução de ácido sulfúrico
- c) Placas de cobre e zinco
- d) Placas de níquel-cádmio

3) Uma bateria chumbo-ácido

- a) Não é recarregável
- b) Pode ser carregada apenas uma vez
- c) Pode ser carregada muitas vezes
- d) Descarrega-se pelo eletrólito

4) Para haver choque elétrico

- a) É preciso haver percurso para a corrente
- b) A pessoa precisa ser aterrada
- c) A pessoa não pode usar sapatos com solas de borracha
- d) Deve-se segurar pelo menos um fio sob alto potencial

5) Uma gaiola de Faraday consiste:

- a) Nula blindagem contra choques
- b) Num sistema de aterramento
- c) Num corpo carregado
- d) Numa blindagem eletrostática

## Capítulo 2

### **Os Componentes Eletrônicos Básicos - Passivos**

Ao trabalhar com circuitos eletrônicos encontrados no automóvel, o profissional vai se deparar com uma série de componentes que não são comuns nos automóveis antigos.

São componentes do tipo encontrado em equipamentos eletrônicos convencionais modernos como rádios, televisores, computadores e outros. O profissional deve estar então preparado para identificar estes componentes, saber o que fazem e eventualmente fazer seu teste e substituição.

Neste capítulo vamos tratar dos principais componentes da eletrônica automotiva de uma forma resumida, já que o aprofundamento de suas funções e usos pode ser encontrado de forma muito mais detalhada no nosso Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – Volume 1.

Se o leitor já tem boa experiência com eletrônica, pode saltar este capítulo e ir diretamente para o seguinte. No entanto, uma revisão sempre é interessante, pois dos componentes que são abordados de forma convencional no trabalho com eletrônica tem suas funções na eletrônica embarcada salientada.

#### **Resistores**

De todos os componentes eletrônicos, os mais comuns são os resistores. Estes componentes são encontrados em diversos formatos e aparências, tendo seu aspecto e símbolo mostrado na figura 1.



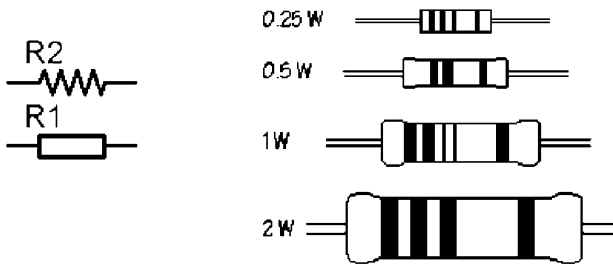


Figura 1—Símbolos e aspectos

A finalidade do resistor é oferecer uma oposição à passagem da corrente reduzindo assim sua intensidade onde isso é necessário, ou ainda provocar uma queda de tensão num circuito. Os resistores são especificados pela sua resistência medida em ohms ( $\Omega$ ). Em alguns tipos de resistores os valores da resistência são dados por faixas coloridas segundo um código internacional mostrado na tabela abaixo.

Cor	Valores Significativos	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	1	-
Marrom	1	10	1%
Vermelho	2	100	2%
Laranja	3	1 000	-
Amarelo	4	10 000	-
Verde	5	100 000	0,5%
Azul	6	1 000 000	0,25%
Violeta	7	10 000 000	0,1%
Cinza	8	100 000 000	0,05%
Branco	9	1 000 000 000	-
Dourado	-	0.1	5%
Prateado	-	0.01	10%

Neste código, as duas primeiras faixas indicam os dois primeiros dígitos do valor do resistor. Por exemplo, vermelho e violeta indicam 27. O terceiro dígito indica o fator de multiplicação ou número de zeros a ser acrescentado. Ainda como exemplo, laranja indica 3 zeros o que leva a 27 000 ohms o valor do componente.

O quarto anel, quando existe indica a tolerância. Existem ainda resistores de 5 faixas onde as três primeiras faixas indicam os três primeiros dígitos. Uma segunda especificação importante é a dissipação, ou seja, quanto de calor o resistor pode suportar, dada em watts.

Resistores comuns encontrados em aparelhos eletrônicos e em alguns dispositivos dos automóveis são pequenos, com potências de  $\frac{1}{4}$  a 1 W, tipicamente.

O teste de um resistor é feito com o multímetro, retirando-se o componente do circuito e medindo-se sua resistência.

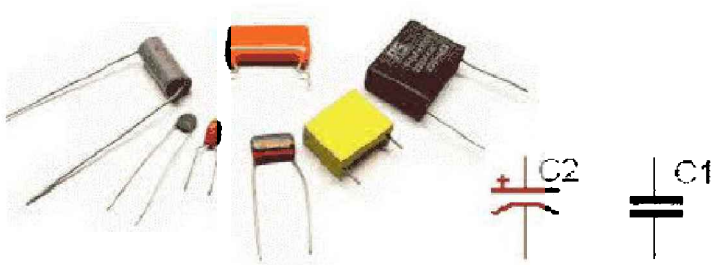
Mais adiante veremos como usar o multímetro no automóvel e se o leitor quiser se aprofundar mais no assunto pode consultar a série de nossa autoria "Como Testar Componentes" em quatro volumes e também o livro "Os Segredos no Uso do Multímetro".

### ***Resistores no automóvel***

*Os resistores não são muito comuns na fiação de um carro. No entanto, eles estarão presentes dentro de diversos dispositivos eletrônicos dos veículos.*

## **Capacitores**

Os capacitores também são componentes bastante comuns em aparelhos eletrônicos. O que ele faz é armazenar uma pequena carga elétrica, com diversas finalidades. Na figura 2 temos os aspectos dos principais tipos e o símbolo adotado para representá-los nos esquemas.



*Figura 2—Aspectos e símbolos para capacitores*

O valor de um capacitor é dado em farads (F). Na prática são utilizados submúltiplos do farad como o microfarad ( $\mu\text{F}$  – milionésimo do farad – 0,000 001 F), o nanofarad (nF – bilionésimo do farad – 0,000 000 001 F) e o picofarad (PF – trilionésimo do farad – 0,000 000 000 001 F).

Os capacitores possuem um material isolante em seu interior denominado dielétrico e que lhes dá o nome. Assim, encontramos tipos como os cerâmicos, poliéster, styroflex, eletrolíticos, mica, etc. Alguns tipos como os eletrolíticos possuem polaridade, ou seja, uma marcação (+) que indica o pólo positivo. Se forem invertidos num circuito podem danificar-se.

Outra especificação importante dos capacitores é a sua tensão de trabalho, ou seja, qual a tensão máxima que suportam. O teste de capacitores pode ser feito em alguns casos com um multímetro, mas o melhor é usar um aparelho que mede sua capacitância, denominado capacitímetro.

### ***Super-capacitores para som automotivo***

*Para resolver alguns problemas que ocorrem quando o sistema automotivo de um carro tem uma potência muito alta podem ser usados ultra-capacitores ou super-capacitores com*

capacitância que ultrapassam 1 Farad. Na figura abaixo um desses capacitores. Veja no capítulo 11.



Capacitor de 1,2 Farads para som automotivo

## Indutores

Indutores ou bobinas também pertencem à família dos denominados componentes passivos, como os resistores e os capacitores. Estes componentes são formados por certo número de voltas de fio esmaltado numa forma com ou sem núcleo.

O núcleo pode ser de ferrite ou ferro, conforme a aplicação. Na figura 3 temos os símbolos adotados para representar este componente assim como seu aspecto.



Figura 3—Bobinas ou indutores — aspectos e símbolos

Os indutores são especificados por sua indutância numa unidade denominada henry (H). Na prática podemos encontrar indutores com valores muito pequenos especificados em milésimos de henry (mH) ou ainda milionésimos de Henry ( $\mu\text{H}$ ).

Outra forma de se especificar os indutores é por seu número de voltas de fio, espessura do fio, diâmetro da bobina e tipo de núcleo utilizado.

O teste de uma bobina normalmente é feito medindo-se sua continuidade com um multímetro. Uma bobina em bom estado deve apresentar resistência baixa.

### ***Teste de indutores e capacitores***

*Na série de livros Como Testar Componentes. Volumes 1 a 4, ensinamos como testar estes componentes.*

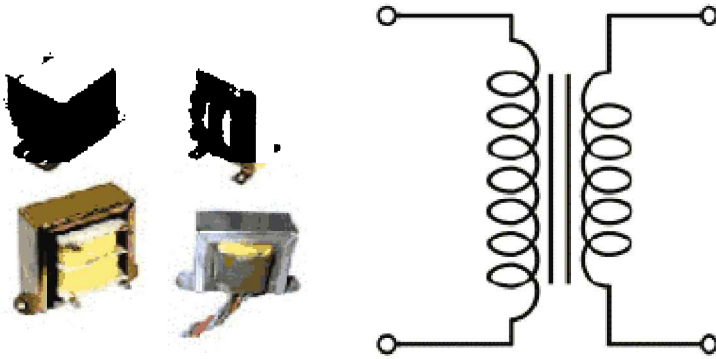
## **Transformadores**

Transformadores são componentes formados por dois ou mais enrolamentos de fio esmaltado sobre um núcleo comum que pode ser de ar, ferro laminado ou ferrite. Sua função é alterar tensões num circuito, elevando-as ou abaixando-os como as encontradas nas ignições.

### ***Bobina de ignição***

*A bobina de ignição de um carro é um transformador, conforme veremos nos próximos capítulos.*

Na figura 4 temos os símbolos adotados para representar este componente assim como seu aspecto.



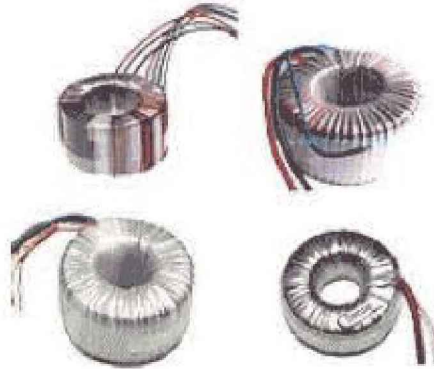
*Figura 4—Transformadores—aspectos e símbolos*

Existem diversas maneiras de se especificar um transformador. A mais comum é indicando a tensão de entrada ou tensão do primário, a tensão de saída ou tensão do secundário e a corrente que se pode obter no enrolamento secundário.

Por exemplo, um transformador utilizado num carregador de bateria pode ter 110 V ou 220 V de entrada (primário), 12 a 15 V de tensão de saída, com uma corrente que pode variar entre 3 e 10 A.

O teste mais simples de um transformador é feito medindo-se a resistência ou continuidade dos seus enrolamentos com um multímetro. Os enrolamentos devem apresentar baixa resistência. Se tiverem alta resistência (acima de 10 000 ohms) é sinal que o enrolamento se encontra aberto (interrompido) e o transformador não pode ser utilizado.

Um tipo de transformador encontrado em alguns circuitos é o toroidal, conforme mostra a figura 5.



*Figura 5 - Transformadores com núcleos toroidais*

Nestes transformadores, o núcleo consiste num anel de metal (toróide).

### ***Bobina de ignição***

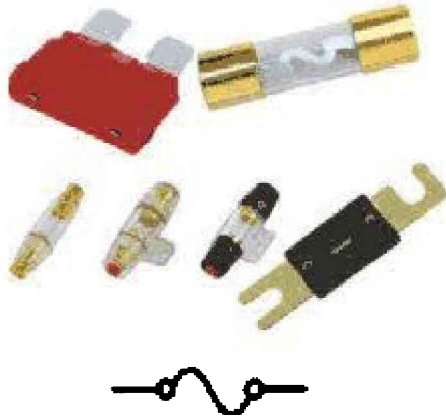
*Para obter alta tensão são enroladas milhares de voltas (espiras) de fio muito fino. Numa bobina de ignição o enrolamento de alta tensão pode ter mais de 50 km de fio!*

### **Fusíveis**

Os fusíveis são componentes muito importantes num circuito, pois se destinam a sua proteção. Eles funcionam como o elo mais fraco de uma corrente. Se algo vai mal eles quebram e interrompem a corrente evitando maiores danos ao circuito ou mesmo à instalação elétrica do automóvel.

Os fusíveis encontrados nos carros podem ser de dois tipos: os utilizados na própria instalação do carro e os utilizados nos equipamentos eletrônicos. Eles diferem quanto ao aspecto, mas a

função é a mesma. Na figura 6 temos os símbolos e aspectos destes componentes.



*Figura 6 - Aspectos e símbolo do fusível*

Os fusíveis são especificados pela corrente com que se rompem. Por exemplo, um fusível de 20 A vai abrir o circuito quando a corrente atingir este valor. Ele será utilizado num circuito em que a corrente é menor. Somente se houver um curto-circuito ou problema com algum componente e a corrente subir, ele vai se romper.

### **Cuidado**

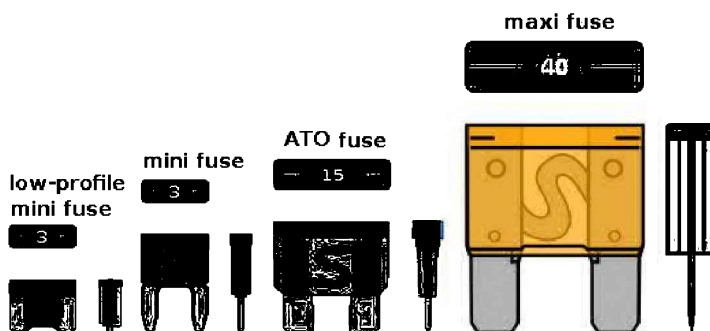
*Nunca substitua um fusível por um valor diferente do original. Um fusível maior, por exemplo, pode não abrir em caso de algum problema e com isso danos no circuito e na instalação do carro podem ocorrer.*



O teste de um fusível pode ser feito medindo-se sua continuidade com um multímetro. O fusível bom apresenta uma resistência nula e um fusível aberto (queimado) apresenta uma resistência infinita.

## Fusíveis Para Uso Automotivo

Os fusíveis para uso em veículos têm uma padronização diferente dos usados em equipamentos eletrônicos convencionais. Na figura 7 mostramos os principais tipos, observando-se que o tamanho também está ligado à intensidade da corrente no circuito que deve ser protegido.



*Figura 7 – Tipos de fusíveis de uso automotivo*

As especificações desses fusíveis são dadas pela sua cor. Assim, conforme a cor, será especificada a corrente com a qual o fusível abre, ou seja, queima. Na figura 8 temos o código de cores internacionalmente adotado para fusíveis de uso automotivo.



*Figura 9 – Código para fusíveis automotivos*

### ***Jogo de fusíveis***

*Tenha sempre no carro um jogo de fusíveis para trocar em situações de emergência.*

Nos carros, todos os fusíveis ficam numa caixa única de fácil acesso, normalmente perto do motorista, conforme mostra a figura 10.



*Figura 10 – A caixa de fusíveis de um automóvel*

## **Disjuntores**

Um tipo de dispositivo de proteção de circuitos, com a mesma função do fusível é o disjuntor, cujo aspecto é mostrado na figura 11.



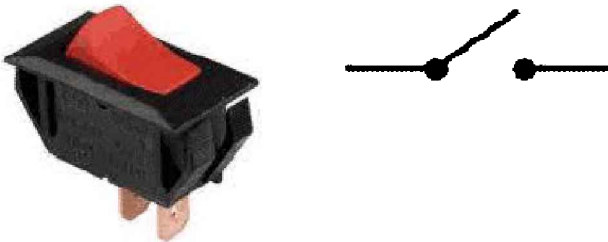
*Figura 11—Um disjuntor comum*

Este componente desliga um circuito em caso de algum problema. No entanto, ele não precisa ser trocado quando isso ocorre. Basta remover a causa do problema e depois religá-lo. Os disjuntores são mais utilizados em instalações domésticas, comerciais e industriais.

Nos carros não temos estes dispositivos, mas na oficina certamente eles devem ser usados para proteger suas instalações elétricas.

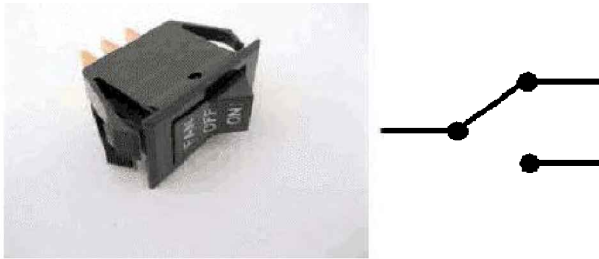
### **Interruptores e Chaves**

Interruptores e chaves servem para ligar e desligar dispositivos elétricos ou ainda mudar suas funções. Os interruptores normalmente são do tipo liga/desliga e possuem dois pólos, conforme mostra a figura 12.



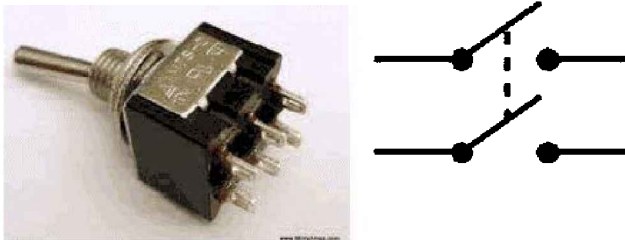
*Figura 12 — Chave liga-desliga*

Já as chaves possuem diversos pólos, dependendo do tipo de função que exercem. Por exemplo, podemos ter uma chave de 1 pólo x 2 posições que comuta o brilho de uma lâmpada ou a velocidade de um motor, conforme mostra a figura 13.



*Figura 13—Chave SPDT— aspecto e símbolo*

Uma chave H ou reversível pode ser utilizada para inverter a rotação de um motor, com aspecto e símbolo, conforme mostra a figura 14.



*Figura 14 —Chave DPDT— aspecto e símbolo*

As chaves e interruptores são especificados pela intensidade máxima da corrente com que podem trabalhar. Uma corrente excessiva gasta os contactos causando falhas elétricas.

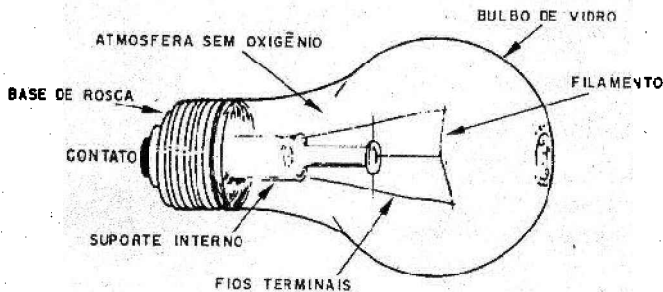
### **Chaves improvisadas**

*Muitos colocam equipamentos adicionais nos veículos que são acionados por chaves nos painéis. É preciso tomar muito cuidado com a escolha das chaves, pois elas devem ter a capacidade de controlar a corrente que o equipamento precisa.*

### **Lâmpadas e LEDs**

As lâmpadas incandescente que já estão desaparecendo, sendo substituídas pelos LEDs, tem o mesmo princípio de funcionamento dos resistores: um elemento que oferece uma certa resistência à passagem da corrente. No entanto, neste caso, o elemento é um fino filamento de tungstênio colocado num bulbo de vidro com atmosfera que não contenha oxigênio.

O calor gerado pela passagem da corrente é suficiente para produzir luz. Na figura 15 temos a estrutura de uma lâmpada incandescente doméstica.



*Figura 15 – Lâmpada incandescente doméstica*

A resistência do filamento e a tensão que alimentam a lâmpada determinam sua potência, ou seja, a intensidade de luz produzida. Na utilização de uma lâmpada duas especificações são importantes (gerando uma terceira):

a) A tensão que devemos aplicar à lâmpada para que ela acenda normalmente, ou seja, os Volts (V) de alimentação.

b) A corrente da lâmpada que é resultado da resistência do filamento. Essa corrente é indicada em miliampères ou ampères.

Uma terceira especificação pode ser dada em lugar da corrente, mas ela pode ser calculada em função da corrente, ou ainda, em função da corrente podemos calculá-la.

O produto da tensão pela corrente ( $V \times I$ ) nos dá a potência em watts (W) da lâmpada, ou a quantidade de energia que é convertida em luz.

Na verdade, o rendimento de uma lâmpada deste tipo é baixo, pois a maior parte da energia gasta é convertida em calor para aquecer o filamento.

As lâmpadas incandescentes utilizadas nos veículos automotores têm o mesmo princípio de funcionamento, mas são diferentes em formatos e tamanhos, conforme a aplicação.

Temos desde as maiores de maior potência usadas em faróis e lanternas, até as menores usadas em painéis e para iluminação de compartimentos. Na figura 16 temos a variedade de lâmpadas incandescentes usadas em veículos, de um catálogo obtido na internet.



*Figura 16 – Lâmpadas comuns de uso automotivo*

## **LEDs Nas Aplicações Automotivas**

Com o desenvolvimento de tecnologias que conseguem produzir LEDs cada vez mais potentes, estes componentes começam gradualmente a tomar lugar das lâmpadas em todos os tipos de aplicações.

Em especial, no campo da eletrônica embarcada, os LEDs começam a substituir as lâmpadas em cada vez maior número de funções rumo a mais potente de todas, os faróis.

Durante muito tempo as lâmpadas reinaram sem concorrência alguma em todas as aplicações automotivas em que se necessitava de alguma forma de iluminação.



Dos painéis com pequenas lâmpadas indicadoras, incluindo os rádios, passando pela luz de cortesia e pela sinalização, chegamos às mais potentes que são as lanternas e os faróis.

Com o advento dos LEDs a sua utilização no carro foi logo imaginada, mas as limitações de potência e de custo impediam que a substituição fosse imediata em todas as aplicações.

Os LEDs, mesmos os menores ainda eram caros, não podendo enfrentar a concorrência da lâmpada. Suas únicas vantagens ainda eram o alto-rendimento, robustez e a possibilidade de fornecer luz monocromática.

De fato, os LEDs são infinitamente mais robustos que uma lâmpada, pois não possuem um frágil bulbo de vidro que é crítico num ambiente rude como o de um carro, e sua durabilidade é muito maior, além do próprio tamanho que também deve ser ressaltado.

Mas, mesmo assim, os LEDs começaram cedo a invadir as aplicações automotivas e a primeira, certamente bem conhecida de todos os leitores, foram as brake-lights. As pequenas dimensões dos LEDs facilitavam a sua utilização num sistema seqüencial de pequena potência, conforme mostra a figura 17.



*Figura 17 -Brake-light comerciais com diversos padrões.*

Num brake-light seqüencial comum, por exemplo, são utilizados de 20 a 80 LEDs, dependendo do tamanho da barra.

Os LEDs utilizados são do tipo que exige correntes da ordem de 10 a 20 mA, para o caso dos vermelhos. O rendimento deste tipo de LED está na faixa de 0,25 a 0,35 lm por emissor.

Com a obtenção de LEDs mais potentes, uma redução considerável do número de LEDs se tornou possível além de uma redução do custo do projeto.

As melhorias mais acentuadas ocorreram em torno de 1994 quando novas tecnologias de materiais AlGaAs tornaram possível a fabricação de LEDs de 5 mm com uma capacidade de emissão de 0,8 lm.

Com LEDs deste tipo, uma brake-light para montagem em spoiler poderia ser elaborada com apenas 20 LEDs.

No entanto, um dos problemas que ocorre quando conseguimos trabalhar com maior capacidade de emissão e conseqüentemente correntes mais intensas nos LEDs é a produção de calor.

Os LEDs aquecem e devem transferir o calor gerado de forma conveniente para o meio ambiente, caso contrário queimam.

Tecnologias especiais reduzem a resistência térmica dos LEDs mais modernos e com isso eles podem transferir para dissipadores o calor gerado de modo muito mais eficiente.

No entanto, os LEDs utilizados nestas aplicações iniciais automotivas ainda tinham um sério inconveniente: sua luz era monocromática, o que significa que eles se davam muito bem em aplicações de sinalização, principalmente os vermelhos, que eram os mais baratos.

***Ligação dos LEDs***

*Os LEDs têm um comportamento elétrico diferente das lâmpadas. Além de serem polarizados (possuem um lado positivo e um negativo) eles sempre precisam de um limitador de corrente, normalmente um resistor. Nunca Ligue um LED diretamente em 12 V, pois ele queimará.*

A possibilidade de se obter luz num espectro mais amplo ocorreu com a integração de três pastilhas de emissores de cores diferentes num mesmo invólucro. Inicialmente controladas externamente como nos tipos RGB, logo foi possível integrar também os circuitos que dosavam a composição total da luz emitida e com isso os LEDs brancos se tornaram disponíveis, além de LEDs em cores que não são as originais das pastilhas.

Desta forma, além da sinalização, os LEDs encontraram uma outra gama de utilização automotiva: a iluminação.

Dessa forma, inicialmente encontramos estes LEDs nas aplicações de baixa potência que é a iluminação de painéis. Posteriormente, passaram a ser usados na iluminação interna.

Atualmente já vemos LEDs tanto vermelhos como brancos nas lanternas de alguns veículos e até mesmo em faróis. Na figura 18 temos um LED comercial que possui soquete compatível com as lâmpadas que ele pode substituir em aplicações automotivas.



*Figura 18 - LED de uso automotiva para substituição direta de lâmpadas.*

Estes LEDs de alta luminosidade e alto rendimento mostram que o caminho até a substituição completa das lâmpadas já foi em grande parte percorrido. As vantagens são muitas, indo desde a robustez, durabilidade até o rendimento.

Se levarmos em conta que numa lâmpada comum a maior parte da energia se converte em calor, os LEDs representam um grande avanço em iluminação, principalmente numa época em que consumo de energia é importante em qualquer tipo de aplicação.

### ***Fabricação de lâmpadas***

*Na época em que escrevemos este livro (2012) as lâmpadas incandescentes de uso doméstico deixaram de ser fabricadas no Brasil.*

Apenas acrescentamos que o teste de uma lâmpada incandescente pode ser feito com o multímetro medindo-se sua continuidade.

O filamento bom deve apresentar uma baixa resistência. Para os LEDs o teste é mais complexo, mas trataremos disso futuramente.

### **Curiosidade**

#### **Lanterna de Carbureto (acetileno)**

*Nem sempre as lanternas e faróis dos carros foram elétricas. Nos carros de 1800/1900 eram usadas lanternas de acetileno obtido da reação do carbeto ou carbureto de cálcio com a água. Nelas havia um tanque com uma substância (carbureto ou carbeto de cálcio) que, quando se gotejava água, liberava um gás combustível, o acetileno que era usado para produzir luz.*



*Nas fotos de um catálogo de venda de produtos para colecionadores, um farol ou lanterna de acetileno e o dispositivo (tanque) gerador do gás. No carro de 1910 da foto abaixo, os faróis são de acetileno.*



*Carro com farol e lanterna de acetileno.*

*Quando o motorista precisava usar os faróis ele abria o produtor de gás para a água gotejar e produzir gás, ia até a frente do veículo, abria o farol e acendia o bico com um fósforo. Depois ajustava a chama através de um regulador para obter a luz ideal, fechava a lanterna e voltava para a direção. Tudo muito prático...*

### **Outros componentes**

Além dos que vimos existem diversos outros componentes de natureza elétrica, ou seja, que podem realizar funções nos circuitos ou ainda receber energia elétrica para convertê-la em outras formas de energia.

Estes são componentes denominados passivos, pois não amplificam e nem geram sinais.

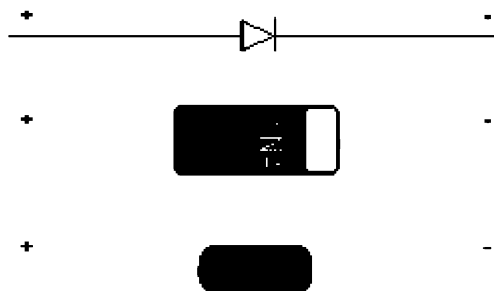
Dentre eles destacamos os alto-falantes, motores, buzinas, indicadores de painel, conectores, terminais isolados, antenas, cabos, etc.

## Componentes Eletrônicos Básicos - Ativos

Trataremos agora dos componentes ativos e de semicondutores que são componentes mais avançados. Os componentes estudados a seguir, aparecem em grande quantidade na maioria dos equipamentos automotivos modernos.

### *Diodos*

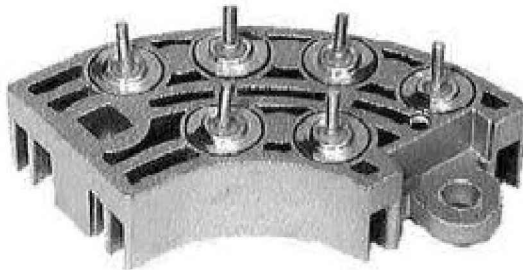
Os diodos semicondutores são dispositivos que conduzem a corrente num único sentido. Por este motivo eles são utilizados tanto em funções lógicas como na retificação, ou seja, para converter corrente alternada em corrente contínua. Na figura 19 temos o símbolo e o aspecto destes componentes.



*Figura 19 — Diodos — símbolos e aspectos*

Uma aplicação importante destes componentes na eletrônica automotiva é justamente na saída dos alternadores (que produzem correntes alternadas) para convertê-la em corrente contínua de modo que ela possa ser utilizada para carregar a bateria.

Na figura 20 temos um conjunto de diodos de um alternador automotivo comum.



*Figura 20 — Seis diodos de um alternador comum*

Os diodos possuem duas especificações importantes: a tensão máxima que suportam dada em volts e a corrente máxima que podem conduzir, dada em ampères.

O teste de diodos é simples. Com o multímetro verificamos se ele conduz num sentido, mas não no outro.

Se ele conduzir nos dois sentidos, é porque está em curto. Se não conduzir em nenhum sentido é porque se encontra aberto.

### **Transistores**

De todos os componentes eletrônicos modernos, talvez o mais importante seja o transistor bipolar ou simplesmente transistor.

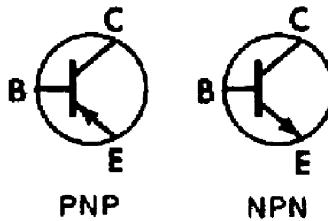


O transistor pode amplificar sinais, gerar sinais ou ainda funcionar como uma chave eletrônica, ligando e desligando circuitos.

Em outras palavras, colocando um transistor num circuito ele pode controlar este circuito a partir de sinais de comando.

Existem dois tipos de transistores que são diferenciados pelo modo como sua estrutura de silício é determinada.

Se usarmos dois pedaços de silício N e um de silício P teremos um transistor NPN. Por outro lado, usando dois pedaços de silício P e um de N, teremos um transistor PNP. Na figura 21 temos os símbolos



*Figura 21—Símbolos dos transistores*

Existem diversos tipos de transistores que se diferenciam quanto ao tamanho e forma. Na figura 22 temos os aspectos dos principais dos transistores.



*Figura 22 — Tipos de transistores comuns*

Os transistores maiores, de metal são destinados ao controle de correntes intensas como, por exemplo, nos sistemas de ignição eletrônica, etc.

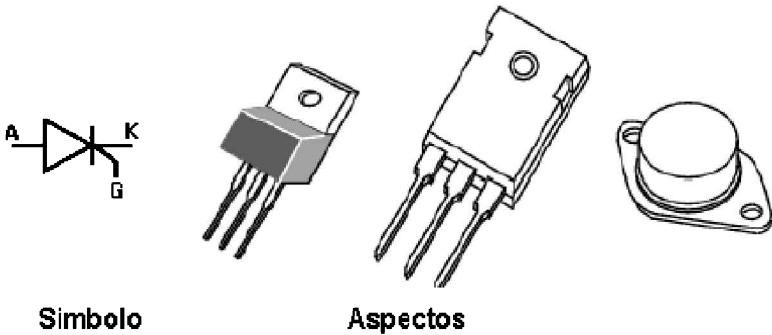
Os menores são destinados a operação com sinais fracos como em rádios, com sensores, sinalização, geração de sinais de controle, etc.

### **SCRs**

SCR é o acrônimo Para Silicon Controlled Rectifier ou Diodo Controlado de Silício. Trata-se de um dispositivo semiconductor de 4 camadas destinado ao controle de correntes intensas nos circuitos.

Este dispositivo possui um anodo e um catodo entre os quais passa a corrente principal, e um elemento de disparo denominado gate.

Na figura 23 temos o símbolo adotado para representar este componente assim como seus aspectos.



*Figura 23 - SCR - Símbolo e aspecto*

Os SCRs são utilizados em alarmes e principalmente em sistemas de ignição disparando quando a faísca deve ser produzida. Neste momento eles conduzem a intensa corrente de descarga dos capacitores que vai para a bobina.

Estes componentes são especificados pela corrente que podem conduzir, assim como a tensão máxima que podem suportar.

Os SCRs pertencem ao grupo de semicondutores denominados tiristores ou diodos de quatro camadas.

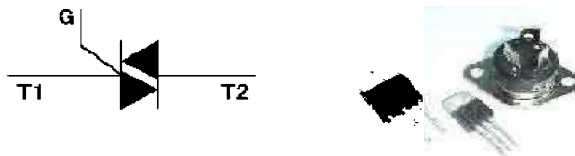
Um SCR se comporta como um diodo, ou seja, conduz a corrente num único sentido quando disparado, assim, deve ser utilizado principalmente em circuitos de corrente contínua.

### **Teste de transistores**

*Como testar transistores e outros componentes abordamos na nossa série de livro "Como Testar Componentes" em quatro volume.*

### **Outros tiristores**

Além dos SCRs existem outros componentes da família dos, SCRs ou diodos de quatro camadas. Dentre eles destacamos os Triacs que são controles de potência utilizados principalmente em circuitos de corrente alternada, com símbolo e aspecto mostrados na figura 24.



*Figura 24—Triac — símbolo e aspectos*

Estes componentes são encontrados em carregadores de baterias e dimmers de lâmpadas incandescentes.

Eles controlam a intensidade da carga de uma bateria. Como os triacs controlam correntes intensas eles tendem a se aquecer sendo, por este motivo, montados em dissipadores de calor.

### ***Circuitos integrados (CIs)***

Os circuitos integrados, muitas vezes chamados de chips quando na verdade o chip é a pastilha de silício em que eles são montados, são componentes de grande utilidade na eletrônica moderna.

Eles consistem num conjunto de componente como resistores, transistores, diodos, etc., todos fabricados por um processo único numa pastilha de silício já interligados de modo a formar um circuito completo.

Por exemplo, pode-se obter um circuito integrado que seja um amplificador completo, pois ele contém em seu interior todos os componentes de um amplificador.

As pastilhas de silício são extremamente pequenas, sendo colocadas no interior de invólucros com terminais para sua ligação, conforme mostra a figura 25.



*Figura 25—Tipos de circuitos integrados*

O que o circuito integrado (CI ou IC, abreviadamente) faz depende do modo como os componentes são interligados no seu interior. Assim, cada circuito integrado recebe uma identificação através da qual sabemos o que ele faz.

Hoje existem centenas de milhares de tipos de CIs, empregados numa variedade enorme de funções, inclusive nos carros.

Nos automóveis encontramos circuitos integrados em diversas funções, como temporização, nos carros, no sistema de ignição, etc.

### ***Microcontroladores***

Microcontroladores são circuitos integrados de uma categoria diferente. São circuitos que podem ser programados para exercer diversas funções de controle.

Por exemplo, são os microcontroladores que formam o cérebro ou a central de controle dos carros, sendo ligados a um conjunto de sensores espalhados pelo veículo e aos dispositivos que devem ser controlados.

Os microcontroladores são componentes extremamente complexos, contendo milhões de transistores e outros componentes integrados numa única pastilha. Na figura 26 temos o aspecto de um microcontrolador.



*Figura 26—Microcontroladores*

Os microcontroladores utilizados nos circuitos automotivos vêm com uma programação básica e uma memória onde é armazenado um conjunto de dados que correspondem às características do veículo em que ele vai funcionar.

A introdução destes dados é feita pelo fabricante e eventualmente por uma oficina de regulagem ou reparação através de um equipamento especial, como o mostrado na figura 27.



*Figura 27—Ferramenta de diagnóstico de motores.*

Este equipamento lê os dados de sensores em sua função coloca na memória do microcontrolador os parâmetros de funcionamento daquele veículo.

### **DSPs**

Os DSPs ou Digital Signal Processadores (Processadores Digitais de Sinais) são circuitos integrados que se destinam ao controle de processos dinâmicos que ocorrem num carro, como a velocidade de um motor elétrico de ventilação, um limpador de pára-brisas inteligente.

Os DSPs pegam sinais de sensores e transformam estes sinais, passando-os para a forma digital. Com isso, eles podem ser processados resultando em ações que vão determinar como diversos dispositivos do carro operam.

Por exemplo, eles podem utilizar a informação da temperatura do radiador para determinar qual é a melhor velocidade para a ventoinha de refrigeração.

## Termos em Inglês

### ***Component*”ou “*Device*”**

Da mesma forma que na língua portuguesa, existem termos que são usados de forma nem sempre muito clara, apesar de terem significados diferentes. Isso ocorre com Circuito Integrado e Chip, incluindo Die, e também com Component e Device.

Nas listas de preços e produtos das empresas vemos com frequência a utilização dos termos “components” e “devices” para especificar uma grande quantidade de peças que são utilizadas nos trabalhos de eletrônica.

Qual é diferença entre um *component* (componente) e um *device* (dispositivo)?

O texto que tomamos como exemplo, e que serve de ponto de partida para uma análise, aborda justamente um tema de grande atualidade: a nanotecnologia.

*“Nanotechnology arises from the exploitation of the novel and improved physical, chemical, mechanical, and biological properties, phenomena, and processes or systems that are intermediate in size between isolated atoms/molecules and bulk materials, where phenomena length and time scales become comparable to those of the*

*structure. It implies the ability to generate and utilize structures, **components and devices** with a size range from about 0.1 mm (atomic and molecular scale) to about 100 nm (or larger in some situations) by control at atomic, molecular, and macromolecular levels". – Texto da Internet.*

### **Vocabulário:**

Nanotechnology – Nanotecnologia

Arises – surge

Exploit – aproveitamento

Phenomena – fenômeno

Bulk – volumosos, maiores

Size – tamanho

Traduzindo:

"Nanotecnologia vem do aproveitamento de processos novos e melhorados de fenômenos físicos, químicos, mecânicos e propriedades biológicas de sistemas que são intermediários em tamanho entre átomos/moléculas isoladas e materiais maiores, onde as escalas de tempo e tamanho se tornam comparáveis às daquelas estruturas. Isso implica na habilidade de gerar e utilizar estruturas, componentes e dispositivos com uma faixa de tamanhos indo de aproximadamente 0,1 nm (escala atômica e molecular) até aproximadamente 100 nm (ou maior em algumas situações) pelo controle em níveis atômicos, moleculares e macromoleculares".

Segundo podemos perceber *component* é um elemento funcional de uma estrutura ou um circuito. Na eletrônica, resistores, capacitores, diodos, são componentes.



*Device*, ou dispositivo é um elemento de uma estrutura ou circuito formado por partes menores que funcionam em conjunto. Um motor, um módulo, ou ainda um sistema atuador são dispositivos ou devices. Nos dicionários de Inglês encontramos definições para os dois termos

*Component* – “*an individual functional element in a physically independent body (e.g., resistor, capacitor, or transistor) – ou ainda – the smallest field replaceable part that serves to form, compose or make up a unit. Components are assigned part numbers and are identified in materials and spare parts list*”.

*Device* – “*An individual electrical circuit element that can't be further reduced without destroying its intended function – ou ainda – a component which is intended to carry but not use electrical energy*”

Pelas duas definições, encontradas em dicionários técnicos podemos tirar algumas conclusões importantes.

Os componentes possuem corpos independentes e marcações próprios. Não podem ser reduzidos a partes menores.

Os dispositivos, por outro lado, têm funções próprias e podem ser reduzidos a partes menores. No entanto, quando isso ocorre, perdem suas funções. Por exemplo, um módulo híbrido é um dispositivo não um componente.

## Questionário

- 1) Qual é a função de um resistor num circuito?
  - A) Converter energia em calor
  - B) Resistir a choques mecânicos
  - C) Oferecer uma oposição à passagem da corrente
  - D) Diminuir a tensão de uma bateria
  
- 2) Os capacitores servem para:
  - A) Descarregar energia de um circuito
  - B) Armazenar cargas elétricas
  - C) Aumentar a capacidade de um circuito
  - D) Gerar energia elétrica
  
- 3) Um indutor é normalmente construído de que forma?
  - A) Placas de metal separadas por um isolante
  - B) Carvão ou grafite
  - C) Voltas de fio esmaltado
  - D) Placas de ferro ou ferrite
  
- 4) Uma chave DPDT ou reversível tem quantos pólos?
  - A) 2
  - B) 3
  - C) 4
  - D) 6

## Capítulo 3

### **Componentes eletrônicos básicos – sensores e atuadores**

No capítulo anterior tratamos dos dispositivos semicondutores ou componentes ativos encontrados nos circuitos eletrônicos dos automóveis. No entanto, existe uma categoria muito importante de componentes que fazem parte do circuito eletrônico de um carro.

São os componentes responsáveis pelo interfaceamento do circuito com o mundo externo, ou seja, os sensores e os atuadores, também denominados efetores. Os sensores são os elementos que verificam o que acontece com as diversas partes do carro e o mundo exterior e informam o controle ou o motorista sobre isso. Os atuadores ou efetores são os dispositivos que transformam o comando do controle numa ação.

Os leitores que desejarem saber mais sobre os diversos tipos de sensores podem consultar nossos livros da série Curso de Eletrônica, Eletrônica Básica e Eletrônica Analógica.

Neste livro, depois de fazermos uma breve revisão sobre seu funcionamento, mostraremos as suas aplicações no carro.

#### ***Sensores resistivos***

O tipo mais simples de sensor que encontramos nos carros é o sensor resistivo. Trata-se de um componente cuja resistência elétrica varia com alguma grandeza física externa, por exemplo, temperatura, nível de óleo ou combustível, pressão, umidade, intensidade de luz, etc.

Um primeiro tipo de sensor resistivo, muito usado nos carros, é o que mede a temperatura de alguma parte importante do veículo, por exemplo, o óleo ou a água do radiador.

Estes sensores são as chamadas “cebolinhas” que medem a temperatura do motor. Na figura 1 temos o aspecto de um sensor deste tipo.



*Figura 1 – Sensor resistivo de temperatura*

No interior de um sensor resistivo de temperatura, por exemplo, encontramos um componente denominado NTC ou PTC. Estes componentes mudam de resistência com a temperatura.

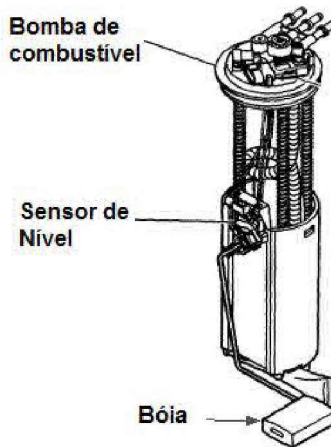
Num NTC (Negative Temperature Coefficient) a resistência diminui quando a temperatura aumenta. Por outro lado num PTC (Positive Temperature Coefficient) a resistência aumenta quando a temperatura sobe.

Os dois podem ser usados para sensoriar a temperatura, bastando que o microcontrolador saiba como a resistência varia. Na figura 2 temos os aspectos de NTCs e PTCs comuns.



*Figura 2 – NTCs e PTCs comuns.*

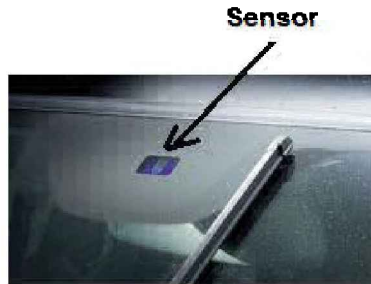
Um outro sensor resistivo está na bóia que mede o nível de combustível que tem um resistor variável cujo cursor muda de posição. Este sensor é acoplado à bóia que, ao se mover, altera a resistência do sensor, conforme mostra a figura 3.



*Figura 3- Um sensor de nível de combustível*

Também podemos citar como exemplo de sensor resistivo é o que encontramos no pára-brisas dianteiro de alguns veículos. São trilhas de circuito impresso separadas que apresentam uma resistência muito alta quando secas.

Quando umedecidas pelas primeiras gotas de chuva, sua resistência cai e com isso o limpador é acionado de modo automático. Na figura 4 temos um exemplo de sensor deste tipo.

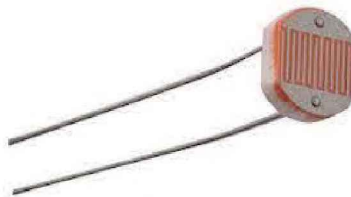


*Figura 4 – Sensor de chuva*

Finalmente, podemos citar os LDRs que são sensores de luz, encontrados nos painéis de alguns veículos. Estes sensores recebem a luz ambiente e em sua função controla a luminosidade dos instrumentos do painel.

Sob luz intensa, para maior visibilidade eles aumentam o brilho das luzes indicadoras do painel. No escuro, eles diminuem a luminosidade, fazendo com que os indicadores acendam com luz mais fraca.

Em alguns veículos, sensores deste tipo acionam as lanternas automaticamente quando escurece e o veículo está em movimento. Na figura 5 temos o aspecto de um LDR.



*Figura 5 – Aspecto de um LDR*

**Teste de sensores**

*Como testar todos estes sensores é explicado na série "Como Testar Componentes em quatro volumes, do mesmo autor deste livro.*

**Sensores Indutivos**

Estes sensores são formados por uma bobina e uma pequena peça de metal ferroso. Na presença de um campo magnético, ou na alteração do campo magnético criado por um ímã ou outra bobina, eles geram um impulso elétrico.

Uma aplicação comum deste tipo de sensor é em alguns tipos de ignição eletrônica em que eles sensoriam a passagem dos dentes de uma engrenagem acoplada ao motor, gerando desta forma os pulsos que controlam o sistema de ignição, conforme mostra a figura 6.



*Figura 6 – Sensores indutivos*

Estes mesmos sensores podem ser encontrados em pontos em que se deseja detectar o movimento de partes mecânicas. Na figura 7 temos um exemplo de sensor deste tipo usado num sistema de freios ABS em que ele detecta o movimento das rodas.



*Figura 7 – Sensor indutivo que sensoria o movimento da roda*

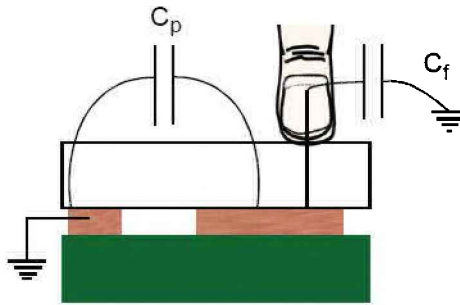
### ***Sensores Capacitivos***

Estes sensores operam segundo o mesmo princípio de um capacitor. A presença de qualquer objeto funciona como a placa de um capacitor, quando se aproxima de outro que seja condutor, mas sem encostar.

Por exemplo, colocando uma placa de metal sob uma placa de vidro (isolante), apoiando o dedo sobre o vidro, o dedo funciona como a outra placa do capacitor, alterando sua capacitância.

Se a placa de metal for ligada a um circuito que detecte a variação da capacitância, pode-se detectar a presença do dedo ou o toque do dedo, conforme mostra a figura 8.





*Figura 8 – A presença do dedo aumenta a capacitância  $C_p$*

Este tipo de sensor pode ser encontrado em veículos modernos que possuam sistemas de acionamento por toque em dispositivos. Em alguns casos estes sensores são acoplados às próprias telas de cristal líquido (LCD), sendo denominadas então de “touch screen”, ou telas de toque.

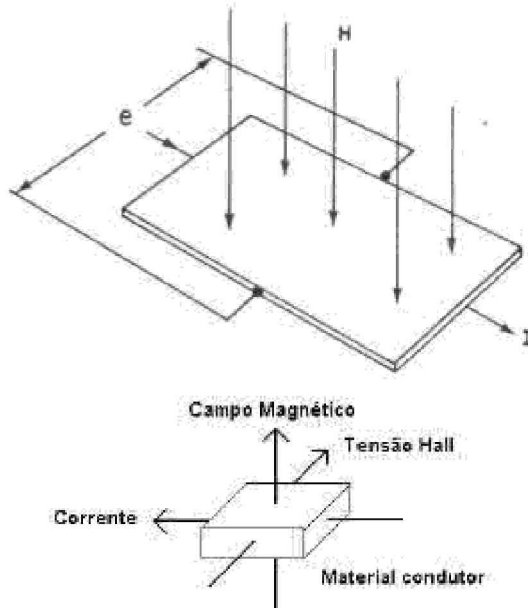
### **Para saber mais**

*Consulte o livro Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – volume 1.*

## **Sensores Hall**

Os sensores Hall ou ainda de “Efeito Hall” são sensores utilizados amplamente nos sistemas de ignição eletrônica atuais e também em outros sistemas do carro como os freios ABS. Uma aplicação primeira é para sensoriar a rotação do motor e assim controlar o seu funcionamento. Como o nome sugere, eles se baseiam no efeito Hall.

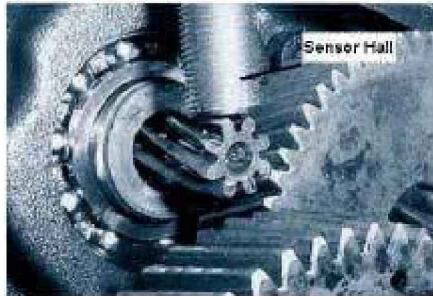
Segundo este efeito, uma corrente elétrica numa placa de metal se desvia se for aplicado um campo magnético, conforme mostra a figura 9.



*Figura 9 – Um campo magnético externo influi numa corrente que circula através de um material*

Isso significa que podemos usar uma minúscula plaquinha de metal para sensoriar a presença de campos magnéticos, e assim controlar peças móveis como uma engrenagem que rode ou um ímã preso a uma polia.

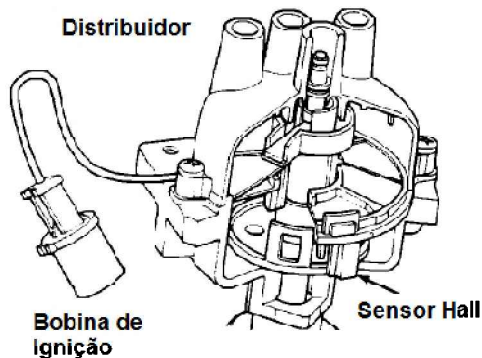
Existem então pequenos sensores Hall, na forma de circuitos integrados que são utilizados para detectar a rotação dos dentes de uma engrenagem quando eles passam diante de um pequeno ímã, conforme mostra a figura 10.



*Figura 10 – Sensor Hall usado para monitorar o movimento de uma engrenagem*

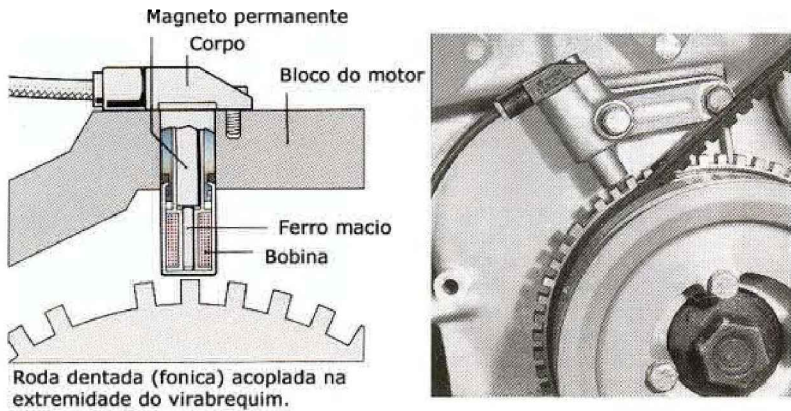
A cada dente que passa diante do sensor, ele gera um impulso que pode ser utilizado para monitorar o funcionamento do motor.

Nos sistemas de ignição, os sensores Hall são usados para sensoriar a posição dos contatos do distribuidor e assim determinar o instante em que cada fâsca deve ser produzida. Na figura 11, um exemplo de sensor Hall usado num sistema de ignição. Estudaremos em pormenores o funcionamento destes sistemas mais adiante.



*Figura 11 – Sensor Hall colocado no distribuidor*

Na figura 12 temos um sensor Hall colocado diretamente no virabrequim de um motor.

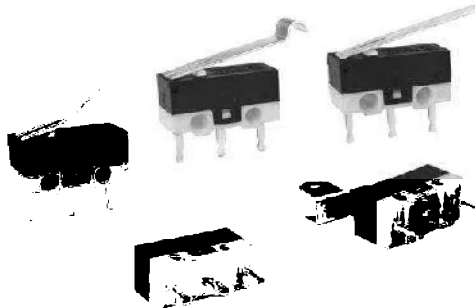
**SENSOR DE REFERENCIA**

*Figura 12 – Sensor no virabrequim de um carro*

**Sensores Mecânicos**

Denominamos sensores mecânicos àqueles que sensoriam movimentos, posições ou presença usando recursos mecânicos como, por exemplo, chaves (switches).

Nessa categoria incluímos os micro-switches e chaves de fim de curso, como os mostrados na figura 13.

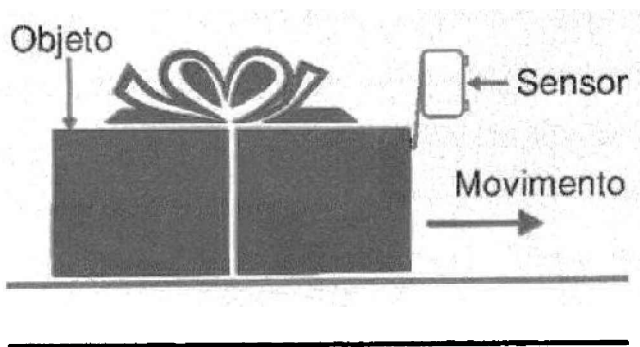


*Figura 13 – Micro switches e chaves de fim de curso de um catálogo da internet*

Esses sensores, como o nome sugere, são interruptores ou mesmo chaves comutadoras que atuam sobre um circuito no modo liga/desliga quando uma ação mecânica ocorre no seu elemento atuador.

O elemento atuador pode ser um botão, uma alavanca ou qualquer outro.

Podemos usar esses sensores de diversas formas, como para detectar a abertura ou fechamento de uma porta, a presença de um objeto em um determinado local ou ainda quando uma parte mecânica de uma máquina está numa certa posição, conforme mostra a figura 14.



*Figura 14 – Sensoriando a posição de um objeto*

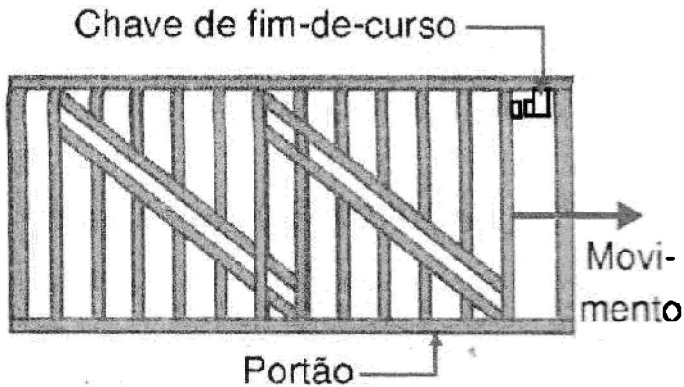
Sensores deste tipo são os interruptores das portas e porta-malas dos automóveis que detectam quando ela se encontra aberta.

Uma variação desse tipo de sensor é o sensor de “fim de curso” que, conforme o nome indica detecta quando uma parte mecânica de um dispositivo atinge seu deslocamento máximo.

A finalidade da chave de fim de curso é evitar que o motor do sistema, por exemplo, continue atuando mesmo depois que a peça que

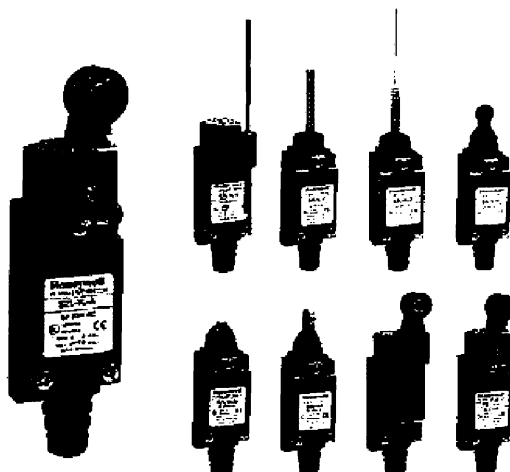
ele movimenta chega ao seu ponto máximo. Isso poderia forçar o mecanismo ou ainda causar uma sobrecarga do motor ou do próprio circuito de acionamento.

Na figura 15 mostramos um exemplo de aplicação num portão automático em que a chave de fim de curso desliga o motor quando ele está totalmente aberto ou totalmente fechado.



*Figura 15 – Chave de fim-de-curso no controle de um portão automático de garagem*

Na figura 16 temos um exemplo de microswitches da Honeywell que podem ser incluídas nessa linha de sensores.



*Figura 16 – sensores da Honeywell*

A seguir, na figura 17, exemplos de chaves de fim de curso, também da Honeywell.



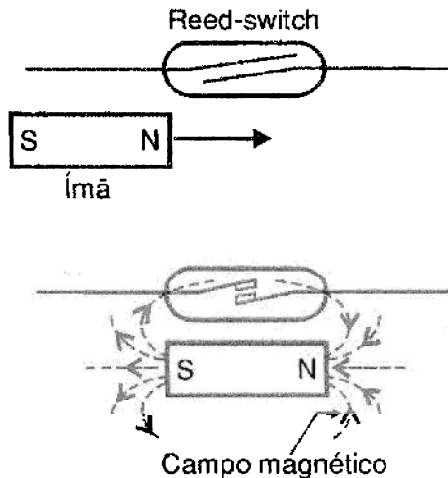
*Figura 17 – Sensores de fim de curso*

### ***Sensores tipo Reed Switches***

Esses sensores podem ser usados para detectar a posição de uma peça ou de uma parte de um mecanismo pela posição de um pequeno ímã que é preso a ela.

Poderíamos classificar esses sensores também como sensores magnéticos, já que eles atuam com a ação de um campo, mas como são interruptores acionados por campos, será melhor separá-los em outra categoria, dentro de uma classificação de atuação mais simples.

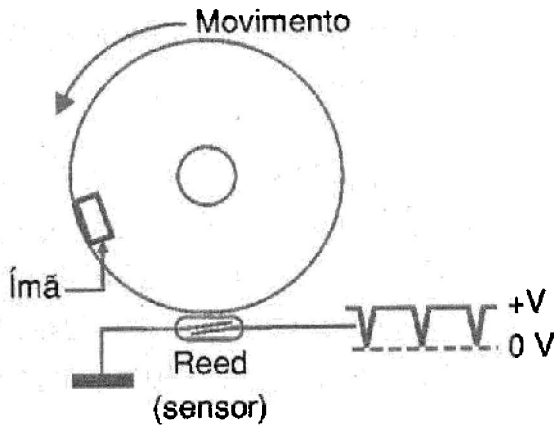
Na figura 18 temos o princípio de atuação desse tipo de sensor que tanto pode ser usado para detectar a simples aproximação de uma peça como gerar pulsos de controle a cada passagem de uma peça móvel.



*Figura 18 – Funcionamento do sensor com reed-switch*

Na figura 19 temos algumas aplicações desse tipo de sensor que se caracteriza pela sua velocidade de ação limitada e também pela pequena capacidade de corrente que os tipos comuns apresentam.





*Figura 19 – Sensoriando o movimento de uma peça rotativa*

Nessas aplicações destacamos, por exemplo, sua utilização como sensor de fim de curso, para detectar quando uma peça atinge seu deslocamento máximo, atuando sobre o sensor pela ação de um pequeno ímã.

Na figura 20 temos alguns exemplos de sensores tipo reed para uso industrial.



*Figura 20 – Sensores tipo reed*

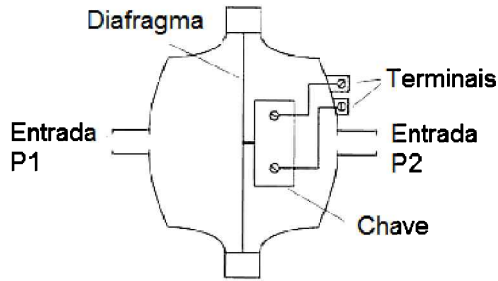
### **Alarmes**

*Alguns alarmes antigos usavam um reed-switch escondido em algum ponto do pára-brisas, o qual desarmava o dispositivo, quando um chaveiro com um ímã era aproximado.*

### **Sensores de Pressão**

Existem várias tecnologias que permitem a elaboração de sensores de pressão para aplicações na indústria, eletrônica de consumo, eletrônica médica, eletrônica embarcada, etc.

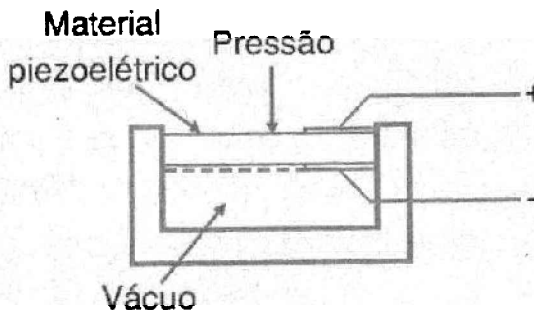
Uma tecnologia mais antiga é a que faz uso de uma câmara de vácuo, conforme mostra a figura 21.



*Figura 21 – Sensor de pressão*

O ar externo pressiona então o diafragma que vai ter uma posição que depende do valor da pressão externa. A posição do diafragma é então sensorizada por um dispositivo sensor de posição que pode ser uma bobina ou então uma placa, caso em que se usa um sensor capacitivo.

Outra técnica é a que faz uso de materiais piezoelétricos, com a estrutura mostrada na figura 22.



*Figura 22 – Sensor piezoelétrico de pressão*

Uma deformação do material faz com que apareçam tensões elétricas nas faces do material. Essa tensão pode ser amplificada de modo a fornecer informações sobre a grandeza sensoriada.

Com essa estrutura podem se obtidos sensores que sensoriam a pressão absoluta caso em que numa das faces temos uma câmara de vácuo que serve de referência ou com ar a uma pressão de referência, ou ainda relativos, em que temos duas entradas de pressão, conforme mostra a figura 23.



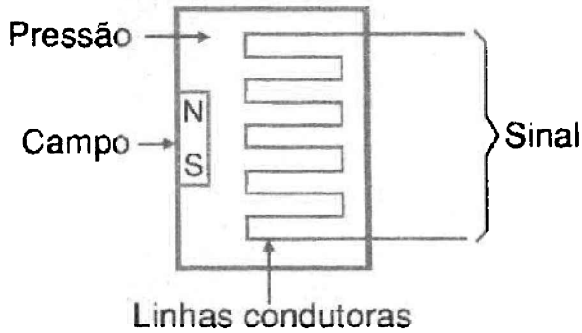
*Figura 23 – Sensores de pressão de óleo e de combustível usado em veículos*

### **Sensores de pressão**

*Existem sensores especiais semicondutores denominados MEMS (Micro-electromechanical Systems) que são usados em aplicações em que se deseja medir uma pressão com precisão.*

### **Sensores Magneto Resistivos**

Sensores modernos tanto de pressão como de posição fazem uso de tecnologia magneto-resistiva, onde um ímã cria um campo que atua sobre um padrão de linhas que apresenta certa resistência, conforme mostra a figura 24.



*Figura 24 – Sensor de pressão magneto-resistivo*

Uma deformação dessa estrutura faz com que a resistência elétrica apresentada se modifique fornecendo assim um sinal de saída a um circuito de monitoramento ou controle.

Na figura 25 temos uma bóia com sensor de nível de combustível usando um sensor magneto-resistivo.



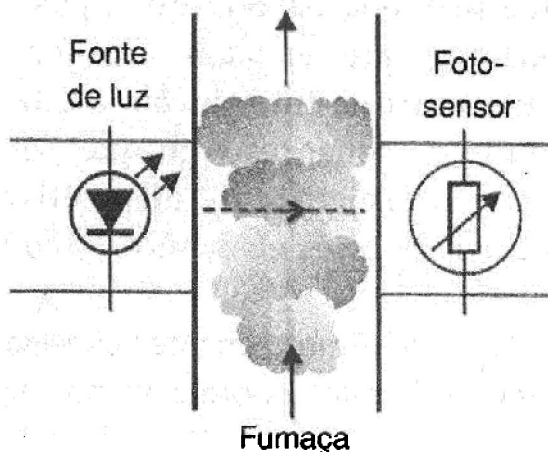
*Figura 25 – Bóia com sensor magneto-resistivo (foto da internet)*

## ***Sensores de Gases***

Existem diversas tecnologias para o sensoriamento de gases num ambiente, algumas das quais empregadas em sensores de incêndio, sensores de fumaça ou ainda na detecção da presença de substâncias específicas, como no caso de um veículo para detectar os gases resultantes da queima do combustível de modo a otimizar o desempenho de seu motor.

Um tipo simples de sensor de fumaça que é usado em aplicações industriais é que faz uso de um sensor de luz (LDR).

Nele, conforme mostra a figura 26, detecta-se a interrupção ou alteração de um feixe de luz sobre um sensor quando em presença de fumaça.



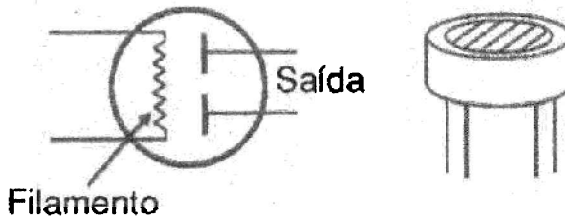
*Figura 26 – Sensor de fumaça pela alteração da luz*

Evidentemente, esse sensor não detecta propriamente a presença de gases que se misturam com o ar e que, portanto, não afetam sua transparência. Esse sensor é usado para detectar as partículas em

suspensão que formam a fumaça e que, portanto impedem a passagem da luz.

Para detectar gases que se misturam com o ar atmosférico e que, portanto, não afetam sua transparência são usados outros tipos de sensores.

Um deles é o sensor cujo símbolo e aspecto interno é o mostrado na figura 27.



*Figura 27 – Sensor de gás*

Nesse tipo de sensor existem dois filamentos recobertos com uma substância que reage facilmente com gases que estejam presentes no meio ambiente exceto o oxigênio e gases inertes.

Um dos filamentos é mantido aquecido. O conjunto forma então uma ponte que se equilibra nas condições em que não existem gases reativos no meio ambiente.

Se um gás reativo entrar em contacto com os filamentos, ao ser absorvido e na presença do calor, ele muda sua resistência o que causa o desequilíbrio da ponte. Com isso, a presença do gás reativo pode ser detectada.

Uma aplicação importante desse tipo de sensor é na análise dos gases de escapamento de motores a combustível. A chamada sonda

lambda, que estudaremos mais adiante, é um exemplo de sensor deste tipo. Na figura 28 temos uma sonda deste tipo.



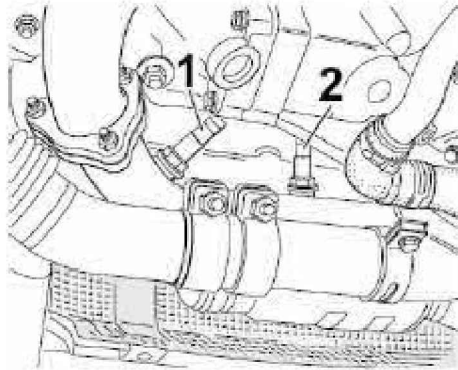
*Figura 28 – Sensor de gás de uso automotivo (sonda lambda)*

Este sensor consiste num dispositivo capaz de detectar a quantidade de oxigênio existente num ambiente.

Colocado no escapamento de um automóvel, conforme mostra a figura 29, ele detecta a quantidade de combustível que não foi queimado no motor e com isso determina se a mistura deve ou não ser enriquecida.

Explicando melhor: para que o rendimento do motor seja máximo, todo o combustível injetado deve ser queimado, o que significa que também deve ser injetada a quantidade apropriada de oxigênio para o que se denomina combustão total. Temos então uma mistura que quimicamente é denominada estequiométrica.





*Figura 29 – Posicionamento da sonda lambda*

Se as proporções de oxigênio e combustível não forem corretas temos baixo rendimento do motor. A sonda lambda detecta isso pela que sai no escapamento do carro, verificando assim se existe excesso de oxigênio ou de combustível, caso em que a mistura não está correta.

O sinal da sonda é então enviado ao processador que ajusta então o sistema de injeção de acordo com o necessário para o correto funcionamento do motor.

### ***Toxidade***

*A queima incompleta do combustível produz CO<sub>2</sub> que é altamente tóxico. Sensores em oficinas detectam a presença desse gás alertando os funcionários para o perigo.*

Equivalentes semicondutores, onde a resistência de um semiconductor especial muda com o gás, também podem ser encontrados em diversas aplicações, conforme mostra a figura 30.

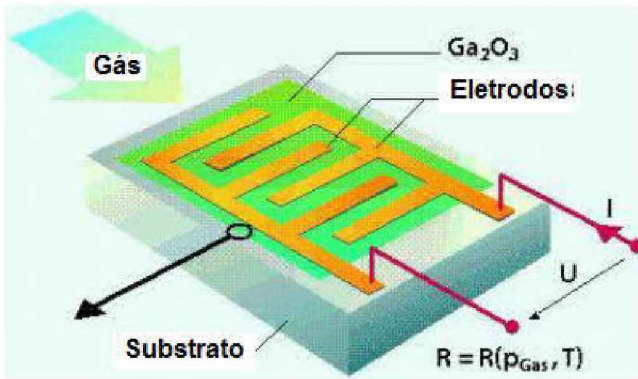


Figura 30 - Estrutura de um sensor de gás por semicondutor Siemens

## Atuadores

Os atuadores não mais são do que dispositivos que, ao serem acionados produzem algum tipo de ação em algum sistema do carro. Um atuador mecânico, por exemplo, é a chave de partida ou o botão que levanta os vidros.

Como atuador automático podemos citar um relé que, a partir de um sinal de um dispositivo qualquer como um sensor ou a central de controle, faz o acionamento de algum recurso, por exemplo, o relé que aciona o limpador de pára-brisas quando começa a chover. Analisamos os diversos tipos.

## Chaves de controle

As chaves de controles podem ser interruptores simples ou chaves de diversas posições, dependendo apenas da sua função. Na figura temos exemplo de um conjunto de chaves que controla os vidros de um carro, sendo instaladas na sua porta.

Na figura 31 temos um conjunto dessas chaves instaladas nas portas de um carro.

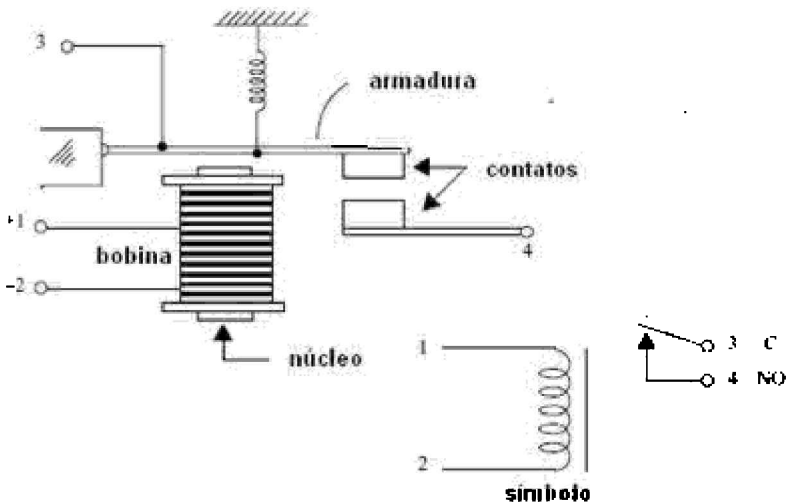


*Figura 31 – Chaves de acionamento de vidros de um carro*

## **Relés**

Os relés são encontrados em muitos pontos da instalação elétrica-eletrônica de um automóvel.

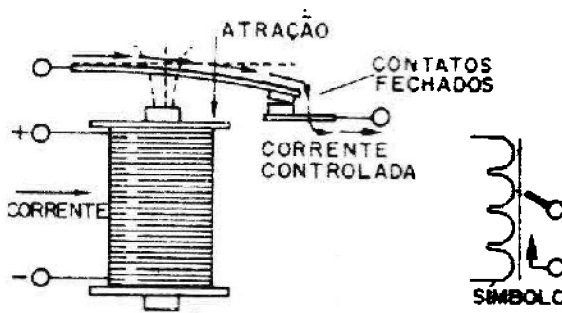
Podemos definir um relé como um dispositivo comutador eletromecânico. A estrutura simplificada de um relé é mostrada na figura 32 e a partir dela poderemos explicar seu princípio de funcionamento.



*Figura 32- Estrutura simplificada de um relé. Os terminais 1 e 2 são os terminais da bobina. Os terminais 3 e 4 correspondem aos contactos.*

Nas proximidades de um eletroímã é posicionada uma armadura móvel de metal ferroso, a qual tem por finalidade controlar um jogo de contactos. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica, um campo magnético é criado e ele atua sobre a armadura provocando sua atração.

Com essa atração, a armadura e conseqüentemente os contactos se movimentam, o que faz com o contacto móvel encoste no contacto fixo inferior, conforme mostra a figura 33.



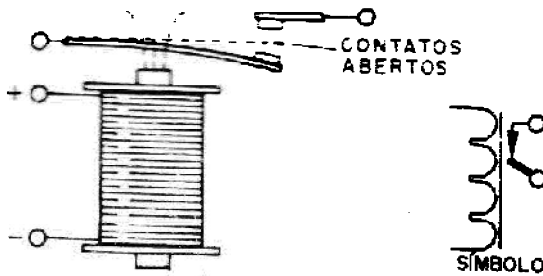
*Figura 33 – Com a atração os contactos se tocam e com isso a corrente pode passar pelo circuito controlado.*

### **Aprendendo mais sobre relés**

*No nosso livro Relés – Funcionamento e Aplicações temos muito mais sobre o uso destes componentes, principalmente como interpretar suas especificações.*

Uma outra possibilidade de controle de um relé é explorada na configuração mostrada na figura 34. Nela, na condição normal, os contactos permanecem encostados um no outro, e com isso a corrente controlada pode circular.

Quando a bobina é energizada, ou seja, passa a circular através dela uma corrente de controle, o campo magnético criado movimenta um dos contactos de modo que ele se separe do outro e com isso, o circuito controlado é aberto.

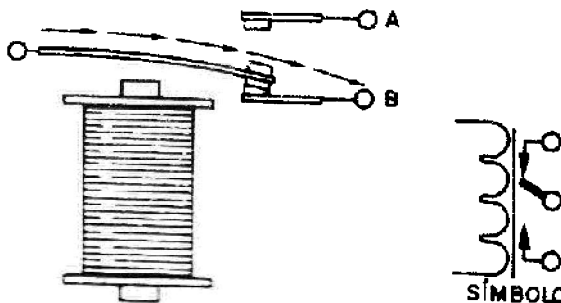


*Figura 34 – Neste relé os contactos abrem quando a bobina é energizada.*

No primeiro caso, dizemos que se trata de um relé com os contactos normalmente abertos ou NA (em inglês "normally open" ou NA). No segundo caso temos um relé com os contactos normalmente fechados ou NF (normally closed ou NC, em inglês).

Veja que nos dois casos, quando a corrente de controle deixa de circular pela bobina, a atração da armadura cessa e com isso os contactos voltam a sua posição normal. Num caso, mantendo aberto o circuito (NA) e no outro caso, mantendo-o ligado (NF).

Podemos combinar as ações dos dois tipos de relé num único que tenha dois contactos fixos e um móvel, conforme mostra a figura 35. Dizemos que se trata de um relé com contactos reversíveis ou NA/NF.



*Figura 35 – Um relé de contactos reversíveis*

Quando o relé está desenergizado, a corrente passa entre a armadura e o contacto A (NF). Quando energizamos o relé, a armadura se movimenta, e com isso a corrente passa entre a armadura e o contacto B (NA).

Na prática a disposição dos diversos elementos de um relé pode ser diferente desta que mostramos, mas o princípio é o mesmo.

No caso dos relés de uso automotivo existe uma padronização quanto a a disposição e numeração dos pinos, conforme mostra a figura 36.

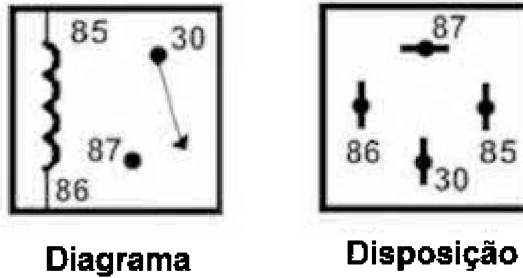


*Figura 36 – Relés de uso automotivo*

A padronização dos pinos dos relés de uso automotivo assim como seus diagrama serão dados a seguir:

a) Relé básico Mini de 4 pinos

Este é um relé NA (Normalmente aberto com 4 pinos de ligação, conforme mostra a figura 37).



*Figura 37 – Relé básico Mini de 4 pinos*

Dimensões 1 x 1 x 1 polegada

Pino 30 – Alimentação para o dispositivo controlado

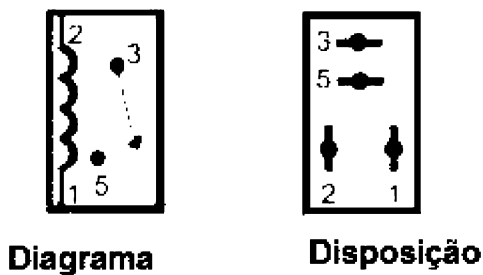
Pino 87 – Para o dispositivo controlado

Pino 85 – Alimentação positiva da bobina

Pino 86 – Terra da bobina

b) Micro Relé Básico de 4 pinos

Na figura 38 temos o símbolo e a pinagem deste tipo de relé.



*Figura 38 – Micro relé básico de 4 pinos*



Dimensões: 1 x 1 x 0,5 polegadas

Pino 3 – Alimentação para o dispositivo controlado

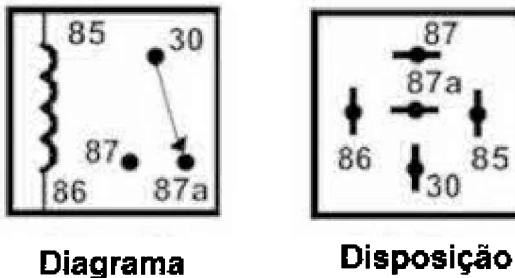
Pino 5 – Para o dispositivo controlado

Pino 2 – Alimentação positiva da bobina

Pino 1 – Terra da bobina do relé

c) Mini Relé Básico de 5 pinos

Na figura 39 temos o símbolo e a pinagem deste relé.



*Figura 39 – Mini Relé Básico de 5 pinos*

Dimensões: 1 x 1 x 1 polegada

Pino 30 – alimentação para o dispositivo controlado

Pino 87 – Para o dispositivo controlado NA

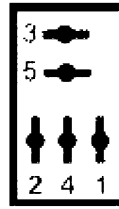
Pino 87a - Para o dispositivo controlado NF

Pino 85 – Alimentação positiva para a bobina

Pino 86 – Terra da bobina

d) Micro Relé Básico de 5 pinos

Na figura 40 temos o símbolo e a pinagem para este relé.

**Diagrama****Disposição***Figura 40 – Micro relé básico de 5 pinos*

- Pino 3 – Alimentação para o dispositivo controlado
- Pino 5 – Contato NA
- Pino 4 – Contato NF
- Pino 2 – Alimentação positiva da bobina
- Pino 1 – Terra da bobina do relé

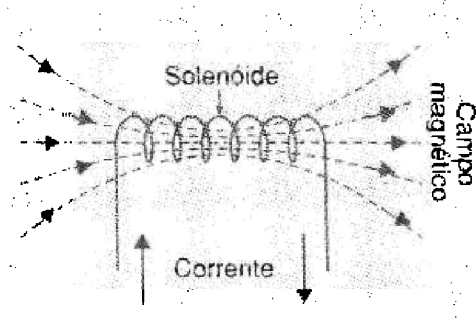
### **Relés de Estado Sólido**

*Os Solid State Relays ou SSRs já são comuns em muitos veículos substituindo os relés comuns. Neles, não existem partes móveis pois a comutação é feita por um semicondutor, um transistor, SCR ou outro dispositivo.*

*Um relé de estado sólido*

## Solenóides

Uma bobina cilíndrica com as características mostradas na figura 41 recebe o nome de solenóide.



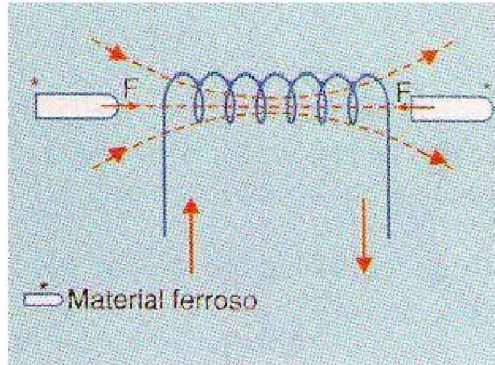
*Figura 41 – Campo magnético de um solenóide*

Ao ser percorrida por uma corrente a bobina cria um campo magnético que é mais intenso no seu interior.

A intensidade deste campo depende de diversos fatores como:

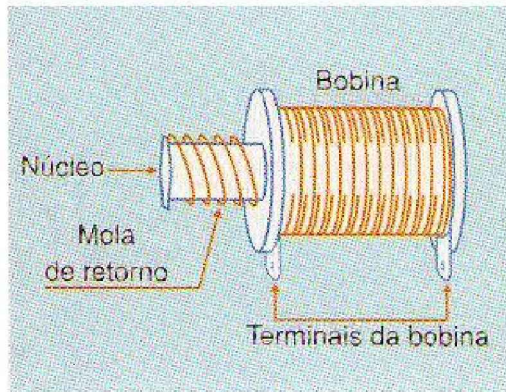
- a) Número de espiras da bobina
- b) Intensidade da corrente
- c) Existência ou não de um núcleo no seu interior

Observa-se que se colocarmos nas proximidades de um solenóide um núcleo de material ferroso, que concentre as linhas do campo magnético, uma força aparece no sentido de puxar este núcleo para o interior da bobina, conforme mostra a figura 42.



*Figura 42 – Materiais ferrosos são atraídos para o interior do solenóide*

A partir deste fato podemos elaborar dispositivos capazes de produzir força mecânica ao puxar um núcleo e que justamente são denominados solenóides. Na figura 43 temos um exemplo de um solenóide comum.



*Figura 43 – Construção de um solenóide*

Quando a bobina está desligada, a mola mantém o núcleo de material ferroso do solenóide fora do núcleo da bobina.

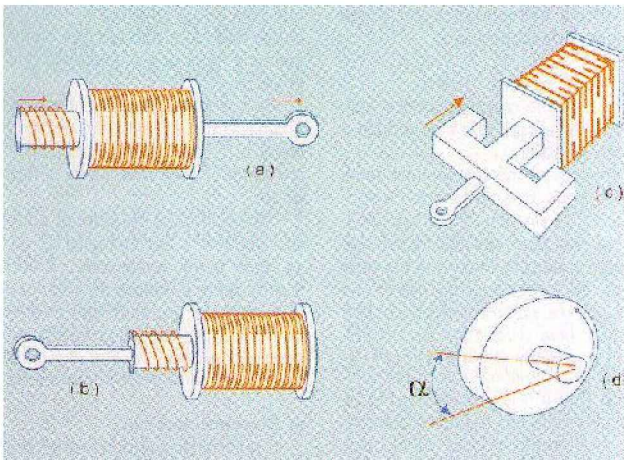
Quando fechamos o circuito e a bobina é percorrida por uma corrente o campo magnético criado puxa o núcleo para o interior liberando desta forma, força mecânica.

É fácil perceber que o solenóide só pode realizar um esforço mecânico num percurso relativamente pequeno (que é a distância que ele percorre ao ser puxado).

### ***Tipos de Solenóides***

Para cada aplicação podemos construir um solenóide com características específicas. No automóvel temos solenóides que destravam as portas, o porta-malas e muitos outros.

Isso nos leva a uma linha enorme de tipos que são encontrados nas mais diversas aplicações nos veículos automotores que são mostrados na figura 44.



***Figura 44 – Tipos de solenóides***

Em (a) temos um solenóide com núcleo cilíndrico típico que empurra (push) alguma coisa quando é ativado. O tipo de solenóide mostrado em (b) puxa (pull) alguma coisa quando é energizado e usa um núcleo cilíndrico.

Em C mostramos um solenóide de alta potência que usa núcleo laminado e que, portanto opera com corrente alternada.

Um tipo importante de solenóide que encontramos em certas aplicações é o solenóide rotativo que é mostrado em (d). Neste solenóide, a cada pulso de corrente na bobina o seu eixo avança de certo ângulo.

Um solenóide este tipo pode produzir movimento giratório a partir de pulsos de corrente, funcionando como uma espécie de motor. Observe, entretanto, que a ação deste solenóide é unilateral, ou seja, o rotor só pode girar num único sentido.

Outros tipos com construções que são variações dos tipos indicados podem ser encontrados em muitos equipamentos de uso comum. Dispositivo semelhante acopla o motor de partida ao motor principal quando é dada a partida.

### ***Mais sobre solenóides***

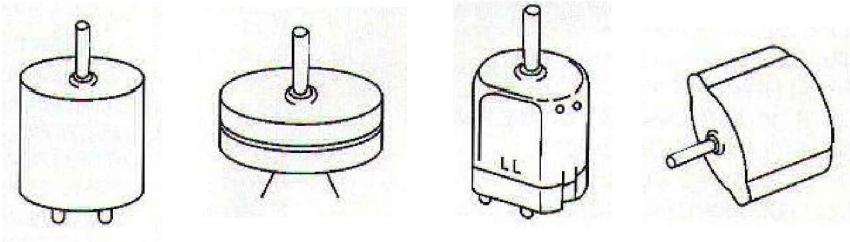
*Na seção de mecatrônica do site do autor podem ser encontrados artigos que explicam o funcionamento detalhado de motores e solenóides.*

## **Motores**

Os motores são também dispositivos efetores que convertem um comando elétrico em movimento. No carro encontramos diversos tipos de motores elétricos: para levantar e abaixar os vidros, para mudar a posição do espelho retrovisor, para acionar o limpador de pára-brisas, para borrifar água no pára-brisas, etc.

Motores com os mais diversos aspectos, potências e tamanhos são encontrados nos automóveis.

Se bem que sejam muito diferentes quanto à aparência, conforme sugere a figura 45, seus princípios de funcionamento em nada diferem e conseqüentemente os problemas que podem apresentar.

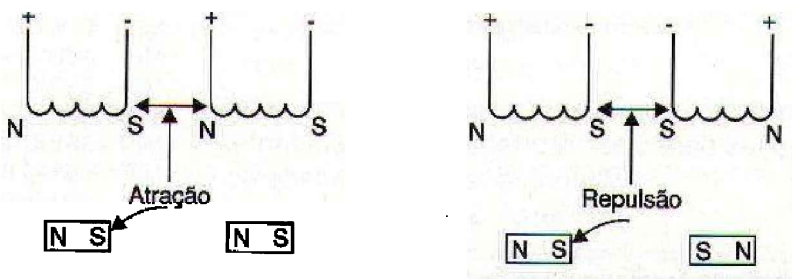


*Figura 45 – Motores comuns de corrente contínua*

Desta forma, conhecendo estes defeitos e estes princípios de funcionamento entenderemos muito mais os procedimentos para detectar problemas dos dispositivos que os usem e fazer sua reparação.

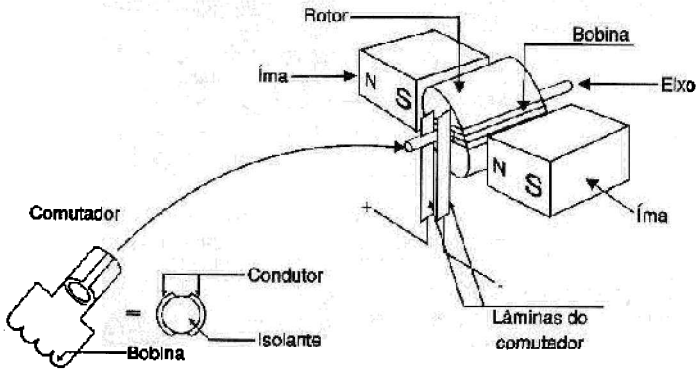
### **COMO FUNCIONAM OS MOTORES**

Os motores de corrente contínua (CC) ou motores DC (Direct Current), como também são chamados, são dispositivos que operam aproveitando as forças de atração e repulsão geradas por eletroímãs e ímãs permanentes. Conforme sabemos, se fizermos passar correntes elétricas por duas bobinas próximas, conforme mostra a figura 46, os campos magnéticos criados poderão fazer com que surjam forças de atração ou repulsão.



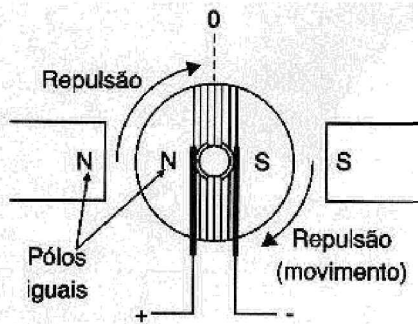
*Figura 46 – Ação de bobinas sobre ímãs*

A ideia básica de um motor é montar uma bobina entre os pólos de um ímã permanente ou então de uma bobina fixa que funcione como tal, conforme mostra a figura 47.



*Figura 47 – Estrutura de um motor DC*

Partindo então da posição inicial, em que os pólos da bobina móvel (rotor), ao ser percorrida por uma corrente, estão alinhados com o ímã permanente temos a manifestação de uma força de repulsão. Esta força de repulsão faz o conjunto móvel mudar de posição, conforme mostra a figura 48.



*Figura 48 – Criando o movimento*



A tendência do rotor é dar meia volta para seu pólo Norte se aproxime do pólo Sul do ímã permanente. Da mesma forma, seu pólo Sul se aproximará do pólo Norte pelo qual será atraído.

No entanto, no eixo do rotor, por onde passa a corrente que circula pela bobina, existe um comutador. A finalidade deste comutador é inverter o sentido da circulação da corrente na bobina, fazendo com que os pólo mudem. Observe a figura 49.

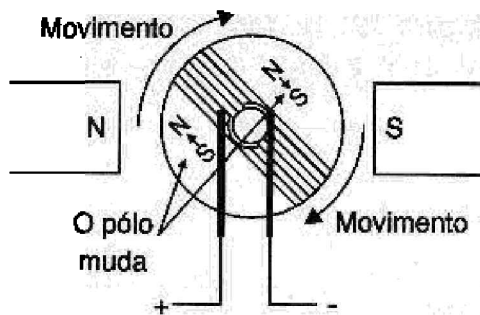
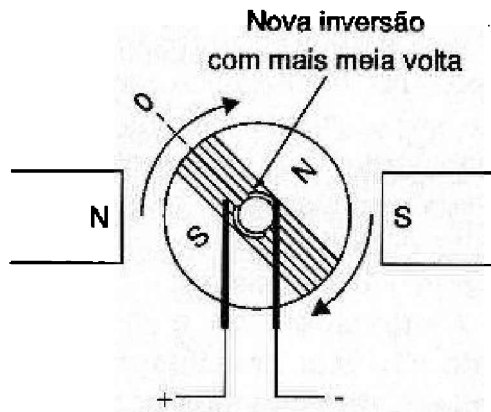


Figura 49 – A inversão da polaridade

O resultado disso será uma transformação da força de atração em repulsão, o que fará com que o rotor continue seu movimento, passando "direto" pela posição que seria de equilíbrio.

Sua nova posição de equilíbrio seria obtida com mais volta, de modo que os pólos do rotor se defrontassem com os de nome oposto do ímã fixa.

Mais meia volta, e quando isso poderia ocorrer, a nova posição faz com que o comutador entre em ação e temos nova comutação da corrente. Com isso os pólos se invertem conforme mostra a figura 50.



*Figura 50 – Nova inversão de polaridade*

O resultado disso é que o rotor não para, pois deve continuar em busca de sua posição de equilíbrio.

Evidentemente isso nunca vai acontecer, e enquanto houver corrente circulando pela bobina o rotor não vai parar.

A velocidade de rotação deste tipo de motor não depende de nada a não ser da força que o rotor tenha de fazer para girar. Desta forma, os pequenos motores de corrente contínua têm uma velocidade muito maior quando giram livremente do que quando girar fazendo algum tipo de esforço (movimentando alguma coisa).

### ***Carros elétricos***

*O princípio de funcionamento dos motores dos carros é exatamente o mesmo visto acima. A diferença básica está na potência que devem desenvolver que é muito maior.*

Igualmente, a corrente exigida pelo motor depende da oposição que o rotor encontra para sua movimentação. Fazendo mais força, o consumo aumenta sensivelmente.

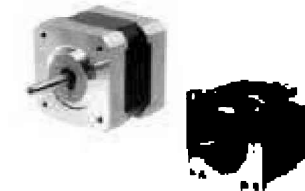
Existem basicamente dois tipos de motores utilizados em aplicações automotivas. O mais comum é o motor de corrente contínua ou motor DC (direct current) que analisamos.

Estes motores funcionam com 12 V e seu tamanho determina a força que podem exercer. São os motores encontrados nos limpadores de pára-brisas, vidros, etc.

### **42 V**

*Nas aplicações em que a alimentação é de 42 V nos veículos que já usam esta tensão, podemos encontrar motores de 42 V.*

O segundo tipo de motor, mais sofisticado, é o motor de passo que é controlado diretamente por um circuito eletrônico de posicionamento. Estes motores, cujo aspecto é mostrado na figura 51, destinam a aplicações em que uma parte mecânica precisa ser posicionada com precisão.



*Figura 51 – Motores de passo*

## Termos em Inglês

Muitas vezes precisamos pesquisar no Google sobre determinados assuntos ligados à eletrônica automotiva ou embarcada. Se o termo em inglês for usado temos a chance de encontrar muito mais sobre o que queremos. Assim, é interessante saber alguns desses termos e seus significados. Num primeiro caso é preciso diferenciar em inglês engine de motor, que para eles são coisas diferentes.

Motor (em inglês) é um dispositivo que converte energia elétrica em energia mecânica.

Engine, por outro lado, é um dispositivo que converte qualquer tipo de energia em energia mecânica. O motor de um carro, portanto, que converte energia química do combustível em energia mecânica é um "engine" enquanto que o propulsor do carro elétrico é um "motor".

Outros termos:

Windscreen wiper – limpador de pára-brisas

Solenoid – solenóide

Relay – Relé

Switch – chave

## Questionário:

- 1) Usamos como sensor de luz que tipo de dispositivo?
  - a) Bobinas
  - b) Chaves de fim de curso
  - c) NTC
  - d) LDR
  
- 2) Que tipo de sensor encontramos numa "cebolinha" de temperatura do óleo de um carro?
  - a) LDR
  - b) NTC ou PTC

c) Sensor de gás    d) Reed switch

3) Um sensor tipo reed funciona sob a ação de que tipo de influência externa:

- a) Calor
- b) Campo magnético
- c) Campo Elétrico
- d) Pressão

4) Que tipo de atuador encontramos no sistema que destrava o porta-malas de um carro?

- a) Motor
- b) Solenóide
- c) Reed switch
- d) Relé

5) Para desligar alguma coisa quando energizamos um relé devemos usar que contatos?

- a) NA e C
- b) NF e C
- c) NA e NF
- d) Nenhum deles

## Capítulo 4

### O Multímetro no Automóvel

Um instrumento de extrema utilidade em qualquer trabalho que envolva eletricidade é o multímetro. No caso dos automóveis, quem deseja trabalhar com seus recursos elétricos e eletrônicos pode contar com multímetros, desde os mais simples e de baixo custo, até instrumentos sofisticados que podem realizar tarefas complexas de diagnóstico e ajustes de sistemas eletrônicos dos carros, dos quais falaremos mais adiante.

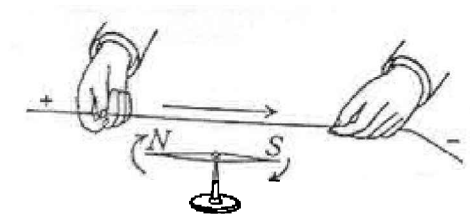
Neste capítulo vamos dar uma introdução ao uso do multímetro no automóvel, com uma ajuda na escolha do instrumento ideal e na realização de testes básicos. Mais informações sobre o uso deste instrumento, que tem utilidade praticamente ilimitada deve ser obtida em publicações especializadas, como livros do próprio autor.

Em especial, indicamos a série Como Testar Componentes, em quatro volumes que ensina como testar componentes eletrônicos e elétricos do carro usando este instrumento e também o livro Os Segredos no Uso do Multímetro. .

#### **Porque precisamos de um multímetro**

Não podemos ver nem sentir a eletricidade. Assim, com a descoberta desta forma de energia, que pode ser transmitida através de fios e ser usada numa infinidade de aplicações, surgiu a necessidade de se ter algum recurso para detectar ou medir a eletricidade.

A primeira solução veio com o próprio Oersted que descobriu que ao se aproximar uma agulha imantada de um fio percorrido por uma corrente essa agulha sofria uma deflexão, conforme mostra a figura 1.



*Figura 1 – A experiência de Oersted*

### **Efeitos da corrente**

*Saiba mais sobre os efeitos da corrente elétrica estudando a primeira do Curso de Eletrônica- Eletrônica Básica – Vol 1.*

Aproveitando então este fenômeno, a criação de um campo por uma corrente, foi possível desenvolver instrumentos capazes de detectar e medir a eletricidade, dando origem ao galvanômetro de bobina móvel.

Com o galvanômetro de bobina móvel surgia então o multímetro, que recebeu diversas denominações, como:

Multimeter – do inglês “multi” = diversas e “meter” = medida, para indicar um instrumento capaz de realizar diversas medidas

Multitester – do inglês “multi” = diversas e “tester” = provador ou testador para indicar um provador múltiplo

V.O.M. – dado pelas unidades das grandezas elétricas que o instrumento pode realizar, no caso Volts (tensão), Ohms (resistência) e Miliampères (corrente)

Tester – de testador em inglês

Em eletricidade, temos três grandezas elétricas básicas que o multímetro mede com precisão e, baseados nelas, podemos empregar esse instrumento numa ampla variedade de aplicações práticas que exploramos tanto neste livro como nos livros da nossa série "Como Testar Componentes" em quatro volumes e também o livro Os Segredos no Uso do Multímetro.

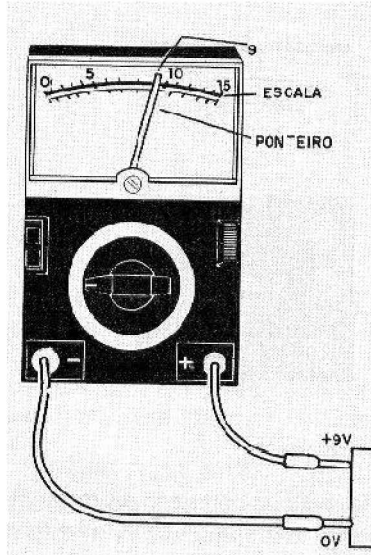
As três grandezas básicas que o multímetro mede são:

- a) Tensão elétrica que é medida em volts (V)
- b) Corrente elétrica que é medida em ampères (A)
- c) Resistência elétrica que é medida em ohms ( $\Omega$ )

Para o caso específico de multímetros usados em eletrônica automotiva, existem outras grandezas que podem ser medidas.

Os primeiros multímetros eram analógicos, ou seja, tinham um indicador com um ponteiro que se movia por uma escala, havendo então uma analogia (correspondência direta) entre a grandeza medida e o deslocamento desse ponteiro na escala, conforme mostra a figura 2.





*Figura 2 – Um multímetro analógico na medida de tensão*

Com o tempo, apareceram os multímetros digitais, onde a grandeza medida era convertida para a forma digital (dígitos=números) que são apresentados num mostrador de cristal líquido, conforme mostra a figura 3.



*Figura 3 – Um multímetro digital básico*

Inicialmente, os multímetros digitais eram considerados "sofisticados", e pelo seu custo elevado, somente poucos podiam se dar ao luxo de trabalhar com este tipo de equipamento. Hoje em dia, os preços dos digitais caíram tanto a ponto de se equiparar em alguns casos ao mais simples analógico e, se levarmos em conta a questão custo não podemos fazer uma separação muito grande entre os dois tipos.

Para quem trabalha com eletrônica embarcada, existem multímetros específicos como o mostrado na figura 4. Mesmo estes, já podem ser adquiridos a um custo bastante acessível em nossos dias.



*Figura 4 – Multímetros automotivos*

O multímetro mais simples possui um instrumento indicador de bobina móvel (microamperímetro) onde uma agulha se movimenta sobre diversas escalas que correspondem às grandes medidas.

Normalmente estes multímetros possuem escalas de tensões (alternadas e contínuas), correntes (contínuas) e resistências. A escolha da grandeza que vai ser medida pode ser feita através de uma chave frontal, conforme mostra a figura 5.



*Figura 5 – Dois tipos de multímetros analógicos*

Para as medidas de tensões e correntes, a energia que aciona o aparelho é retirada do próprio circuito em teste, mas para a medida de resistências ele precisa de uma fonte de energia própria que pode ser formada por uma ou mais pilhas e, dependendo do tipo, por uma bateria.

### ***Pilhas dos Multímetros***

*Todos os multímetros usam uma pilha ou bateria interna. O estado desta pilha ou bateria deve ser sempre comprovado por um teste antes do instrumento ser usado. Ensinares como fazer este teste.*

## Como Funciona o Multímetro

Para entender o que o multímetro pode fazer, suas limitações e também os cuidados que devemos ter na sua utilização vamos começar nossa análise pelo instrumento indicador do tipo mais comuns, que é o analógico. Depois estudaremos o multímetro digital.

### O Instrumento de Bobina Móvel

A base dos multímetros analógicos é o instrumento indicador de bobina móvel ou galvanômetro de bobina móvel que ainda hoje é encontrado em muitas outras aplicações.

Na figura 6 temos então a estrutura básica de um instrumento de bobina móvel, do tipo que podemos encontrar nos multímetros analógicos mais comuns e que aproveita o princípio descoberto por Oersted.

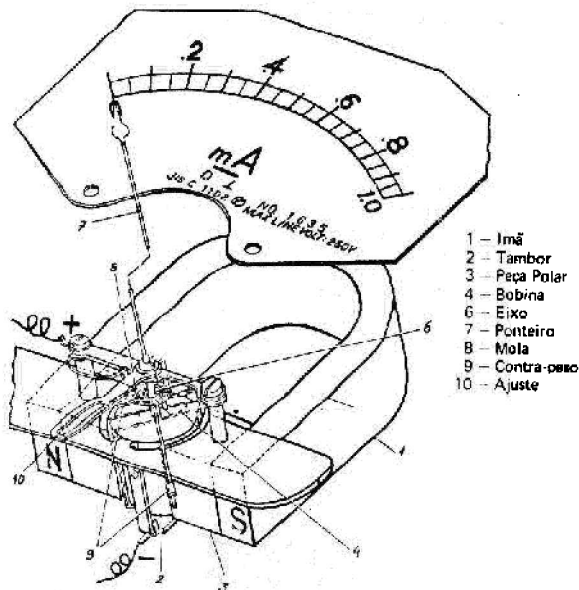


Figura 6 - O galvanômetro de bobina móvel

Neste instrumento, um ímã em forma de ferradura cria um campo magnético que corta as espiras de uma bobina montada num tambor.

Este tambor pode movimentar-se sobre um eixo (daí o nome do instrumento: bobina móvel) e nele encontramos preso um ponteiro que se desloca sobre uma escala. Uma mola espiral de retorno garante que a bobina e ponteiro voltem à sua posição inicial quando a força que o movimenta desaparece.

Quando uma corrente circula pela bobina, o campo magnético que essa corrente cria interage com o campo magnético do ímã, aparecendo então uma força (momento) que tende a girá-lo. O movimento é contraposto pela mola, de modo que o ponteiro tende a avançar tanto mais quanto maior for a força e, portanto, quanto maior for a corrente.

Fazendo uma escala para o ponteiro, podemos calibrá-la em termos de valores de corrente.

Os instrumentos encontrados nos multímetros analógicos podem ter fundos de escala de 50  $\mu\text{A}$  a 1 mA. No caso de 1 mA, como a corrente medida está na faixa de miliampères, dizemos que se trata de um miliamperímetro.

Podemos usar instrumentos deste tipo como base para um multímetro, acrescentando componentes que permitam a medida de outras grandezas, além de correntes, como tensões e resistências, ou mesmo de correntes mais intensas.

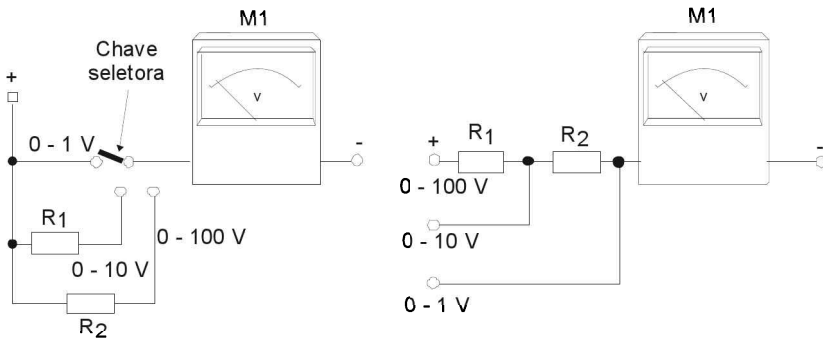
### **Como usar o multímetro**

*Exploramos amplamente este assunto em outras de nossas publicações como os 4 volumes da série "Como Testar Componentes".*

## Diversas Escalas

Nos multímetros comuns encontramos então uma certa quantidade de resistores internos, denominados resistores multiplicadores e shunts, que são ligados em série com o instrumento, conforme a faixa de tensões e corrente que desejamos medir.

Na figura 7 temos dois modos de agregarmos diversas escalas de tensão a um instrumento de modo a podermos medir tensões em diversas escalas, como nos multímetros comuns.



*Figura 7 – Agregando diversas escalas de tensões a um instrumento*

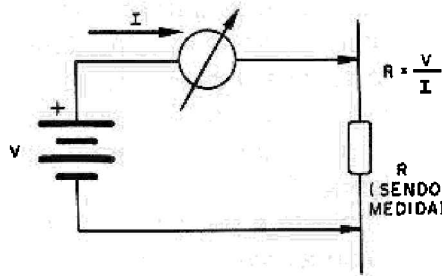
No primeiro caso usamos uma chave seletora e no segundo caso a escolha da escala e das resistências é feita pela escolha do plugue em que vai ser inserida a ponta de prova.

Para medir uma resistência elétrica, partimos de sua própria definição – a oposição à passagem de uma corrente elétrica. Basta então aplicar uma tensão nesta resistência de modo que uma corrente seja forçada a circular. Pela intensidade desta corrente, podemos ter uma ideia da sua resistência.

Se a corrente for intensa é porque a resistência é baixa, e se a corrente for fraca, é porque a resistência é elevada.

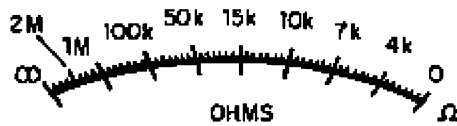
Para medir a resistência precisamos então, além do instrumento que mede a corrente, que já temos, uma fonte de energia (uma pilha ou bateria) para estabelecer a tensão de prova no circuito ou componente que deve ser medido.

O circuito básico de um ohmímetro (que é o nome do instrumento que mede resistências) é então mostrado na figura 8.



*Figura 8 – Princípio de funcionamento do ohmímetro*

Veja que, quanto maior for a resistência que ligamos em série, menor será a corrente e menor será a deflexão. Por isso, nesta escala, as resistências aumentam da direita para a esquerda e nos extremos temos zero e infinito, conforme mostra a figura 9.



*Figura 9 – A escala de resistências*

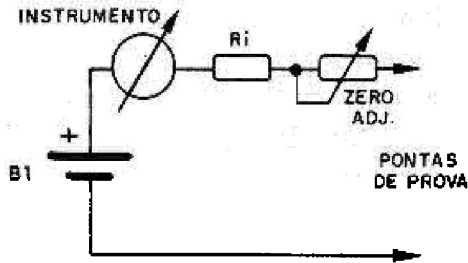
O que muda nos multímetros, quando trocamos de escala, é o valor que temos no meio e que é o ponto onde temos maior comodidade para uma leitura. Escolhemos a escala de modo a termos uma medida mais cômoda e, portanto mais precisa.

Veja então que, para usar o multímetro, basta ligar suas pontas de prova no circuito em que desejamos medir a resistência.

Ocorre, entretanto, que com o tempo, a tensão na pilha tende a cair, e com isso afetar a medida, pois ela depende dessa tensão. Para compensar este efeito, em lugar de usar um resistor fixo em série com o instrumento é preferível ter um trimpot.

Este trimpot tem por finalidade ajustar a leitura antes de cada medida de modo a termos a indicação de zero de resistência quando as pontas de prova forem unidas, conforme mostra a figura 10.





*Figura 10 – O ajuste de nulo ou zero adjust*

Este ajuste é denominado ajuste de nulo ou ajuste de zero (Zero Adj do inglês) e deve ser feito antes de qualquer medida de resistência.

Se atuando sobre o trimpot de Zero Adj não for possível colocar o ponteiro no zero da escala, com as pontas de prova unidas, isso é sinal que a pilha interna do multímetro está fraca e precisa ser substituída.

Combinando tudo que vimos, ou seja, o multi-voltímetro com o multi-ampérímetro com o multi-ohmímetro, chegamos ao nosso instrumento final: o multímetro analógico.

Com um único instrumento indicador (galvanômetro), poderemos utilizar uma chave seletora de diversas posições, e com isso obter um multímetro completo.

Um multímetro analógico comum terá então:

- a) Diversas escalas de correntes
- b) Diversas escalas de tensões contínuas
- c) Diversas escalas de tensões alternadas
- d) Diversas escalas de resistências

Os multímetros comerciais podem ter ainda outros recursos, conforme já tratamos, capazes de permitir a realização de outras medidas e testes que serão tratados ao longo deste livro.

## O Multímetro Digital

As diferenças básicas entre o multímetro digital e o multímetro analógico estão na maneira como o multímetro digital trata as grandezas que vão ser medidas e a maneira como os resultados são apresentados. O multímetro digital usa circuitos eletrônicos para sensoriar as grandezas e as apresenta um mostrador na forma de números ou dígitos.

Na figura 11 temos o aspecto de um multímetro digital comum de baixo custo de 3 ½ dígitos (3 e meio dígitos).



*Figura 11 – Multímetro de 3 ½ dígitos*

Dizemos três e meio dígitos porque temos três dígitos que podem varrer a faixa inteira de valores de 0 a 9 e um “meio dígito” porque só pode assumir valores 0 e 1.

Desta forma, a escala de um multímetro deste tipo só pode apresentar valores inteiros de 000 a 1999.

Colocando então este multímetro numa escala de tensão de 2 V ou 0-2 Volts, os valores apresentados em seu mostrador estarão entre 0 e 1,999 V. Da mesma forma, colocando numa escala de 200 ohms, os valores apresentados estarão entre 0 e 199,9 ohms.

Alguns tipos de multímetros digitais incluem uma escala tipo "bargraph" ou barra móvel junto à escala digital, imitando uma escala analógica, mas a velocidade de amostragem impede que elas tenham uma resposta rápida. Na figura 12, temos um multímetro digital com este tipo de escala.



*Figura 12 – A escala bargraph de um multímetro digital*

### ***Escala analógica***

*Em especial as escalas analógicas são úteis quando desejamos observar variações da grandeza medida.*

Esta é a forma como os multímetros digitais medem tensões. Para medir outras grandezas como resistências e correntes, basta acrescentar ao circuito redes de resistores e outros componentes.

O que estes circuitos fazem é converter as grandezas medidas em tensões equivalentes.

Veja que a vantagem do multímetro digital em relação ao analógico é que ele trabalha com tensões enquanto o analógico trabalha com correntes. Trabalhando com tensões, sua resistência de entrada pode ser muito alta e com isso ele tem muito mais sensibilidade.

O multímetro digital utiliza circuitos que precisam de uma fonte de energia para funcionar, inclusive o mostrador digital. Assim, a maioria destes multímetros é alimentado por uma bateria de 9 V.

## **O multímetro Automotivo**

Além das escalas normais de um multímetro, os multímetros automotivos possuem recursos adicionais que possibilitam analisar os circuitos elétricos e eletrônicos de um carro, inclusive fazer análises dinâmicas do seu funcionamento.

Podemos tomar como exemplo um multímetro automotivo como o da figura 13.



*Figura 13 – Multímetro automotivo Icel AT-3003*

Além das funções comuns de um multímetro de uso geral como a medida de tensões contínuas e alternadas, correntes contínuas e alternadas, ele ainda possui recursos para a medida de capacitâncias, largura de pulsos, frequência, temperatura, RPM, ângulo de permanência (Dwell Angle), ciclo de atividade (Duty Cycle), teste de diodos e de continuidade.

Este tipo de multímetro é alimentado normalmente por uma bateria de 9 V possuindo pontas especiais para algumas funções, como o sensor de temperatura.

Como usar nas diversas medidas, sugerimos aos leitores procurar outros livros de nossa autoria que tratam especificamente sobre o assunto. O próprio manual do instrumento traz muitas informações de como fazer isso e mais adiante neste livro, ao tratarmos do funcionamento das diversas partes do circuito elétrico-eletrônico do carro, veremos isso.

**Multímetros com saídas RS-232 ou USB**

*Existem multímetros sofisticados que podem ser ligados a um computador de modo a transferir as medidas feitas, levantando gráficos e tabelas.*

**Analógico ou Digital – Qual o Melhor Multímetro**

Consultados por um amigo sobre o que deveria fazer com o velho multímetro analógico quando chegou o recém-comprado multímetro digital, fizemos uma análise que o surpreendeu. Veja a seguir porque é importante ter sempre os DOIS tipos de multímetro disponíveis, e porque o multímetro analógico complementa o digital em muitas tarefas de medida.

A crença geral que técnicos em eletrônica, engenheiros, estudantes, amadores e mesmo profissionais antigos têm é que, uma vez que se possa comprar um multímetro digital, imediatamente o analógico deva ser descartado, dado a algum parente iniciante, ou mesmo abandonado em alguma caixa de sucata da oficina.

Nada mais errado!

Analisando o que o multímetro digital pode fazer, vemos que, realmente, em uma grande quantidade de medidas ele é muito melhor que o analógico, com maior precisão e mesmo maior facilidade de uso e leitura.

No entanto, existem aplicações em que o velho multímetro analógico é insuperável, e para elas o digital, ainda que mais sofisticado, não serve.

Se o leitor pensa em comprar um multímetro digital apenas para "descartar" o analógico, as explicações seguintes vão fazê-lo mudar de idéia.

**Multímetro analógico**

*Se você tem um utilize-o também, pois existem casos que as medidas do analógico são até mais convenientes do que as do digital.*

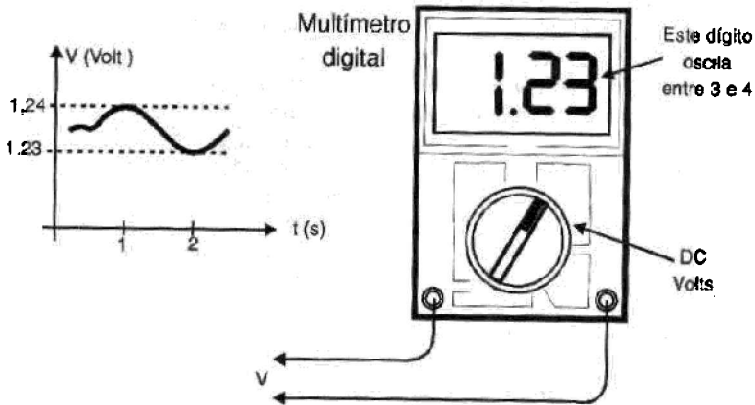
**Digital x Analógico**

No multímetro digital temos um painel de LCD (cristal líquido) que apresenta na forma numérica o valor da grandeza que está sendo medida e isso é feito através de amostragens à razão de 1 a 3 por segundo.

Isso significa que, se o valor da grandeza que está sendo medida tiver variações lentas, o número apresentado pelo multímetro ficará mudando. Normalmente isso ocorre com o último dígito.

Assim, se uma tensão de 1,235 V for medida num multímetro de 3 dígitos, os valores apresentados podem ficar oscilando entre 1,23 e 1,24.

Se a própria grandeza medida variar, ocorrerá o mesmo. Veja na figura 14.



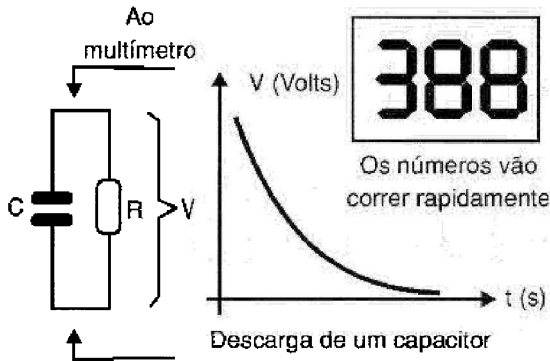
*Figura 14 – As oscilações das indicações de um multímetro digital*

No entanto, se as variações da grandeza forem rápidas demais, por exemplo, num circuito que oscile em baixas frequências, não há tempo para que o circuito de amostragem opere corretamente, e o mostrador não conseguirá mostrar um valor correto fixo.

Isso significa que uma primeira limitação para o multímetro digital está justamente quando pretendemos constatar se uma grandeza varia, por exemplo, uma tensão.

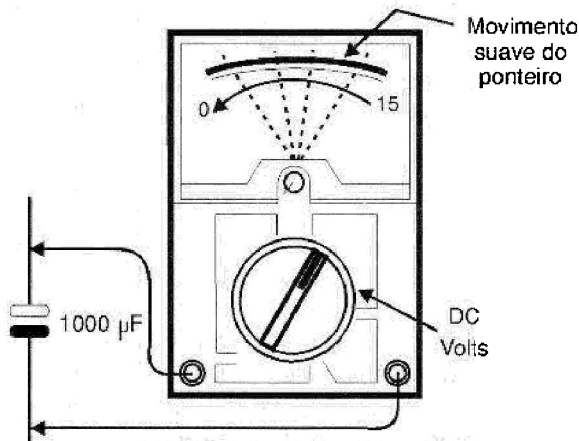
Verificando a descarga de um capacitor com um multímetro digital, por exemplo, teremos dificuldades em fazer uma leitura, uma vez que os números apresentados vão correr rapidamente e de uma forma imprecisa, conforme ilustra a figura 15.





*Figura 15 – Medindo a descarga rápida de um capacitor*

No entanto, usando um multímetro analógico esse problema não ocorre: veremos facilmente as variações da grandeza medida na movimentação do ponteiro que tem uma resposta melhor a este tipo de medida, conforme mostra a figura 16.



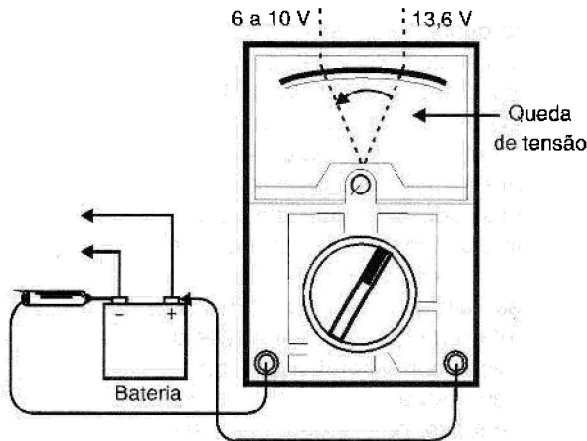
*Figura 16 – O ponteiro "cai" com a descarga do capacitor*

Assim, quando desejamos verificar variações de tensão, o uso do multímetro analógico é muito mais interessante.

Uma outra situação pode ser dada como exemplo, como no caso do eletricitista de autos:

Se desejarmos medir a queda de tensão de uma bateria de carro no momento em que um farol é ligado ou é dada a partida usando o multímetro digital, o que teremos é uma confusão de números correndo no painel que não serve para indicar qual foi a amplitude da queda, pois não há tempo para isso.

Entretanto, usando um multímetro analógico veremos facilmente isso pela amplitude do movimento de queda do ponteiro indicador, veja a figura 17.



*Figura 17 – Medindo uma queda de tensão numa bateria*

Sabendo deste problema, muitos fabricantes de multímetros digitais incluíram em seus instrumentos uma escala analógica. Esta

escala, mostrada na figura 18, pode ser muito útil neste tipo de medida em que variações de grande valor devem ser observadas.



*Figura 18 – A escala analógica de um multímetro digital*

### **Interpretação**

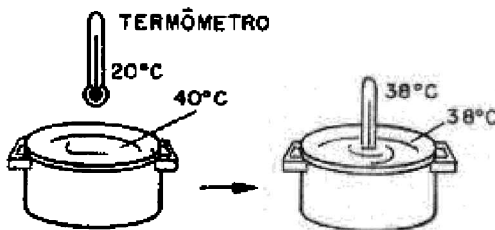
*Não basta ter um bom multímetro para ser um bom profissional. É preciso saber interpretar as indicações do multímetro.*

## As Características dos Multímetros

O que um multímetro pode medir e como ele faz é informado ao usuário na forma de dados técnicos ou características que ele precisa saber interpretar.

### Sensibilidade:

Quando introduzimos um instrumento de medida num sistema, a presença desse instrumento pode afetar a leitura. Por exemplo, se colocarmos um termômetro numa colher de água para medir sua temperatura, o termômetro absorve calor da água até atingir o equilíbrio térmico (ou cede calor) afetando a leitura, conforme mostra a figura 19.



*Figura 19 – Quando medimos qualquer grandeza a presença do instrumento altera essa grandeza*

Perceba então que, tanto maior o termômetro em relação a quantidade de água cuja temperatura se mede, mais ele afeta a temperatura, fornecendo uma indicação errada.

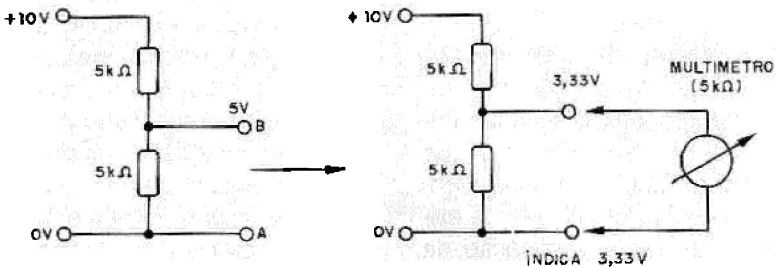
Mais interessante seria ter um termômetro que fosse tão pequeno que precisasse um mínimo de calor para atingir o equilíbrio térmico, afetando assim muito pouco da temperatura da água na colher. Em outras palavras, seria muito interessante ter um termômetro sensível.

O mesmo é válido para os multímetros. Se vamos usar um multímetro para medir uma tensão (volts) ele afeta esta tensão tanto mais quanto menos sensível ele for, ou seja, quanto mais corrente ele precisa "absorver" para que a agulha do instrumento se mova.

A sensibilidade dos multímetros analógicos comuns é medida em Ohms por volt ( $\Omega/V$ ).

Se um multímetro tiver uma sensibilidade de 1 000 ohms por volt, e o ajustarmos para uma escala que meça tensões de 0 a 5 Volts, esse multímetro representará para o circuito externo uma resistência de  $5 \times 1\,000 = 5\,000$  ohms, a qual drenará uma corrente para poder deflexionar a agulha.

Assim, se no circuito da figura 20 formos usar esse multímetro para medir a tensão entre os pontos A e B, que sabemos ser de 5 V, o multímetro não vai indicar isso!



*Figura 20 – Como o Multímetro afeta a tensão medida*

De fato, se sem o multímetro, a tensão ficava dividida por 2, aparecendo 5 V entre os pontos indicados, porque os resistores são de mesmo valor, com a ligação do multímetro isso muda.

O multímetro, conforme mostra a figura 20, ficará em paralelo com o resistor de 5 000 ohms o que significa que o ramo entre A e B, passará a ter apenas 2 500 ohms.

A tensão não mais ficará dividida por 2, mas sim, passará a ser 1/3 da tensão de alimentação de 10V. O multímetro dará então a falsa indicação de que ali existe uma tensão de 3,3 V.

Se a resistência representada pelo multímetro for maior, a alteração na tensão medida será menor, ou seja, teremos maior precisão.

Os multímetros analógicos comuns são vendidos com sensibilidades a partir de 1 000 ohms por volt, sendo os mais indicados os que estão acima de 5 000 Volts, principalmente para os que trabalham com eletricidade de automóveis.

### ***Incerteza***

*Já vimos que, por melhor que seja o equipamento de medida, ele sempre afeta a medida realizada de modo que não poderemos ter certeza absoluta sobre seu valor.*

Para os digitais, a sensibilidade é avaliada de uma forma diferente.

Normalmente estes instrumentos usam circuitos internos com transistores de efeito de campo na entrada. Isso significa que, independentemente da escala usada, a resistência que o circuito representa é sempre a mesma, ficando em geral, em torno de 20 milhões de ohms (22 M ohms).

O segundo fator a ser observado na compra de um multímetro é o número de grandezas que ele pode medir.

### **Número de Grandezas:**

Os multímetros básicos medem tensões contínuas e alternadas, correntes contínuas e resistências. No entanto, existe sempre a possibilidade de se obter multímetros que meçam outras grandezas como:

- \* Decibéis
- \* Frequências
- \* Capacitâncias
- \* Indutâncias
- \* Ganho de transistores

Em especial, as três últimas grandezas são muito interessantes para os profissionais da eletrônica, se bem que pouco sejam usadas em trabalhos mais simples. Além disso, os multímetros podem ter recursos adicionais importantes como:

- \* Teste de continuidade
- \* Teste de pilhas
- \* Teste de diodos
- \* Injetor de sinais

Finalmente, existem multímetros avançados com interfaces para computador e memória, sendo capazes de registrar diversas medidas e depois transferi-las para um computador.

### Quantidade de escalas:

Os valores de resistências que encontramos no trabalho do dia a dia no automóvel cobrem uma gama muito grande: 0 a mais de 20 000 000 de ohms. Evidentemente, a existência de uma escala precisa única que cubra essa faixa é inviável.

Assim, tanto para resistência, como correntes e tensões que também aparecem em faixas dilatadas, encontramos sempre mais de uma escala.

Tomando como exemplo o multímetro da figura 21 temos três escalas de resistências que são selecionadas por uma chave, com a indicação de um fator de multiplicação de leitura.



*Figura 21 – Multímetro analógico simples com três escalas de resistências*

Assim, quando usamos a escala x1k (x 1000), isso significa que os valores lidos na medida de resistência na escala própria devem ser multiplicados por 1 000. A leitura de 2,5 no exemplo dado significa 2 500 ohms.



**Escalas**

*O multímetro será tanto melhor quanto maior for a quantidade de funções que ele tiver, mas lembre-se: não adianta ter um multímetro caro que tenha funções que você não precisa.*

**Que Multímetro Comprar**

- Sei avaliar um multímetro pela sua sensibilidade e sei quais as medidas que posso encontrar nos modelos principais! Mas, para o que faço, o que deve ter um multímetro?

Para responder a esta pergunta será interessante fazermos uma análise dos usos mais comuns:

**a) O eletricista de automóveis**

Houve tempo em que os circuitos elétricos dos automóveis eram simples e uma lâmpada de prova já servia para detectar problemas. No entanto, mais e mais os automóveis se tornam eletrônicos e as tensões que encontramos nos diversos pontos de seu circuito não são mais apenas os 6 ou 12 V de uma bateria.

Os carros modernos são eletrônicos e o eletricista precisa se acostumar com isso. Para alguns testes importantes em circuitos modernos, e a maioria dos tradicionais, o multímetro é o instrumento recomendado.

Os do tipo A e B são indicados para os menos experientes e que inicialmente trabalham com circuitos tradicionais.

Para os que vão além, abrindo ignições eletrônicas, circuitos de injeção, temporizadores e outros circuitos mais sofisticados, um multímetro do tipo C ou D deve estar presente na bancada. Um

multímetro digital do tipo especialmente projetado para trabalhos automotivos também é importante.

### **b) O instalador de som em carro**

Já dissemos que o carro de hoje tem muito de eletrônica e boa parte dela está no sistema de som. Diversos são os tipos de medida que podem ser necessárias num sistema de som de carro e que vão desde a simples prova de continuidade de um fio ou bobina até as tensões que chegam a um toca-fitas ou amplificador.

Para estes instaladores um multímetro simples do tipo A ou B atende perfeitamente às principais necessidades. No entanto, se houver a possibilidade de se ter também um multímetro digital para testes mais avançados, isso será bom.

Tudo depende de quanto se pretende investir.

## **Classificando os Multímetros**

No item anterior classificamos os multímetros em categorias de A até E, mas não dissemos exatamente o que cada um deve ter para se enquadrar numa delas. Vejamos então o que entendemos por um multímetro da categoria A, B, C, etc.

### **a) Multímetro tipo A**

O multímetro analógico do tipo A é o mais simples, analógico, com uma sensibilidade de 1 000 a 5 000 ohms por volt conforme mostra a figura 22.



*Figura 22 – Multímetro analógico do tipo A*

Este multímetro possui de duas a quatro escalas de tensões contínuas, duas a quatro escalas de tensões alternadas, uma ou duas escalas de resistências e uma ou duas escalas de resistências.

### **b) Multímetro do tipo B**

Temos aqui um multímetro de tipo intermediário que pode ser obtido a um custo bastante acessível. Sua sensibilidade estará entre 5 000 e 10 000 ohms por volt nas escalas de tensões contínuas que podem variar de 3 a 5. As escalas de tensões alternadas também podem variar de 3 a 5 possibilitando a medida de até 1 500 Volts.

As escalas de resistências vão de 2 a 4 e sua operação se faz a partir de pilhas comuns. Na figura 23 temos um multímetro deste tipo.



*Figura 23 – Multímetro do tipo B*

### **c) Multímetro analógico do tipo C**

Na escala, este já é um instrumento de uso profissional com recursos que permitem analisar a maioria dos circuitos eletrônicos e testar muitos componentes.

Com uma sensibilidade na faixa dos 10 000 aos 50 000 ohms por volt, além de diversas escalas de tensões, correntes e resistências é normal encontrarmos outras escalas importantes como a de teste de pilhas e baterias sob carga, escalas de decibéis, e mesmo ganho de transistores.

Para esta categoria já temos alguns tipos digitais de baixo custo com excelente sensibilidade.

Os tipos de 3,5 dígitos com 3 ou 4 escalas de resistências, tensões e correntes são exemplos de multímetros digitais desta

categoria. Na figura 24 temos exemplos de multímetros desta categoria.

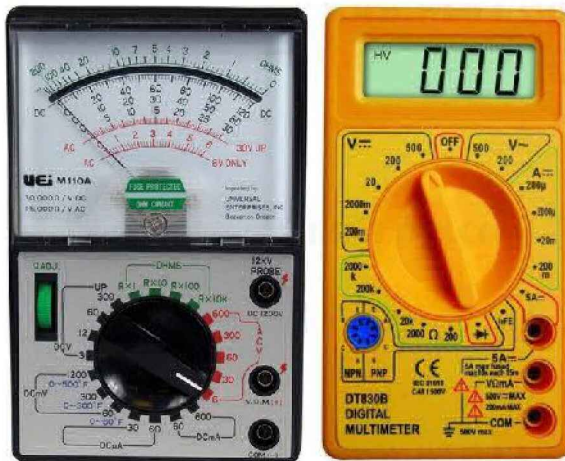


Figura 24 – Multímetros analógico e digital do tipo C

#### d) Multímetros do tipo D

Trata-se sem dúvida do instrumento do profissional da eletrônica e nesta categoria podemos ter representantes tanto analógicos como digitais. Os tipos analógicos possuem sensibilidade de 50 000 a 100 000 ohms por volt, enquanto que o número de escalas de cada grandeza pode superar 5.

As escalas de resistências são igualmente numerosas e podemos encontrar recursos para medir diversas outras grandezas tais como ganhos de transistores, isolamento, decibéis, fazer teste de pilhas e até medir frequências.

Para os digitais pode-se ir além com o acréscimo de funções como a medida de frequências e eventualmente capacitâncias. O teste de transistor é normal nos multímetros digitais deste grupo.

Na figura 25 temos um exemplo de um multímetro digital que se enquadra neste grupo. Nesta categoria podemos incluir os específicos para uso automotivo.



*Figura 25 – Multímetro digital tipo D*

Um recurso interessante que podemos encontrar neste tipo de multímetro é a indicação por escala de barra móvel (bargraph) que simula no cristal líquido o movimento de um ponteiro.

Isso é interessante porque muitos testes são baseados não na indicação numérica que se obtém, mas sim no tipo de movimento que o ponteiro realiza.

***O seu multímetro***

*Analise muito bem suas necessidades antes de optar pela compra de um multímetro. Os multímetros mais sofisticados custam caro e você está investindo seu dinheiro.*

**Como Usar Corretamente o Multímetro**

O mais útil dos instrumentos às vezes é tratado com displicência pelos técnicos que se sentem tão seguros quando ao seu uso que se esquecem de alguns fatos importantes capazes de afetar uma medida.

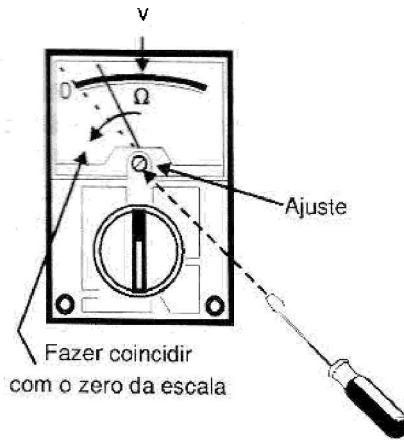
Neste item tratamos de alguns pontos importantes no uso do multímetro, muito importantes para os profissionais que já os esqueceram e principalmente para os novos que estão começando agora a entender como funciona este instrumento.

Os multímetros analógicos e digitais podem ser encontrados em versões tão baratas que qualquer pessoa que deseje trabalhar com este instrumento pode ter um sem muito esforço.

No entanto, também existem as versões caras que são usadas em aplicações avançadas que exigem maior precisão e a sensibilidade que permita ler certas grandezas em intensidades muito pequenas, conforme vimos no item anterior.

**O Multímetro Analógico Básico**

- a) Os multímetros analógicos possuem um parafuso que permite ajustar a posição do ponteiro de modo que, em repouso ela fique no início da escala, conforme mostra a figura 26.



*Figura 26 – O ajuste mecânico do início de escala*

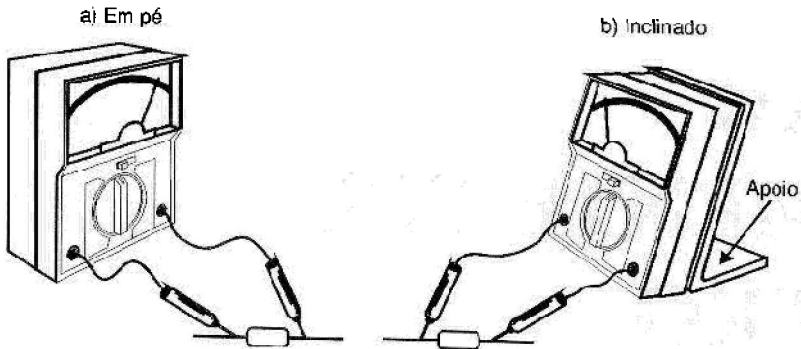
É muito importante este ajuste, pois se o ponteiro partir de uma posição diferente do início da escala, o valor marcado numa medida terá um certo erro introduzido o que pode levar o técnico à conclusão erradas.

Este ajuste normalmente precisa ser refeito quando o multímetro leva um pequeno tombo ou ainda é transportado ficando sujeito a muitos balanços.

### **b) Posição de funcionamento**

A maioria dos técnicos usa seu multímetro analógico em qualquer posição, deitado, em pé e até colocando-os em repouso feitos com tábuas ou mesmo uma lâmina de metal dobrada, conforme mostra a figura 27.





*Figura 27 – Posições de uso do multímetro analógico*

A não observância da posição correta de funcionamento de um multímetro pode levar a indicações com erros.

O que ocorre é que o esforço mecânico para movimentar o mecanismo da agulha é projetado para ocorrer de uma determinada forma quando o instrumento está em posição previamente estabelecida.

Isso significa que se o instrumento for usado numa posição diferente, o esforço para movimentar a agulha pode ser diferente, introduzindo assim uma alteração que leva a agulha a uma posição na escala que não corresponde ao que se espera.

Em suma, temos a introdução de um erro na medida, o qual pode comprometer um diagnóstico de defeito.

As posições em que um multímetro pode funcionar são indicadas na própria escala por símbolos padronizados, conforme mostra a figura 28.

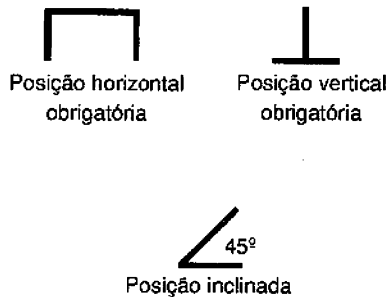


Fig. 4 - Símbolos para posições de funcionamento.

*Figura 28 – Indicações da posição de uso de um multímetro analógico*

Nunca use seu multímetro numa posição que não seja a recomendada pelos símbolos colocados na escala. Se o multímetro não tiver uma indicação de posições certas para funcionamento é porque ele pode funcionar bem em todas.

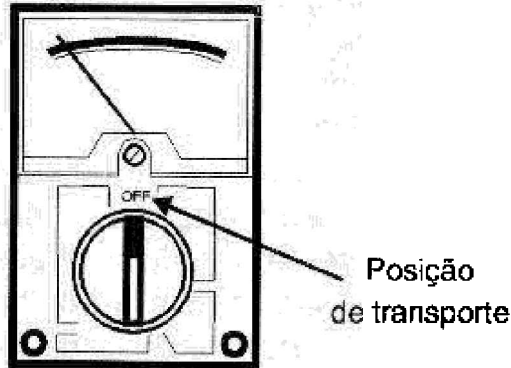
***Campos magnéticos***

*Sempre use o seu multímetro analógico longe de campos magnéticos como os ímãs de alto-falantes e outros.*

**c) Posição de transporte**

Quando se transporta um multímetro analógico de um local para outro a agulha pode oscilar de tal forma que, batendo no final da escala pode entortar ou ainda causa danos ao sensível mecanismo interno.

Para evitar este problema a maioria dos multímetros possui na chave seletora de escalas uma "posição de transporte" conforme mostra a figura 29



*Figura 29 – Posição de transporte*

Nesta posição a bobina do instrumento indicador é colocada em curto. O que ocorre é que o movimento oscilatório da agulha faz com que o instrumento funcione como um dínamo.

Movimentando-se no campo do ímã interno, a bobina do instrumento gera uma tensão que aparece nas extremidades da bobina que, normalmente na espera de medidas em certas escalas se encontra praticamente aberta.

Se colocarmos esta bobina em curto (pela chave na posição de transporte), quando no movimento é gerada uma tensão, estando a bobina em curto a corrente circulante faz com que se crie uma força contrária a que leva a bobina a oscilar.

Em outras palavras, isso funciona como uma "mola" magnética que amortece os movimentos da agulha evitando que eles sejam muito fortes.

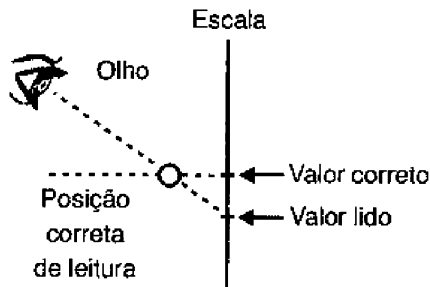
Sempre coloque a chave seletora na posição de transporte quando for levar o multímetro de um lugar para outro.

#### **d) Espelho**

Os bons multímetros possuem um espelho na escala.

Este espelho tem a finalidade de reduzir o "erro de paralaxe" na leitura, possibilitando assim a realização de medidas mais precisas.

O que ocorre é que, para que tenhamos a leitura correta de um valor na escala, o nosso olho a agulha indicadora e o valor marcado devem estar perfeitamente alinhados, conforme mostra a figura 30.



*Figura 30 – O erro de paralaxe*

Na prática, entretanto, temos a tendência de olhar um "pouco de lado" o instrumento no momento da leitura o que leva a visualização de um valor que está um pouco deslocado do valor real. Isso significa uma leitura com certo erro que pode ser importante dependendo do tipo de aplicação e da precisão do trabalho de cada um.

Com o espelho fica mais fácil encontrar a posição correta de leitura. O que se faz é sempre ler o valor somente depois de nos posicionarmos de modo que a imagem do ponteiro fique alinhada com o próprio, conforme mostra a figura 31.



*Figura 31 – Usando o espelho da escala*

Isso nos garante que estejamos na posição certa para a leitura e com isso o erro de paralaxe não seja introduzido.

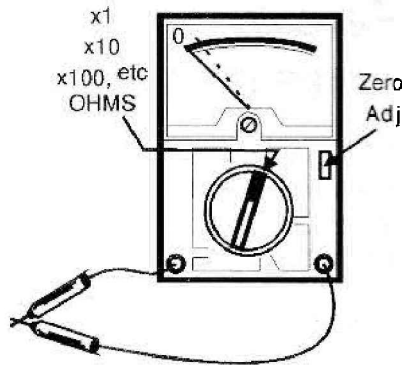
### **e) Ajuste de nulo**

Antes de qualquer medida de resistência devemos sempre verificar se o nulo do aparelho está ajustado.

Neste caso, o que temos é que a resistência nula a ser indicada depende da tensão que a bateria interna do instrumento está fornecendo e ela pode se alterar com o tempo (pelo desgaste natural).

Isso significa que, encostando uma ponta de prova na outra o que corresponderia a uma resistência nula e, portanto a corrente de fundo de escala do instrumento, podemos não ter esta corrente se a bateria

estiver fraca ou podemos ter uma corrente maior se a bateria for nova, conforme mostra a figura 32.



*Figura 32 – O zero adj. ou ajuste de nulo*

Realizando uma medida de resistência nestas condições teremos certamente uma indicação errada de valor, tanto mais errada quando mais baixa for a resistência medida.

Para garantir que isso não ocorra devemos sempre cuidar para que ao realizar a medida o instrumento esteja devidamente zerado.

Para isso encostamos uma ponta de prova na outra e atuamos sobre o ajuste de nulo ou "zero adj." até que a agulha marque zero.

Isso deve ser sempre feito antes da medida de resistências e quando mudamos de escala de resistências um multímetro analógico.

### ***Ajuste de nulo***

*Sempre faça o ajuste de nulo antes de medir qualquer resistência*

## f) Garras

Existem casos em que o uso de garras para a realização de uma medida com o multímetro.

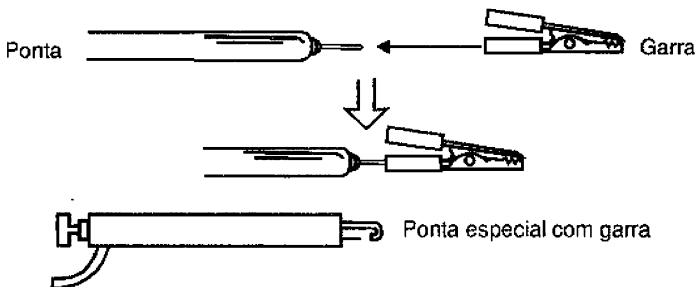
Isso ocorre, por exemplo, quando vamos medir resistências muito altas e o próprio fato de segurarmos o componente pode significar a introdução de uma resistência adicional que vai alterar a leitura.

Mas, o caso mais importante é quando realizamos medidas em lugares difíceis de um aparelho ligado.

Um mínimo de movimento pode fazer com que a ponta de prova encoste em componentes indevidos (submetidos a tensões muito mais altas do que a prevista na escala usada) ou ainda pode colocar em curto trilhas de uma placa ou componentes com resultados desastrosos.

A maioria das pequenas garras jacaré que têm cabos plásticos com um furo para a passagem do fio se adaptam as pontas de prova dos multímetros.

Conforme mostra a figura 33, as pontas podem se encaixar nos furos do cabo de garra de modo bastante firme e fazer contacto elétrico perfeito com a parte metálica, facilitando assim seu uso.



*Figura 33 – Adaptando garras às pontas de prova*

### **g) Campos magnéticos próximos**

O usuário pode não perceber, mas se encostar seu multímetro num pequeno alto-falante que está na bancada para fazer uma medida, o campo magnético do ímã do alto falante pode afetar a medida.

Interagindo com o campo magnético do instrumento pode haver a modificação da força que atua sobre a agulha e, com isso, haver uma mudança de leitura.

## **O Multímetro digital**

Se bem que o multímetro digital tenha algumas vantagens em relação ao analógico existem algumas medidas que ele não oferece as mesmas facilidades dos multímetros analógicos.

Por exemplo, existem testes em que a variação da grandeza e, portanto, o movimento do ponteiro é importante para se ter uma idéia do que está ocorrendo como, por exemplo, num teste de capacitor ou na verificação de um oscilador de baixa frequência.

O multímetro digital não tem este recurso, se bem que existam multímetros digitais que incluam um ponteiro "virtual" em suas escalas.

Para os multímetros digitais devemos observar os seguintes pontos quanto ao uso:

### **a) Ajustes**

A maioria dos multímetros digitais não necessita de ajustes. O único cuidado que o usuário deve ter é em relação à escolha das escalas corretas para cada medida.



**Autorange**

*Muitos multímetros digitais possuem o recurso do autorange. Com ele, uma vez que escolhemos a grandeza (resistência, por exemplo), ao fazer a medida, o próprio multímetro escolhe automaticamente a melhor escala para a leitura.*

Quando a grandeza medida ultrapassa o valor máximo da escala, por exemplo, medir 120 V numa escala de 0 a 99 V, o que ocorre é o aparecimento do valor "1" no display. Isso significa que o usuário deve passar para a escala imediatamente superior e tentar novamente.

Cuidado maior ocorre com as escalas de corrente que, como nos multímetros analógicos, se escolhidas de modo errado num circuito de alta corrente podem causar a queima do instrumento (mais propriamente da resistência de shunt).

**b) Posição**

Como os instrumentos digitais não possuem indicadores com partes móveis, não há posição correta exigida para o funcionamento. Estes instrumentos podem operar em qualquer oposição.

A limitação maior ocorre no caso da operação em lugares claros em que é a luz ambiente que pode atrapalhar a leitura dificultando a visualização dos valores no mostrador. Neste caso, entretanto, a posição do instrumento ou a luz ambiente em nada alteram o valor da grande medida.

### **c) Estado da bateria**

Se bem que o próprio instrumento possua circuitos indicadores e de proteção que informam o usuário quando a bateria está fraca e inibam a circulação dos circuitos quando a tensão cai abaixo de certo valor é preciso ficar atento.

Estes instrumentos normalmente operam com baterias de 9 V e como o consumo é muito baixo já que o cristal líquido do mostrador e os circuitos CMOS exigem correntes muito pequenas a duração é muito grande.

Não há necessidade de usar baterias alcalinas nestes aparelhos. As baterias alcalinas são recomendadas para aplicações de alto consumo o que não é o caso destes instrumentos em que pouca diferença na durabilidade será constatada.

#### ***Bateria***

*Quando o instrumento ficar longo período sem uso, é conveniente retirar a bateria.*

### **d) Garras**

As garras são recomendadas para os trabalhos com multímetros digitais pelo mesmo motivo que no caso dos instrumentos analógicos.

Observamos também que a alta sensibilidade destes instrumentos exige que não se toque nos terminais dos componentes quando na medida de altas resistências, para que os resultados não sejam alterados.

### **e) Oscilação de Leitura**

Um problema comum que os possuidores de multímetros digitais comentam é que em determinadas leituras o último dígito do valor fica oscilando (mudando constantemente de valor).

A explicação para o fenômeno está no próprio princípio de funcionamento do instrumento e não consiste nem em defeito e nem em problema se souber ser analisada pelo técnico.

Se bem que já tenhamos explicado isso ao analisar o princípio de funcionamento destes multímetros, vamos detalhar um pouco mais o que ocorre.

Na medida de uma grandeza analógica como a tensão, corrente e resistência o que o circuito faz é gerar certo número de pulsos que corresponda ao seu valor a partir de um conversor.

Os pulsos são gerados na forma de trens que correspondem ao período de amostragem. Por exemplo, um instrumento estará lendo constantemente o valor de uma resistência em intervalos de 1 segundo, gerando assim o valor correspondente.

No entanto, ocorre na maioria dos casos que o número de pulsos gerado não cabe exatamente no intervalo de tempo da amostragem.

Isso significa que teremos que numa amostragem é lido um valor e na seguinte um valor uma unidade maior ou uma unidade menor de modo que num certo número dessas amostragens a média dê o valor real da grandeza medida.

O resultado disso é que o valor apresentado no display vai oscilar constantemente de uma unidade conforme tenhamos um pulso a mais ou um pulso a menos no processo de amostragem.

Quando isso ocorre o técnico pode ter a certeza de que o valor correto é intermediário entre os dois em que o mostrador oscila.

Se, entretanto a oscilação for muito grande então temos duas possibilidades:

- A grandeza está realmente se alterando constantemente por algum motivo.

- Existe algum problema de contacto do instrumento com o componente ou circuito que está sendo medido.

### **f) Resistência de entrada**

Os multímetros digitais possuem uma resistência de entrada muito alta, da ordem de 20 Megohms para os tipos que usam FETs o que é bem diferente dos multímetros analógicos cuja resistência de entrada, que não passa de 100 000 ohms depende ainda da escala a ser usada.

Se bem que esta resistência seja muito importante, pois evita preocupações com a possibilidade dela carregar o circuito que está sendo medido, ela pode ainda significar a captação de sinais espúrios capazes de afetar uma medida.

## **Termos em Inglês**

Nesta lição temos diversos termos em inglês que posteriormente serão analisados em maior profundidade quando tratarmos dos pontos das instalações elétricas em que eles são usados.

Multimeter – multímetro

Car multimeter, automotive multimeter – multímetro automotivo

Galvanometer – galvanômetro

Dwell – permanência

LCD – Liquid Crystal Display – Mostrador de Cristal Líquido

Battery – bateria

FET – Field Effect Transistor – transistor de efeito de campo

Load – carga

Accuracy – precisão

Analog – analógico

## Questionário

1) Qual é o instrumento básico de um multímetro analógico?

- a) LCD
- b) Galvanômetro
- c) Microcontrolador
- d) Transistor

2) Na medida de tensões o instrumento é ligado de que maneira com o circuito?

- a) Em série
- b) Em paralelo
- c) Em série ou paralelo
- d) De nenhuma das formas indicadas

3) Que tensão indica um multímetro analógico de 5 000 ohms de resistência interna ao medir 5 V num divisor de 10 V com dois resistores de 5 000 ohms em série?

- a) 5 V
- b) 10 V
- c) 3,3 V
- d) 2,5 V

4) Qual das funções abaixo podemos encontrar apenas nos multímetros de uso automotivo?

- a) Ohms
- b) dB
- c) RPM
- d) Provador de transistores

5) Qual é a sensibilidade típica de um multímetro digital na escala de tensões?

- a) Depende da escala
- b) 10 000 ohms/V
- c) 22 M ohms
- d) Infinita

## Capítulo 5

### Motor e Sistema de Ignição

Se vamos trabalhar com a eletrônica dos automóveis precisamos também conhecer um pouco do funcionamento de sua parte mecânica principal, que é controlada pela eletrônica mais importante do carro. Falamos do motor que, sendo uma parte mecânica tem diversos componentes eletrônicos.

Assim, neste capítulo vamos analisar o funcionamento do motor e também o seu sistema de ignição que é controlado nos veículos atuais por um complexo circuito eletrônico.

#### **O Combustível**

Os modernos motores a explosão, como os usados nos automóveis se baseiam na expansão de um gás produzido pela queima de um combustível. Nos veículos atuais este combustível pode ser a gasolina, o álcool, gás ou o diesel.

Para entender como é possível obter a energia que o motor precisa para funcionar e movimentar um veículo, precisamos entender antes o que é o processo de combustão.

Os combustíveis, como a gasolina, álcool, gás e diesel, além de outros, possuem energia química que pode ser liberada através de um processo de queima.

Esta energia, no caso dos combustíveis fósseis, foi acumulada durante milhões de anos nos corpos de microorganismos que depois de morrerem se compactaram e convertendo-se em petróleo.

No caso do álcool, essa energia se acumulou nos tecidos vegetais da cana de açúcar pela foto-síntese e depois foi extraída por um processo de destilação, resultando no combustível que usamos.

Todo combustível possui energia. Qualquer coisa que se queima pode liberar energia e assim ser usada para propulsionar um motor. No entanto, um combustível pode ter ou não maior poder calórico. Ou seja, existem combustíveis que podem fornecer mais energia do que outros.

## O processo de queima

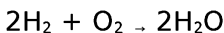
A queima de um combustível é um processo químico, ou seja, uma reação química de combustão. Nessa reação o combustível se combina com um comburente, que no caso é o oxigênio do ar.

Sem comburente não há queima. Por esse motivo, um carro não andaria na lua, onde não existe atmosfera e, portanto, ar. Da mesma forma, um carro não andaria na superfície de Marte, pois naquele planeta a atmosfera não contém oxigênio para manter uma reação de combustão.

No processo de queima, combustível e comburente devem estar presentes numa proporção muito bem definida.

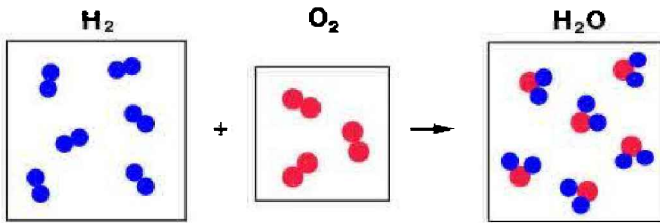
Podemos dar, por exemplo, uma reação de queima muito simples que é a combustão do hidrogênio. Nela, o gás hidrogênio ( $H_2$ ), que é o combustível se combina com o oxigênio ( $O_2$ ), que é o comburente, resultando em água  $H_2O$ .

Escrevendo isso como uma reação química temos:



A figura 1 mostra o que ocorre.





*Figura 1 – A combustão do hidrogênio formando água*

Veja que precisamos de  $2H_2$ , pois a proporção é de duas moléculas de hidrogênio para cada uma de oxigênio, isso porque, na natureza os átomos de oxigênio e hidrogênio não existem sozinhos, mas sim aos pares, na forma de moléculas.

A reação que escrevemos é muito importante, pois ela define a proporção em que devem estar presentes o combustível (hidrogênio) e o comburente (oxigênio) para que ocorra a queima perfeita, ou seja, não sobre nenhum deles.

Se houver pouco combustível sobra comburente e vice-versa. Isso ocorre também com os carros, quando a proporção de gasolina e ar está incorreta e sobra um deles, fazendo com que o rendimento do motor caia. O motor deve funcionar com as proporções certas de combustível e comburente, conforme veremos.

Ocorre, entretanto, que as diversas substâncias possuem pesos atômicos diferentes. Assim, enquanto que o peso de um átomo de oxigênio é 16 o de um átomo de hidrogênio é 1.

Por este motivo, para que a reação da queima do hidrogênio funcione devemos ter quantidades certas em gramas de cada uma das substâncias conforme a equação abaixo:

## **Peso Atômico**

Oxigênio: 16

Hidrogênio: 1

Assim, precisamos de:

16 g de oxigênio para cada 2 gramas de hidrogênio, de modo a obter 18 gramas de água.

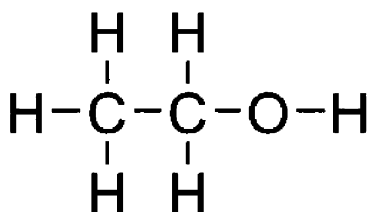
Esta proporção é dada pela estequiometria, que é o cálculo feito em química para determinar as quantidades certas das substâncias que devem entrar numa reação para que não sobre nada. No caso, esta proporção deve ser observada para que tenhamos uma queima total.

### ***Estequiometria***

*A palavra estequiometria tem origem no grego Stoicheon cujo significado é "medida dos elementos químicos", ou as quantidades envolvidas numa reação.*

O leitor já deve ter percebido que se o combustível for outro, as proporções em que o oxigênio deve entrar para que ocorra a queima também muda. Assim, se tomarmos como exemplo o álcool, a reação será outra.

Na figura 2 temos então a estrutura de uma molécula de álcool etílico, que é o combustível que usamos em grande quantidade na propulsão de automóveis e outros veículos.



cuja fórmula será:  $\text{C}_2\text{OH}_6$

Figura 2 – A fórmula estrutural da molécula de álcool etílico

Quando o álcool queima totalmente os hidrogênios se combinam com o oxigênio formando água e os carbonos formando o gás carbônico ou  $\text{CO}_2$ .

Na figura 3 temos uma representação do que ocorre.

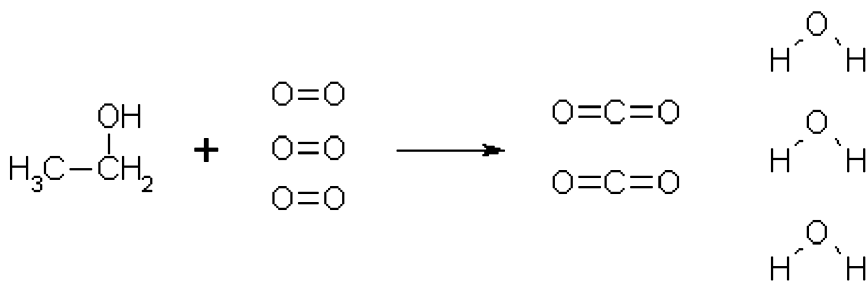


Figura 3 – A reação de queima do álcool etílico.

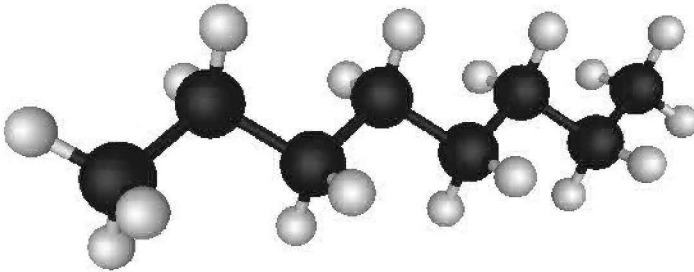
Veja então que para cada molécula de álcool precisamos de 3 moléculas de oxigênio e depois da queima temos a emissão de duas moléculas de gás carbônico e três moléculas de água.

Nesta reação é liberada energia na forma de calor. Como calor os gases formados se expandem e isso pode ser aproveitado num motor.

Para a gasolina a combustão tem uma análise um pouco mais complexa, pois a gasolina comum não é uma substância pura formada por um tipo único de moléculas.

A gasolina consiste numa mistura de hidrocarbonetos, ou seja, substâncias formada por hidrogênio e carbono, unidos de modo que suas moléculas tenham cadeias mais curtas ou mais longas.

A proporção com que cada tipo de substância entra determina o tipo de gasolina e com isso o seu poder calórico. Na figura 4 temos uma das substâncias encontradas na gasolina e que tem 8 átomos de carbono na sua cadeia, sendo chamada, por esse motivo, octano.



*Figura 4 – As esferas escuras representam átomos de carbono e as claras, átomos de hidrogênio*

Para a utilização de qualquer combustível num motor é, portanto, importante conhecer a relação estequiométrica que deve haver entre o combustível e o oxigênio usado na sua queima.

Por exemplo, para o álcool, levando em conta a equação de queima que vimos na figura 3, temos uma relação de 9,01 para 1 de peso de combustível para cada unidade de peso do comburente, ou seja, o oxigênio.

Assim, para cada grama de álcool que queimamos precisamos de 9 gramas de oxigênio, resultando em 10 gramas de gases emitidos, no caso, o  $\text{CO}_2$  e o vapor d'água.

Para a gasolina comum esta relação é de 14,1 para 1, o que significa que para queimar 1 grama de gasolina precisamos de 14,1 gramas de oxigênio.

Esta diferença de quantidades envolvidas também influi na quantidade de calor que pode ser obtida da queima dos diversos combustíveis, ou seja, do poder calórico do combustível que vai influir no rendimento de um motor.

Esta diferença também é muito importante nos ajustes do sistema que mistura combustível e comburente (ar) num carro. É por esse motivo que o ajuste de um carro a álcool é completamente diferente do ajuste de um carro que funciona com gasolina ou gás.

Quando a mistura ar combustível apresenta diferenças entre as quantidades ideais (estequiométricas) ocorrem diversos problemas. Assim, dizemos que uma mistura é rica quando tem mais combustível do que a quantidade de ar que pode queimá-lo.

Os que possuem carros antigos, cujo ajuste dessa mistura é feito manualmente, percebem isso pelo cheiro de gasolina (ou álcool) que fica no ar quando o motor funciona.

Quando a mistura é pobre, ou seja, mais ar do que combustível, o rendimento do motor cai. Na figura 5 temos o ajuste da mistura feita num "fusca" e a "borboleta" que dosa a entrada de ar no motor.



*Figura 5 – Ajustando a mistura num "fusca"*

Nos carros modernos temos um sensor que monitora constantemente a queima do combustível e determinada para cada regime de funcionamento do motor quanto de ar deve ser injetado juntamente com o combustível.

A diferença de comportamento entre os diversos tipos de combustível também influi no rendimento de um motor.

Desta forma, enquanto que o poder calórico do álcool (etanol) é de 13,160 BTU/lb o da gasolina comum, conforme o tipo, é de 18,7 a 19,2 BTU/lb.(\*)

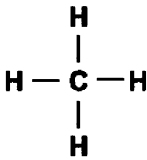
(\*) BTU significa British Thermal Unit ou Unidade Britânica de Calor e é muito usada para especificar a quantidade de calor que um dispositivo pode movimentar, quer seja um aquecedor ou um sistema de ar condicionado. Lb, por outro lado é a abreviação de libra.

Convertendo as unidades, podemos dizer que 1 BTU equivale a  $2,928 \times 10^{-4}$  kW ou convertendo BTU/lb em Quilojoules/kg temos  $1 \text{ BTU/lb} = 2 \text{ 320 kJ/kg}$ .

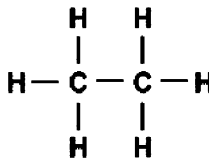
Estes valores explicam a diferença de consumo de um carro a álcool e de um carro a gasolina. A gasolina tem aproximadamente 30% a mais de rendimento que o álcool e isso leva um veículo a fazer 30% a mais de quilômetros por litro do que um carro a álcool.

### **Carro a gás**

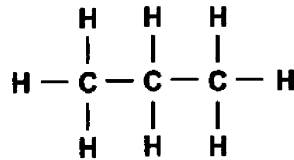
O gás combustível é uma mistura de hidrocarbonetos semelhantes aos que encontramos na gasolina, mas de cadeias mais curtas e por isso mais leves, o que os leva a ter o estado gasoso. O processo de combustão é exatamente o mesmo.



**Metano**



**Etano**



**Propano**

#### *Componentes do gás combustível*

Para que uma mistura de ar com combustível se queime é preciso que algo dê início à reação química de combustão.

No caso do gás, por exemplo, quando você usa seu fogão, uma faísca elétrica ou um fósforo dá início a reação.

A velocidade com que esta reação ocorre é muito importante no caso do motor de um carro.

Numa locomotiva a vapor, em que a energia obtida vem da queima lenta do carvão, não há problema na velocidade da reação. No entanto, num carro, a queima deve ser muito rápida.

É por este motivo que o combustível e o comburente (oxigênio) devem estar vaporizados. As partículas muito pequenas dessas substâncias, quando ocorre um processo de ignição fazem com uma velocidade muito grande, uma velocidade explosiva.

Essa velocidade de queima e a rápida expansão dos gases que se formam, gerando uma força mecânica muito grande é que é aproveitada nos motores dos veículos, denominados muito apropriadamente, motores à explosão ou motores de combustão interna.

### **Eletrônica**

*E a eletrônica, onde fica nisso? Conforme vimos uma fisca elétrica pode causar a combustão de uma mistura combustível comburente e ai que entrará a eletriicidade e a eletrônica.*

### **Álcool Combustível e Flex – Não é novidade**

O álcool e o aguardente são usados tanto como combustível como bebida desde o século 15. Assim, o primeiro motor de combustão interna foi patenteado por Samuel Morey em 1826 e ele usava uma mistura de álcool e terebentina.

Mais tarde, em 1861 Nikolaus Otto, também conhecido como o pai do motor de 4 tempos, desenvolveu um motor de combustão interna que funcionava com álcool puro e um carburador aquecido.



O porque de se usar o álcool naquela época é simples de explicar. O álcool era comum, pois era usado em iluminação e por isso livre de impostos. Não havia a gasolina ainda.

O próprio Henry Ford, já tinha no seu Modelo T um carro que funcionava tanto com gasolina como etanol. Assim, a utilização desse combustível de uma forma mais intensa não é novidade.



***Nikolaus August Otto (1832-1891)***

*Inventor do motor a combustão interna de 4 tempos (ciclo Otto) que é a base de todos os veículos modernos.*

### ***Vantagens do Álcool***

A preocupação com o meio ambiente e os esgotamento das fontes renováveis de energia, caso do petróleo, têm sido os principais responsáveis pela ampliação do uso do álcool como combustível.

O álcool além de ser um combustível renovável rapidamente, o que não ocorre com o petróleo, tem vantagens em relação à emissão de poluentes, principalmente o CO<sub>2</sub>.

É claro que não se consegue uma combustão perfeita e com isso uma certa quantidade de CO (monóxido de carbono) ainda é emitida, mas as vantagens compensam isso.

Começamos com a emissão de monóxido de carbono, que no caso do álcool é reduzida de 25% a 30% em relação à gasolina.

O nitrogênio que existe nos dois combustíveis em pequenas quantidades tem sua emissão reduzida em até 20% no caso do álcool.

A gasolina contém alguns hidrocarbonetos perigosos, causadores de câncer como o benzeno e butadieno. A emissão desses compostos é reduzida em até 50% no caso do álcool.

Finalmente temos o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) que no caso do álcool é reduzido de modo significativo.

A mistura do álcool à gasolina tem também efeitos bastante acentuado na emissão de poluentes.

### ***Desvantagem do álcool***

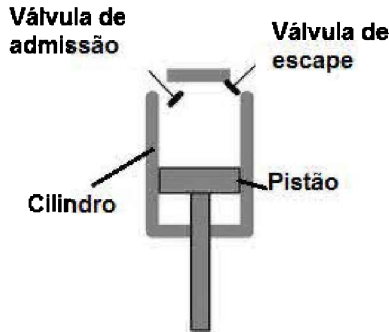
Infelizmente o mundo tem carência de alimentação, exigindo cada vez mais espaço para que sejam cultivados. Assim, quando enormes áreas são usadas para plantar cana, elas ocupam um espaço que poderia estar sendo usado para produzir alimentos. O álcool não é portanto a solução definitiva para a propulsão de veículos.

## **Os Motores de Combustão Interna ou Motores à Explosão**

Os veículos automotores atuais, em sua maioria, utilizam motores de combustão interna que operam segundo o ciclo inventado por Nikolaus Otto em 1876, ou seja, são motores que operam segundo o ciclo Otto de 4 tempos.

Assim, ao analisarmos o funcionamento básico de um motor tomaremos como exemplo este tipo de motor e depois teremos informações adicionais sobre outros tipos de motores.

Partimos então de um cilindro em que existe no seu interior um pistão dotado de movimento livre, mas bastante justo, conforme mostra a figura 6.



*Figura 6 – O pistão*

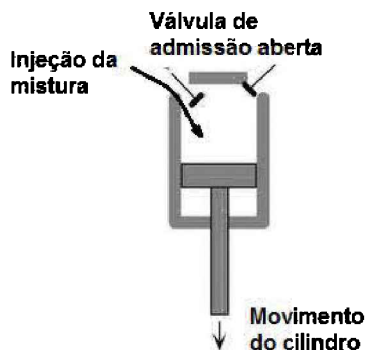
Nos motores comuns temos sempre mais de um cilindro, podendo variar de 2 (para os motores de dois tempos de motos até 6 em carros mais potentes e 12 em carros especiais de competição ou altíssima potência).

Na figura 7 um motor de BMW de 12 cilindros.



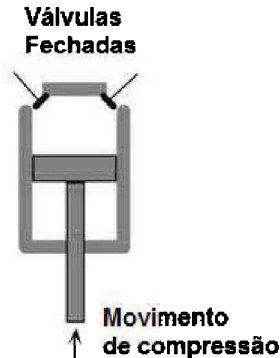
*Figura 7 - Motor BMW de 12 cilindros de 618 hp*

Inicialmente, o pistão é forçado a fazer um movimento para baixo. Nesse momento, a válvula de admissão abre e é injetada no seu interior a mistura de ar com combustível, na proporção correta para a combustão total. Isso é mostrado na figura 8.



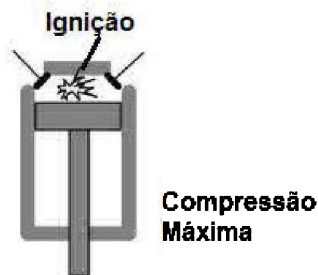
*Figura 8 - Injeção da mistura*

Numa segunda fase, a válvula de admissão fecha e o cilindro comprime a mistura, conforme mostra a figura 9.



*Figura 9 – Nessa fase, o movimento do pistão comprime a mistura*

Quando a mistura atinge o grau máximo de compressão é produzida uma faísca que faz a sua ignição. Essa faísca é produzida normalmente por um sistema elétrico através da vela. Essa fase é mostrada na figura 10.



*Figura 10 – No momento da compressão máxima ocorre a ignição*

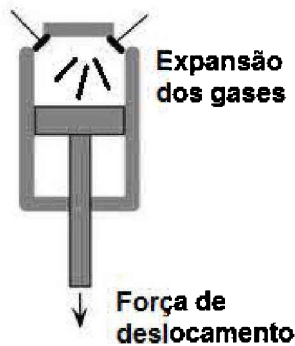
A faísca é necessária, pois uma mistura comum de ar+combustível como a gasolina ou álcool não entra em combustão com a simples compressão à uma baixa temperatura.

É preciso que haja um processo para iniciar a combustão, e uma pequena faísca faz isso.

Nos carros a álcool temos o problema que à baixas temperaturas, mesmo comprimida a mistura ar+combustível não entra em combustão com a faísca, daí a dificuldade de partida desses veículos nestas condições.

Por esse motivo é que se injeta antes gasolina para que, tendo uma ignição mais fácil permita que o motor parta e depois disso, o álcool pode ser usado.

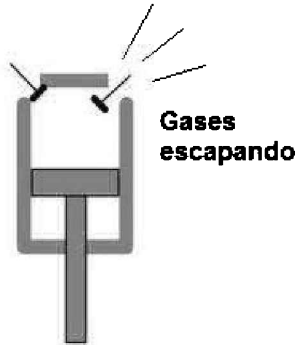
Uma vez que ocorra a ignição, o resultado é a formação de gases que se expandem rapidamente, exercendo sobre o pistão uma força que o faz se deslocar, conforme mostra a figura 11.



*Figura 11 – A força obtida pela expansão dos gases*

É essa força que é aproveitada externamente num motor, fazendo girar um conjunto de engrenagens.

Tão logo a expansão máxima seja atingida, a válvula de escape abre para deixar os gases resultantes escapar, conforme mostra a figura 12.



*Figura 12 – Os gases escapam quando a expansão se completa*

Num instante seguinte, começa novamente todo o ciclo com a válvula de admissão abrindo e mais combustível e ar sendo injetados.

Veja então que a abertura e fechamento das válvulas, injeção da mistura ar+combustível devem ser sincronizados com o movimento do pistão.

Veja também que o sobe e desce do cilindro não é movimento suave. Existem paradas bruscas nas extremidades da trajetória, o que causa uma forte vibração.

Na prática, a utilização de mais de um cilindro não só torna o funcionamento mais suave como também mais estável, pois quando o gás em se expande, o movimento ajuda outro pistão a comprimir a mistura.

Assim, num motor de quatro cilindros, os quatro pistões são acoplados a um sistema mecânico denominado "árvore de manivelas" ou virabrequim que defasa seu movimento ao mesmo tempo em que

capta a força que eles exercem possibilitando sua utilização. Na figura 13 mostramos o que ocorre.

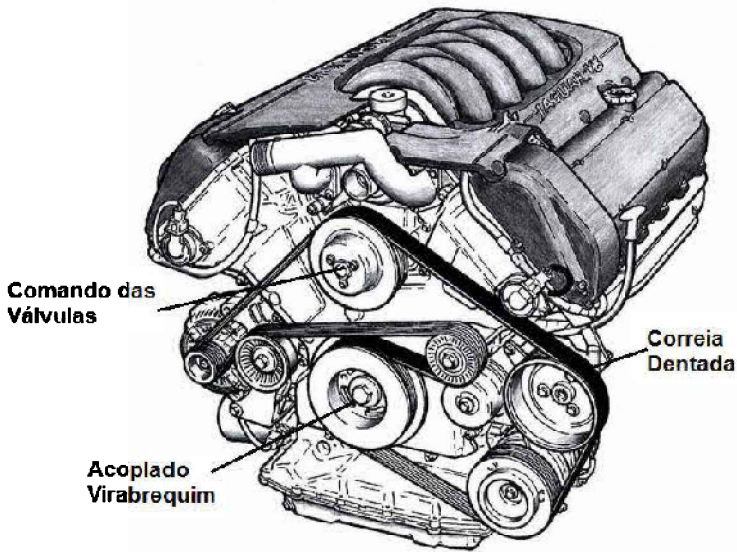


*Figura 13 – Os pistões são acoplados a uma árvore de manivela.*

Acoplado a esse virabrequim temos então recursos que controlam as válvulas e também que sincronizam a produção das faíscas.

Estes recursos podem ser visto na figura 14, em que uma engrenagens são acopladas através de uma correia dentada ou correia dentada que transmite o movimento sincronizado de todas as partes, necessário ao bom funcionamento do motor.

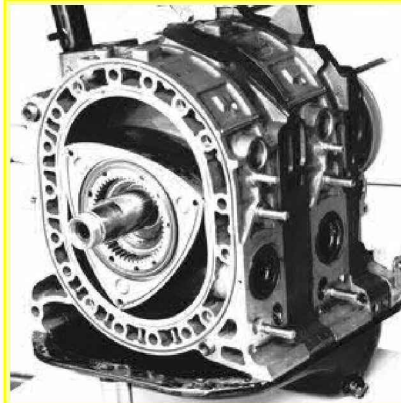




*Figura 14 – Correia dentada*

### **Motores rotativos**

*Uma tecnologia que está sendo aperfeiçoada é a usada nos chamados motores rotativos ou Wankel. Nela não existem cilindros, havendo em sua lugar uma engrenagem excêntrica que comprime o combustível, o qual depois da ignição pressiona da engrenagem de modo a continuar seu movimento. Estes motores rodam suavemente, mas é uma tecnologia que não conseguiu até agora bom rendimento e com a vinda do motor elétrico deve ser abandonada.*



*Motor rotativo*

## **O Motor Diesel**

O funcionamento mecânico de um motor diesel é o mesmo de um motor a gasolina ou álcool. Na verdade, podemos dizer que os motores diesel vieram antes dos motores a gasolina. Neles, o que é diferente é o ciclo de combustão.

No primeiro ciclo, é injetado do cilindro apenas ar através da válvula de admissão. O combustível é injetado depois pelo bico injetor sem a necessidade de ser pulverizado.

Temos ainda o fato de que nos motores diesel não existe a vela, pois não há necessidade de faísca elétrica para ocorrer a combustão. O diesel entra em combustão, ou seja, detona, pela simples compressão do pistão.

Quando a compressão atinge um valor alto, a temperatura sobe para algo em torno de 700° C e com isso o combustível injetado queima espontaneamente.

Este modo de funcionamento faz com que os motores diesel tenham um ruído característico, mais "duro" devido as detonações do combustível pela compressão.

Alguns motores diesel possuem velas que são usadas para ajudar na partida a frio.

Para obter este funcionamento com a combustão sem a necessidade da faísca, os motores diesel comprimem muito mais com ar.

Enquanto que um motor a gasolina ou álcool comprime a mistura numa taxa de 8:1 a 12:1, os motores diesel trabalham com taxas superiores de a 14:1 chegando mesmo a 25:1 em alguns casos.

Como o diesel tem maior poder calórico, os motores que usam este combustível são mais eficientes.

Veja que a detonação, que é a queima espontânea pode também ocorrer com outros combustíveis, como a gasolina, o que neste caso faria com que ela queimasse antes do tempo no motor.

Assim, para que isso não ocorra, na gasolina comum são acrescentados produtos anti-detonantes que evitam isso.

## **O sistema de Ignição**

Quando a mistura ar-combustível é comprimida no cilindro de um motor, sua queima ou ignição não ocorre espontaneamente.

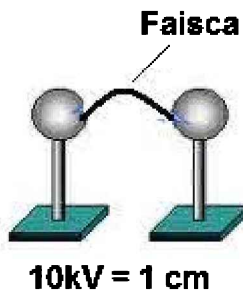
É preciso que haja uma excitação externa para que isso ocorra. Esta excitação é uma faísca elétrica de alta tensão.

Para que ocorra a ignição precisamos de uma faísca de pelo menos 12 000 volts com correntes de pelo menos 40 a 60 mA. Essa faísca deve ser produzida por uma vela.

A produção da faísca se deve ao que denominamos "rigidez dielétrica do ar". Os isolantes só podem deter a circulação de uma corrente até uma determinada tensão.

Se aplicarmos uma tensão maior do que um determinado valor, o material deixa de ser isolante podendo conduzir a corrente. Salta uma faísca.

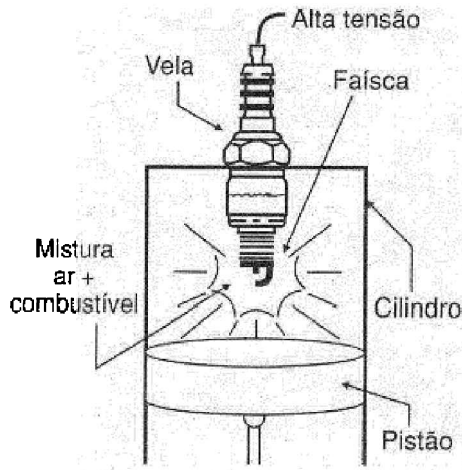
Para o ar isso ocorre com uma tensão de 10 000 volts por centímetro. Isso significa que duas esferas separadas de uma distância de 1 cm só podem impedir a circulação da corrente se a tensão entre elas for menor do que 10 000 volts. Acima disso, a faísca salta, conforme mostra a figura 15.



*Figura 15 – Faísca entre duas esferas*

A bateria de um carro atualmente só fornece 12 V (mais adiante veremos a possível mudança do sistema para 42 V e suas vantagens), sendo por esse motivo necessário dispor de um sistema que eleve a tensão para os 12 000 volts ou mais necessários à produção da faísca.

A faísca é produzida por uma vela, conforme mostra a figura 16.



*Figura 16 – Uma vela produz a faísca*

Os primeiros sistemas eram muito simples, basicamente formados por um circuito elétrico com um transformador (bobina), no entanto, com o tempo esse sistema foi evoluindo e hoje os sistemas de ignição levam muita eletrônica.

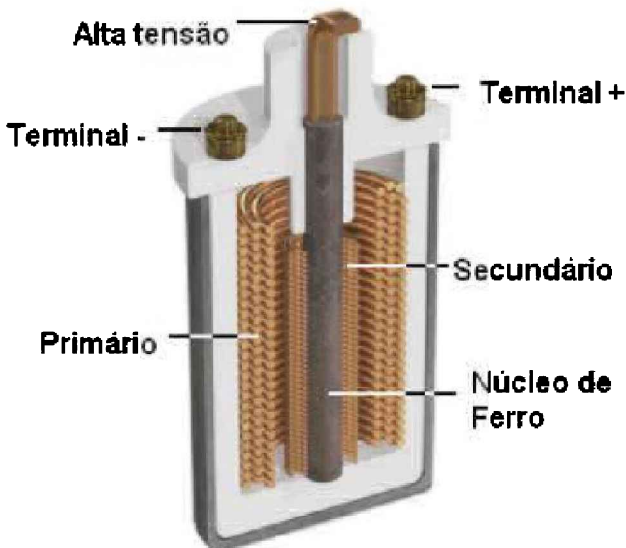
No entanto, os sistemas eletrônicos de ignição só serão estudados no próximo capítulo. Neste capítulo vamos nos dedicar ao sistema básico e seus elementos, analisando o seu princípio de funcionamento.

O sistema de ignição do automóvel não tem apenas a função de gerar a faísca de alta tensão necessária a combustão, mas também garantir que isso ocorra no instante certo.

## A bobina de ignição

O componente principal do sistema de ignição convencional é a bobina de ignição cuja finalidade é justamente aumentar a tensão de 12 V da bateria para um valor suficientemente elevado que produza a faísca desejada nas velas.

Esta bobina é na realidade um "auto-transformador" que gera de 12 000 a 40 000 volts, dependendo do tipo do carro, e tem seu princípio de funcionamento analisado a seguir. Conforme mostra a figura 17, a bobina é formada por dois enrolamentos: primário e secundário.



*Figura 17 - Os terminais (+) e (-) correspondem ao enrolamento primário.*

### **Transformadores**

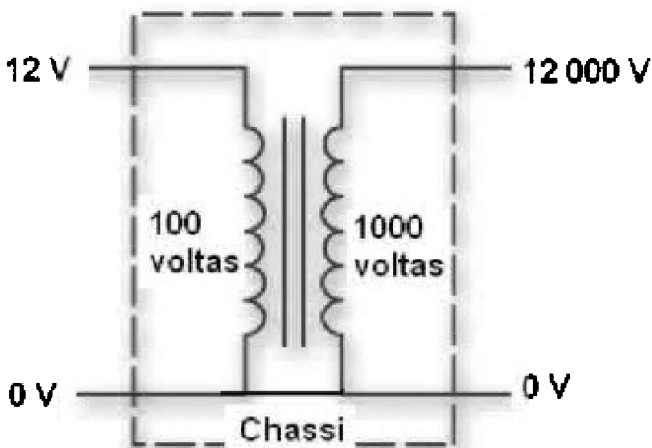
*Veja mais sobre o funcionamento dos transformadores no nosso livro Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – Vol 1.*

O enrolamento primário tem poucas voltas de um fio mais grosso e o enrolamento secundário é formado por milhares de voltas de um fio mais fino.

Na verdade, o enrolamento secundário de uma bobina de ignição chega a ter dezenas de quilômetros de fio esmaltado fino!

A relação entre as voltas do enrolamento primário e do enrolamento secundário determinam a tensão que vai sair no terminal de alta tensão quando aplicamos os 12 V no enrolamento de baixa tensão.

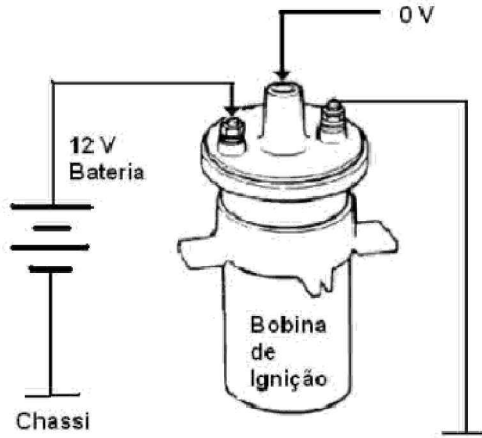
Por exemplo, se o enrolamento primário tiver 100 voltas de fio e o enrolamento secundário 100 000 voltas, a tensão ficará multiplicada por 1 000. Assim, aplicando 12 V no primário teremos 12 000 V no secundário, conforme mostra a figura 18.



*Figura 18 -O funcionamento do transformador.*

No entanto, como qualquer transformador, a bobina de ignição é um componente que só funciona quando a corrente nos seus enrolamentos varia.

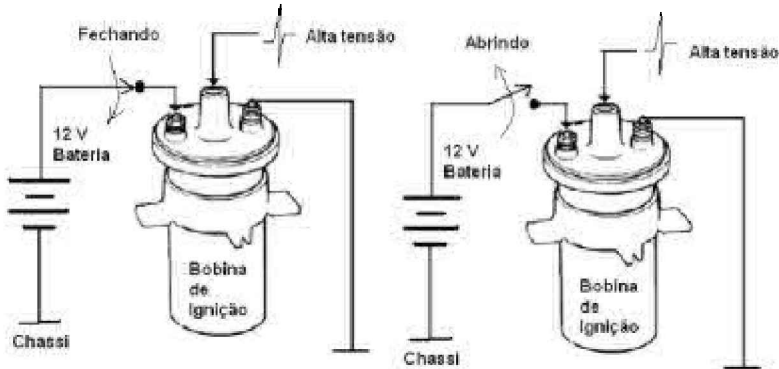
A bobina não funciona com corrente contínua pura. Se ligarmos o enrolamento primário diretamente à bateria não acontece nada e não saem os 12 000 V no secundário conforme mostra a figura 19.



*Figura 19 - Ligando diretamente os 12 V na bobina não há indução*

A indução de uma alta tensão na bobina só ocorre em dois momentos: no momento em que o circuito é fechado e no momento em que o circuito é aberto, conforme mostra a figura 20.





*Figura 20 - A indução só ocorre quando a corrente varia (liga ou desliga)*

No circuito da ignição do carro, este momento é determinado pela abertura e fechamento do platinado, que funciona como uma chave que liga e desliga a corrente.

Abrindo e fechando, ele determina então o instante em que a alta tensão é gerada e a faísca produzida na vela. Mas, o sistema de ignição não é apenas isso. Vamos fazer uma análise do circuito.

### ***Transformadores comuns***

*Os transformadores que usamos nas aplicações comuns operam com correntes alternadas, por isso podem ser ligados diretamente aos circuitos, sem a necessidade de ficarem sendo ligados e desligados contantemente.*

O teste básico de uma bobina de ignição pode sr feito com o multímetro, medindo-se a continuidade dos enrolamentos. No entanto, não é um teste conclusivo, pois não acusa eventuais curtos. Veja nos livros "Como testar Componentes" mais como fazer o teste de transformadores.

## O Circuito Completo

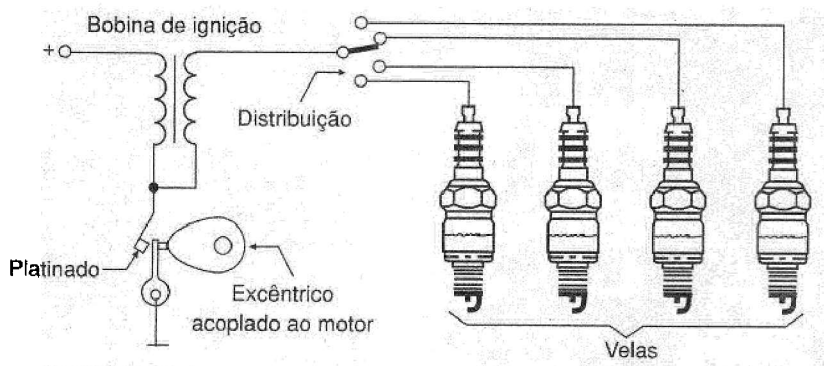
Analisado o funcionamento dos dois componentes principais de um sistema de ignição convencional, podemos ver o funcionamento do circuito completo.

Partimos então do circuito mostrado na figura 20 que corresponde ao sistema de ignição convencional de um carro com motor de 4 cilindros.

Entendendo como este sistema funciona será fácil passar o mesmo princípio para motores com outros números de cilindros.

### **Analisando o Circuito**

Na figura 21 temos então o circuito de um sistema de ignição tradicional com platinado, bobina de ignição, distribuidor e velas



*Figura 21 – Circuito completo de um sistema de ignição básico*

Os instantes em que as faíscas nas velas devem ser produzidas é determinado por uma peça excêntrica acoplada ao motor e que comanda o platinado, conforme mostra a figura 22.



*Figura 22- Um platinado comum*

Essa peça nada mais do que um interruptor acionado por um excêntrico acoplado ao motor. Quando o motor gira, este interruptor fecha e abre seus contatos, estabelecendo assim uma corrente por um instante.

Assim, num motor de 4 cilindros ou 4 tempos precisamos de 4 faíscas, uma em cada vela, em cada volta do motor. O comando do platinado faz então com que em cada volta do motor ele dê quatro voltas e com isso feche o platinado 4 vezes.

### ***Alta e baixa tensão***

*Até aqui, o circuito opera com baixas tensões (12 V) e altas correntes (alguns ampères). A partir da bobina, o circuito trabalha com altas tensões, de milhares de volts. Cuidado então, pois o choque causado por um contato acidental é desagradável.*

Como o platinado está ligado ao primário da bobina de ignição, temos a produção de 4 pulsos de alta tensão a cada volta do motor.

No entanto, estes pulsos devem ser enviados para as velas correspondentes na ordem certa, ou seja, de acordo com o instante em que cada cilindro alcança o grau de compressão ideal para a combustão.

Veja que os cilindros se movem de tal forma que eles atingem esse ponto em instantes diferentes. Isso é dado pela árvore da manivelas (virabrequim).

Para dirigir a alta tensão para a vela correspondentes, entra em ação uma outra peça que também é comandada pelo movimento do motor: o distribuidor.

O distribuidor nada mais é do que uma chave rotativa que gira, fazendo contacto em instantes diferentes com os fios que vão para a vela.

Assim, ele deve estar na posição exata que corresponde a uma determinada vela quando a alta tensão para esta vela é produzida e deve ser enviada a ela, conforme mostra a figura 23.



*Figura 23 – Quando o rotor gira ele faz contato com os terminais dos fios que vão as velas situados na tampa*

A alta tensão escapa com extrema facilidade na presença de umidade, daí a necessidade do distribuidor ser muito bem vedado.

Qualquer umidade provoca o escape da alta tensão e a falha do motor. Na figura 24 um distribuidor completo.



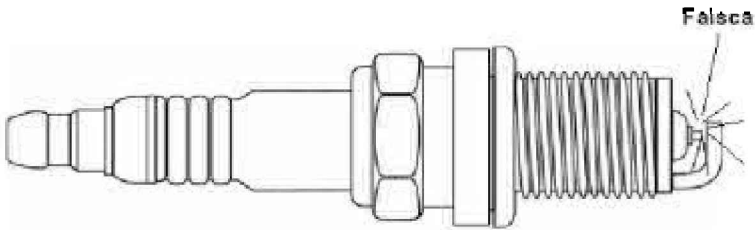
*Figura 24 – Um distribuidor comum*

O ponto final do sistema é a vela que, ao receber a alta tensão produz a faísca que provoca a ignição da mistura combustível+ar no interior do cilindro. A vela nada mais é do que uma peça que tem dois eletrodos.

Um deles é aterrado (ligado ao bloco do motor) e o outro recebe a alta tensão. Quando isso ocorre, temos uma faísca elétrica.

A queima constante do combustível e a própria alta tensão provocam a corrosão e queima dos contatos da vela que acaba por produzir faíscas menos eficientes.

Nestas condições o motor deixa de ter o rendimento desejado e até falha. na figura 25 temos uma vela comum.



*Figura 25 – A Vela.*

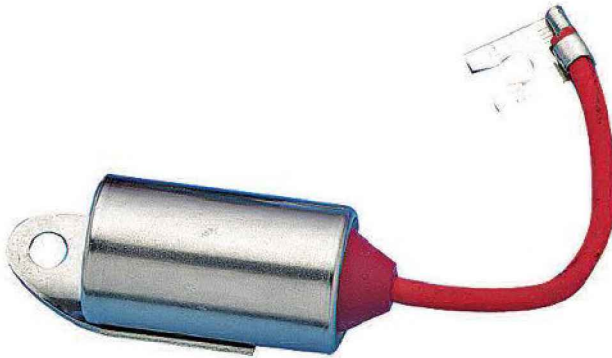
O elemento final deste conjunto básico é o pequeno condensador ou capacitor que é ligado junto ao platinado.

### **Capacitor ou condensador**

*Os eletricitas de automóvel antigos chamam erroneamente este componente de condensador, como os profissionais da eletrônica mais antigos também o fazíamos. O nome correto do componente é capacitor.*

Ele evita que ocorram faíscas na comutação da corrente, o que desgastaria os contatos desta peça e também provocariam ruído elétrico capaz de interferir no rádio.

Já repararam que parando com o rádio AM ligado perto de um carro antigo (anterior à ignição eletrônica) você "ouve" o motor neste rádio? São as interferências provocadas pela corrente no sistema de ignição.



*Figura 26 – Capacitor usado no platinado e no distribuidor*

## **EMI**

Uma preocupação muito grande em nossos dias é evitar a irradiação de interferências eletromagnéticas (EMI) por qualquer tipo de equipamento, e isso ocorre no caso dos automóveis.

Sinais gerados pelos sistema elétricos e eletrônicos em veículos podem afetar o funcionamento de equipamentos de comunicações próximos ou instalados no próprio veículo.

Saiba mais sobre EMI no nosso Curso de Telecomunicações – Radio Comunicações- Volume 5 e também no capítulo 12.

Quem Inventou a Vela de Ignição?

De acordo com a Enclopédia Britannica vela de ignição é definida como um dispositivo que fica dentro do cilindro de um motor que possui dois eletrodos separados.

Quando alta tensão é aplicada, ocorre uma descarga, produzindo uma faísca que provoca a ignição da mistura ar-combusível.

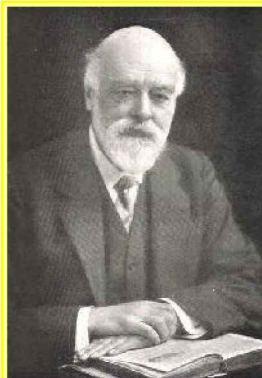
A vela foi inventada por Sir Oliver Lodge responsável pelo motor com ignição elétrica. Seus filhos foram além com a idéia criando a Lodge Plug Company que fabricou velas durante muito tempo.

Na década de 1900 o maior produtor de velas era a França com o francês Albert Champion que corria com bicicletas e carros época., sendo responsável pela marca Champion até hoje conhecida.

Em 1904 a fábrica Champion mudou-se para Flint, Michigan – USA dando início a marca AC-Spark Plug Company. O nome Champion, Lodge e outros são ainda hoje associados a marcas de velas.



*Velas Champion e Lodge*



*Oliver Lodge, inventor do motor com ignição por vela*



## ***O Fim das Velas de Ignição***

Os platinados já são coisa do passado, carburadores só em museus e em garagens de colecionadores de carros antigos. Está chegando a vez das velas? É o que veremos a seguir que mostra que estudos estão cada vez mais próximos da ignição por raio laser.

É claro que não levamos em conta que as velas não mais será necessárias quando os carros elétricos tomarem o lugar dos carros com motores de combustão interna, o que pode estar muito próximo.

As velas ainda são um ponto crítico na manutenção dos automóveis. Com o tempo se gastam e precisam ser trocadas.

Com a finalidade de encontrar um componente substituto para as velas, o National Institute of Natural Sciences (NINS) do Japão está trabalhando num sistema de ignição a laser que deve substituir o sistema atual que faz uso das velas.

Os pesquisadores acreditam que um sistema a laser pode significar maior eficiência do motor, mais economia e os motores ainda terão menor nível de emissão de poluentes.

No sistema tradicional as velas recebem alta tensão de um sistema de eletrônico de ignição produzindo então uma faísca. Essa faísca causa a ignição da mistura ar + combustível no interior do moto.

A explosão causada pela combustão faz com que o cilindro seja empurrado para baixo, produzindo a força motora.

Um subproduto deste processo são os gases tóxicos de nitrogênio (Nox) que poluem o ar. Se os motores queimarem o combustível com mais ar eles produzirão menos gases.

Consegue-se isso com a utilização de sistemas de velas com cada vez mais energia, mas mais energia queima os eletrodos mais rapidamente.

Com a utilização do laser para a ignição esse problema não existe, pois pode-se ter muito mais energia sem desgastes, pois a vela com laser não tem eletrodos.

Além disso, as velas têm o problema de terem uma operação localizada onde a faísca ocorre apenas num ponto muito pequeno, de onde parte a ignição do combustível.

No sistema a laser, a combustão ocorre ao longo do feixe com uma distribuição melhor do calor gerado e uniformidade do processo.

Com isso, pode-se obter um processo de combustão três vezes mais rápido do que no caso de um motor com velas comuns.

Um outro fator importante no uso do laser é a velocidade de respostas. Para a vela comum os tempos para produzir as faíscas são de milissegundos enquanto que para os lasers são de nanossegundos (bilionésimos de segundo) ou 1 milhão de vezes mais rápidos.

Para se obter a ignição os laser devem concentrar energias de 100 gigawatts por centímetro quadrado com pulsos de pelo menos 10 milijoules. O problema está sendo criar este laser.

Os japoneses desenvolveram um laser de Itrio-gálio-alumínio com apenas 9 mm de largura e 11 milímetro de comprimento capaz de produzir dois feixes levando a uma ignição uniforme na coluna de combustível dentro do cilindro.

O laser produz uma sequência de pulsos de 800 ns em cada ciclo de combustão. Em breve os veículos também deixarão de usar a velha vela e virão com o sistema de ignição a laser...

Na figura 27 uma alegoria do que seria a vela do futuro.



*Figura 27 – Vela-laser*

## **O CARRO COM COMBUSTÃO MAGNÉTICA**

Depois da injeção e da ignição eletrônica o que há ainda por ser acrescentado no sentido de aumentar o desempenho do motor de um automóvel? Pesquisas mostram que campos magnéticos podem ser usados de uma maneira um pouco diferente no carro, aumentando seu rendimento.

Quem sabe, os próximos modelos de carros venham equipados com dispositivos magnéticos de aumento de rendimento funcionando segundo princípios que hoje, ao que parecem, ainda não estão bem claros, ou não estão sendo divulgados pelas montadoras.

Numa comunicação feita à revista *New Scientist* (Inglaterra), o *British Internal Combustion Engine Research* relatou que, se forem aplicados campos magnéticos ao carburante num motor comum de combustão interna, a uma velocidade de 90 km/h obtém-se uma melhoria no rendimento da ordem de 7,5%.

As pesquisas foram feitas num Ford Diesel e depois do relato inicial, não se ouviu mais falar em uma possível utilização do efeito na prática.

Na verdade, a dificuldade maior estaria em explicar porque a combustão de um motor melhora na presença de um campo magnético, levando-se em conta que tanto o combustível (diesel, álcool ou gasolina) como o comburente, não possuem qualquer propriedade magnética que justifique tal fato.

Outro ponto intrigante do relatório é que os ganhos no rendimento não foram constatados imediatamente após à instalação do dispositivo no veículo mas sim algum tempo depois!

Qual seria a explicação para o fenômeno?

Não pretendemos dar uma resposta definitiva ao fato, mas achamos que uma possível explicação poderia ser sugerida, ficando sua comprovação para um trabalho de pesquisa direto.

Como as grandes descobertas começam com especulações aqui vai a nossa.

### ***Fim do motor de combustão interna***

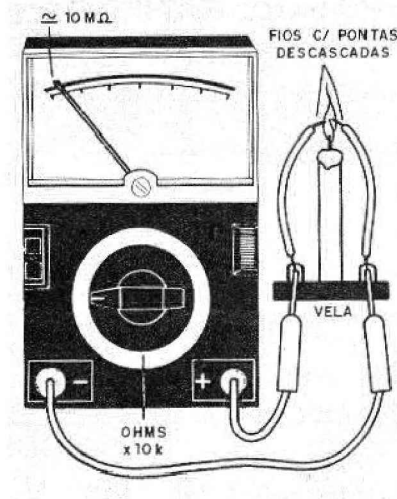
*Com a evolução da tecnologia elétrica, os motores de combustão interna estão condenados e em breve se tornarão relíquias de museus e colecionadores.*

## **PORQUE OS CAMPOS MAGNÉTICOS INFLUEM NA COMBUSTÃO**

Se examinarmos o que ocorre no interior do cilindro de um motor no momento da combustão, vemos que a mistura combustível comburente passa para um quarto estado da matéria, denominado plasma.

É o que ocorre na chama de uma vela, em que, a combustão leva a mistura de gases que se combina a um estado de excitação em que os elétrons são perdidos, e o meio se torna um condutor.

Uma chama de uma vela é condutora de eletricidade e isso pode ser constatado com uma simples experiência, conforme mostra a figura 28.



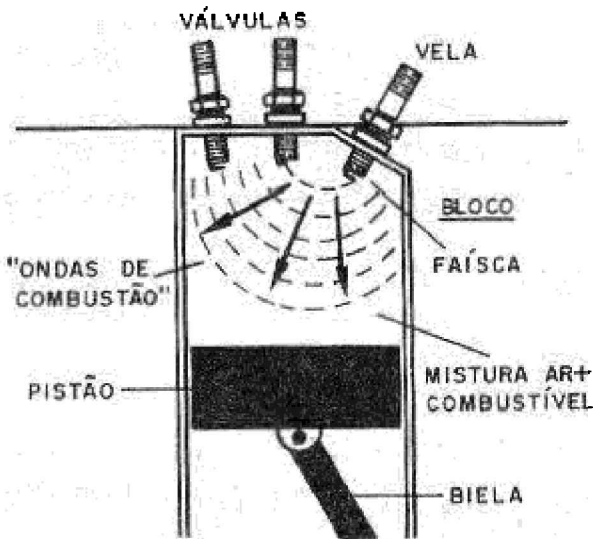
*Figura 28 – Experimento para mostrar que uma chama conduz corrente elétrica*

É esta condutividade do quarto estado da matéria que nos leva a dispositivos como as lâmpadas neon e fluorescentes.

Havendo uma mobilidade para os portadores de carga numa substância que se encontre neste estado, é evidente que um campo magnético pode influir no seu comportamento.

A magneto-hidrodinâmica é uma ciência que procura explicar os fenômenos que ocorrem em substâncias que se comportam como o plasma.

Assim, no interior do cilindro de um carro, no momento em que se produz a faísca da vela, a combustão não ocorre de modo instantâneo com toda a mistura combustível+comburente, mas sim se propaga a partir da vela, na forma de uma onda, conforme mostra a figura 29.

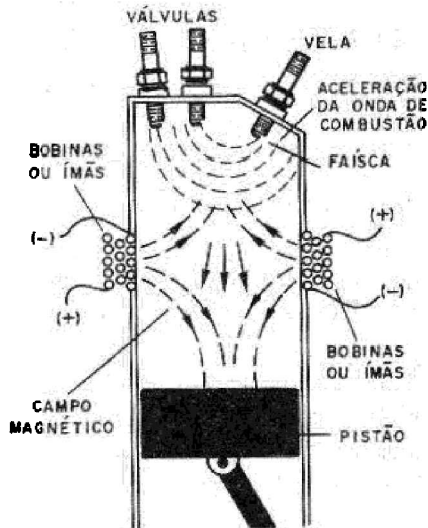


*Figura 29 – Propagação da queima do combustível*

É evidente que o rendimento na combustão está condicionado à velocidade de propagação desta onda e ao fato dela poder abranger com igual eficiência todo o combustível que está no interior do cilindro.

Uma "onda" irregular ou que não consiga atingir todo o combustível+comburente pode causar uma combustão imperfeita e com isso a perda do rendimento do motor.

Ora, um campo magnético poderia ter influência nesta onda. O movimento da onda, com cargas elétricas livres (pois teríamos um plasma) na presença de um campo magnético geraria correntes induzidas que poderiam afetar sua propagação, conforme mostra a figura 30.



*Figura 30 – A ação do campo magnético na combustão*

A maneira como essa influência poderia ocorrer, naturalmente dependeria da orientação do campo. Dependendo da orientação, as linhas de força poderiam ajudar na propagação da onda de choque, dirigindo-a de maneira a obter mais rendimento no cilindro.

Não resta dúvida que é um estudo bastante interessante que poderia ser simulado facilmente pelos modernos computadores e depois aplicado em motores experimentais.

É possível que em futuro não muito distante, tenhamos no interior dos motores ou bobinas controladas por microcomputadores ou simples ímãs que, como nos pescoços dos cinescópios ajudam a dirigir feixes de elétrons, teriam a finalidade de dirigir a "onda de combustão" de modo a se obter mais rendimento de um motor.

## Termos em Inglês

Alguns termos em inglês utilizados ao se descrever o funcionamento do sistema de ignição ainda são usados em linguagem comum, mesmo havendo termos em português. O conhecimento dos principais é importante, principalmente quando realizamos busca na Internet.

Spark plug , glow plug – vela

Ignition Coil – bobina de ignição

Circuit breaker – platinado

Cylinder – cilindro

Four strokes – quarto tempos

Piston – pistão

Exhaust valve – válvula de escape ou exaustão

Fuel-air mix – mistura ar-combustível

Crankshaft – virabrequim

## Questionário

1. A bobina de ignição é:
  - A) Um condensador
  - B) Uma bateria
  - C) Um transformador
  - D) Um gerador de alta tensão



2. A alta tensão para as velas é obtida em que local da bobina de ignição?

- A) No enrolamento primário
- B) No enrolamento secundário
- C) No núcleo
- D) No platinado

3. A função do platinado num sistema tradicional de ignição é:

- A) Gerar alta tensão
- B) Comutar a corrente no sistema
- C) Fornecer alta tensão para as velas
- D) Controlar o distribuidor

4. Quantos contatos existe num distribuidor para um motor de quatro cilindros?

- A) 2
- B) 4
- C) 2 a 4 -Depende do número de velas
- D) 6

5. A função do capacitor no platinado é:

- a) Aumentar o rendimento do motor
- b) Diminuir a corrente nos contatos
- c) Reduzir a EMI
- d) Impedir a detonação do combustível

## Capítulo 6

### Ignição Eletrônica

No capítulo anterior vimos o princípio de funcionamento dos motores de combustão interna, com especial destaque ao sistema de ignição que já uma parte do carro que envolve eletricidade.

Os sistemas de ignição primitivos não tinham nada de eletrônico, pois na época em que os primeiros carros surgiram não havia uma eletrônica suficientemente desenvolvida para poder dar qualquer tipo de recursos mais sofisticado.

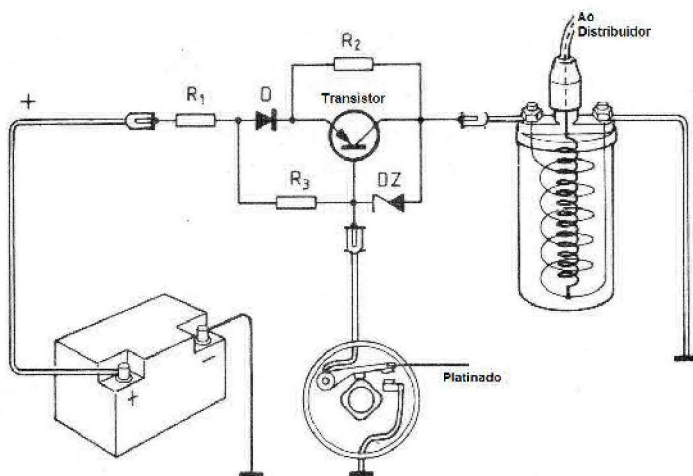
Com o passar do tempo, entretanto, surgiram os componentes eletrônicos semicondutores e a possibilidade de se conseguir transistores de potência capazes de manusear a corrente do platinado, possibilitando a introdução da eletrônica no sistema de ignição.

A partir daí, outras tecnologias se tornaram disponíveis como o uso de inversores, SCRs, etc., trazendo sempre mais recursos para os sistemas de ignição.

A partir de agora veremos neste capítulo os diversos tipos de ignição eletrônica em ordem crescente de desenvolvimento e sofisticação. Partiremos do sistema mais simples que é a denominada ignição assistida chegando até o mais sofisticado que hoje encontramos na maioria dos veículos que é a ignição por descarga capacitiva.

#### **Os primeiros sistemas**

A eletrônica começou a fazer parte do sistema de ignição de uma forma gradual. Inicialmente, utilizou-se um transistor para o chaveamento da bobina de ignição substituindo o platinado, num circuito simples conforme mostra a figura 1.



*Figura 1 – Circuito básico de ignição assistida.*

A ideia era simples. O platinado ao chavear o enrolamento primário da bobina opera comutando uma carga indutiva de alta corrente. Isso faz com que na sua abertura, a energia armazenada no campo da bobina gere um pulso de alta tensão de retorno que provoca uma faísca nos contatos do platinado.

Esta faísca tende a queimar os contatos do platinado que se desgastam com facilidade, provocando falhas do sistema de ignição.

Com o tempo ocorrem deformações e acúmulo de resíduos que impedem a passagem da corrente. Nos casos extremos, os contatos ao fecharem, "soldam" ficando permanentemente fechados, quando então o motor pára.

Utilizando-se um transistor de potência, como o mostrado na figura 2, pode-se controlar a corrente sem contatos e a partir de uma corrente de comando muito menor circulando pelo platinado.



*Figura 2 - Transistor de potência encontrado em sistemas de ignição.*

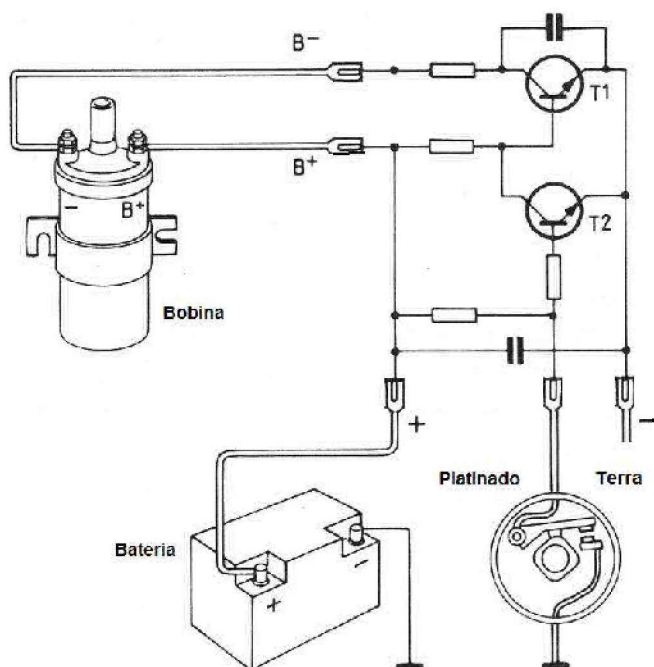
Com uma corrente menor não há desgaste, o nível de EMI gerado é menor e o funcionamento do motor é melhorado por um motivo simples de explicar.

O tempo de abertura e fechamento dos contatos do platinado depende da rotação do motor, podendo variar bastante no regime normal de funcionamento do veículo.

Assim, nas altas rotações, quando os tempos são menores, a intensidade da faísca produzida pelas velas é reduzida com uma perda de rendimento do motor.

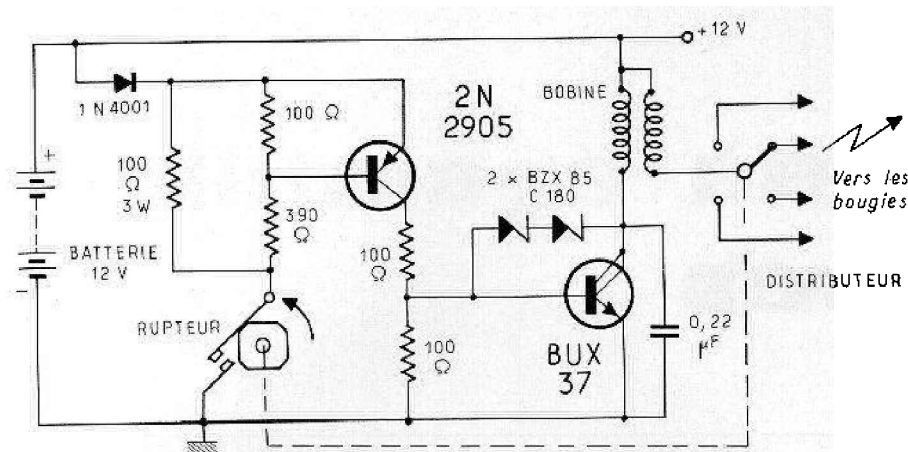
Utilizando um transistor no chaveamento, os tempos são melhorados em toda a faixa de operação do motor, e com isso o desempenho mais constante. O resultado é uma perda de rendimento menor.

O sistema simples que mostramos foi aperfeiçoado com o uso de circuitos com mais transistores. Com etapas de amplificação adicionais a corrente no platinado pode ser reduzida ainda mais. Na figura 3 temos um circuito com dois transistores.



*Figura 3 – Sistema de ignição assistida dois transistores*

Um circuito prático comercial de ignição assistida com platinado é mostrado na figura 4.



*Figura 4 – Circuito comercial de uma publicação antiga francesa*

Neste circuito o BUX37 é o transistor Darlington de potência que chaveia a bobina de ignição. Os zeners entre coletor e base têm por finalidade proteger o transistor contra os picos inversos gerados na comutação.

O 2N2905, equivalente do atual BC558 é o excitador que a partir da corrente de platinação controla o circuito.

### **Sem ignição**

*Determinados combustíveis detonam pela simples compressão, caso do diesel. Os motores que usam estes combustíveis não precisam de um sistema de ignição elétrica. Os primeiros motores que existiram eram desse tipo, não necessitando de ignição.*

## Substituindo o Platinado

Mas, com transistores sensíveis em etapas amplificadoras é possível substituir os platinados por sensores e com isso eliminamos o problema do contato. Poderemos ter então sistemas de ignição sem contatos.

Uma primeira possibilidade consiste em se usar sensores indutivos. Usamos um rotor de metal ferroso, que ao passar diante do sensor indutivo, uma bobina, gera o pulso de comando, quatro por volta.

O pulso é amplificador e aplicado ao transistor que controla a corrente pela bobina de ignição. Na figura 5 temos um circuito desse tipo.

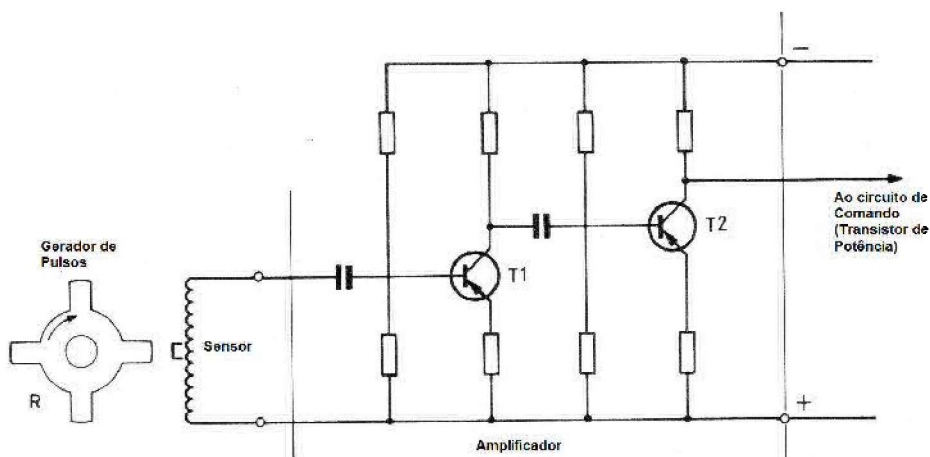


Figura 5 – Circuito gerador de pulsos com sensor magnético

Uma opção moderna de substituição do platinado por um sensor é a que faz uso de sensores de efeito Hall.

## O EFEITO HALL

Existem substâncias no grupo dos semicondutores que possuem propriedades elétricas importantes que podem ser aproveitadas na construção de diversos tipos de dispositivos eletrônicos.

Uma delas, por exemplo, é que diferentemente dos metais onde a redução da temperatura diminui sua resistividade, no caso dos semicondutores, a redução da temperatura para valores muito baixos, os leva a se tornarem isolantes.

Da mesma forma, a resistência dos materiais semicondutores é muito mais sensível a variações de temperatura do que ocorre com outros materiais. Os termistores (NTC e PTC) aproveitam justamente esta propriedade.

Mas, a mais importante delas é a que se deve a possibilidade da corrente ser transportada por portadores positivos ou negativos de cargas e que é amplamente aproveitada na construção de todos os dispositivos que fazem uso de junções.

No entanto, para o caso dos dispositivos que temos em mente, o efeito de um campo magnético sobre o deslocamento das cargas nestes materiais é que nos interessa.

Para entender melhor como funciona este tipo de sensor vamos fazer uma experiência imaginária.

Conforme mostra a figura 6, ligamos num pedaço de material semiconductor no sentido transversal um voltímetro e aplicamos no sentido longitudinal uma tensão de modo que flua uma corrente.



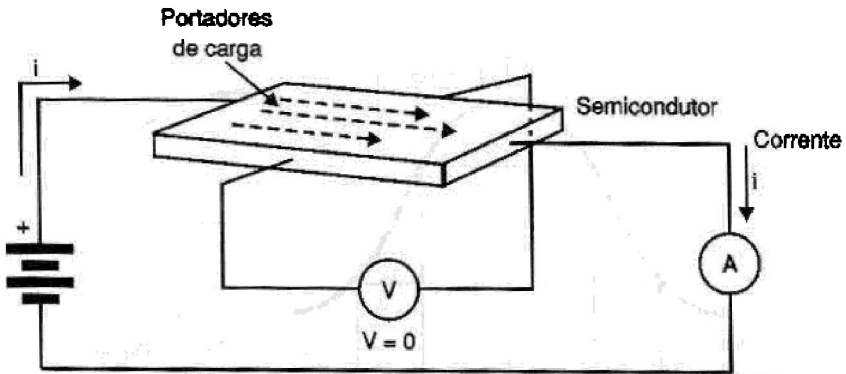


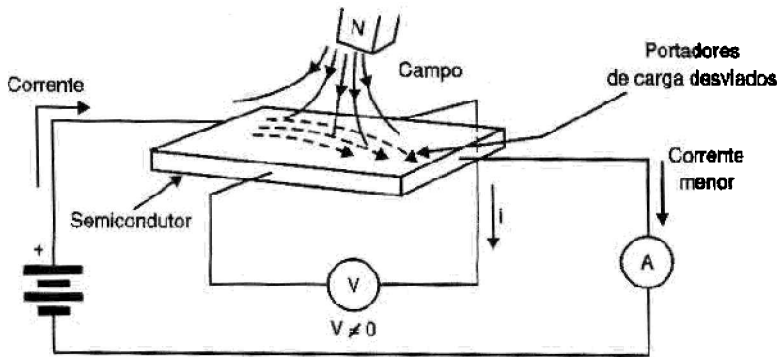
Figura 6 – Tensão transversal num condutor percorrido por uma corrente

Sem a presença de campos magnéticos externos a corrente atravessa o material com os portadores de carga se distribuindo de maneira uniforme e no sentido paralelo não é detectada nenhuma tensão.

No entanto, se conforme mostra a figura 7 tivermos campo magnético externo atuando sobre esta material uma força perpendicular ao deslocamento das cargas vai fazer com que a distribuição das cargas seja modificada (Lei de Lorentz).

A intensidade desta força vai depender tanto da velocidade de deslocamento da carga como da intensidade do campo magnético.

Mas o resultado final disso, é que se aplicarmos a um material semicondutor uma diferença de potencial de modo que flua uma corrente, e ao mesmo tempo o submetemos a um campo magnético, no deslocamento através deles as cargas tendem a se desviar de sua trajetória normal, acumulando-se numa das faces laterais, e com isso uma tensão será detectada.

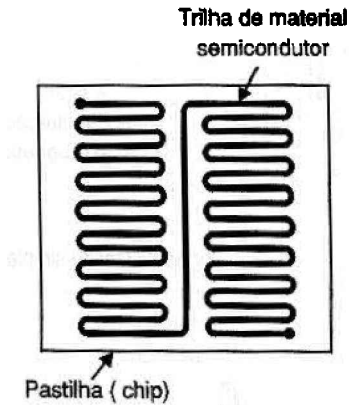


*Figura 7 – Tensão transversal com campo diferente de zero*

Como outra consequência disso vemos ainda que a corrente que pode circular pelo dispositivo se torna menor (aumenta sua resistência) o que pode ser detectado por um amperímetro ligado ao circuito agora em série com as faces no sentido longitudinal.

Evidentemente, para termos um melhor efeito sobre a resistência será interessante fazer com que a corrente percorra uma trajetória maior sob a ação do campo magnético.

Na prática isso é conseguido com a montagem dos dispositivos de forma especial como a mostrada na figura 8.



*Figura 8 – Pastilha de sensor Hall*

### **Sensores Hall**

*Os sensores Hall encontram hoje uma enorme gama de aplicações na eletrônica, funcionando em bússolas eletrônicas, sensores de movimento e muito mais.*

## **OS SENSORES NA PRÁTICA**

Na prática os sensores de Efeito Hall ou *Hall Sensors* podem ser encontrados tanto na forma simples como com uma configuração em ponte.

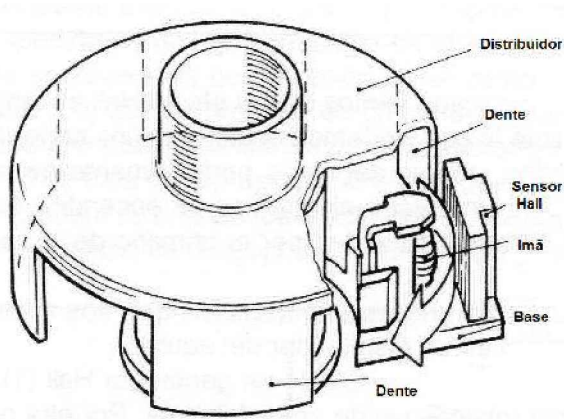
Na figura 9 temos um sensor simples que pode ser encontrado em diversos fornecedores de componentes.



*Figura 9 – Sensores Hall comuns*

Com uma configuração em ponte é possível fazer a detecção de variações do campo em ambos os sentidos simplificado o projeto dos sensores.

Aplicando isso a uma ignição eletrônica, temos na figura 10 um sistema de controle com sensor Hall, do modo como usado num veículo comum.



*Figura 10 – Sistema comum de pulsos no distribuidor*

A cada passagem entre os dentes da peça giratória o campo do ímã atua sobre o sensor gerando o pulso de controle.

Na figura 11 temos um circuito completo de sistema de ignição comercial da Siemens usando um sensor Hall.

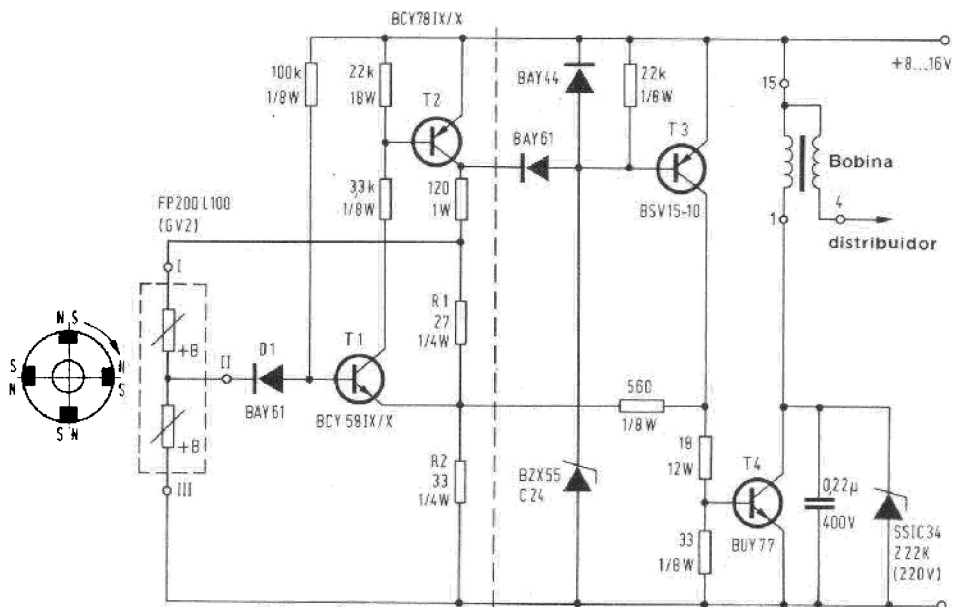


Figura 11 – Circuito comercial de ignição Siemens

Também é possível encontrar em casos mais raros sensores ópticos para a geração dos pulsos. Neles, um LED e um sensor são posicionados de modo que a luz do LED seja cortada pela passagem de uma roda dentada, gerando assim os pulsos de controle.

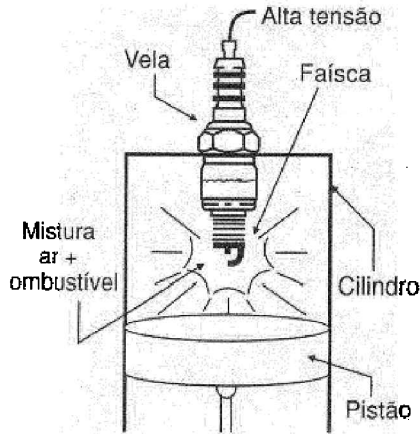
## IGNIÇÃO POR DESCARGA CAPACITIVA

A eletrônica automotiva vem se tornando cada dia mais complexa, com microprocessadores controlando não só o sistema de ignição como muitas outras funções. Assim, os profissionais desse setor, devem cada vez mais conhecer eletrônica profundamente, e estar por dentro das principais técnicas usadas em todos os circuitos de um carro.

Para entender um pouco mais das vantagens da ignição por descarga capacitiva, vamos recordar o funcionamento da ignição tradicional, com ênfase para a intensidade da faísca da vela.

A ignição eletrônica, que era simples nos veículos antigos se aperfeiçoou e hoje temos circuitos eletrônicos bastante complexos para produzir as faíscas responsáveis pelo funcionamento de um motor.

Num motor a combustão interna, como os encontrados em automóveis e outros veículos, conforme vimos, uma faísca elétrica é a responsável pela explosão do combustível no interior do cilindro, conforme mostra a figura 12.



*Figura 12 – A faísca da vela provoca a ignição do combustível no cilindro.*

Nos carros antigos, usando sistemas tradicionais o circuito do sistema de ignição era muito simples. A energia da bateria era comutada por uma chave rotativa acoplada ao eixo do motor.

Essa chave, denominada "platinado" abria e fechava seus contactos exatamente no instante em que a faísca deveria ser

produzida, conforme a posição do pistão correspondente, conforme já analisamos no capítulo anterior.

Logicamente, a tensão de 12 V da bateria era insuficiente para se produzir uma faísca capaz de detonar a mistura ar-combustível no interior dos cilindros.

Assim, os pulsos de corrente produzidos pelo platinado eram aplicados ao enrolamento primário de uma bobina de alta tensão.

Restava ainda, levar a alta tensão para a vela do cilindro correspondente. Essa função é feita pelo distribuidor, que nada mais é do que uma chave rotativa de alta tensão. Girando em sincronismo com o motor, ele tem por função levar a alta tensão à vela que precisa produzir a faísca naquele instante.

Operando com altas tensões, da ordem de milhares de volts, que escapam com extrema facilidade, o distribuidor é um ponto sensível do sistema de ignição.

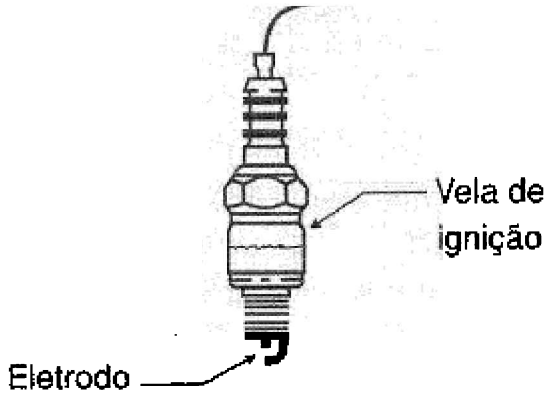
### **Sistemas antigos**

*É muito importante conhecer os sistemas antigos, pois sempre existem os colecionadores e recuperadores de carros antigos. Também observamos que a quantidade de carros com sistemas de ignição tradicional que rodam pelas nossas estradas ainda é muito grande.*

Qualquer penetração de umidade ou sujeira provoca fugas ou faíscas internas nesse componente, desviando a energia da vela, levando o motor a falhas e mesmo paralisações. Os elementos finais do sistema são as velas.



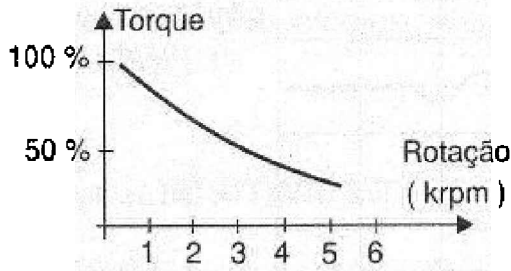
Elas possuem eletrodos distanciados de tal forma a permitir que entre eles salte uma faísca quando a alta tensão do sistema lhes é aplicada, conforme mostra a figura 13.



*Figura 13 – Os eletrodos da vela de ignição*

Essa faísca é justamente a responsável pela queima ou detonação da mistura ar-combustível no interior do cilindro. Com essa queima, a expansão dos gases produz a força que movimenta os cilindro e o motor. Evidentemente, trata-se de uma solução simples, mas que tem suas desvantagens:

- a) A duração da faísca não é constante, e nas altas rotações do motor, sua duração tende a ser menor, provocando menor rendimento. O motor não mantém o torque nas altas rotações, conforme mostra o gráfico da figura 4.



*Figura 14 – Variação do torque com a rotação.*

- b) O instante em que a faísca é aplicada ao circuito também muda com a rotação, tornando a curva de rendimento do motor variável. Isso afeta também o consumo de combustível.

A necessidade de se obter motores com altos rendimentos, inclusive nas altas rotações, menor nível de poluição com a queima total do combustível, exige que um sistema mais sofisticado seja usado. Isso pode ser conseguido com os sistemas por descarga capacitiva.

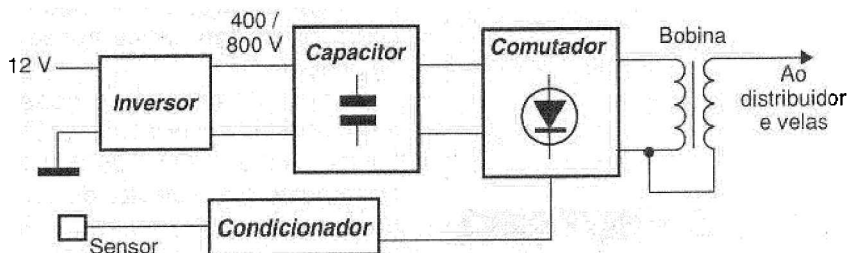
A ideia básica da ignição por descarga capacitiva continua a mesma, "produzir alta tensão para as velas" a partir da bateria. Mas, o modo como isso é feito é diferente.

### **Carro elétrico**

*Os carros elétricos não possuem velas e não precisam de alta tensão. Assim, quando estes veículos se tornarem comuns, substituindo os carros com motores a combustão, o sistema de ignição vai deixar de existir*

## A Ignição por descarga Capacitiva

Na figura 15 temos o diagrama de blocos de um sistema de ignição capacitiva convencional.

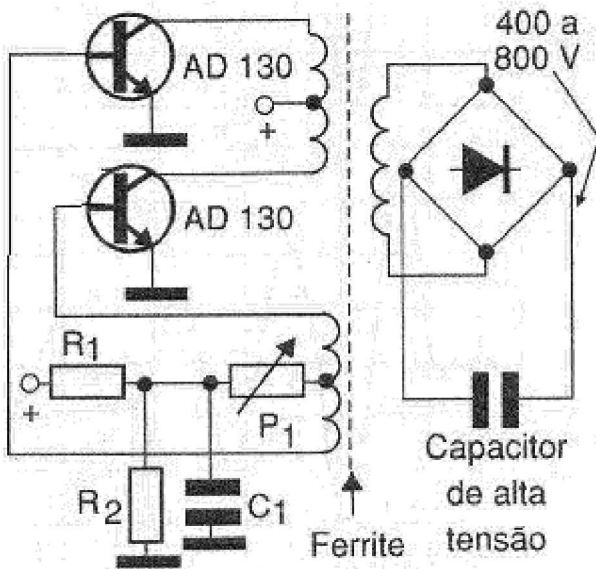


*Figura 15 – Diagrama de blocos de um sistema de ignição por descarga capacitiva.*

Na entrada, temos um circuito inversor que eleva os 12 V da bateria do veículo para uma tensão contínua entre 200 e 600 V, dependendo do circuito e da aplicação.

Normalmente são usados pares de transistores de potência formando osciladores em contra-fase com realimentação direta pelo transformador, ou circuitos com MOSFETs de Potência, ou transistores bipolares, excitados por osciladores com circuitos integrados.

Na figura 16 temos uma configuração típica do setor inversor de um sistema de ignição capacitiva convencional.



*Figura 16 – Circuito inversor de uma ignição por descarga capacitiva.*

Este circuito nada mais do que um oscilador de baixa frequência, operando em alguns quilohertz, de modo que no secundário do transformador seja obtida uma alta tensão alternada.

Esta alta tensão é retificada de modo a pode ser usada para carregar o capacitor de alta tensão.

Na prática, os osciladores usados nestes inversores podem ter as mais diversas configurações, sendo comum os Hartley e os osciladores em contrafase, como este.

Observe que esses transistores trabalham numa condição-limite de corrente e tensão, já que na comutação pulsos de alta tensão são retornados pelos enrolamentos do transformador.

Assim, os transistores usados nesses circuitos são normalmente tipos especiais com características de alta corrente e alta tensão.

Na prática, por trabalharem nessas condições-limite esses transistores são componentes bastante sujeitos à queimas.

A alta tensão gerada pelo inversor é usada para carregar um capacitor. Esses capacitor entre 470 nF e 4  $\mu$ F tipicamente determina a "energia" de cada faísca.

Em outras palavras, é a energia (em milijoules) armazenada nesse capacitor que vai ser aplicada ao transformador de alta tensão para resultar na faísca.

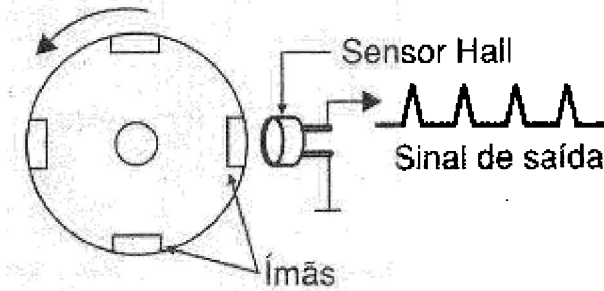
### **Capacitores**

*Saiba mais sobre os capacitores no nosso Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – Volume 1.*

Entre em seguida em jogo, o sistema comutador que deve fazer com que a faísca seja produzida exatamente no instante em que ela é necessária.

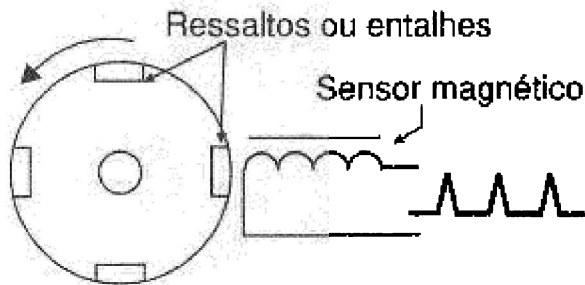
Esse circuito leva por base um sensor da posição do eixo do motor que pode ser de diversos tipos.

Uma possibilidade muito usada é usar um sensor de efeito Hall, pelo seu campo magnético, conforme mostra a figura 17.



*Figura 17 – O gerador de pulsos usando um sensor Hall.*

A cada passagem é produzido um pulso de comando que ativa o circuito de controle de produção da faísca. Outra possibilidade, mostrada na figura 18, que já vimos ao estudar a ignição assistida com este componente, e também detectada por sensores magnéticos, é a que aproveita ressaltos no eixo do motor.



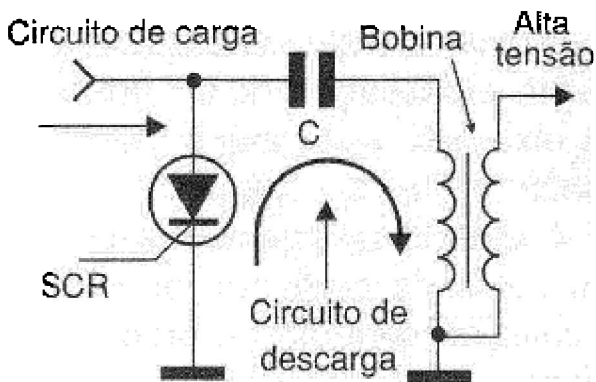
*Figura 18 – Gerador de pulsos usando sensor indutivo (bobina).*

Quatro ressaltos ou dentes no motor produzem quatro pulsos por volta, num motor de quatro cilindros.

Veja que o fato de não haver contactos nesse sistema, sua eficiência e durabilidade são muito maiores.

Nos sistemas antigos, com platinados, além da necessidade de troca periódica, pois seus contactos desgastavam-se e queimavam-se, sempre existe o problema da falha mecânica devido a diversos fatores.

Os sinais dos sensores são levados ao bloco comutador propriamente dito que, na maioria das aplicações, consiste num SCR. O SCR forma com o primário da bobina de ignição e o capacitor um circuito fechado, conforme mostra a figura 19.



*Figura 19 – O disparo do SCR provoca a descarga do capacitor.*

A cada pulso de comando do sensor o SCR liga provoca a descarga do capacitor através do primário da bobina de ignição, que forma o bloco seguinte.

Veja que mesmo trabalhando com altas tensões e uma corrente de descarga intensa, o SCR não é um componente tão crítico nesse tipo de projeto.

A bobina de ignição consiste num auto-transformador que gera tensões entre 5 000 e 20 000 volts tipicamente.

Nos veículos de competição, essa tensão pode ser ainda maior. O elemento final do circuito é o conjunto de velas onde as faíscas são produzidas.

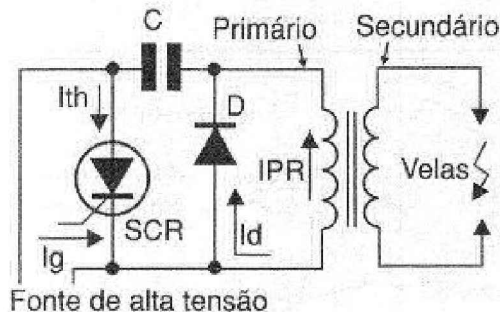
### ***Ignição com platinado***

*Existem circuitos de ignição por descarga capacitiva em que o disparo é feito por platinado. No entanto, a corrente necessária ao disparo de um SCR é muito pequena, o que prolonga a a vida do platinado.*

## **Topologias**

Diversas são as possibilidades de se implementar os circuitos dos blocos que mostramos nas aplicações práticas.

Assim, na figura 20 mostramos uma topologia para circuito de disparo em que um diodo anti-paralelo com o SCR é acrescentado.

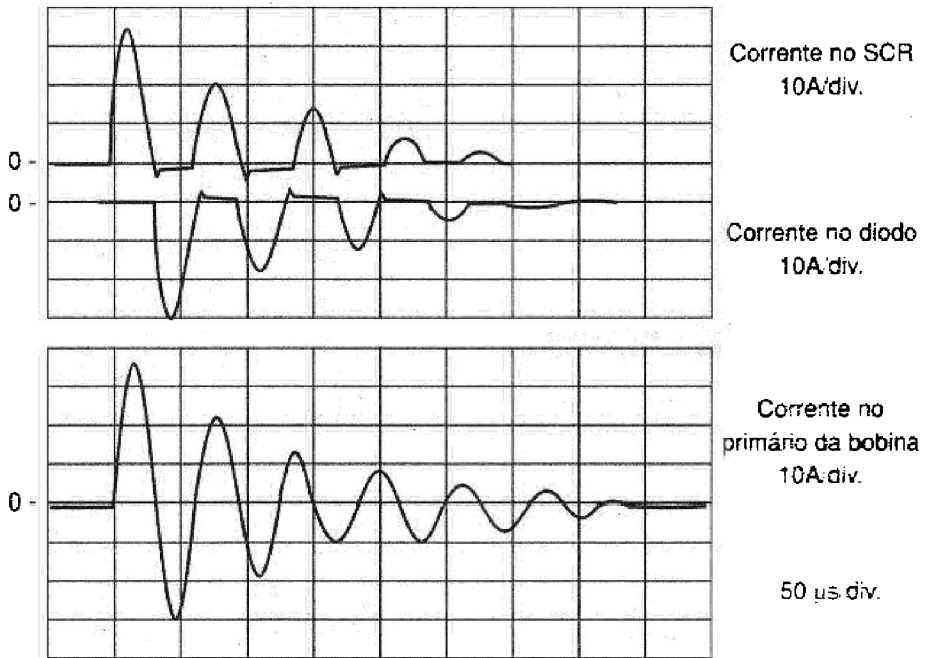


**Figura 20 – Ligação do diodo anti-paralelo.**



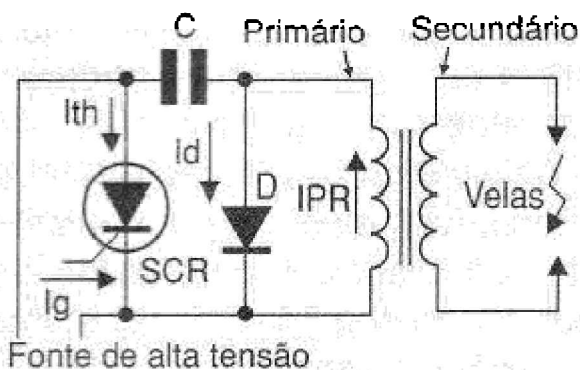
A finalidade desse diodo é conduzir os semiciclos negativos que são gerados na comutação quando o campo magnético da bobina se contrai.

Nessas condições temos uma corrente no circuito conforme a mostrada na figura 21.



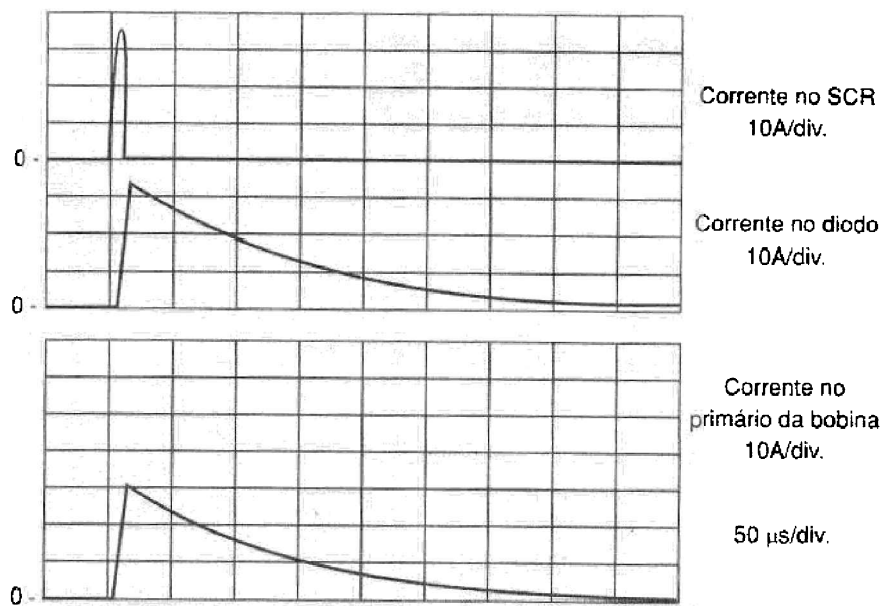
*Figura 21 – Formas amortecidas do sinal na bobina, SCR e no diodo.*

Uma segunda topologia também encontrada nas aplicações práticas é a mostrada na figura 22 em que o diodo é ligado em paralelo com a bobina.



*Figura 22 – Topologia com diodo em paralelo com a bobina.*

Nesse caso, o diodo produzindo a forma de onda mostrada na figura 23.



*Figura 23 – Forma de onda no circuito.*

Um circuito quase que completo para um sistema de ignição, como os encontrados em veículos e que faz uso de um sensor magnético (uma bobina) é mostrado na figura 24.

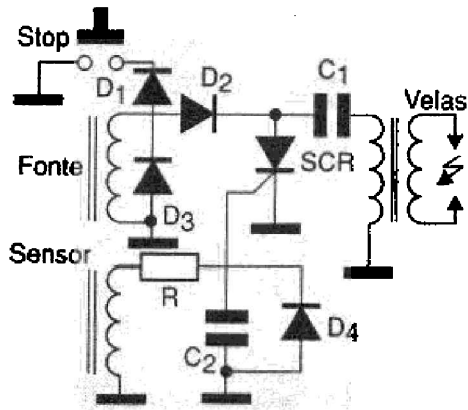


Figura 24 – Um circuito com um sensor magnético

A forma de onda produzida pelo sensor e que dispara o circuito é mostrada na figura 25.

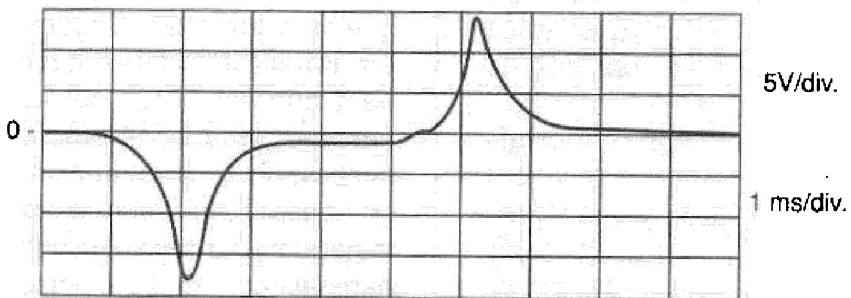
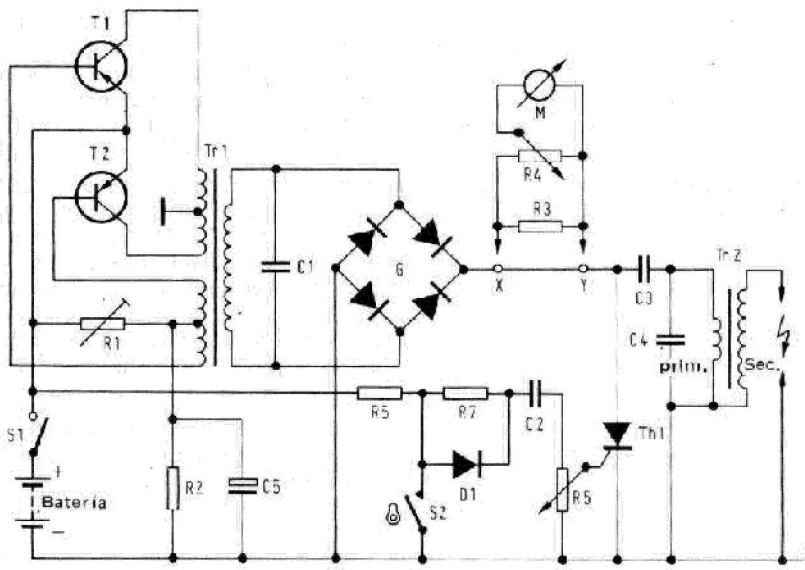


Figura 25 – Forma de onda no sensor de disparo.

Esse circuito pode fazer uso de diodos de 400 V em lugar dos circuitos convencionais que usam diodos de 1 000 V. Nos picos positivos da tensão retificada, o capacitor se carrega.

Um circuito completo de uma ignição por descarga capacitiva comercial da Siemens, é mostrado na figura 26.



para 6 V

para 12 V

R1	10 Ω bobinada, ajustable	20 Ω, id.
R2	39 Ω bobinada	56 Ω, id.
R3	resistência de adaptação do miliamperímetro M	id.
R4	100 Ω, potenciômetro de ajuste	id.
R5	id.	id.
R6	25 Ω, bobinada	47 Ω, id.
R7	1 kΩ	1,8 kΩ
C1	10000 pF/100C V	id.
C2	0,25 μF	id.
C3	2 μF, papel metalizado, 580 V alterna	id.
C4	3300 pF/500 V	id.
C5	100 μF, eletrolítico, 35 V	id.
T1/T2	AD 130/V	AD 131/V ó AD 130/V
Th1	BT 1C0A-500 P, 2N444 ó equivalente	id.
D1	0A 85 ó equivalente	id.
G	retificador em ponte 500 V/200 mA ó 4 x 0Y 100	id.
Tr1	Transformador de núcleo de ferro para conversores de 6V	id. 12 V
Tr2	Bobina normal de encendido, 6 ó 12 V (eventualmente bobina especial para encendido eletrônico)	id.
M	miliamperímetro ó tacômetro com escala de 270	id.
S1	cerradura de contacto ó interruptor independente	id.
S2	Ruptor (sin condensador)	id.
x-y	abrir para conexão eventual de un tacômetro	id.

Figura 26 – Ignição por descarga capacitiva para 6 e 12 V da Simens

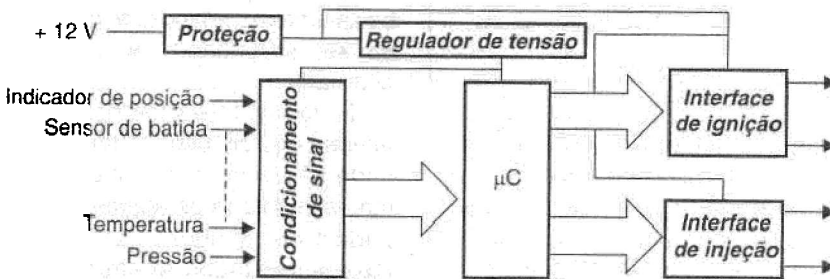
## Microcontroladores

Nos veículos modernos o ponto de disparo dos circuitos de ignição não é determinado apenas pela posição do rotor do motor.

Outros fatores como a aceleração que está sendo impressa pelo acionamento do pedal, a velocidade, a própria inclinação da pista, temperatura do motor, etc. devem ser levados em conta, e para essa finalidade existe o microprocessador.

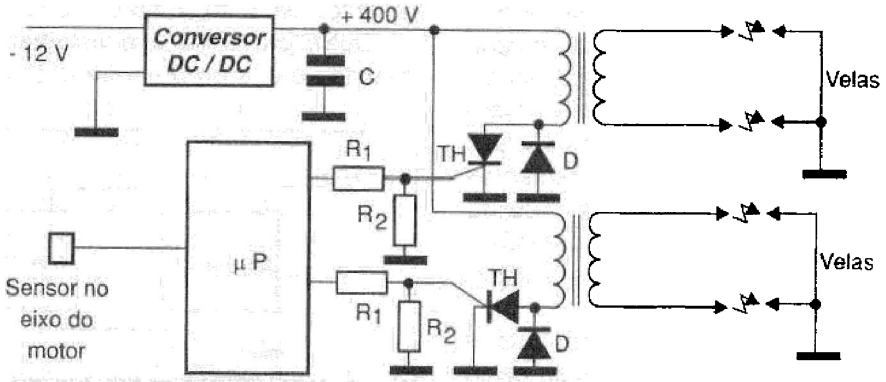
Conforme mostra a figura 27 o controle do sistema de ignição e de injeção de combustíveis estão ligados a um bloco microcontrolado onde os sinais de diversos sensores são responsáveis pelo envio de informações.

Nos próximos capítulos do segundo volume analisaremos o controle das diversas funções de um veículo por um microcontrolador.



*Figura 27 – Diagrama de blocos de um sistema de ignição microcontrolado.*

Mais do que isso, cada vela tem um circuito de disparo independente, o que pode levar a topologias conforme a mostrada na figura 28.



*Figura 28 – sistema de ignição com circuitos de disparo independentes.*

## Manutenção

A manutenção de um sistema de ignição por descarga capacitiva não é difícil, principalmente se levarmos em conta que os componentes que mais queimam são os semicondutores de potência, e esses são justamente componentes discretos que podem ser substituídos com certa facilidade.

Assim, a medida das tensões nos diversos pontos, o teste individual dos componentes e a verificação dos sinais de comando, partindo-se do conhecimento do princípio de funcionamento de um sistema podem ajudar muito na descoberta de eventuais falhas.

O osciloscópio pode mostrar as formas de onda no inversor e nos sensores enquanto que um simples multímetro ajuda a conferir as tensões nos diversos pontos.



## **A LUZ DE PONTO**

A eletrônica não se faz presente apenas nos dispositivos dos carros modernos, mas também em diversos tipos de analisadores de funcionamento e de diagnóstico de falhas.

Um dos dispositivos mais tradicionais usado na regulagem de motores, dos tipos mais antigos e simples é a chamada "luz de ponto" ou "luz de sincronização

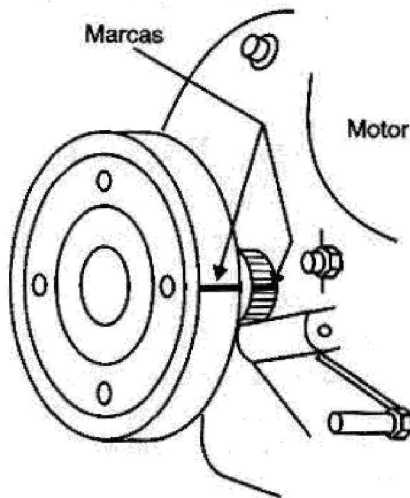
Conforme vimos, produzir a faísca no instante certo dentro do cilindro de um motor é fundamental para obter-se o máximo rendimento.

Se a faísca for produzida antes ou depois do tempo ideal, teremos problemas como a combustão incompleta ou ainda com os contragolpes que fazem com que o rendimento do motor caia enormemente.

A faísca deve ser produzida quando a compressão atingir um ponto considerado ideal e as válvulas estiverem fechadas.

Para ajustar o instante em que isso ocorre, baseia-se na posição da árvore de manivelas que justamente controla as válvulas.

Existe então no virabrequim ou árvore de manivelas um rolamento com diversas marcas, conforme mostra a figura 29.



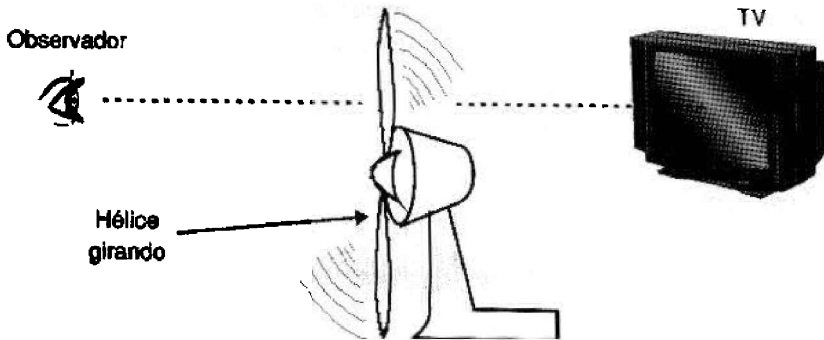
*Figura 29 – Marcas para o ajuste de ponto*

Ao rodar, se este rotor for iluminado por uma fonte de luz pulsante de frequência conhecida e comandada pelo próprio circuito de ignição, ocorre o chamado efeito estroboscópico.

Por este efeito, a imagem de um corpo que gira parece "congelada" quando iluminada por uma fonte pulsante de luz.

O leitor tem uma amostra deste efeito na própria TV quando o sincronismo da imagem funciona como uma fonte pulsante de luz congelando o movimento de objetos que se movem ou que se giram.

É por este motivo que observando a hélice de um ventilador diante de um televisor ligado, de acordo com a figura 30, temos instantes em que ela parece girar para trás, e até mesmo parar.



*Figura 30 – Observando o efeito estroboscópico numa TV analógica*

Ela parecerá parada justamente quando a frequência da produção dos campos da imagem de TV coincidir com um múltiplo ou submúltiplo da sua velocidade de rotação.

No caso do carro, aproveita-se este efeito para "paralisar" a imagem do rotor com marcas, utilizando-se uma fonte de luz pulsante de referência.

Com este procedimento pode-se ajustar o sistema de ignição, ou seja, a posição do distribuidor para que as marcas de referência fiquem justamente no ponto em que se obtém o melhor rendimento do motor.

### **Luz de Ponto**

*Nos carros modernos com ignição e injeção eletrônica, a luz de ponto não é mais usada, pois todos os ajustes são feitos pelo microcontrolador.*

## O CIRCUITO DA LUZ DE PONTO

Na figura 31 temos uma luz de ponto comum usada pela maioria dos eletricistas e mecânicos de automóvel.



Figura 31 – Luz de ponto

Pelo seu diagrama de blocos, ilustrado na figura 32, observamos que ela é alimentada pela própria tensão de 12 V do carro que está sendo ajustado.

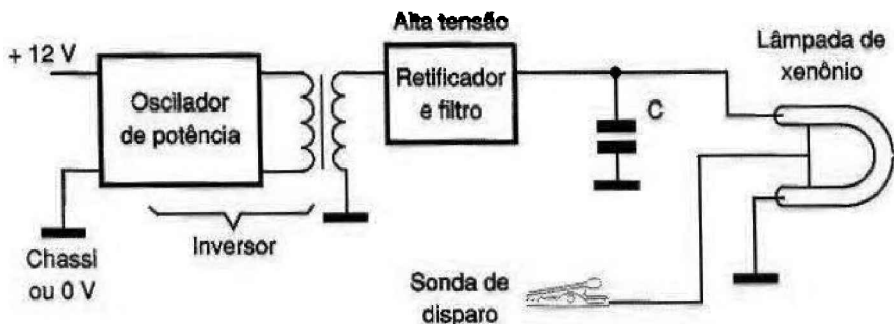


Figura 32 – Diagrama de uma luz de ponto

Um circuito inversor gera uma alta tensão da ordem de 400 a 800 volts que alimenta uma lâmpada de xenônio, semelhante às encontradas em *flashes* fotográficos, sistemas de alerta de viatura de polícia e bombeiros, e usadas também na sinalização de torres e edifícios.

Para disparar esta lâmpada utiliza-se o próprio pulso que produz a faísca na vela.

Para isso uma sonda é colocada no próprio cabo da vela, conforme mostra a figura 33.

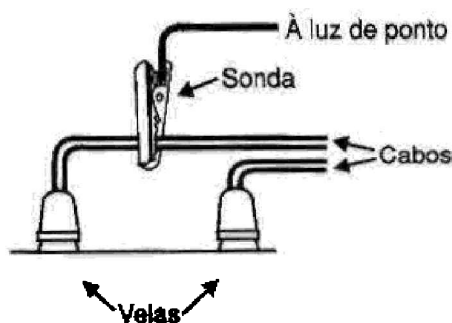


Figura 33 – Conexão da sonda

Veja que a alta tensão aplicada à vela (que pode superar os 30 000 volts num carro comum) faz com que o contato com o circuito seja desnecessário.

Basta colocar o *clipe* da sonda no cabo que, por indução, temos a tensão que aplicada à lâmpada dispara o circuito provocando o *flash* de curta duração.

A luz deste *flash* é aplicada diretamente no rotor com as marcas.

Com o motor em movimento, a lâmpada pulsará rapidamente (em função de sua rotação) paralisando a imagem das marcas em certos pontos.

Na figura 34 temos um circuito típico de uma "luz de ponto" que pode até ser montada pelo leitor.

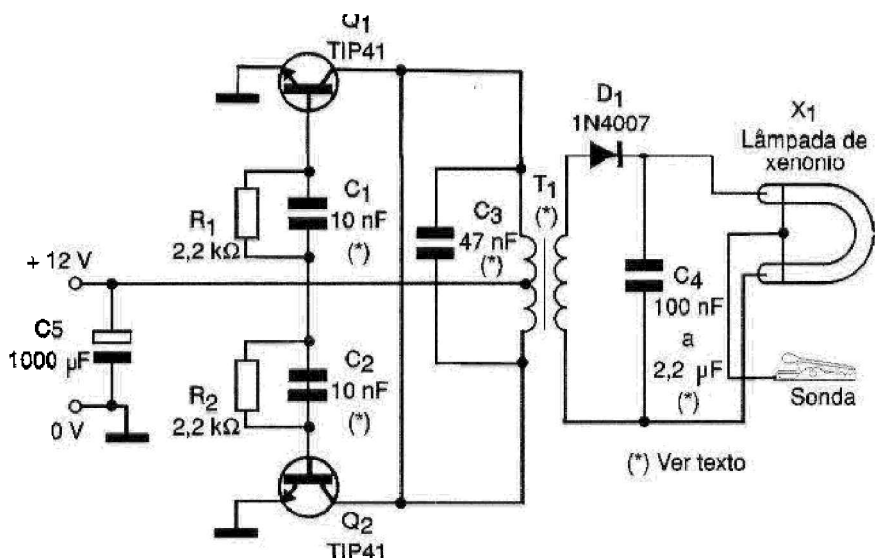


Figura 34 – Diagrama de uma luz de ponto simples de montar

Os transistores de potência devem ser dotados de radiadores de calor e, eventualmente, os resistores de base alterados no sentido de se obter a tensão ideal para o disparo da lâmpada.

Valores entre 470 ohms e 4,7 k ohms devem ser experimentados de acordo com o transformador.

O capacitor C<sub>3</sub> também deve ser experimentado de acordo com a indutância do enrolamento primário do transformador usado para obter-se melhor rendimento. Valores entre 22 nF e 100 nF são os recomendados.

O transformador pode ser de qualquer tipo com 12+12 V de secundário e correntes entre 300 e 800 mA. O enrolamento primário que serve de enrolamento de alta tensão é de 220 V.

O capacitor  $C_4$  que alimenta a lâmpada de xenônio deve ter de 100 nF a 470 nF com uma tensão de isolamento de pelo menos 800 V.

Testes devem ser feitos com este capacitor e o transformador, conforme a lâmpada usada.

Em princípio pequenas lâmpadas de xenônio aproveitadas de *flashes* fotográficos podem ser experimentadas com bons resultados.

Na figura 35 damos uma sugestão de placa de circuito impresso para montar este aparelho.

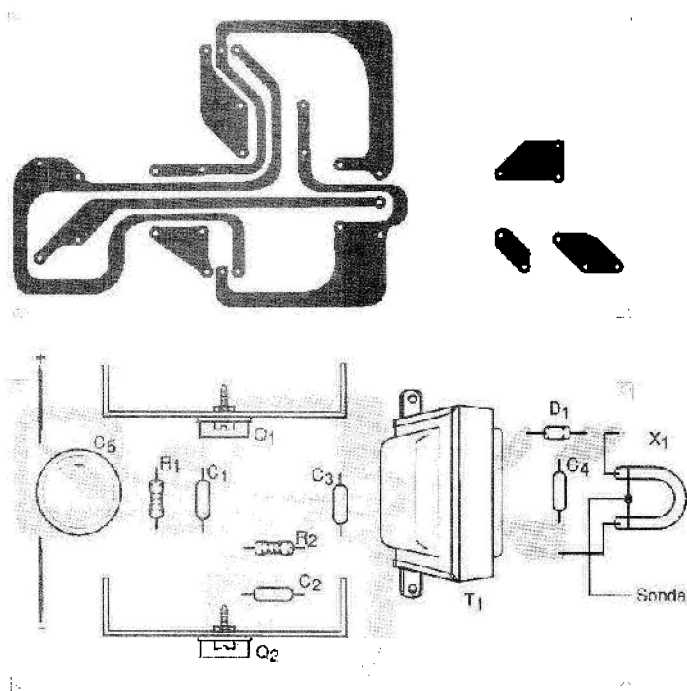


Figura 35 – Placa de circuito impresso para a luz de ponto.

O cabo de conexão à vela deve ser flexível com bom isolamento, dada a sua alta tensão.

Os cabos de alimentação devem ter *clipes* para ligar na bateria do carro e serem identificados por cores diferentes (vermelho para o positivo e preto para o negativo).

## **USANDO A LUZ DE PONTO**

O ajuste com a "luz de ponto" é feito tomando-se como referência as marcas de referência e a marca da polia que está acoplada ao motor.

Iluminando o conjunto, a marca móvel vai mudar de posição em relação às marcas de referência, conforme o motor esteja com o sistema de ignição "atrasado" ou "adiantado" em relação ao ponto ideal.

Atua-se então sobre a posição de ajuste do distribuidor de modo que a marca coincida com o ponto recomendado, o que é feito com o motor em ponto morto (PMS ou Ponto Morto Superior).

O ponto ideal de ajuste da faísca ocorre segundo um ângulo de 8 a 10 graus, mas este ângulo varia de modo automático de acordo com a rotação.

Nos motores modernos, o ajuste do ponto é feito de modo automático por meios eletrônicos.

O próprio microprocessador, a partir de um sensor verifica o instante em que ocorrem as faíscas, ajustando-o conforme as necessidades de potência do motor.

Na verdade, nos motores modernos, o microprocessador determina o instante em que ocorre a faísca em função de diversos parâmetros como, por exemplo, a pressão barométrica, a temperatura do motor e ambiente, a rotação e a própria aceleração impressa pelo motorista.



Para estes, o ajuste de ponto pelo método tradicional usando a luz de ponto não se aplica, já que isso é feito pelos sistemas de diagnósticos inteligentes que empregam microprocessadores já programados com todos os parâmetros que devem ser levados em consideração num ajuste ou detecção de problemas.

### **Termos em Inglês**

Os termos em inglês relacionados com este capítulo são importantes para buscas de informações na internet, principalmente para quem deseja comprar peças de carros antigos para recuperação, ou mesmo de carros importados. Vejamos alguns termos.

Hall sensor – sensor hall

Pulse generator - gerador de pulsos

Inductive sensor – sensor indutivo

Inverter – inversor

DC/DC converter – conversor DC/DC – gerador de alta tensão

Capacitive discharge - descarga capacitiva

Capacitive Ignition – ignição capacitiva

SCR – Silicon Controlled Rectifier – Retificador Controlado de Silício

Microcontroller - microcontrolador

## Questionário

1) Na ignição assistida, qual é o componente comutador da corrente da bobina:

- a) Platinado
- b) Transistor de potência
- c) Diodo
- d) Transformador de alta tensão

2) Um gerador de pulsos de efeito Hall é normalmente montado em que parte do sistema de ignição?

- a) No platinado
- b) No distribuidor
- c) Junto às velas
- d) Na bobina de ignição

3) Um sensor indutivo de um sistema de ignição é usado com que finalidade?

- a) Gerar pulsos de alta tensão
- b) Controlar a corrente da bobina
- c) Captar o movimento do motor para o comando do sistema
- d) Determinar o instante de produção das faíscas

4) A finalidade do circuito inversor de um sistema de ignição por descarga capacitiva é:

- a) Gerar alta tensão para as velas

- b) Gerar alta tensão para o capacitor
- c) Gerar os pulsos de controle
- d) Controlar a corrente da bobina de ignição

5) A finalidade da luz de ponto é:

- a) Ajustar o tamanho das faíscas das velas
- b) Ajustar a abertura do platinado
- c) Ajustar o ponto correto de produção de cada faísca nas velas
- d) Ajustar a rotação do motor

6) Nos motores com injeção eletrônica e controle por microcontrolador:

- a) Precisamos fazer os ajustes com a luz de ponto
- b) A luz de ponto não é usada nos ajustes
- c) A luz de ponto usada é especial
- d) O ajuste é feito por centrais computadorizadas

## Capítulo 7 - Baterias e Alternadores

No capítulo anterior vimos que o sistema de ignição do automóvel, quer seja ele o tradicional como eletrônico, precisa de energia elétrica. No automóvel encontramos também diversos outros sistemas que funcionam com energia elétrica.

Isso significa que os veículos automotores devem ter uma forma de produzir esta energia elétrica e mais ainda, os veículos modernos tendem a substituir os motores de combustão interna por motores elétricos.

Nos veículos comuns encontramos duas fontes geradoras de energia elétrica. Uma delas que opera mesmo quando o carro está parado, servindo para dar a partida no motor e eventualmente alimentar dispositivos que precisam funcionar com o motor desligado e outra que opera com o motor em movimento.

A primeira fonte é a bateria que converte energia química em energia elétrica, funcionando mesmo quando o motor está desligado e a outra é o alternador que aproveita a energia mecânica do motor para alimentar diversos dispositivos com o carro em movimento e mais, manter carregada a bateria.

São destas fontes de energia que trataremos neste capítulo analisando suas características, seu funcionamento e como são empregadas nos veículos automotores.

### **As Baterias**

Nos automóveis atualmente usamos um tipo especial de bateria que a denominada "chumbo-ácido". No entanto, existem diversas tecnologias para se obter energia elétrica a partir de baterias e que são utilizadas em condições diferentes.



*Figura 1- Bateria comum de carro*

Assim, para entender melhor como essa energia pode ser obtida será interessante ter uma ideia de como os diversos tipos de bateria funcionam.

Além disso, com a chegada do carro elétrico, as técnicas que hoje não são encontradas nos carros podem estar presentes sendo, por esse motivo, importante ter uma ideia de como funcionam.

As baterias consistem em geradores químicos de energia elétrica. No entanto, as baterias não são todas iguais.

Dependendo da forma como devam ser usadas, se estacionárias ou móveis, da quantidade de energia que devem fornecer e por quanto tempo, existe o tipo específico a ser usado.

Desde sua invenção, a bateria passou por uma evolução constante, tanto para atender as exigências da tecnologia moderna como para torná-las mais eficientes e baratas.

Assim, a partir de uma reação química de redução e oxidação que ocorram simultaneamente, pode-se obter um fluxo de elétrons e com isso energia elétrica.

Este é o princípio básico de operação das células ou baterias, onde uma substância é reduzida e outra oxidada e no processo a energia liberada pode ser aproveitada na forma de eletricidade.

### ***Mais sobre baterias***

*Mais sobre baterias e outras fontes de energia você pode aprender no Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – Volume 1*

As células podem ser classificadas em duas grandes categorias:

### ***Células, pilhas, acumuladores e baterias***

*Células, pilhas, acumuladores e baterias são coisas diferentes. Será interessante que o leitor preste atenção nas diferenças para poder ter um conhecimento mais sólido sobre o assunto.*

#### a) Primárias

Aquelas que já contém a energia a partir do momento em que são fabricadas, e não podem ser carregadas posteriormente. O processo químico de produção de energia ocorre a partir de uma reação irreversível.

#### b) Secundárias

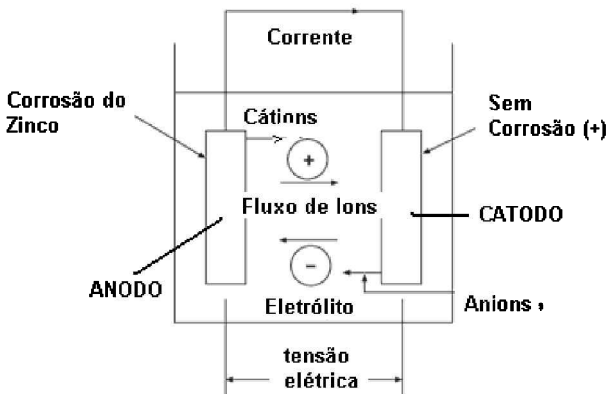
Aquelas que, ao serem fabricadas, não dispõem de energia. Elas precisam ser carregadas e o ciclo de carga e descarga pode ser repetido um número elevado de vezes.

A reação que ocorre nestas células é reversível. As células secundárias também são chamadas "acumuladores".

As aplicações automotivas dos dois tipos de células não se limitam ao fornecimento de energia em grande quantidade. Pequenas células podem ser necessárias para a alimentação de equipamentos de sensoriamento remoto, pequenas automações, e muito mais.

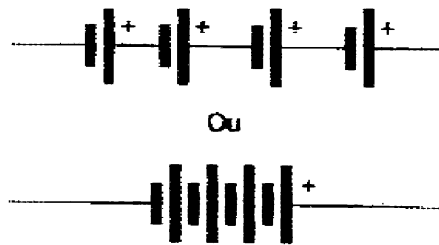
Neste ponto é interessante diferenciarmos o que se denomina célula e bateria.

Conforme mostra a figura 2, a célula é a unidade de fornecimento de energia, constando de um par de eletrodos e uma substância ativa (eletrólito) que os interfaceia eletricamente.



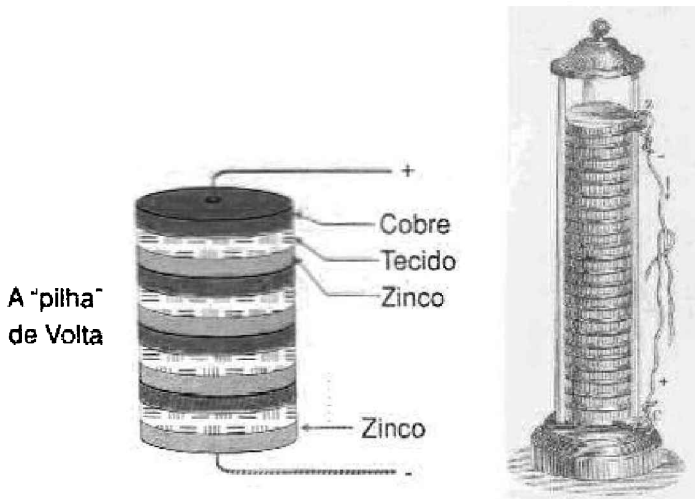
*Figura 2 – Uma célula comum de fornecimento de energia*

Quando associamos diversas células formamos uma bateria, conforme mostra a figura 3.



*Figura 3 – Símbolo para uma bateria de pilhas ou células*

O conceito de pilha vem da “pilha” de volta que realmente era bateria de células primárias onde as diversas células, formadas por discos de cobre e zinco, eram “empilhadas”, conforme mostra a figura 4.



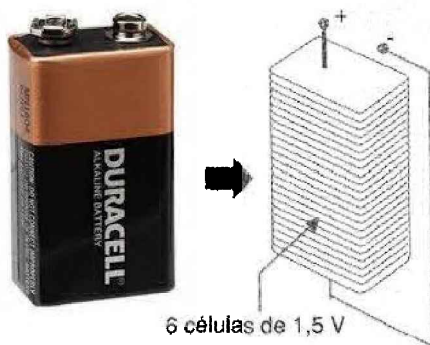
*Figura 4 – A pilha de Volta*



Desta forma, ficou o conceito de “pilha” para as pequenas unidades primárias que usamos em rádios, gravadores e outros equipamentos, e o conceito de bateria para as unidades formadas pela associação dessas células, como as baterias de 9 V.

O termo bateria também é empregado popularmente para designar as células secundárias que normalmente são fornecidas isoladamente ou associadas, conforme mostra a figura 5.

Assim, as chamadas “baterias” nada mais são do que conjuntos de células de 1,5 V que fornecem 9 V.



*Figura 5 – A bateria de 9 V*

Veja que, neste livro, estamos nos referindo apenas às baterias químicas já que podemos adotar os mesmos conceitos para baterias solares, baterias atômicas, etc.

## **Células Primárias**

Os principais tipos de células primárias são:

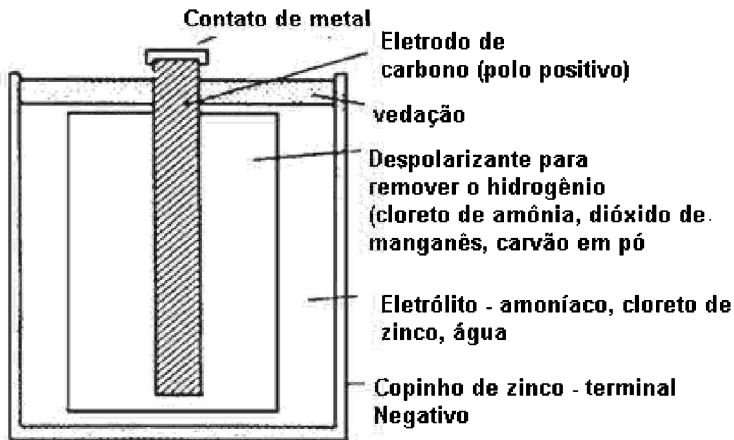
- Células secas

- Células úmidas
- Células de eletrólito sólido
- Células de reserva

### ***A célula de Leclanché***

O tipo mais comum de célula em uso atualmente é a de Leclanché, nome dado em homenagem ao seu inventor em 1868.

Nesta célula, representada na figura 6, o eletrodo de anodo é o zinco que forma o invólucro externo, normalmente em forma de folha.



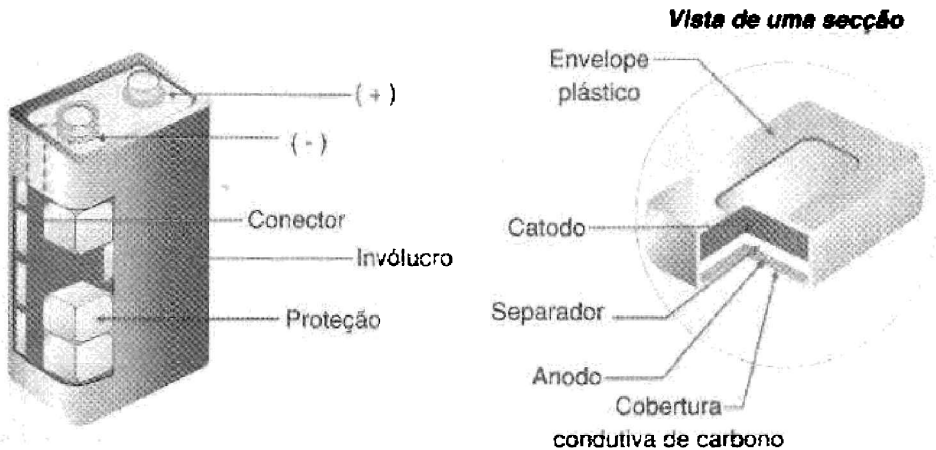
*Figura 6 – A pilha seca comum*

O eletrodo positivo é a solução de cloreto de zinco e cloreto de amônia que existe em seu interior na forma de uma pasta. Como eletrodo positivo ou anodo é usado um bastão de grafite.

O eletrólito de catodo é formado por uma pasta de dióxido de manganês e carbono. As duas meia-células são separadas por uma barreira porosa.

As células deste tipo são vendidas tipicamente na forma de unidades cilíndricas que são as pilhas secas comuns ou na forma de baterias em que 3 a 4 unidades são associadas em série, conforme mostra a figura 7.

Também deste tipo são as pilhas do tipo botão encontradas nas chaves do carro para acionar o sistema de controle remoto.



*Figura 7 – As baterias secas*

O método mais comum de fabricação é por extrusão, mas existe um método usado principalmente na China em que o zinco é forçado por um mandril estreito que faz seu alongamento na forma de um copo.

O terceiro, também usado na china consiste em enrolar e soldar folhas de zinco para formar os copos.

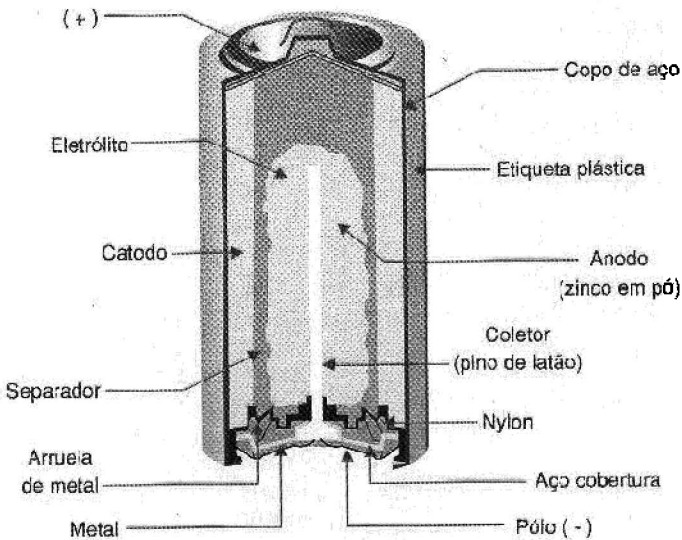
Em muitas dessas células o zinco é amalgamado com mercúrio para aumentar a resistência à corrosão. Normalmente é usada uma proporção de 0,1% de mercúrio.

Outro processo de aumentar a resistência do zinco à corrosão é pelo acréscimo do cádmio (0,05% tip) o que torna essas pilhas perigosas para o meio ambiente em caso de descarte.

Alguns países possuem legislações que proíbem o uso de tais materiais tóxicos na fabricação das pilhas. No Brasil, por exemplo, é proibido o uso do mercúrio deste 1999.

Os fabricantes mais conhecidos dessas pilhas são a Eveready Battery Company, Duracell International, Matsushita, Rayovac Co. e Varta.

Neste grupo podemos incluir as células alcalinas. Essas pilhas têm a estrutura mostrada na figura 8.



*Figura 8 – Estrutura de uma pilha alcalina*

O eletrodo positivo é formado por dióxido de manganês enquanto que o eletrodo negativo também é o zinco. A solução, entretanto é de hidróxido de potássio (KOH) que é uma substância alcalina (daí a denominação dada a esta pilha).

A tensão de cada célula é 1,5 V, e ela se caracteriza por ter maior capacidade de fornecimento de energia que as pilhas secas.

Como as pilhas secas, as alcalinas não podem ser recarregadas, ou seja, as reações que liberam energia elétrica são irreversíveis.

### ***Pilhas para todos os fins***

*Para cada aplicações recomenda-se um tipo diferente de pilha. Assim, as pilhas empregadas em relógios e calculadoras que são aplicações de baixo consumo, mas que exigem grande autonomia são diferentes das usadas em brinquedos e aplicativos com motores que são aplicações de alto consumo e pequena autonomia.*

## **Funcionamento**

Quando a corrente é solicitada, a movimentação de cargas elétricas no circuito tem início na forma de íons na substância e a reação química passa a ocorrer.

A substância começa então a reagir com o eletrodo negativo (copinho de zinco) de modo a liberar íons e com isso manter a corrente elétrica no circuito.

O resultado é que nesta reação a substância se transforma entregando a energia de que dispõe e o copinho de zinco é consumido no processo.

À medida que a pilha vai fornecendo sua energia, a substância do eletrólito vai se desgastando, o copinho de zinco consumido e com isso cada vez menos corrente vai se tornando disponível.

Chega um determinado momento em que a energia se reduz a tal ponto que a resistência interna da pilha aumenta e a corrente já não pode mais ser fornecida ao circuito externo com a mesma intensidade. A tensão entre os pólos da pilha cai.

A pilha está em sua fase final de esgotamento. A figura 9 mostra a curva típica de fornecimento de uma pilha seca comparada a de outros tipos.

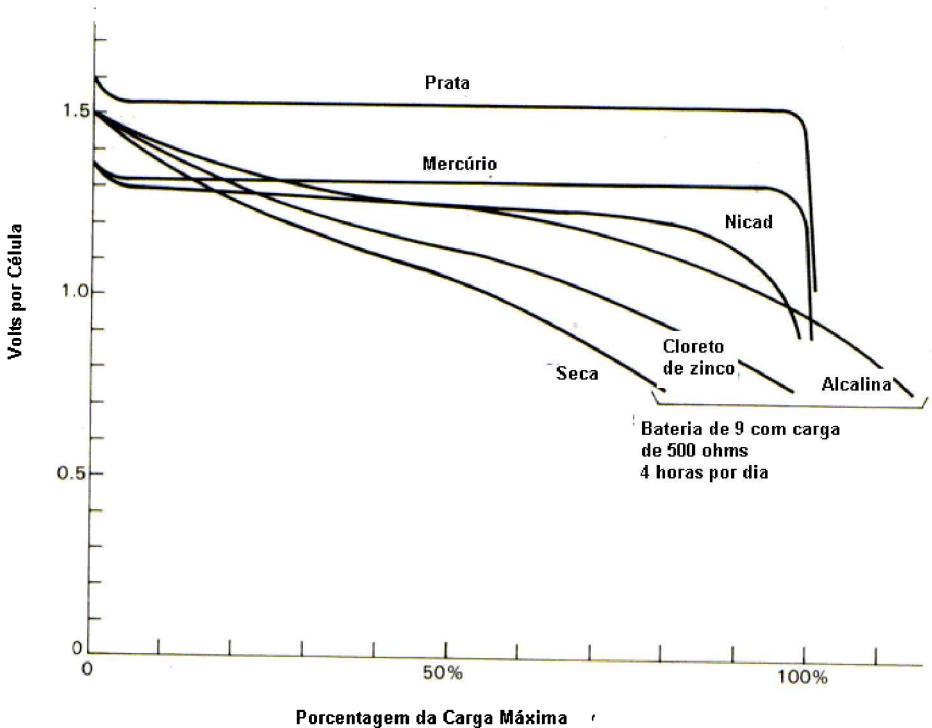


Figura 9 – Curvas típicas de descarga de alguns tipos de células, inclusive recarregáveis (Nicad)

Se examinarmos a pilha esgotada, veremos que a substância de seu interior se modificou e que um dos eletrodos se encontra corroído.

Veja que as pilhas secas possuem uma proteção adicional de papelão e aço sobre o copinho de zinco, justamente para evitar que a substância “vaze” quando a pilha se esgota.

Essa substância é corrosiva, podendo afetar os aparelhos em que ela se encontrar, se o vazamento ocorrer.

É por esse motivo que se recomenda retirar as pilhas dos aparelhos que vão ficar muito tempo sem uso.

Mesmo sem usar, a reação ainda ocorre de forma muito vagarosa, mas ao final de muito tempo, uma pilha deixada num aparelho, se esgota e pode vaziar...

Se você tem um multímetro automotivo, por exemplo, retire suas pilhas ou baterias se ele for deixado muito tempo sem uso. Isso vale também para sua lanterna.

### ***Toxidade***

*O descarte de pilhas e baterias deve ser feito de forma apropriada, pois as substâncias existente em seu interior são prejudiciais ao meio ambiente.*

### **Pilhas comuns não são recarregáveis**

Nas pilhas comuns (alcalinas, secas e outras) a reação que ocorre quando a energia é fornecida é irreversível, ou seja, “não tem volta”. Uma vez que a substância reagente entregue a energia.

Em alguns casos, aquecendo um pouco a pilha ou ainda deixando-a em repouso pode-se reativar o restante da substância que ainda pode reagir e assim prolongar a vida útil da pilha.

A ideia de que colocar as pilhas na geladeira, adotada por muitos, não é válida, pois o que faz a pilha reativar um pouco não é o frio, mas sim o repouso...

## **Células Secundárias**

O tipo mais comum de célula secundária em uso no mundo é a chumbo-ácido, devido sua aplicação nos automóveis. Em segundo lugar temos as células de níquel-cádmio (Nicaid) e ferro-níquel (células de Edison).

Além dessas temos as células de brometo de zinco, sulfato de sódio, e outras que fazem uso do lítio como elemento básico.

Com a chegada do carro elétrico muitas destas tecnologias de baterias estão sendo aperfeiçoadas para que baterias potentes e com grande autonomia sejam criadas para alimentar estes veículos.

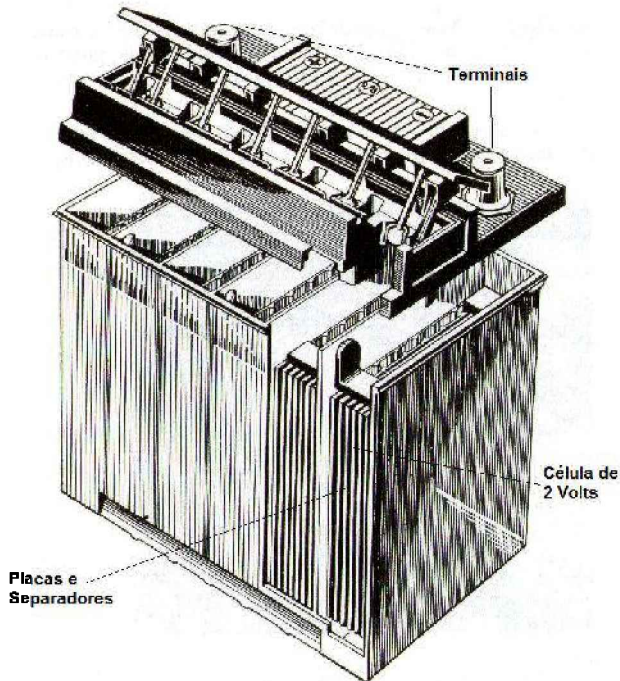
Analisemos os principais tipos, com ênfase para o tipo chumbo-ácido que é o mais usado atualmente no carros:

## **Bateria Chumbo-Ácido**

A ideia de se recarregar uma célula ou bateria é simples: se passarmos pela substância fornecedora de energia uma corrente no sentido contrário àquela que ela fornece normalmente, a reação se inverte e a substância "absorve" a energia liberada, voltando à sua condição inicial.

A forma mais simples e mais tradicional de se fazer isso é com a bateria chumbo-ácido que é encontrada nos automóveis e que tem a estrutura mostrada na figura 10.





*Figura 10 – Estrutura de uma bateria chumbo-ácido de 12 V*

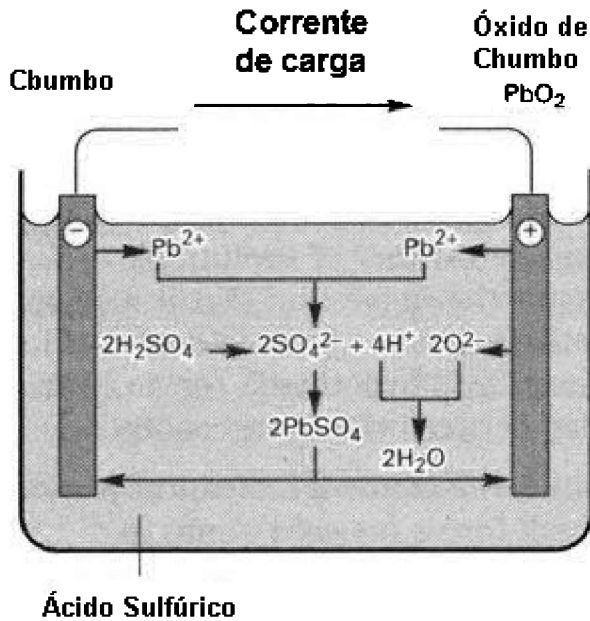
Para entender como ela funciona vamos partir de uma célula única que tem dois eletrodos de chumbo e que no nosso caso, vamos omitir o separador, deixando apenas na figura o eletrólito, que é uma solução diluída de ácido sulfúrico (ácido sulfúrico mais água), conforme mostra a figura 11.

Cada par de placas fornece uma tensão de pouco mais 2 V quando carregada, o que significa que uma bateria de carro de 12 V tem 6 pares deste tipo fornecendo uma tensão em torno de 13,6 V.

Quando a bateria está descarregada as duas placas são de chumbo puro. Ao se fazer circular uma corrente de carga nesta bateria, conforme mostra a figura 11, o ácido reage com uma das placas

formando uma substância nova que é o óxido de chumbo que recobre a placa positiva.

Esta substância contém a energia armazenada que a bateria pode fornecer depois numa reação química.



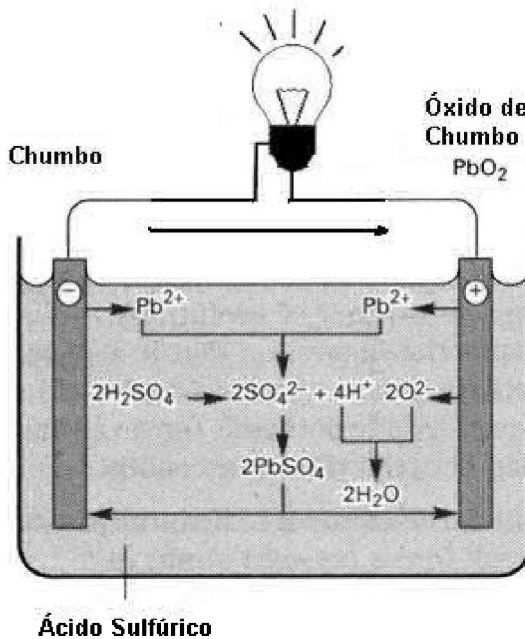
*Figura 11 – A corrente de carga*

Veja que a carga da bateria é forçada a circular no sentido contrário àquele que a corrente circula quando a bateria fornece energia. Assim, quando a bateria fornece energia a corrente convencional circula do positivo para negativo e quando a bateria é carregada a corrente circula do negativo para o positivo.

### **Corrente eletrônica e convencional**

*Veja no nosso Curso de Eletrônica Básica a diferença entre corrente convencional e corrente eletrônica.*

Quando uma carga é ligada à bateria, uma lâmpada, por exemplo, conforme mostra a figura 12, a corrente começa a circular pela lâmpada e pelo eletrólito na forma de íons, dando início a uma reação que começa a consumir a substância em que a energia está armazenada.



*Figura 12 – Ligando uma lâmpada como carga.*

Esse fornecimento continua até o momento em que a substância armazenada na placa seja consumida totalmente, com o eletrodo de chumbo voltando à sua condição inicial.

Se uma corrente for agora forçada a circular no sentido inverso, a reação inversa ocorre, com a placa recompondo a substância com a energia disponível.

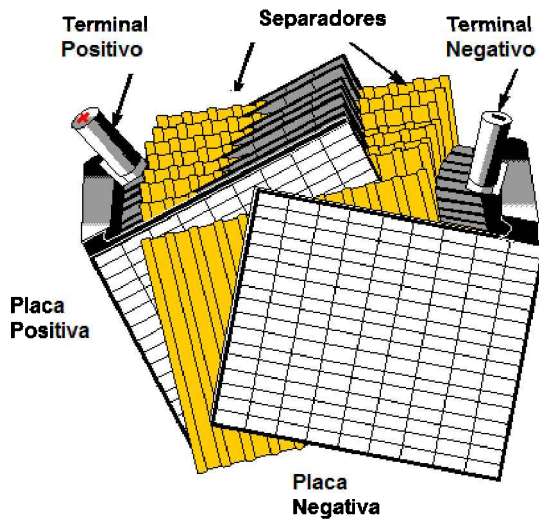
Nos automóveis, o alternador fornece esta corrente de carga quando o motor está em funcionamento, recompondo continuamente a substância que fornece energia.

## **A Bateria Automotiva**

Conforme vimos, a bateria de 12 V é formada por 6 células de 2 V. O ambiente hostil do automóvel e as exigências de corrente exigem das baterias comerciais uma construção robusta.

As placas dilatam-se e contraem-se quando carregam-se e descarregam-se, podendo deformar e rachar. Recursos especiais de construção e o uso de separadores são importante para garantir a durabilidade das baterias.

Na figura 13 temos então a construção simplificada de uma bateria deste tipo.



*Figura 13 – Estrutura de uma bateria*

A metade da célula correspondente ao anodo é feita de chumbo ou uma grade de uma liga de chumbo. O eletrólito consiste em ácido sulfúrico diluído.

A metade correspondente ao catodo consiste em chumbo ou uma grade com uma liga de chumbo e dióxido de chumbo esponjoso sobre ela.

O eletrólito também consiste em ácido sulfúrico diluído. As duas meias células são separadas por uma barreira porosa.

O chumbo do anodo, nas aplicações comerciais é obtido por métodos que permitem obter uma porcentagem de 40% desse elemento.

Aditivos como a água, ácido sulfúrico e outros como o sulfato de bário são adicionados para evitar a densificação do carbono poroso usado no processo devido aos ciclos de carga e descarga da célula.

Densificação significa perder a porosidade e encolher o que pode causar deformação das placas.

A grade na qual as misturas do anodo e catodo são colocadas consiste numa liga de chumbo. Ligas de antimônio e arsênio são usadas, além de outros metais. O uso de ligas visa aumentar a resistência à corrosão e ao esforço mecânico.

### **Toxidade**

*Observe o uso de metais pesados altamente tóxicos nessas baterias, como o chumbo, o que exige muito cuidado no manuseio e eventual descarte.*

Nas baterias com ciclos rápidos de carga e descarga 8% de antimônio é usado. Nas outras aplicações proporções de 1 a 3% são usadas.

O eletrólito usado nessas baterias é uma solução de ácido sulfúrico que deve ser livre de impurezas. A concentração normalmente é de 6 M, o que em termos comerciais significa uma densidade específica de 1,27 a 1,3.

### **Química**

*6M significa seis molar ou 6 mols por litro. 1 mol é a quantidade de gramas equivalente ao peso molecular do ácido sulfúrico.*

A tabela a seguir mostra como as concentrações dependem tanto da aplicação da bateria como ao próprio clima do local em que ela deve funcionar.

<b>Aplicação</b>	<b>Gravidade Específica (clima temperado)</b>	<b>Gravidade Específica (clima tropical)</b>
SLI (*)	1,27 a 1,29	1,22 a 1,24
Força Motora	1,28 a 1,32	1,24 a 1,28
Standby (carregada)	1,22 a 1,24	1,20 a 1,22
Standby (descarregada)	1,27 a 1,30	1,26 a 1,28
Aeronaves	1,26 a 1,28	1,26 a 1,28

*(\*) Este termo refere-se a aplicação da bateria em uso automotivo e na partida de motores.*

As barreiras que separam as duas metades da célula, ou separadores, são normalmente feitas de celulose, polipropileno ou PVC. A porosidade é expressão em porcentagens ficando tipicamente entre 45% e 90% o que resulta em resistências específicas de 0,1 a 0,30 ohms/cm<sup>2</sup>.

As baterias chumbo-ácido encontram diversos campos de aplicação além dos carros, tais como:

- SLI e automotivas que são usadas em veículos de combustão interna no acionamento do motor de partida e mesmo na propulsão de veículos elétricos.
- Estacionárias, que são usadas com fontes auxiliares de energia.
- Portáteis, que são usadas na alimentação de equipamentos portáteis.
- Aeronaves e armazenamento renovável de energia

A modernas baterias de carro de uso automotivo são seladas, ou seja, não há acesso para o eletrólito de cada célula. Assim, não é preciso fazer qualquer tipo de manutenção.

No entanto, existem baterias que não são seladas, havendo um acesso na forma de uma rosca com um respiro para cada célula. Com o tempo, a água do eletrólito evaporava o que mudava a densidade da solução e com isso afetada sua condutividade e o funcionamento da bateria. Na figura 14 uma bateria desse tipo.



*Figura 14 – Bateria não selada*

De tempos em tempos em tempos era necessário verificar a densidade do eletrólito de cada célula, o que era feito com a ajuda de um simples aparelho denominado densímetro ou hidrômetro.

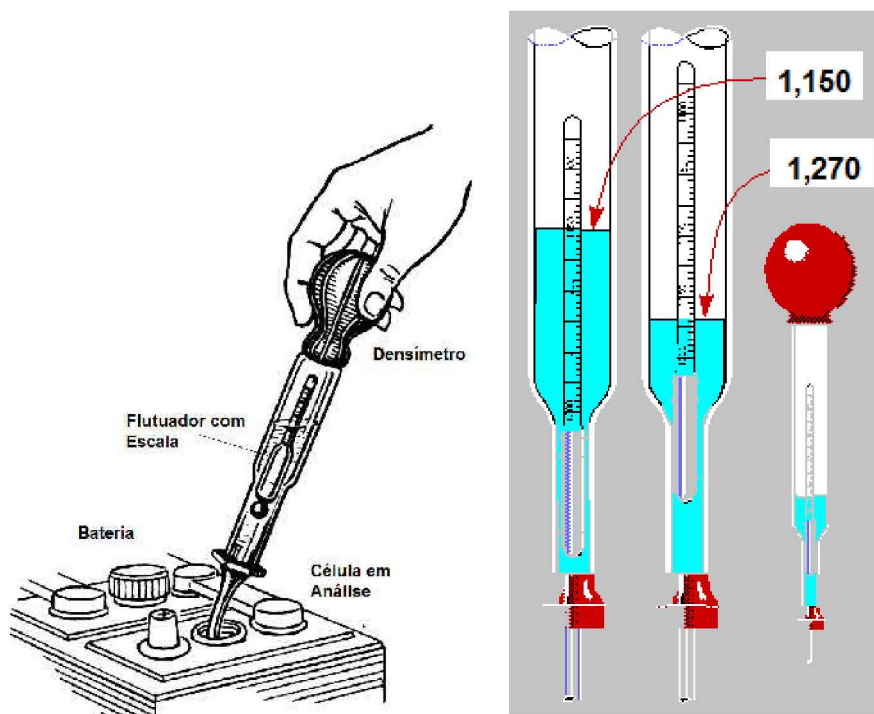
Constatando-se que a densidade estava alterada, fora dos valores da tabela que demos, era necessário acrescentar água destilada até se chegar à densidade normal.



## O Hidrômetro ou Densímetro

O hidrômetro ou densímetro mede a densidade da solução de uma bateria. Ele consiste num bulbo flexível que permite absorver uma certa quantidade da solução até uma cavidade em que existe um flutuador graduado.

A flutuação desta peça depende da densidade de modo que ele afunda até a marca da escala graduada, bastando então ler o valor da densidade. Na figura 15 temos o modo de se usar o densímetro.



*Figura 15 – Medindo a concentração da solução*

**Curiosidade**

*Nos tempos antigos, as oficinas de eletricidade de automóvel "recuperavam" as baterias que então eram componentes caros. O profissional da época, abria as baterias, fazia uma limpeza completa das placas, separadores e demais partes, depois remontava a bateria enchendo-a de eletrólito novo e assim ela funcionava mais um bom tempo.*

**Células de Níquel Cádmio**

Atualmente, estas células não são usadas especificamente no circuito elétrico de um automóvel, mas com a vinda do carro elétrico, em breve elas serão mais comuns, com tecnologias derivadas dos tipos mais comuns.

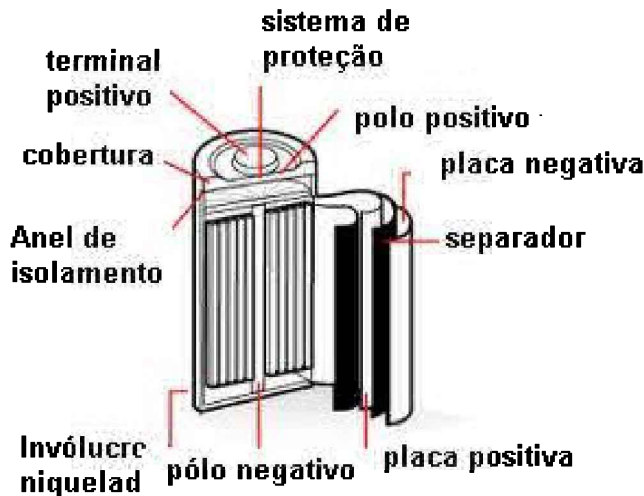
Por esse motivo é interessante conhecer um pouco sobre suas características e seu princípio de funcionamento.

As mais comuns são as baterias chatas, botão e as de formato cilíndrico visando as mesmas aplicações das pilhas comuns.

A tecnologia de montagem depende da forma e tamanho da célula ou bateria, já que podemos encontrar desde os tipos botão e cilíndricas de pequenas dimensões até as chatas maiores, usadas em celulares e outros equipamentos.

Para este tipo de bateria os eletrodos de anodo consistem numa mistura de cádmio com outras substâncias enquanto que o catodo consiste em hidróxido de níquel, além de outras substâncias. Da mesma forma que nas baterias chumbo-ácido tanto o anodo como catodo estão imersos no mesmo eletrólito.

A substância usada neste caso é o hidróxido de potássio. Na figura 16 temos a construção típica de uma célula de Nicad típica.



*Figura 16 – Estrutura de uma célula de nicad cilíndrica*

Industrialmente o para o anodo temos o hidróxido de níquel e a grafite misturados. A grafite em pó entra numa proporção de 20% do material do eletrodo.

Para o catodo temos o hidróxido de cádmio, óxido de ferro, grafite e alguns aditivos orgânicos.

O material entra no processo de fabricação na forma de pó. Por um processo de evaporação do cádmio é produzido óxido de cádmio o qual é convertido em hidróxido de cádmio por hidratação.

Em determinado momento do processo oxido de ferro é adicionado e em seguida a grafite e os aditivos orgânicos.

Para o eletrólito a condutância máxima ocorre quando a solução tem uma densidade de 1,26 a 25 oC. Nas aplicações comerciais é

adicionado hidróxido de lítio ao hidróxido de potássio numa concentração de 8 a 20 g.l com a finalidade de se evitar que o ferro contamine o catodo.

## **Aperfeiçoamentos**

Uma exigência das aplicações modernas é que suas baterias tenham o mínimo de manutenção. Para isso, foram desenvolvidas tecnologias baseadas no uso de ciclos de recombinação de oxigênio para evitar a perda de água.

Outra tecnologia envolve novas arquiteturas para o material que envolve a bateria como, por exemplo, placas de fibras de níquel ou ainda placas de plástico ou borracha.

## **Célula de Edison ou Hidróxido de Níquel-Ferro**

Trata-se de um tipo de célula secundária muito semelhante a célula de Níquel-Cádmio. A principal diferença está no fato do anodo ser ferro.

Esta célula foi patenteada em 1901 mas não teve o mesmo sucesso das baterias de Níquel-Cádmio devido as sua baixa capacidade de retenção de carga.

A vantagem principal, entretanto, está no fato de que o ferro é mais barato que o cádmio e é muito menos tóxico.

## **Conclusão**

As baterias têm passado por um desenvolvimento muito grande dado aumento de seu uso, principalmente nas aplicações portáteis e à necessidade de grande capacidade de armazenamento como no caso do carro elétrico.

Assim, como recentes desenvolvimentos temos as baterias de hidreto metálico, as baterias de lítio e as baterias de eletrólito sólido.

As características dessas baterias, cada vez permitem a sua utilização em aplicações específicas.

### ***Energia não se cria***

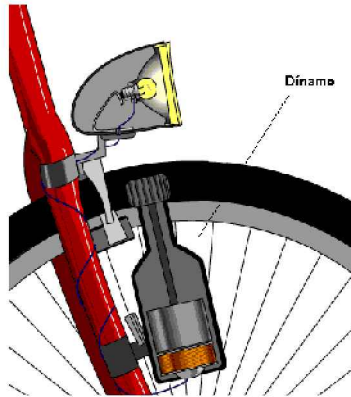
*Lembramos que toda energia disponível numa bateria é resultado da conversão de outras formas de energia, por exemplo, a mecânica. Assim, uma bateria não pode fornecer mais energia do que aquela que recebe. Veja no nosso Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – Volume 1 o “princípio da conservação da energia”.*

## **Os Alternadores**

Para manter a bateria carregada e acionar diversos dispositivos do circuito elétrico de um carro com o motor em movimento, utiliza-se um gerador que converte energia mecânica em energia elétrica.

Na verdade, neste grupo, existem dois tipos principais de geradores capazes de fazer isso. O dínamo se caracteriza por produzir corrente contínua e o alternador, se caracteriza por produzir corrente alternada.

Na figura 17 temos um exemplo de dínamo de bicicleta que converte a energia mecânica da roda da bicicleta que gira em energia elétrica para o farol.



*Figura 17 – O dínamo da bicicleta*

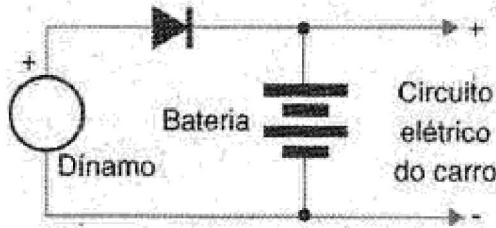
A obtenção de energia elétrica a partir de energia mecânica como a que se dispõe de um motor em movimento é relativamente simples.

Os primeiros veículos com motor à explosão já utilizavam os dínamos com a finalidade de obter energia elétrica para a carga da bateria e conseqüentemente para a faísca das velas, indispensável ao sistema de ignição.

Era um sistema simples em que um dínamo era acionado pelo motor, gerando uma baixa tensão contínua e que passando por um sistema regulador de tensão alimentava tanto os dispositivos elétricos do carro que além do sistema de ignição incluíam os faróis, como também carregava com o excedente da energia, a bateria.

Assim, conforme mostra o diagrama simples da figura 18, a finalidade do dínamo seria a de fornecer energia para o sistema elétrico com o carro em movimento.

Para a partida e eventualmente para acender um farol com o carro parado, deveria entrar em ação a bateria.



*Figura 18 – Circuito simples de carga com dínamo*

A grande desvantagem do dínamo é que se exige uma velocidade mínima de rotação do motor para que ele produza tensão suficiente para alimentar os circuitos, daí a necessidade de um sistema regulador de tensão, que entra em ação quando a tensão atinge o mínimo exigido. A tensão mínima é dada pela necessidade de se polarizar o diodo do circuito no sentido direto e então passar a circular a corrente de carga.

Para veículos que trafegam na cidade e que, portanto, estão sujeitos a conseqüentes paradas ou baixas velocidades com a redução da rotação do motor, o uso do dínamo tem sérios inconvenientes, pois existe o perigo dele não fornecer pelo tempo necessário a energia para a carga da bateria.

O circuito vai operar num regime em que o tempo de carga é menor do que o tempo de consumo da energia da bateria.

Nos veículos antigos havia uma lâmpada no painel que alertava quando a bateria do carro não estava sendo carregada, exigindo que o motorista acelerasse um pouco até ela apagar...

Gerando tensões alternadas, e com o uso de diodos semicondutores e mesmo circuitos eletrônicos, é possível obter um desempenho muito melhor para o sistema elétrico dos veículos e é isso o que ocorre nos veículos modernos que usam apenas a solução do alternador como fonte de energia a partir do motor.

**Diodos**

*Os diodos são amplamente estudados no nosso Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica – Vol 2.*

Apenas nos sistemas elétricos de veículos mais simples encontramos a mesma configuração que faz uso do dínamo, como, por exemplo, em bicicletas para acender um farol ou luzes de sinalização.

Nos veículos automotores atuais, que são mais sofisticados, a eletrônica aparece em quase todas as funções deste circuito e mesmo em funções adicionais que visam melhorar o desempenho.

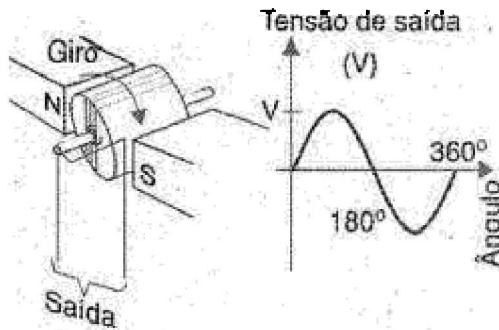
O alternador, que é o ponto de partida deste sistema, é um dispositivo eletro-mecânico e como tal, além de desgastes das partes móveis, podem apresentar defeitos.

A presença nos modelos atuais de alguns dispositivos eletrônicos internos neste dispositivo faz com que muitos eletricitas de automóveis tenham certo receio no seu manuseio, mas com as explicações que daremos a seguir, os leitores verão que isso não se justifica.

**O DÍNAMO E O ALTERNADOR**

O princípio de funcionamento de um dínamo é muito simples: se tivermos uma bobina que gire dentro do campo magnético criado por um conjunto de ímãs ou ainda por outras bobinas, conforme mostra a figura 19, cada vez que as espiras dessa bobina cortarem as linhas de força do campo magnético, aparece nos extremos da bobina uma tensão elétrica.





*Figura 19 – Funcionamento do alternador*

Ligando uma lâmpada ou outro dispositivo capaz de converter energia elétrica em outra forma de energia, ele funcionará: no caso da lâmpada ela acenderá.

Isso indica que, para cortar as linhas de força do campo magnético é preciso fazer um esforço mecânico na bobina, e a energia mecânica necessária a isso se converte em energia elétrica.

O problema do dispositivo que vimos é que a cada meia volta que a bobina dá dentro do campo magnético ela corta duas vezes as suas linhas de força e isso em sentidos opostos.

Percebemos então que cada volta, cortando as linhas duas vezes em direção oposta, a bobina gera uma tensão ora com o pólo positivo de um lado, ora do outro. Em outras palavras, girando nestas condições, temos a produção de uma corrente alternada.

De modo a corrigir este problema, na saída da bobina liga-se um sistema de escovas, conforme mostra a figura 20, que inverte um dos pólos numa das meias voltas, de modo que tenhamos a corrente circulando sempre no mesmo sentido, ou seja, para que obtenhamos uma corrente contínua.

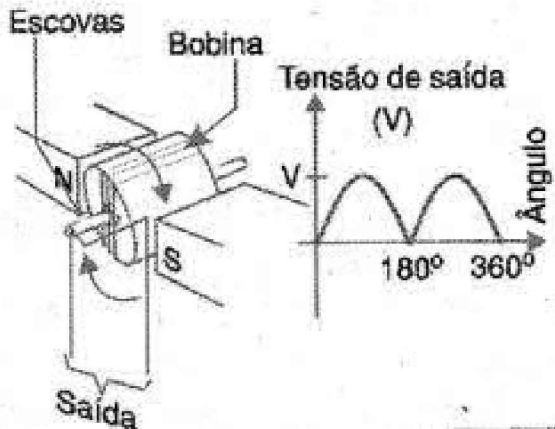


Figura 20 – Obtendo corrente contínua

Esse fato nos leva a dispositivos denominados dínamos. Se eliminarmos o sistema que inverte o sentido da corrente a cada meia volta das espiras, o dispositivo passa a gerar correntes alternadas, ou seja, teremos um alternador.

### **Corrente contínua e alternada**

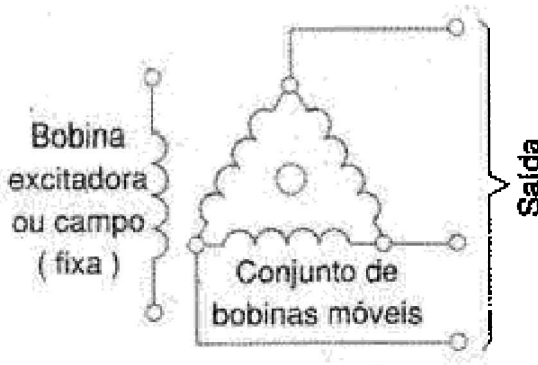
*Se o leitor tem dúvidas sobre os dois tipos de corrente, sugerimos consultar o Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – Vol 1, que explica as diferenças.*

Antigamente não era simples converter a corrente alternada na corrente contínua necessária a muitos dos dispositivos elétricos e eletrônicos de um carro e, por isso, o uso dos dínamos era obrigatório.

No entanto, com a disponibilidade dos diodos de silício, podemos facilmente converter correntes alternadas em contínuas, de modo que

tanto faz para um circuito elétrico se ele tenha como fonte de energia tensão contínua como alternada.

Por esses motivos, nos veículos modernos, em lugar de usarmos dínamos temos alternadores, ou seja, dispositivos semelhantes em que temos um conjunto de bobinas móveis que gira dentro do campo magnético de um conjunto de bobinas fixas, conforme mostra a figura 21.

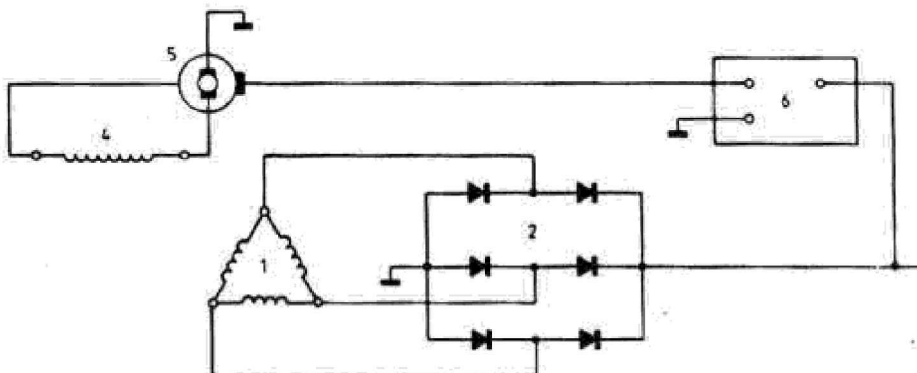


*Figura 21 – As bobinas do alternador*

Neste caso, como a polaridade da corrente se inverte constantemente, ou seja, os pólos se alternam, temos um alternador.

Diodos são acrescentados no próprio dispositivo de modo a se obter a corrente contínua que o circuito elétrico do automóvel precisa para funcionar.

Na figura 22 temos a disposição dos diodos mostrando que para facilitar a produção de energia de forma mais constante são empregados três conjuntos de bobinas e, portanto três conjuntos (pares) de diodos na maioria dos circuitos.

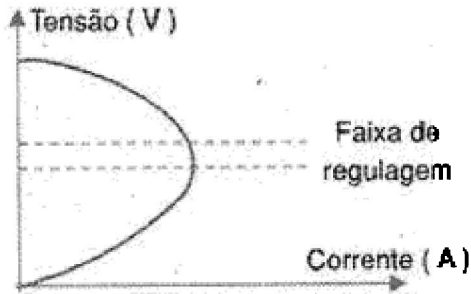


*Figura 22 – Estrutura do alternador – 1-Bobinas móveis, 2-conjunto de diodos, 4-bobina fixa, 5- comutadores, 6-regulador de tensão.*

O funcionamento de um alternador num veículo, entretanto, não apresenta uma linearidade, o que não é interessante para o circuito elétrico do carro.

Os diversos dispositivos que são alimentados pela eletricidade no carro exigem uma tensão fixa, ou pelo menos que oscile numa faixa estreita de valores. Variações da tensão muito grandes podem causar danos a diversos desses dispositivos.

Sabemos que a tensão que um dínamo apresenta na sua saída, conforme mostra a figura 23 depende de diversos fatores como, por exemplo, a velocidade que o motor gira e a intensidade da corrente exigida pelos circuitos a ele ligados.



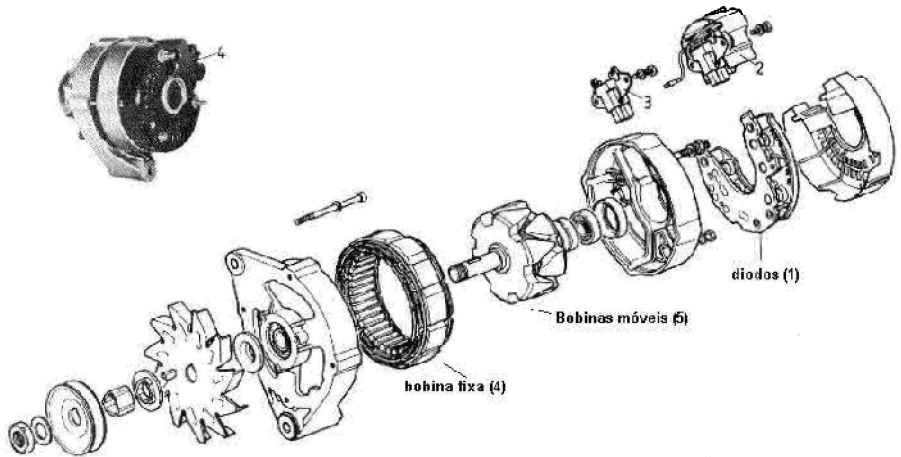
*Figura 23 – Dentro da variação possível da tensão gerada existe uma faixa de regulação em que a tensão deve ser mantida.*

O problema maior ocorre pela enorme faixa de variação de velocidade de um motor de carro que pode ter rotações entre 500 e 6000 rpm.

Para que o circuito elétrico do carro se veja alimentado por uma tensão dentro de uma faixa segura, devem ser agregados dispositivos reguladores de tensão.

## **O Alternador por dentro**

Na figura 24 temos uma vista explodida de um alternador de carro típico mostrando suas diversas partes.

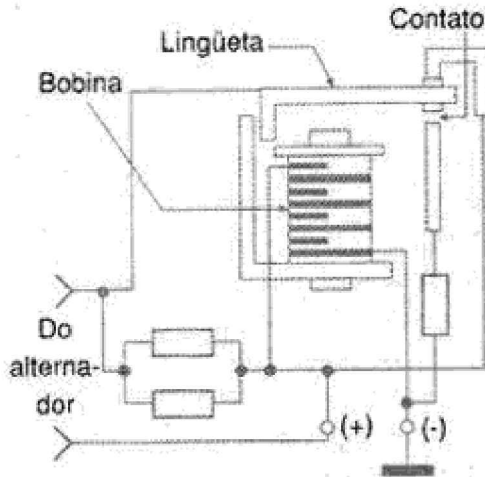


*Figura 24 – O alternador em vista explodida. 1 é a placa com os diodos. 2 é o regulador e 3 as escovas.*

Internamente observamos dois conjuntos de enrolamentos: os enrolamentos de campo que geram o campo magnético que as espiras do outro enrolamento devem cortar e o enrolamento estator, que gera a energia.

Internamente também temos uma placa em que seis diodos de potência são instalados para retificar a corrente alternada gerada. Estes diodos são fixados numa peça única de metal que também serve de dissipador de calor (1 na figura 24).

A regulagem da tensão nos veículos mais antigos era feita por um dispositivo eletro-mecânico como nos carros que utilizavam dínamos conforme mostra a figura 25.



*Figura 25 – Um regulador de tensão eletromecânico encontrado nos modelos de carro mais antigos.*

Nos veículos modernos, entretanto, são usados reguladores de tensão com transistores de potência em configurações como a mostrada na figura 26.

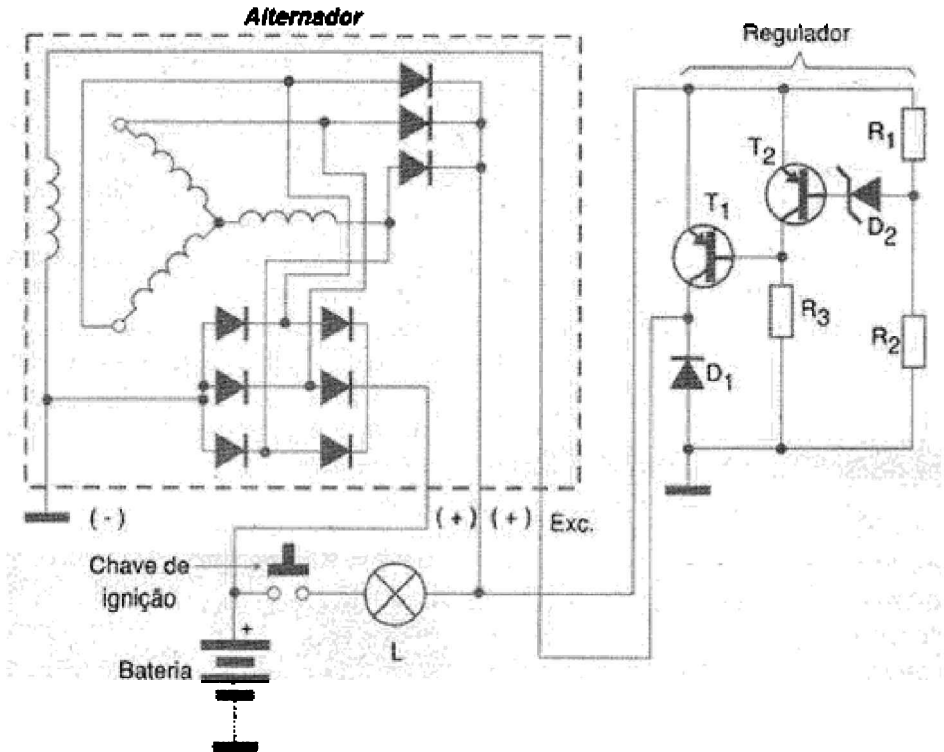


Figura 26 – Alternador com circuito regulador de tensão utilizando transistores de potência.

Normalmente o que temos é a tradicional configuração do regulador série em que um transistor de potência funciona como um reostato ou resistor variável dosando a corrente de excitação do enrolamento de excitação de modo a controlar a intensidade do campo magnético cujas espiras do enrolamento móvel vão cortar.



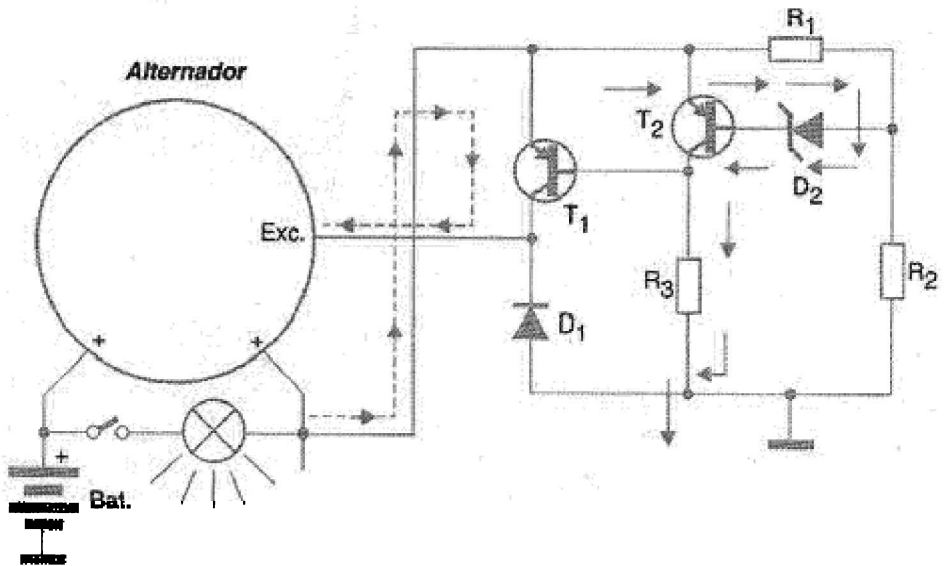
**Regulador série**

*Veja mais no livro Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica*

Este processo é muito melhor do que se tentarmos controlar a corrente principal gerada pelo dínamo, que é da ordem de dezenas de ampères exigindo assim transistores de potência muito alta.

Mesmo assim o transistor usado deve ser de tipo de alta corrente (20 A ou mais) já que esta é a ordem de grandeza da corrente gerada.

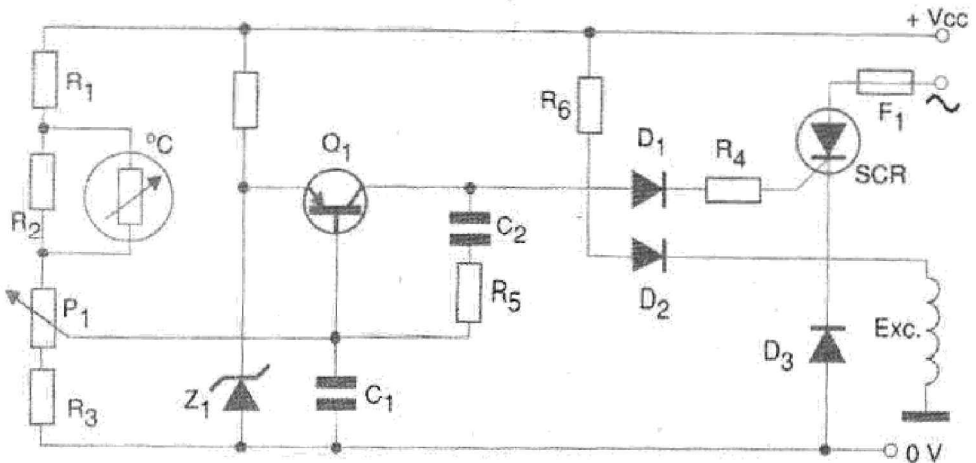
A referência de tensão para a saída tanto pode ser dada por diodos zener como por circuitos integrados. No circuito mostrado como exemplo, o diodo zener Z2 fixa a tensão para o transistor T2 que funciona como driver, controlando a corrente principal através do transistor T1. Na figura 27 temos as correntes neste circuito quando em funcionamento.



*Figura 27 – Circulação das correntes no circuito regulador de tensão.*

Observe que neste circuito está ligada a lâmpada indicadora de painel que apaga quando a tensão gerada é aplicada ao circuito o que ocorre quando o motor entra em funcionamento.

Configurações mais complexas podem ter até 5 transistores sendo também encontradas em alguns veículos. Na figura 28 mostramos uma configuração em que temos um regulador controlado por um SCR.



*Figura 28 – Circuito regulador de tensão utilizando SCRs.*

Neste circuito o ponto de disparo do SCR após a comutação é determinado pela tensão gerada, funcionando o mesmo como um controle de fase.

É importante observar que o uso de equipamentos eletrônicos delicados no carro, principalmente os circuitos de microcontroladores que fazem todo o controle do sistema elétrico e do motor não admitem variações grandes da tensão de alimentação, podendo sofrer danos com facilidade daí a necessidade de circuitos reguladores precisos e eficientes.

## **SERVICE**

Para o técnico eletrônico ou eletricista de automóveis, a presença de um circuito eletrônico que normalmente é embutido na instalação e não raro protegido por meios que impedem o acesso aos seus

componentes é uma dificuldade na hora de se fazer o teste de funcionamento e eventualmente uma reparação.

Assim, constatando-se que o problema é do regulador de tensão, ou ainda de um dos conjuntos de diodos do alternador, o procedimento mais comum é a troca do conjunto completo.

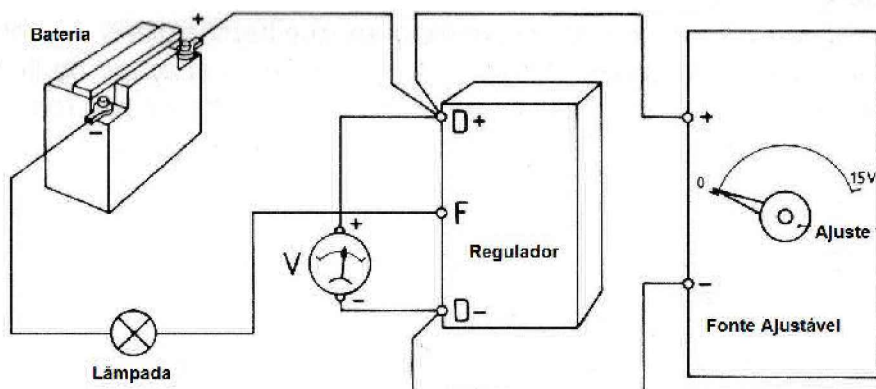
No entanto, muitas vezes o acesso a um circuito relativamente simples pode nos revelar que apenas um componente de baixo custo deve ser substituído e isso pode significar economia e em alguns uma solução alternativa quando a peça completa original não está disponível.

### ***Pequenos defeitos***

*Se bem que na maioria dos casos as peças inteiras sejam trocadas nos carros, caso do alternador, existem casos em que o defeito é simples e pode ser reparado. Isso ajuda o profissional a economizar.*

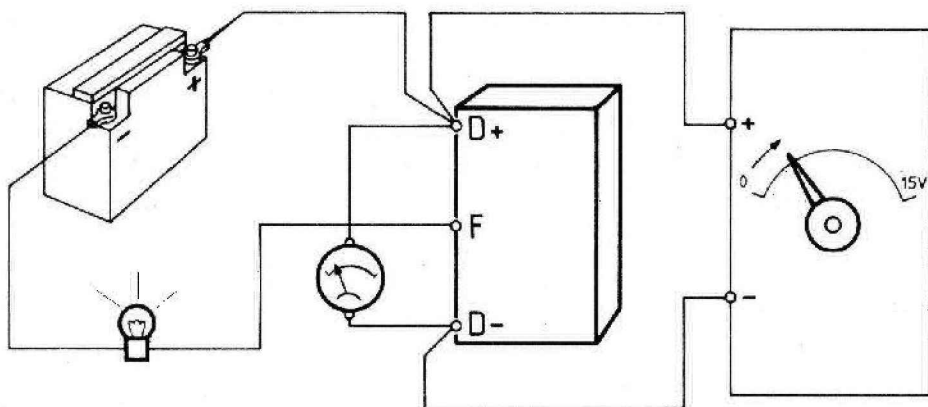
Muitos reguladores possuem um ponto de ajuste que é um resistor variável; (trimpot) que pode ser acessado por uma chave de fendas e que permite levar o circuito a fornecer as tensões de saída de acordo com as correntes.

A prova de funcionamento de um regulador pode ser feita ligando-se na saída do alternador um voltímetro, bateria e uma fonte de alimentação ajustável de 0 a 15 V e uma lâmpada de 12 V x 200 mA ou mais, conforme mostra a figura 29.



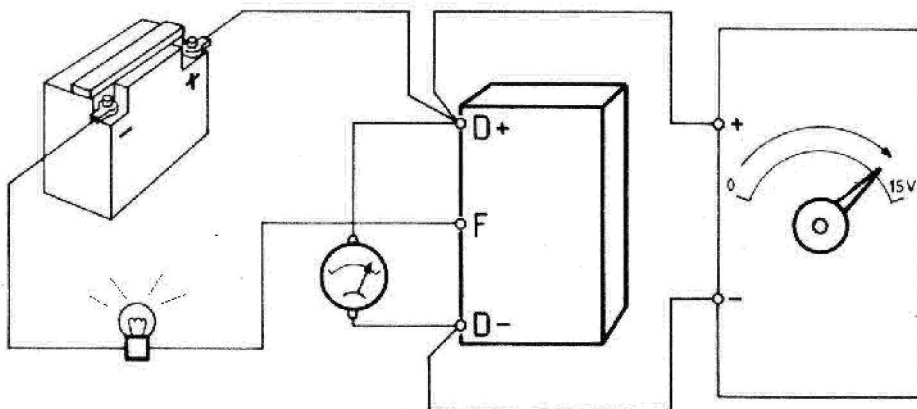
*Figura 29 – Circuito de teste para reguladores*

Partindo de zero a tensão no circuito, quando ela alcançar algo em torno de 4 a 5 volts a lâmpada deve acender com pequeno brilho, mas indicando que há passagem de corrente.



*Figura 30 – Aumentando a tensão da fonte a lâmpada deve acender*

Passando desta tensão até algo em torno de 14 V o brilho da lâmpada deve aumentar. Esta tensão será indicada pelo voltímetro ligado na posição indicada do circuito.



*Figura 31 – O brilho da lâmpada deve aumentar e a tensão indicada pelo voltímetro*

Se a lâmpada apagar antes de chegar aos 14 ou 14,3 V isso significa que pode haver problemas de funcionamento do regulador ou ele não está devidamente ajustado.

Deve-se tentar ajustar o regulador (se ele possuir um ponto de ajuste) para que a lâmpada apague com uma tensão de 14,3 V. Para a segunda fase da prova ajustamos a saída da fonte para uma tensão de 15 V.

Com isso a lâmpada deve permanecer apagada. Diminuindo agora gradualmente a tensão de saída deve ocorrer o acendimento da lâmpada com uma tensão entre 13,9 e 14 V.

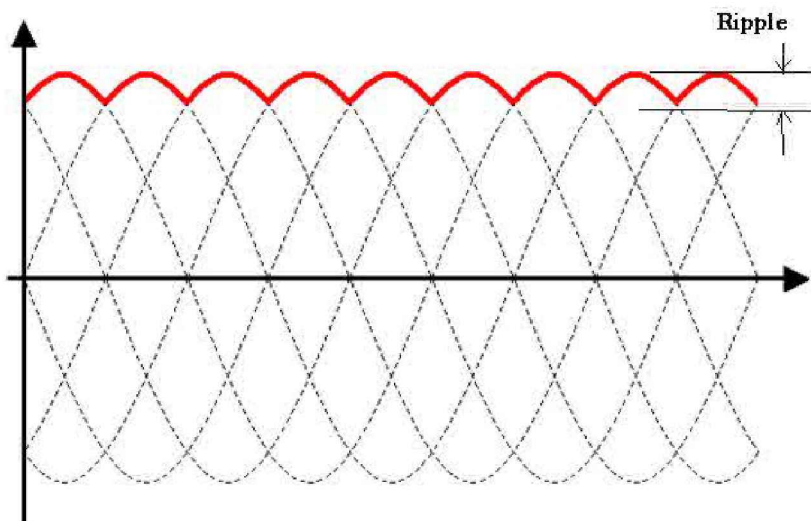
Se isso não ocorrer devemos refazer o ajuste e repetir a primeira parte da prova. Com o procedimento repetido algumas vezes é possível levar o regulador ao funcionamento no ponto ideal.

Comprovado o funcionamento o técnico pode reinstalar o regulador ou, se necessário, fazer o diagnóstico para identificar os eventuais componentes pelo funcionamento anormal.

## Reparação de Alternadores – Teste de Alternadores

Como consertar alternadores ou descobrir seus defeitos é um problema que muitos usuários de automóveis que costumam fazer a manutenção elétrica encontram.

Partimos então do fato de que as três tensões que são obtidas nas saídas dos diodos estão defasadas e têm a forma de onda mostrada na figura 32.



*Figura 32 – Tensão de saída com o ripple*

Observe que a superposição das três tensões que passam pelos diodos resulta numa tensão quase contínua de saída, mas com uma pequena ondulação ou ripple.

Quando um alternador apresenta problemas, ele pode ser de dois tipos.

O primeiro é quando um diodo entra em curto. Neste caso, o alternador perde em torno de 50% de sua capacidade de gerar corrente e isso pode ser detectado facilmente medindo a tensão de saída.

No entanto, se um diodo abre (deixa de conduzir nos dois sentidos), temos uma condição mais difícil de diagnosticar, mas é igualmente perigosa.

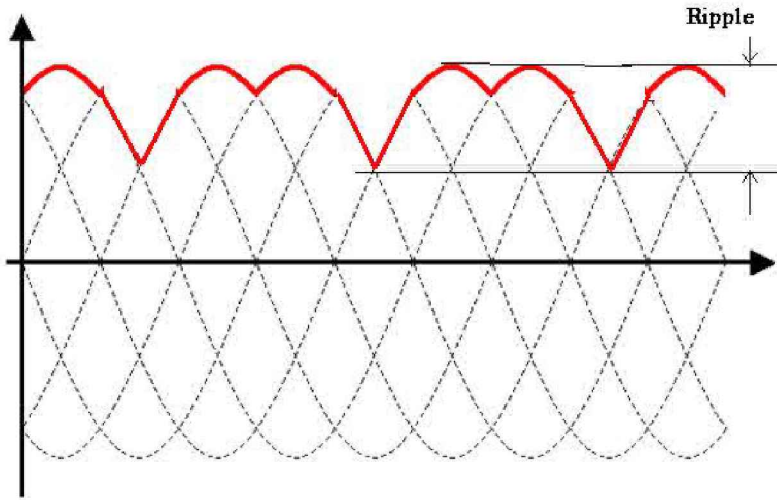
Com a inoperância de um dos diodos, a capacidade do alternador de gerar energia fica comprometida e ele passa a gerar menos energia. No entanto, o circuito de carga exige mais o que sobrecarrega os outros diodos que podem queimar.

Os testes comuns de medida de tensão de saída ou de continuidade dos diodos normalmente não detectam este tipo de falha. A ideia básica de teste é então explorada na montagem que descrevemos neste artigo.

### **Quando uma fase falta**

Se uma das fases faltar, pela não condução do diodo, temos uma alteração na forma de onda, conforme mostra a figura 33. O ripple muda completamente.





*Figura 33 – Ripple com um diodo aberto*

Veja então que uma maneira simples de se detectar se existem diodos abertos, é medindo o ripple. Com dois diodos abertos, o ripple se torna ainda maior.

### **Ripple**

*Mais sobre retificação e ripple pode ser encontrado no livro Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica – Vol 2.*

## **O Medidor de Ripple de Alternador**

O circuito do teste de alternador consiste em um medidor de pico de tensão AC, utilizando em sua saída um multímetro comum.

A alimentação deste circuito é derivada da própria tensão gerada pelo alternador, vinda através de D3 e R7. O capacitor C3 faz a sua filtragem.

A tensão gerada pelo alternador é aplicada a IC1A através de C1. D1 serve de ceifador, de modo que a tensão aplicada variará entre 0 e um valor positivo que depende da tensão gerada. O capacitor C4 vai então se carregar com a tensão de pico gerada.

O amplificador operacional IC1B é um seguidor de tensão, ou seja, tem ganho unitário o qual tem por função reaplicar a tensão de pico à outra entrada do operacional IC1A. Isso faz com que o circuito se estabilize e apareça na sua saída a tensão pico a pico de ripple gerada pelo alternador.

O amplificador IC1 alimenta o indicador, mantendo constante a leitura de tensão entre os picos gerados pelo alternador. Este amplificador tem um ganho ajustável de modo a compensar eventuais erros causados por D2, além de possibilitar a calibração do aparelho.

A finalidade de IC1D é proporcionar uma saída com uma impedância muito baixa de saída, garantindo assim uma leitura sem problemas de carga pelo instrumento ligado na saída.

Isso permite que instrumentos com a partir de 1 000 ohms por volt sejam usados como indicadores. O consumo do circuito é da ordem de 2 mA apenas, não representando assim carga para o alternador que está sendo testado.

### **Montagem**

Na figura 34 temos o diagrama completo do teste de alternadores. Na saída é ligado um multímetro comum na escala de tensões de 0-15 VDC. Observe a polaridade. As garras são ligadas na saída do alternador (retificador).

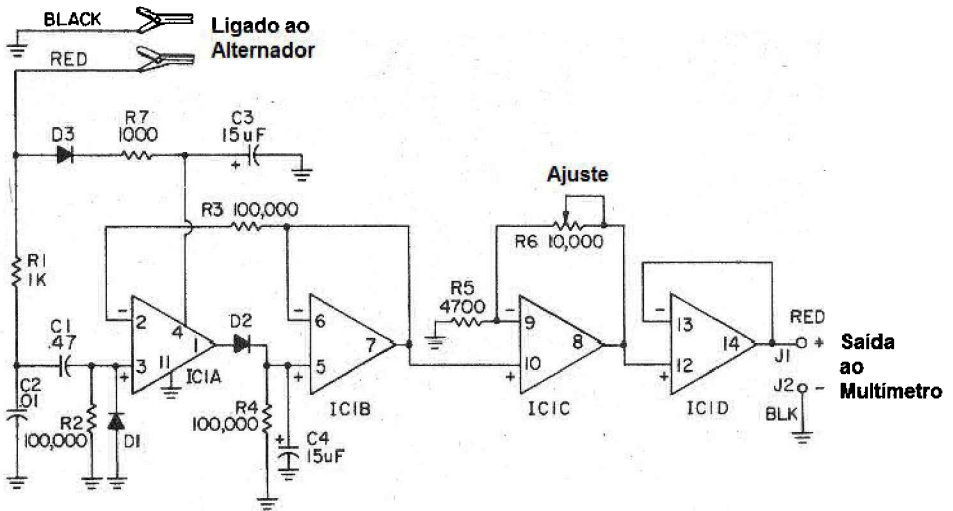


Figura 34 - diagrama completo do teste de alternadores.

Na figura 35 temos uma sugestão de placa de circuito impresso para a montagem.

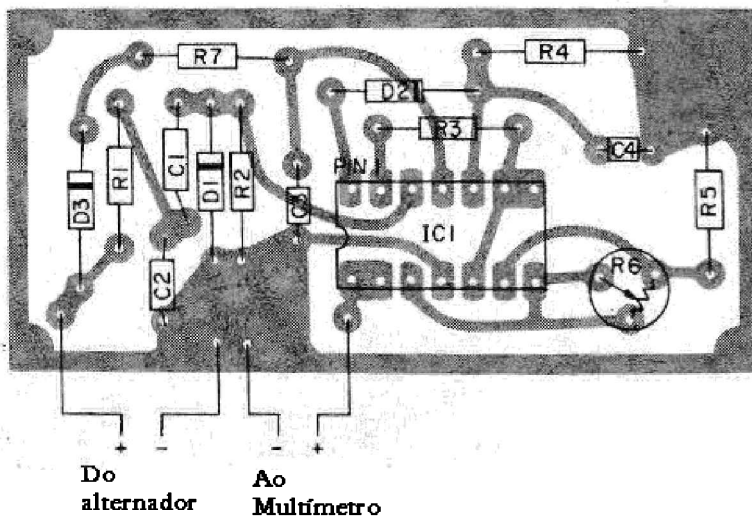
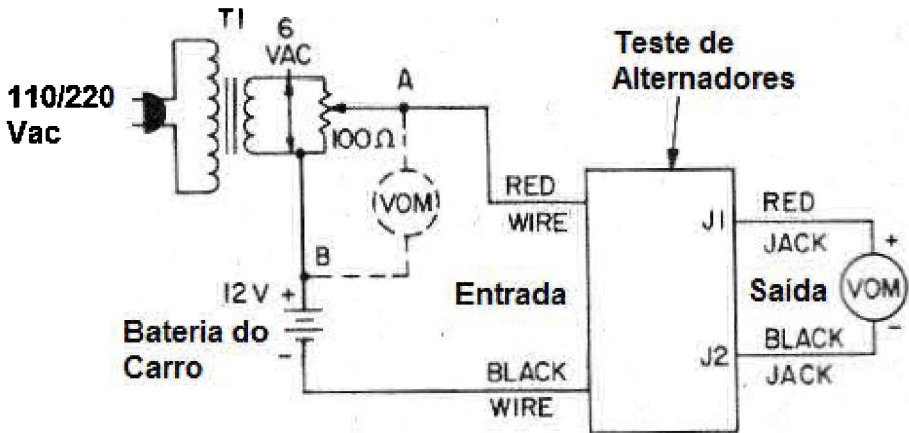


Figura 35 – Sugestão de placa de circuito impresso.

### Calibração

Para calibração, devemos usar um circuito apropriado conforme mostra a figura 36.



*Figura 36 – Circuito de calibração,*

O transformador tem secundário de 6 V com corrente entre 300 mA e 500 mA. O potenciômetro de 100 ohms é de fio. Dois multímetros devem ser ligados ao circuito, ajustados para a escala de 0-15 VAC,

Em lugar da bateria pode ser usada uma fonte de corrente contínua de 12 V, que tenha boa precisão na tensão de saída. Esta tensão não deve ter ripple (boa filtragem) para não afetar a calibração.

Ajuste o VOM para ler tensões alternadas (AC) na escala mais baixa de tensões, conectando-o inicialmente entre os pontos AB, indicados na figura 7. Ajuste então o potenciômetro para ter uma leitura de 0,35 V rms. Esta tensão é equivalente a 1 Vpp (1 volt pico a pico).

Depois, ajuste este multímetro para ler tensões de entre 1,5 V e 3,0 VDC, ligando-o então nos terminais de saída do teste do alternador (J1 e J2 na figura).

Ajuste então o potenciômetro do circuito para ler uma tensão de 1 V. Com isso, o processo de calibração está terminado.

### Utilização

Na figura 37 temos o modo de se conectar o teste de alternadores ao alternador de um carro.

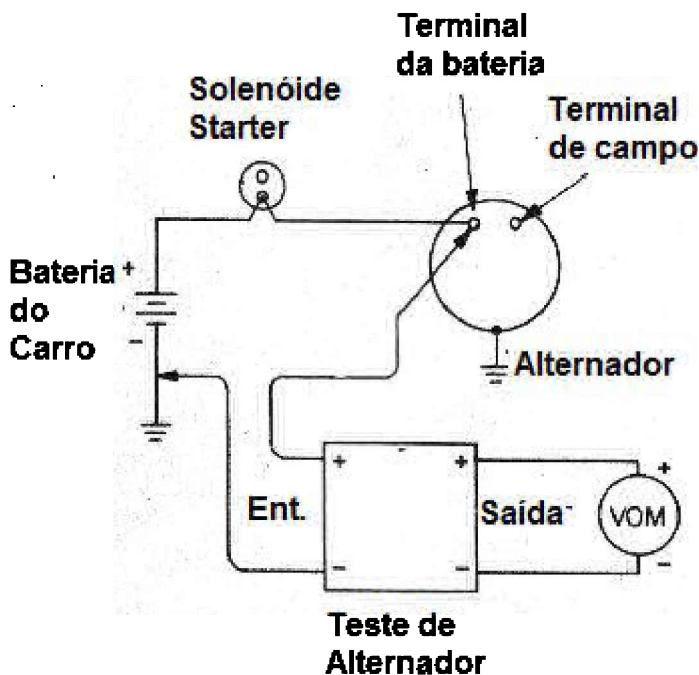


Figura 37 – Conexão para uso.

Antes de testar o alternador, verifique se o regulador de tensão do carro está funcionando. Verifique também se todas as conexões estão firmes, pois um cabo com mau contato pode gerar ripple.

O multímetro ligado na saída do testador deve estar ajustado para ler tensões contínuas (DC Volts) até 15 V.

Conecte então o testador ao alternador, ligue o carro e acenda os faróis altos. Acelere o motor até uns 2000 giros (2 000 rpm). A tensão indicada pelo multímetro deve estar em pelo menos 13,5 V, mas não mais do que 15 V, se tudo estiver em ordem.

Se a tensão lida estiver abaixo de 13,5 V, temos um problema no alternador e uma tensão acima de 15 V indica que existem problemas no regulador de tensão. Tente ajustá-lo.

Um alternador que funcione corretamente terá uma tensão de ripple entre 0,2 e 0,5 Vpp. Se um dos diodos abrir, esta tensão sobe para 1 Vpp ou mais.

### ***Osciloscópio***

Os que dispuserem de um osciloscópio podem utilizar este instrumento de uma maneira muito mais eficiente no diagnóstico de alternadores, pois podem visualizar a forma de onda em sua saída, observando claramente o ripple, medindo sua intensidade pela forma de onda projetada.

#### ***Lista de Material***

*IC1 – LM324 ou então 4 circuitos integrados 741 (caso em que a placa precisa ser alterada)*

*D1- 1N34 ou equivalente - diodo de germânio*

*D2, D3 – 1N4002 – diodos de silício*

*J1, J2 – Garras preta e vermelha para conexão no alternador*

*C1 – 470 nF- capacitor cerâmico*

*C2 – 10 nF – capacitor cerâmico tipo disco*

*C3, C4 – 15 uF ou 22 uF x 25 V – capacitores eletrolíticos*

*R1, R7 – 1k x 1/8 W – resistor*

*R2, R3, R4 – 100 k ohms x 1/8 W - resistor*

*R5 – 4k7 x 1/8 W - resistor*

*R6 – 10 k ohms x 1/8 W – resistor*

***Diversos:***

*Material para o calibrador, placa de circuito impresso, caixa para montagem, fios, solda, etc.*

Obs.: este circuito foi obtido de um manual de service de alternadores antigo (americano de 1980). Assim, analisamos o circuito e fizemos as adaptações, já colocando os componentes modernos equivalentes. Estes componentes podem ser encontrados com facilidade no mercado de componentes.

## **Recuperando Baterias Sulfatadas**

Baterias ou acumuladores do tipo chumbo-ácido podem ser úteis mesmo depois de retiradas de carros devido a problemas de sulfatação. Recuperadas eles podem ser usados em sistemas de iluminação de emergência, alarmes, camping, sítios e fazendas sem energia.

O aparelho que propomos pode ajudar na recuperação de alguns desses acumuladores cujos problemas ainda não são irreversíveis.

As placas de um acumulador tipo chumbo-ácido sulfatam quando este fica sem uso por muito tempo, e por isso é levado a uma descarga completa.



Nestas condições, o acumulador não aceita mais carga, e mesmo que ela ocorra em pequena quantidade, se perderá em pouco tempo.

O processo mais usado para recuperar um acumulador que chegou a este ponto consiste em fazer cargas e descargas rápidas durante um certo tempo, de modo que o processo de sulfatação se reverta e as placas voltem às condições normais de funcionamento.

No entanto, a carga e a descarga em ciclos controlados devem ser feitas com cuidado, pois um excesso de corrente pode causar um problema ainda maior que inutilizará por completo a bateria ou o acumulador: as placas se deformam ou mesmo racham.

Com o aparelho que descrevemos, os ciclos de carga e descarga rápidas podem ser feitos de modo controlado e automaticamente, permitindo assim a recuperação de acumuladores do tipo usado em carros ou motos, de 12 V.

Pequenas alterações no circuito podem fazê-lo trabalhar com acumuladores de outras tensões.

### **Características:**

- \* Tensão de entrada: 110/220 VCA
- \* Tensão de saída: 13 a 15 VCC
- \* Corrente de carga: picos de 5 A
- \* Corrente de descarga: 0,5 A
- \* Duração do ciclo: 1/60 segundo

### ***Nem sempre funciona***

*Se a bateria estiver muito deteriorada ou com problemas internos como rachaduras das placas e separadores, o circuito não vai ajudar na sua recuperação.*

## **COMO FUNCIONA**

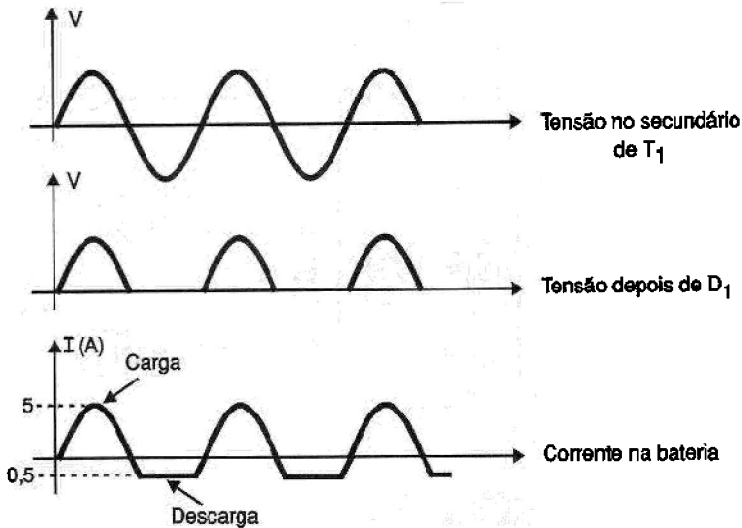
Nosso circuito consiste numa fonte de alimentação em que temos um transformador de enrolamento secundário único com uma tensão de 21 Vrms.

A tensão do secundário deste transformador é retificada obtendo-se pulsos de aproximadamente 35 V de pico, que então são aplicados a uma etapa reguladora com dois transistores de potência na configuração Darlington.

A tensão de referência para este circuito é dada por um divisor formado pelo resistor R1 e um diodo zener de 15 a 16 V, que vai determinar a tensão máxima na bateria em recuperação.

P1 determina o ajuste que vai fixar a corrente na bateria em recuperação e que é monitorada pelo amperímetro A.

A bateria é ligada ao circuito de forma a ser carregada, porém recebe apenas os semiciclos positivos retificados por D1, de modo que temos a aplicação de pulsos de curta duração com picos que chegam a 5 A no ajuste máximo, conforme ilustra a figura 38.



*Figura 38 – Correntes e tensões no circuito*

Entre os semiciclos aplicados na carga, o acumulador se descarrega através do resistor R3 que, em função de seu valor, determina a corrente de descarga.

Valores entre 22 e 27 ohms podem ser usados, fixando a corrente em torno de 500 mA.

O tempo de recuperação de um acumulador depende de seu estado podendo ir de algumas horas até alguns dias.

### **Montagem**

Na figura 39 apresentamos o diagrama completo do aparelho.

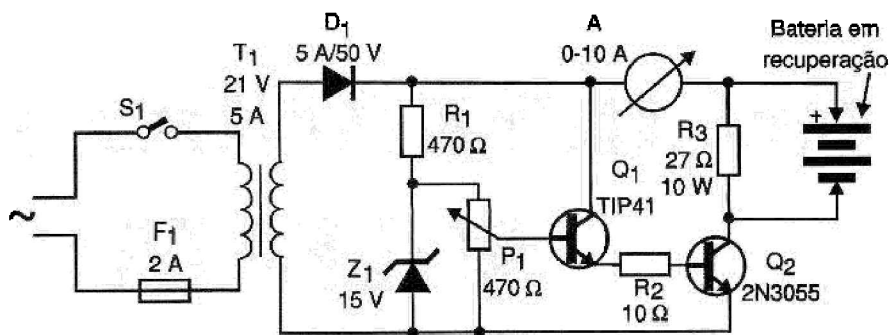
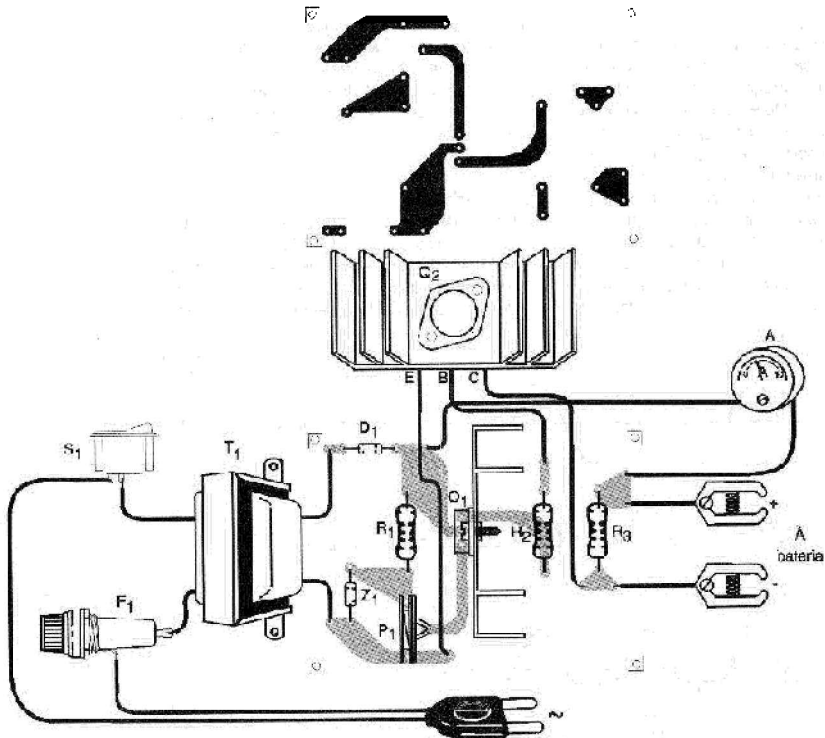


Figura 39 – Diagrama completo do recuperador

Na figura 40 temos a disposição dos componentes numa placa de circuito impresso.

Todavia, como são poucos os componentes usados, nada impede que técnicas alternativas de montagem como, por exemplo, "pendurá-los" numa ponte de terminais, sejam usadas.



*Figura 40 – Sugestão de placa para a montagem*

Evidentemente, dadas as intensidades das correntes principais, o uso de fios grossos nas ligações é fator importante.

Os resistores R2 e R3 devem ser de fio com pelo menos 5 W de dissipação, enquanto que Z1 é um zener de 1 W com aproximadamente 15 V de tensão (podem ser ligados dois zeners de 400 m/W e 7,5 V em série).

O resistor R1 é de 1/2 W e os dois transistores devem ser dotados de radiadores de calor apropriados.

O diodo D1 de 5 A com 50 V ou mais, e o potenciômetro é comum de carbono.

O amperímetro, para menor custo, pode ser do tipo de ferro, móvel, que embora tenha menos precisão, serve perfeitamente para a aplicação em questão.

O transformador deve ter um enrolamento primário de acordo com a rede local, e para a conexão da bateria em recuperação sugerimos o uso de cabos polarizados contendo garras nas extremidades que serão fixados na ponte de parafusos de saída.

### ***PROVA E USO***

Ligando-se o aparelho e ajustando-se P1, devemos ter uma corrente indicada no instrumento de 500 mA dada a presença de R3.

Com a ligação de um acumulador na saída, estando o mesmo descarregado, a corrente deve subir chegando a picos de 5 A.

Para medir estes picos de corrente não é possível usar com precisão um multímetro, pois ele não indica valores de pico. O ideal é utilizar um osciloscópio. O valor indicado pelo amperímetro é médio.

A tensão na saída deve chegar a um máximo de 13 a 15 V medidos com o multímetro sem carga, ou um pouco mais.

Comprovada a presença de tensão na saída, basta ligar o acumulador sulfatado e deixar o equipamento em ação durante períodos de 6 a 24 horas. Depois disso, coloque o acumulador num carregador normal para verificar se houve a recuperação.

**LISTA MATERIAL****Semicondutores:**

*Q1 - TIP41 ou equivalente - transistor NPN de potência*

*Q2 - 2N3055 - transistor NPN de potência*

*D1 - 5 A x 50 V - diodo de silício*

*Z1 - 15 V - diodo zener de 1 W*

**Resistores:**

*R1 - 470 ohms x 1/2 W*

*R2 - 10 ohms x 10 W - fio*

*R3 - 27 ohms x 10 W - fio*

*P1 - 470 ohms - potenciômetro*

**Diversos:**

*A - amperímetro 0-10 A*

*S1 - Interruptor simples*

*F1 - 2 A - fusível*

*T1 - Transformador com primário de acordo com a rede local e secundário de 21 V x 5 A*

*Placa de circuito impresso, radiadores de calor para os transistores, caixa para montagem, cabo de força, suporte de fusível, botão para o potenciômetro, garras e cabo para conexão à bateria (vermelho e preto), fios, solda, etc.*

## **Termos em Inglês**

Os termos em inglês relacionados com as baterias e alternadores mais importantes são:

Battery – bateria

Accumulator – acumulador

Alternator – alternador

Diode bridge – ponte de diodos

Standby – espera

Charge – carga (de uma bateria)

Load – carga (carga de um circuito)

Ripple – ondulação

Half-wave – meia onda

Coil – bobina

VOM – Volt Ohm Miliamperimeter - Multímetro

## **Questionário**

1. As pilhas comuns podem ser carregadas?

- a) Sim
- b) Não
- c) Em alguns casos
- d) Só tipos especiais



2. Os acumuladores usados nos veículos automotores são do tipo:

- a) Secos
- b) Selados
- c) Chumbo-ácido
- d) Nicad

3. Para carregar uma bateria devemos fazer circular uma corrente de que modo?

- a) No sentido inverso ao fornecimento de energia
- b) No mesmo sentido do fornecimento de energia
- c) Uma corrente alternada
- d) Uma corrente contínua pulsante em qualquer sentido

4. A substância usada no eletrólito de uma bateria chumbo ácido é:

- a) Cádmio
- b) Sal
- c) Ácido Sulfúrico
- d) Amônia

5. Os eletrodos de uma bateria chumbo-ácido são:

- a) Cádmio
- b) Zinco
- c) Ferro
- d) Chumbo

## Capítulo 8

### Motor de Partida e Injeção Eletrônica

No capítulo anterior estudamos o funcionamento das baterias comuns usados nos carros atuais que são diferentes das que serão encontradas nos carros elétricos, e também o sistema de carga dessa baterias que tem por elemento principal o alternador.

O circuito elétrico do carro começa então a tomar forma, com o conhecimento das fontes básicas de energia elétrica, mas ainda há muito o que ver.

Além de muitos outros dispositivos que são alimentados pelo sistema elétrico do carro, modificações no seu modo de funcionamento estão chegando como, por exemplo, o sistema de 42 volts.

Esse sistema não está apenas sendo adotado pelas vantagens que traz, mas também pela própria necessidade. O consumo cada vez maior dos componentes de um carro exige correntes maiores e com baixas tensões isso significa uma fiação com cabos mais grossos,

Hoje, mais são usados mais de 20 kg de fios comuns na instalação elétrica dos carros. São os diversos chicotes que alimentam tudo que funciona com eletricidade num carro.

Com 42 volts podem ser usados fios mais finos e com isso se chegar a uma economia no custo dos fios e uma redução no peso do veículo.

Temos ainda de lembrar que nos carros existem alguns dispositivos de consumo extremamente elevados, que chegam ao limite da capacidade da bateria, cujo desempenho seria melhorado se alimentados com uma tensão mais elevada.

O principal é o motor de partida de que trataremos a partir de agora neste capítulo.

## **O Motor de Partida**

A solução eletrônica para a partida do motor ainda não foi inventada, de modo que ainda hoje, é utilizado o mesmo tipo de motor elétrico que encontramos nos carros de muitos anos atrás.

Para colocar o carro em movimento é preciso forçar o movimento dos cilindros para que tenhamos uma primeira compressão e ignição e daí para frente a força gerada neste processo inicial mantém o motor em funcionamento.

Para girar o virabrequim é necessária uma força muito grande, o que significa que motor empregado nesta operação deve ter uma potência muito alta.

### ***Partida por Manivela***

*Nos carros antigos a partida do motor era feita pelo próprio motorista que usava uma manivela encaixada no motor. Dando umas voltas com muita força ele conseguia colocar o motor em funcionamento, o que era uma tarefa para "especialistas" bem treinados. Havia até uma maneira correta de segurar a manivela que poderia dar um contra-golpe e quebrar o braço do operador... Não era tão simples dirigir naqueles tempos.*



*Dando a partida com a manivela (start crank) foto antiga da internet*

Um motor de partida de um automóvel nada mais é do que um motor elétrico de 12 V, mas capaz de operar com correntes muito altas.

Na partida as correntes podem variar entre 60 e 150 ampères, se o motor não tiver dificuldades em movimentar o sistema, mas pode subir para 250 A em condições de esforço máximo (carro engatado por distração, por exemplo).

Evidentemente, as baterias devem ter capacidade de fornecer tal corrente, o que felizmente é apenas por alguns segundos.

Lembramos que pela equação do gerador, a corrente máxima de um gerador como uma bateria depende muito da sua resistência interna. Assim, as baterias de carro, tendo em conta o grande esforço que devem fazer no momento da partida, devem ter uma resistência interna muito baixa.

Quando uma bateria é afetada por algum tipo de problema que afete sua capacidade de fornecimento de corrente, o carro pode funcionar normalmente, pois a tensão dos demais dispositivos será normal.

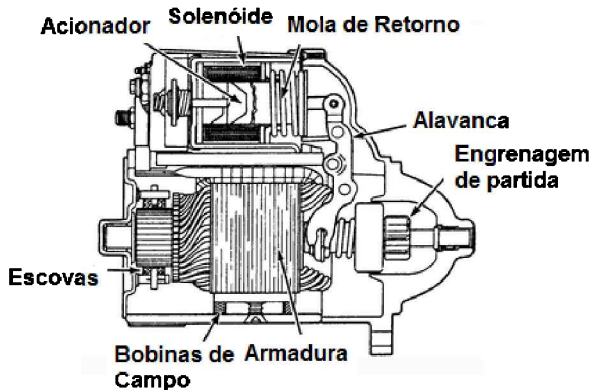
No entanto, veremos que, ao ser dada a partida, a tensão cai e o motor faz apenas um pequeno esforço inicial parando em seguida.

Nos carros antigos, que não possuem sistemas automáticos que desligam o circuito elétrico do carro no momento da partida, para que toda energia vá para o motor, percebemos isso na queda de brilho de uma eventual lanterna que esteja acesa.

O motor de partida tem uma construção como a mostrada na figura 1, obtida de um manual da Bosh. Esta figura nos permitirá analisar seu princípio de funcionamento.

### **Funcionamento dos motores elétricos**

*O leitor poderá aprender como funciona um motor elétrico no nosso Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica- Volume 1*



*Figura 1- Um motor de partida em corte (Bosh)*

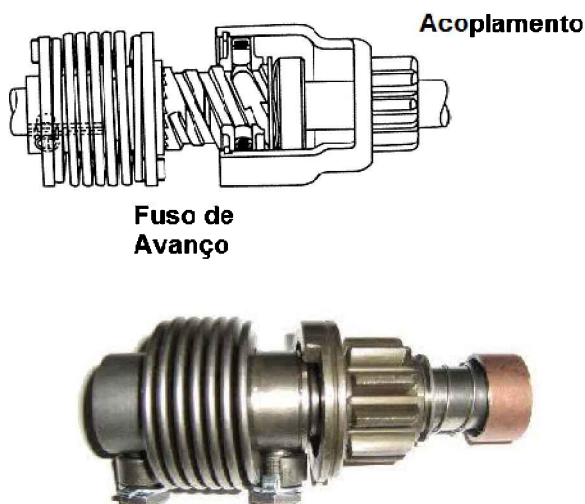
Quando a partida é dada, o solenóide é energizado atuando sobre a alavanca que então movimenta o pinhão ou engrenagem de modo que ela acople ao motor, de modo a transmitir a força que vai ser gerada.

Veja que o motor de partida, no restante do tempo, ou quando deixamos de dar a partida fica desacoplado do motor do carro. O acoplamento é feito pelo solenóide apenas no instante em que damos a partida.

Ao mesmo tempo, circula pelas escovas a corrente que gera o campo magnético nas bobinas móveis.

Este campo interage com o campo das bobinas de campo e, com isso o motor se movimenta, dando a partida no veículo.

Outro tipo de motor de partida é o que faz uso do fuso de avanço também conhecido como Bendix. Neste sistema, conforme mostra a figura 2, a engrenagem de acoplamento ao motor fica desencaixada até o momento em que o sistema é energizado.



*Figura 2 – Sistema com fuso de avanço*

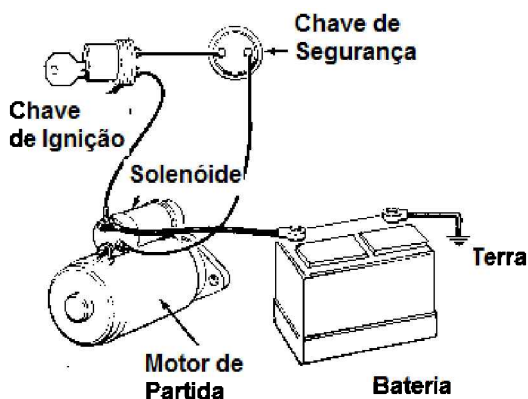
Quando o sistema é energizado o rotor é interno é puxado para dentro do motor de partida que então tem seu enrolamento da armadura funcionando como um solenóide.

Com isso a engrenagem é acoplada ao motor do veículo possibilitando sua partida. Quando o motor é desenergizado o rotor volta a sua posição inicial graças a ação de uma mola de retorno, de modo e o acoplamento ao motor é desfeito.

Veja que a corrente do motor de partida é muito intensa, não devendo circular diretamente pela chave de partida. Além disso, fios longos até ele causariam perdas de corrente importantes.

Assim, conforme mostra a figura 3, a corrente de acionamento pela chave atua sobre o solenóide que precisa de uma corrente menor, e o solenóide através do acionador (que funciona como um relé) controla a corrente maior necessária ao motor.

Com isso, o cabo grosso do sistema pode ser curto, indo da bateria diretamente ao motor de partida.

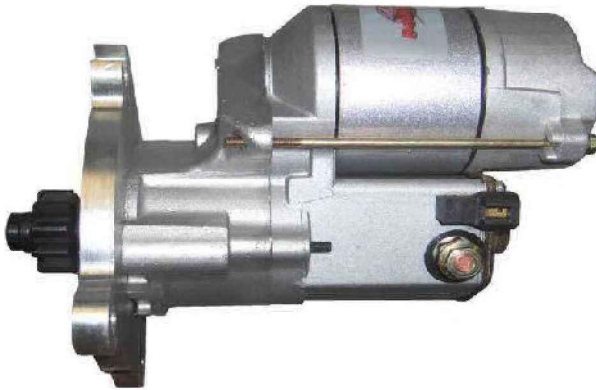


*Figura 3 – Circuito do sistema convencional de partida*

Observamos que algumas empresas fabricantes de automóveis já estão integrando o motor de partida e o alternador numa mesma peça.

Alguns carros com “sistema inteligentes” possuem em paralelo com a chave de ignição um relé que permite dar a partida pelo controle remoto. Este relé é ligado a um sistema receptor que, além disso, detecta quando o motor “pega” interrompendo sua ação.

Na figura 4 temos um motor de partida para reposição em carros de linha, em foto de anúncio da Internet.



*Figura 4 - Motor de partida de carro comum*

A maioria dos defeitos que ocorre com este tipo de motor é de natureza mecânica, quando a engrenagem de encaixe se desgasta ou outros. Os defeitos de natureza elétrica são raros dada a robustez da construção.

Também leva-se em conta que o motor de partida funciona por poucos segundos de cada vez, o que significa um desgaste muito pequeno.

No entanto, um teste elétrico simples que pode ser feito é o teste de continuidade do solenóide e do próprio motor.



**Manutenção**

*Veja nos livros Como testar Componentes – Vol 1 a 4 – o procedimento para testes de continuidade em motores e solenóides.*

**Injeção Eletrônica**

Conforme vimos nos capítulos anteriores, para que um carro funcione é preciso injetar nos cilindros uma mistura ar+combustível com as proporções ideais para que ocorra a queima total.

Para esta finalidade os carros tradicionais usavam um dispositivo totalmente mecânico denominado carburador.

Os carburadores foram aperfeiçoados com o tempo, mas a solução mecânica dada por eles entrou em declínio com o advento de recursos eletrônicos muito mais eficientes e confiáveis. Na figura 5 temos o aspecto de um carburador tradicional.



*Figura 5 - Um carburador tradicional usado em motor de carro.*

Neste tipo de carburador válvulas e borboletas controlavam a mistura ar-combustível e fazendo sua injeção no motor.

O ajuste além de crítico, ele tinha o inconveniente de não se conseguir a mistura ideal para todas as faixas de rotação do motor. Isso significa a perda de rendimento em certas rotações.

Quem já cruzou na rua com um antigo "fusca" (VW) cheirando a gasolina, tem o exemplo de como não se consegue a mistura ideal com o ajuste do carburador, caso em que uma mistura rica demais faz com que o combustível não seja todo queimado.

O cheiro de gasolina exalado e a perda de rendimento são então consequência disso tudo. Com a injeção eletrônica isso não ocorre.

A partir dos anos 50 a tecnologia já estava suficientemente desenvolvida para se criar uma solução eletrônica para se injetar combustível num motor e assim obter-se melhor funcionamento, inclusive em termos de rendimento e menor emissão de poluentes.

No entanto, para colecionadores, aqueles que gostam de ter carros com condições especiais de funcionamento (preparados ou "tunados"), carburadores ultra sofisticados, como o da figura 6 podem ser encontrados.



*Figura 6 – Carburador moderno sofisticado, totalmente mecânico*

Mas, para a linha comercial, gradualmente os veículos foram adotando a solução eletrônica e em 1990 os carros deixaram de usar o carburador mecânico. Hoje, todos os carros adotam a solução eletrônica que estudaremos neste capítulo.

### **Carburadores**

*Ainda hoje existem carburadores de todos os tipos à venda nas lojas de auto-peças tanto para reposição como para utilização em veículos especiais de colecionadores.*

### **Princípio de funcionamento**

No sistema de injeção eletrônica temos válvulas solenóide que são acionadas eletricamente a partir do comando de um sistema eletrônico inteligente (central de controle).

As válvulas têm por função pulverizar o combustível que entra no cilindro juntamente com o ar, de modo a se obter a ignição.

A medida da quantidade de ar/combustível é indicada pelo que se denomina fator lambda ( $\lambda$ ). Veremos mais sobre isso ao tratarmos da sonda lambda que mede essa quantidade, informando o microprocessador do carro sobre a necessidade de se alterar a quantidade de um ou de outro.

Quando temos a quantidade correta de ar e combustível para a queima total e, portanto maior rendimento, ou seja, temos a mistura estequiométrica, o fator  $\lambda$  é 1.

Se o fator lambda é menor que 1 ( $\lambda < 1$ ) temos uma mistura com deficiência de ar, ou seja, uma mistura em que há mais combustível do que o necessário.

Quando os valores de  $\lambda$  chegam a faixa de 0,85 a 0,95, o que é detectado pela sonda, a quantidade de ar deve ser aumentada.

Por outro lado, quando há excesso de ar, o que significa uma mistura pobre, na faixa de 1,05 a 1,3 a performance do motor cai. Com valores acima de 1,3 temos o problema adicional de que a ignição se torna difícil com a ocorrência de falhas do motor.

É importante observar que uma mistura incorreta também altera a emissão de poluentes pelo motor. Na figura 7 temos um gráfico que mostra o que ocorre com misturas ricas e pobres.

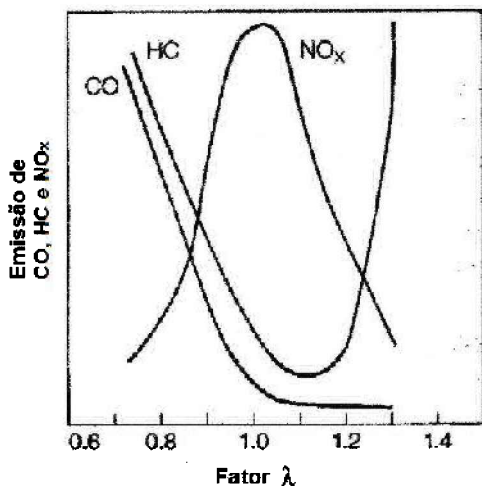


Figura 7 – Influência da mistura na emissão de poluentes

É importante observar que na partida a frio a mistura torna-se pobre, pois o combustível tende a se condensar nas paredes do cilindro devido à baixa temperatura.

**Fator lâmbda**

*O fator lâmbda é um dos parâmetros mais importantes no controle de funcionamento de um motor.*

Nestas condições, o sistema que controla a injeção deve alterar seu funcionamento para produzir uma mistura mais rica.

A mistura deve ser mantida nestas condições enquanto o motor não atingir a temperatura ideal de funcionamento.

Também ressaltamos que o funcionamento do motor é dinâmico e que o sistema deve estar pronto para responder a variações rápidas de consumo devido à aceleração.

Assim, todo um cálculo sobre o modo como a injeção responde em termos de mistura ar/combustível deve ser previsto no seu sistema de controle.

Este controle possui um microprocessador que, a partir da informação enviada por sensores, dosa tanto a quantidade de combustível que deve ser injetada naquele instante, como o tempo exato em que isso deve ser feito.

Com este tempo controlado e a quantidade, pode-se obter o maior desempenho possível para o motor com a queima total do combustível em qualquer condição de operação do motor.

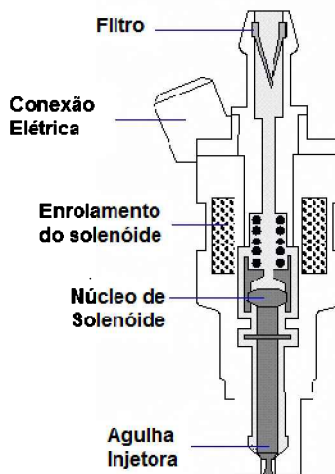
Na figura 8 temos um bico injetor típico.



*Figura 8 - Um injetor de um sistema de injeção eletrônica.*

Na figura 9 temos um bico injetor em corte para servir de base para a explicação de seu funcionamento.

Observamos que existem pequenas variações em relação ao formato e dimensões conforme a marca do veículo.



*Figura 9 – Uma válvula injetora ou bico injetor visto em corte*

O enrolamento do solenóide é feito com fio esmaltado muito fino e o condutor interno de combustível muito estreito. Trata-se, portanto, de um componente delicado do automóvel.

O princípio de funcionamento do sistema de injeção é o seguinte:

Quando o injetor recebe um comando do sistema de controle eletrônico do carro, sua bobina é energizada, ou seja, percorrida por uma forte corrente.

A intensidade e a duração dessa corrente determinarão a quantidade de combustível que vai ser injetada naquele instante.

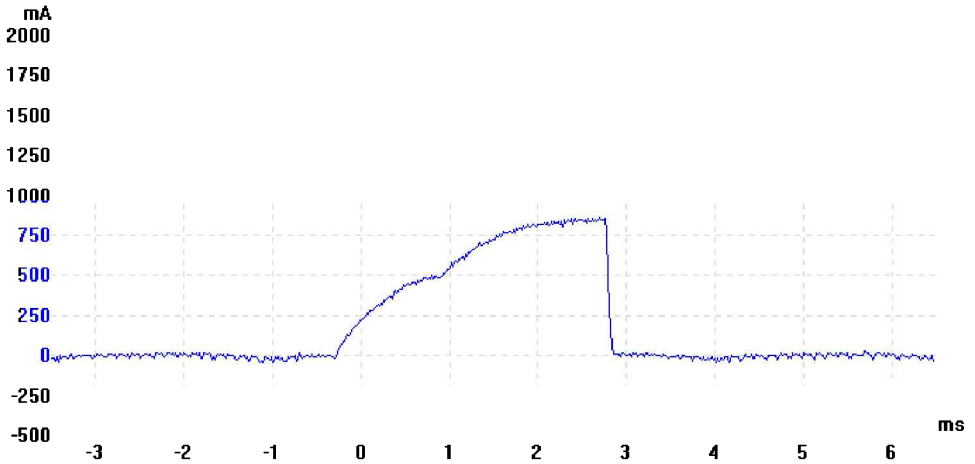
### **Solenóide**

*Veja no Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica – Vol 1 mais sobre o funcionamento dos solenóides.*

A força de atração magnética criada pela energização da bobina do solenóide faz com que um êmbolo (núcleo) se mova fazendo com que o combustível seja injetado por um pequeno bocal (bico).

O bocal tem um formato especial que atomiza o combustível injetado, de modo a formar uma névoa composta deste combustível mais o ar, ou seja, formando a mistura que deve ser queimada no interior do cilindro.

A central eletrônica de controle (ECU) determina pelo tempo de acionamento a quantidade de combustível a ser injetado, o que é feito pelo controle da largura de pulso (figura 10).



*Figura 10 - Forma do pulso modulado aplicado a um injetor de combustível visualizada num osciloscópio.*

### **ECU**

*Mais adiante veremos em detalhes como funciona a ECU, central eletrônica de controle ou centralina como também é denominada.*

Osciloscópios são ferramentas de grande utilidade na análise de um sistema injetor. O exemplo dado na figura permite verificar se a corrente que está sendo aplicada a um bico está correta.

Existem vários tipos de sistemas de injeção eletrônica em uso nos veículos de combustão interna. No sistema multiponto os injetores são acionados simultaneamente ou aos pares. No entanto os principais são os de ponto único e o multiponto.

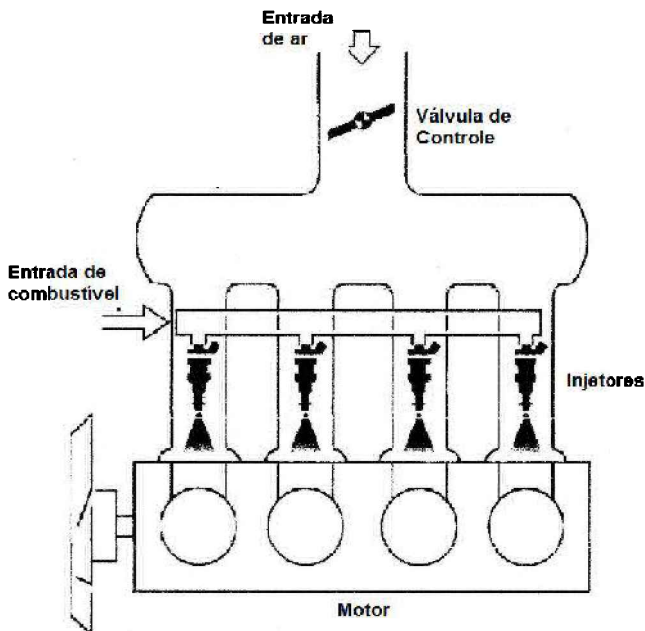


No sistema seqüencial multiponto os injetores são acionados em seqüência ou pouco antes da abertura da válvula coletora de cada cilindro.

A vantagem do sistema seqüencial é que ele pode responder com mais facilidade as modificações rápidas de velocidade, pois ele só precisa esperar até a abertura da válvula seguinte enquanto que no sistema multiponto é preciso esperar que o ciclo completo de funcionamento do motor ocorra.

No entanto, existem sistemas em que os injetores funcionam aos pares ou em grupos.

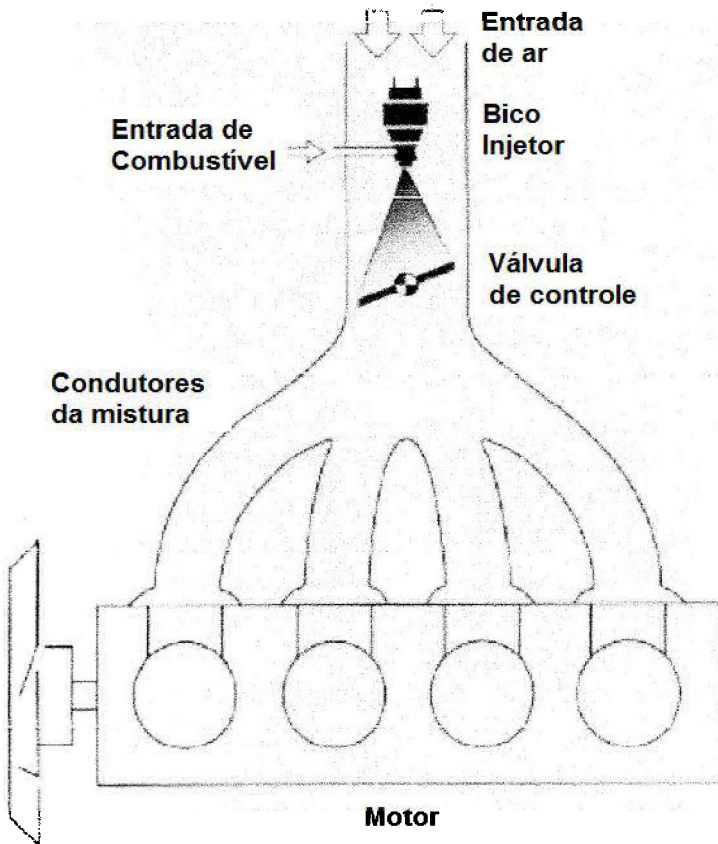
No sistema multi-ponto temos um único controle para todos os bicos injetores de um motor, conforme mostra a figura 11.



*Figura 11 – O sistema multiponto*

As principais vantagens deste sistema estão no aumento do rendimento do motor, resposta mais rápida às acelerações e redução dos gases poluentes emitidos.

No sistema de ponto único ou sequencial temos uma estrutura diferente, pois apenas um bico injetor é usado para os quatro (ou mais) cilindros de um motor, conforme mostra a figura 12.



*Figura 12 – O sistema de ponto único ou sequencial de injeção*

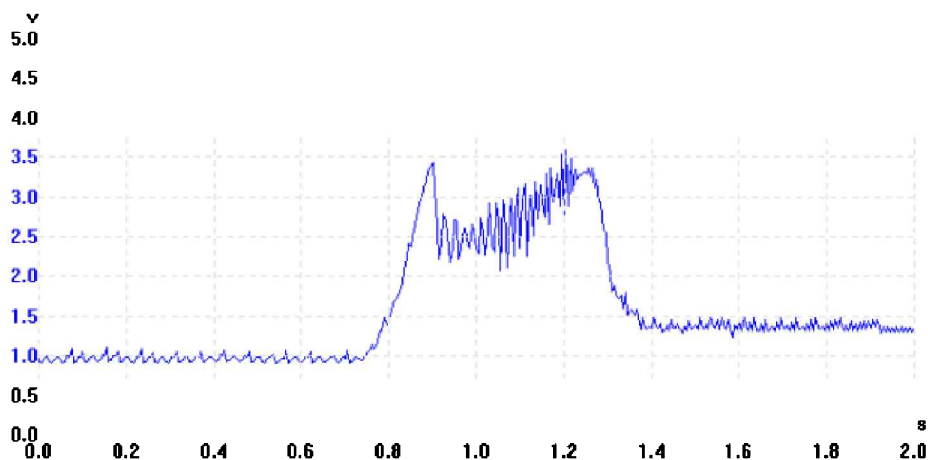
***História***

*As primeiras bombas injetoras de combustível foram fabricadas na Alemanha em 1898. Pouco tempo depois, o efeito Venturi foi descoberto e aproveitado nos primeiros carburadores. A Bosch iniciou suas pesquisas em injeção em 1912 usando pela primeira vez o sistema em aviões. Em 1951 era fabricado o primeiro carro de linha com sistema de injeção elétrica e a partir daí com a evolução da eletrônica os bicos passaram a ter um controle mais eficiente.*

Além dos problemas elétricos que podem ocorrer de forma mais rara, a passagem constante do combustível pelos bicos causa seu entupimento com a perda de desempenho do veículo.

A análise com o osciloscópio permite detectar, pela alteração na forma de onda eventuais problemas.

Com a não injeção da quantidade correta de combustível, o sistema de controle do veículo procura alterar o controle sobre o sistema e isso pode ser visto através da forma de onda da figura 13.



*Figura 13 – Alteração da forma de onda de um bico com problemas*

As oficinas podem contar com sofisticados equipamentos que fazem a diagnose dos problemas de um sistema de injeção eletrônica.

Estes equipamentos analisam as formas de onda do controle, o desempenho do motor e as saídas dos sensores que podem mostrar se o combustível está ou não sendo queimado corretamente.

O instrumento mostrado na figura 14 (a) é um exemplo de captador tipo “alicate” que simplesmente envolvendo o cabo de controle do bico injetor fornece sinais para um osciloscópio com a posterior análise de seu funcionamento.

Esse instrumento também serve para medir correntes em outras partes do veículo como no sistema de ignição, motor de partida, alternador, etc.

Sua saída pode ser ligada tanto a multímetros digitais comuns, multímetros gráficos como osciloscópios.



**A -** | **B -**  
**Figura 14 – (a) Um analisador de corrente que serve para verificar o funcionamento dos bicos injetores. (b) Analisador ou scanner para injeção eletrônica de carros nacionais**

Na figura 14 (b) temos um outro analisador de sistemas de injeção de uso portátil, com recursos para visualização de formas de onda nos bicos. Este equipamento vem com adaptadores especiais para diversos carros nacionais.

Para a limpeza dos picos injetores é utilizada uma técnica especial, dadas as dificuldades de se acessar as partes em que as sujeiras se acumulam. Trata-se da limpeza por ultrassons.

Se colocarmos jóias ou outras peças delicadas num recipiente metálico contendo um solvente especial e aplicarmos um ultrassom de alta potência ocorre um fenômeno interessante.

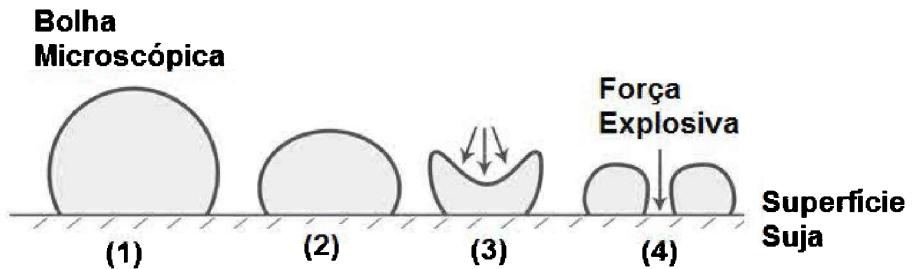
As vibrações ultrassônicas fazem aparecer bolhas microscópicas nas superfícies em que se acumula a sujeira, expulsando-a com facilidade.

Esse fenômeno, denominado "cavitação" ocorre da seguinte maneira.

Com as ondas de compressão e descompressão do ultrassom aplicado a um recipiente, formam-se bolhas microscópicas, conforme mostrado na figura 15 em (1), e na descompressão temos a criação de uma bolha com seu diâmetro máximo.

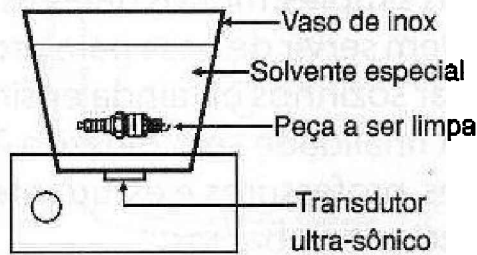
Quando ocorre a compressão a bolha é fortemente comprimida, reduzindo suas dimensões, conforme mostra a mesma figura em (2).

Quando a compressão atinge o máximo, conforme mostrado em (3) a bolha sofre uma forte deformação e explode, conforme mostra a figura em (4). Essa força explosiva remove as partículas de sujeira do material.



*Figura 15 – O fenômeno da cavitação*

Para limpar bicos injetores e mesmo outras peças delicadas de um carburador, por exemplo, existem aparelhos especiais que usam esta tecnologia, que têm a estrutura mostrada na figura 16. Podemos encontrá-los em muitas oficinas especializadas.



*Figura 16 – Estrutura de uma limpadora ultrassônica*

Numa cuba de alumínio é colocada uma solução especial de limpeza e as peças que devem ser limpas.

Sob a cuba fica um transdutor que tanto pode ser do tipo piezoelétrico como magneto-restritivo. Este transdutor é ligado a um oscilador ultrassônico de alta potência que gera o sinal na frequência especificada.

### ***Profissionais***

*Se o leitor pensa em ser um profissional da manutenção eletrônica em veículos deve pensar em investir em equipamentos avançados para poder trabalhar com os recursos dos veículos atuais.*

Na figura 17 temos uma publicidade de limpadora ultrassônica para limpeza de bicos.



*Figura 17 - Limpadora ultrassônica para profissionais de eletrônica automotiva*

### ***Combate à Poluição Com a Eletrônica na Ignição e Injeção***

O número crescente de veículos que circulam nas grandes cidades, agravado pelas condições meteorológicas que se modificam de maneira imprevisível, é causa de um dos problemas mais graves que afetam as grandes cidades: a poluição.

Medidas como o rodízio, utilização obrigatória de filtros catalisadores, controle dos veículos a diesel tem sido implantada com algum sucesso em grandes centros, mas há ainda muito que se fazer.

O ar que respiramos ainda não é o ideal e isso é bem sentido pelos habitantes de cidades como São Paulo. O que a eletrônica pode fazer para controlar ou minimizar essa poluição é algo que nossos leitores precisam saber.

#### ***Controle de emissões***

*Mais adiante neste livro detalharemos tanto os controles de poluição como de emissão de interferências ou EMI.*



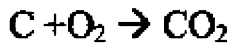
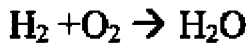
A seguir veremos como a ignição eletrônica e a injeção eletrônica que estudamos, controladas de modo inteligente através de microcontroladores, pode ajudar a reduzir a emissão de gases;

Os produtos da combustão interna dos motores dos automóveis e outros veículos não são totalmente inofensivos.

Tudo seria simples se os combustíveis que usamos fossem hidrocarbonetos puros (HCx), ou seja, substâncias que contém apenas carbono (C) e hidrogênio (H) e pudessem ser queimados totalmente no interior dos motores.

O resultado seria a água e o gás carbônico (H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>) que são totalmente inofensivos, pois estão presentes na nossa própria respiração.

No entanto, os hidrocarbonetos, principalmente de combustíveis fósseis como o petróleo, contém outras substâncias além do hidrogênio e carbono. O próprio carbono pode não ser queimado totalmente, resultando no CO (monóxido de carbono) que é bastante prejudicial ao ser humano.



*Figura 18 – Algumas reações de combustão. As três últimas são de hidrocarbonetos puros*

Dentre os produtos resultantes da queima dos hidrocarbonetos podemos destacar os óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre e alguns outros menos frequentes.

Com o aumento da quantidade de veículos e, portanto da emissão de gases nocivos, a partir de 1966, nos Estados Unidos e depois em nosso país, foram impostos limites através de uma legislação apropriada.

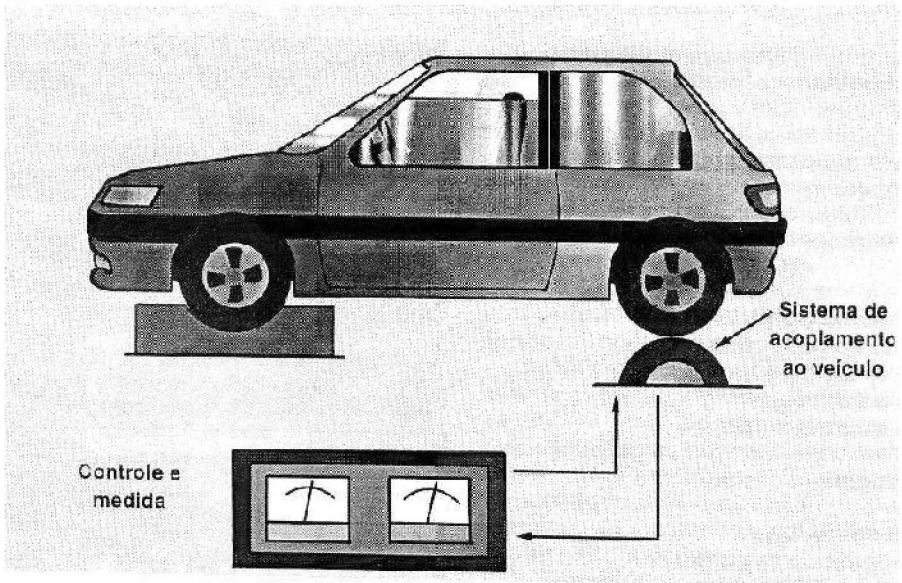
Infelizmente, os procedimentos para controlar a emissão de gases nocivos entram em conflito com algo que todos os possuidores de automóveis e fabricantes desejam: menor custo e maior rendimento do motor.

Este rendimento normalmente é expresso em "kpl" (quilometro por litro) ou nos países de língua inglesa em "mpg" (miles per gallon).

Um procedimento, denominado CAFE (Corporate Average Fuel Economy) simula o funcionamento de um veículo em determinadas condições padronizadas para se medir o rendimento do motor e é usado pelas indústrias.

No entanto, por exigência governamental, nos Estados Unidos os procedimentos visam conciliar os dois requisitos.

Neste procedimento, o veículo é colocado num sistema dinamométrico onde são simuladas as condições normais de tráfego (paradas, arrancadas, mudanças de marcha, etc.) medindo-se a força do motor e a emissão de gases, conforme mostra a figura 19.



*Figura 19 – Analisando o funcionamento e emissão de um veículo*

Atualmente, a quantidade dos gases que são mais poluentes está perfeitamente determinada para qualquer tipo de veículo e condições de operação.

Assim, nos Estados Unidos, a emissão de HCx deve ser inferior a 0,31 gramas por milha; a emissão de CO deve ser inferior a 4,20 gramas por milha e a emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) deve ser inferior a 0,60 g por milha para todos os motores, menos diesel e até 1,25 gramas por milha para o diesel.

Na verdade, a legislação americana "deu um tempo" para as empresas fabricantes de veículos se adaptarem as exigências, aumentando gradualmente os limites de emissão.

O grande problema para a implantação definitiva do sistema em países como o nosso, onde não existe uma legislação específica, é que para se obter menor grau de poluição sacrifica-se o rendimento do

motor (maior consumo) e, além disso, (o que dói mais para os fabricantes) devem ser usados acessórios que nem sempre são baratos, acabando por influir no preço final do veículo.

O importante é que a preocupação com a emissão dos gases indicados existe e que existem também meios para se controlar isso.

### ***Parâmetros que Influem na Emissão de Poluentes***

Para entendermos de que modo a eletrônica pode ser usada para minimizar a emissão de poluentes e ao mesmo tempo ajudar a obter máximo de rendimento do motor, é interessante verificarmos os efeitos de algumas variáveis que atuam no funcionamento de um motor.

Se diminuirmos o combustível o motor perde potência; se aumentarmos a taxa de comburente para obter maior queima, sobra oxigênio e o rendimento cai; se reduzirmos o oxigênio a combustão torna-se incompleta, como vimos ao estudar o sistema de ignição e injeção.

É uma série de variáveis interdependentes que mostram que não é tão simples obter os efeitos desejados no funcionamento de um motor.

Uma primeira relação de dependência que deve ser considerada pelos engenheiros é a da relação ar/combustível no rendimento do motor.

Na curva mostrada na figura 20 temos informações bastante interessantes sobre o que ocorre neste caso.

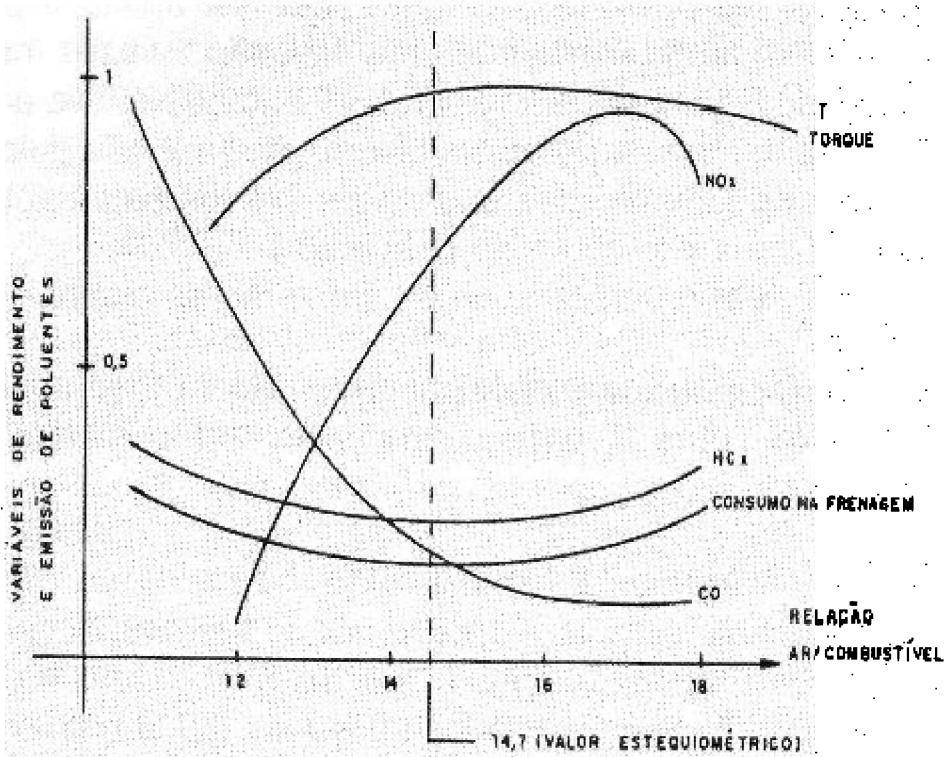


Figura 20 – Influência da mistura na emissão de poluentes

No eixo vertical temos as variáveis de rendimento e no eixo horizontal temos o tipo de mistura que varia de "pobre" com menos oxigênio e "rica" com mais oxigênio por unidade de combustível.

O valor 14,7 dado como estequiométrico ou  $\lambda = 1$  é para a gasolina.

### **Estequiometria**

*Veja mais no capítulo anterior.*

Neste gráfico a curva T representa o torque do motor, e as demais curvas as emissões relativas de gases poluentes conforme a mistura.

Um dos problemas para os engenheiros que desejam máximo rendimento do motor sem poluir e que esta curva nos mostra é que a emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) alcançam o ponto de máximo perto do ponto em que o motor atinge o maior torque! Como reduzir um, sem reduzir o outro?

Uma segunda relação de dependência que deve ser analisada é do ponto de ignição com o rendimento.

O instante em que a faísca da vela é produzida no interior do cilindro influi muito no desempenho do motor.

Normalmente este instante é medido pelo ângulo em que o eixo da árvore de manivelas (virabrequim) se encontra em relação à referência (ponto morto superior) no instante em que a faísca é produzida.

Assim, se a faísca for produzida depois, dizemos que o motor está com a ignição retardada e se for produzida antes, dizemos que está "adiantado" ou "avanzado".

No gráfico da figura 21 temos a relação entre o ponto de ignição (temporização) e o rendimento do motor juntamente com as emissões de poluentes.

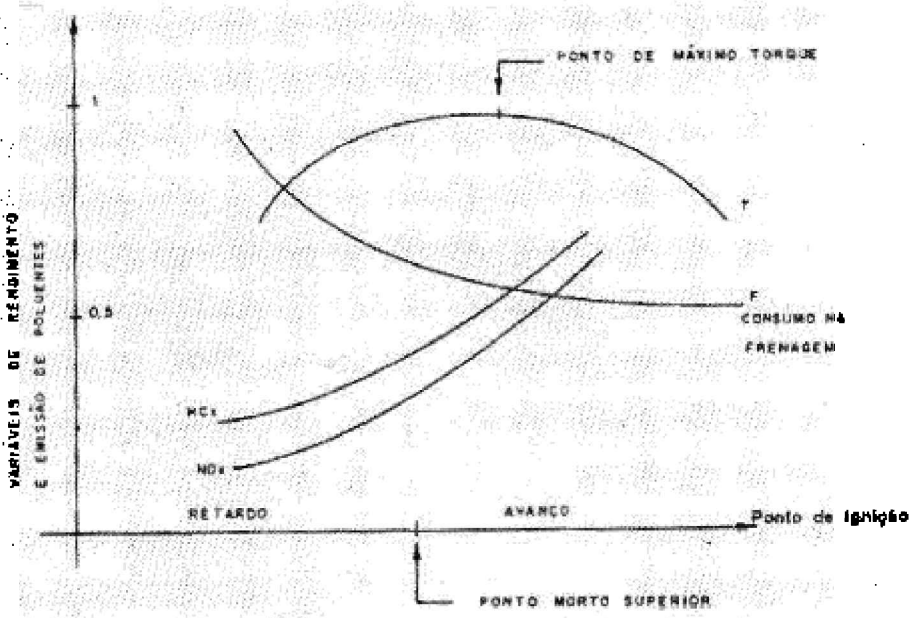


Figura 21 – Ponto de ignição e emissão de poluentes

Novamente a curva T é para o torque, a curva BSFC para a frenagem e as demais curvas para a emissão de poluentes.

Neste gráfico temos também problemas para os projetistas de veículos: a emissão de poluentes aumenta quando avançamos a ignição e obtemos maior torque.

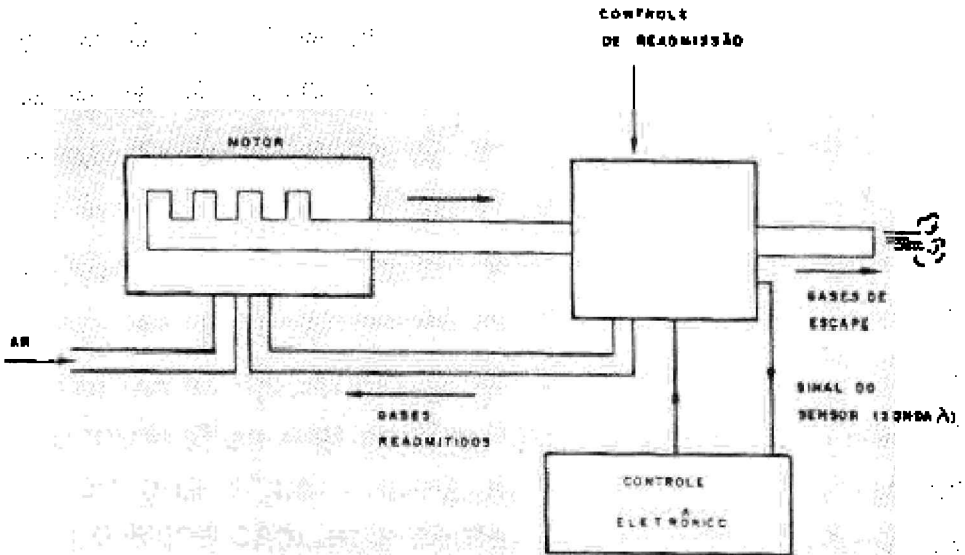
As variáveis que vimos são as tradicionais, que não envolvem sistemas sofisticados de controle dos motores, estando ligadas ao desempenho de forma natural.

No entanto, existem outras variáveis que, se consideradas podem ajudar na redução das emissões de poluentes.

Uma delas é dada pelo efeito da recirculação do gás do escapamento no rendimento e na poluição.

O gás de escape contém ainda comburente (oxigênio) e, portanto, se certa quantidade for recirculada, podemos obter efeitos de combustão interessantes além de outros.

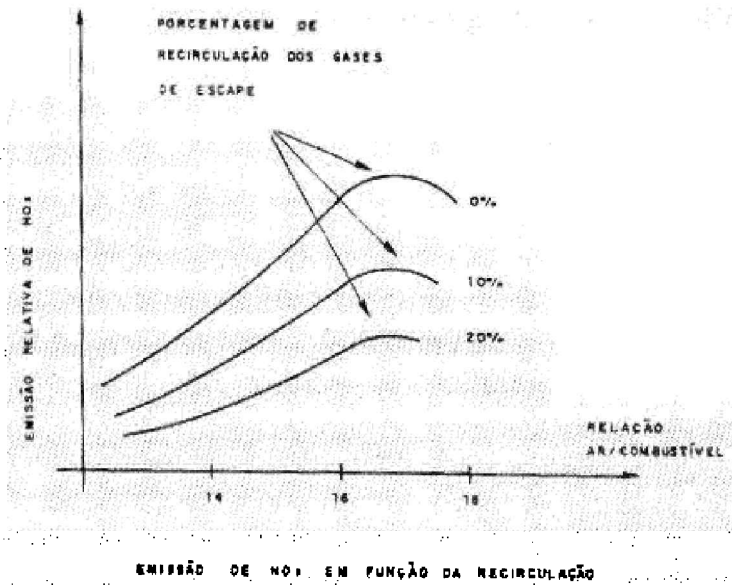
O que se faz então é reaplicar à admissão do motor uma certa quantidade de gás derivada do sistema de escape, conforme mostra a figura 22.



*Figura 22 – A recirculação ou readmissão*

O que ocorre pode ser observado pelo gráfico da figura 23.

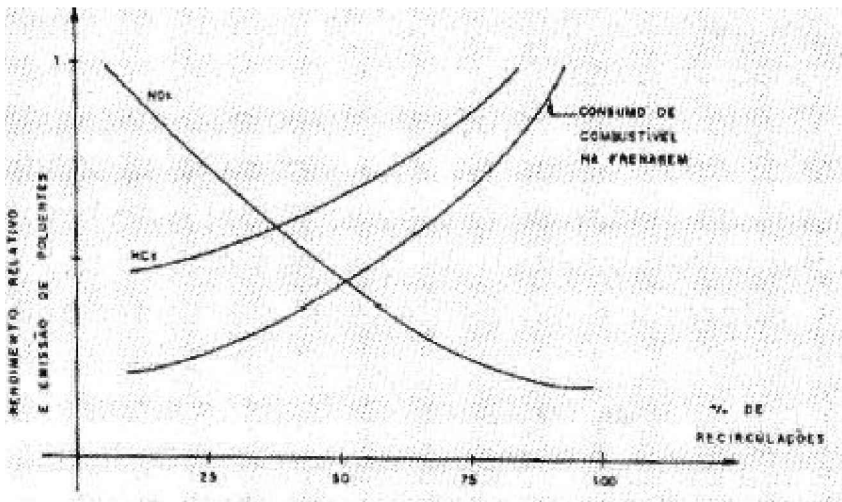




*Figura 23 – Emissão de NO em função da recirculação*

Neste gráfico temos no eixo vertical a quantidade de emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) e no horizontal a relação ar/combustível. As diversas curvas são obtidas para diferentes porcentagens de gás de escape recirculado.

No entanto, conforme mostram as curvas da figura 24, o aumento da recirculação também provoca um aumento do consumo de combustível.



*Figura 24 – Rendimento e consumo em função da recirculação*

O que ocorre com a recirculação que permite diminuir o nível de emissão de NOx é que, esta emissão diminui com a temperatura de pico da combustão, o que se consegue com maior readmissão dos gases de escape.

### **Gráficos**

*Para o profissional da eletrônica é muito importante saber interpretar gráficos. Se tem alguma dúvida é interessante procurar literatura sobre o assunto.*

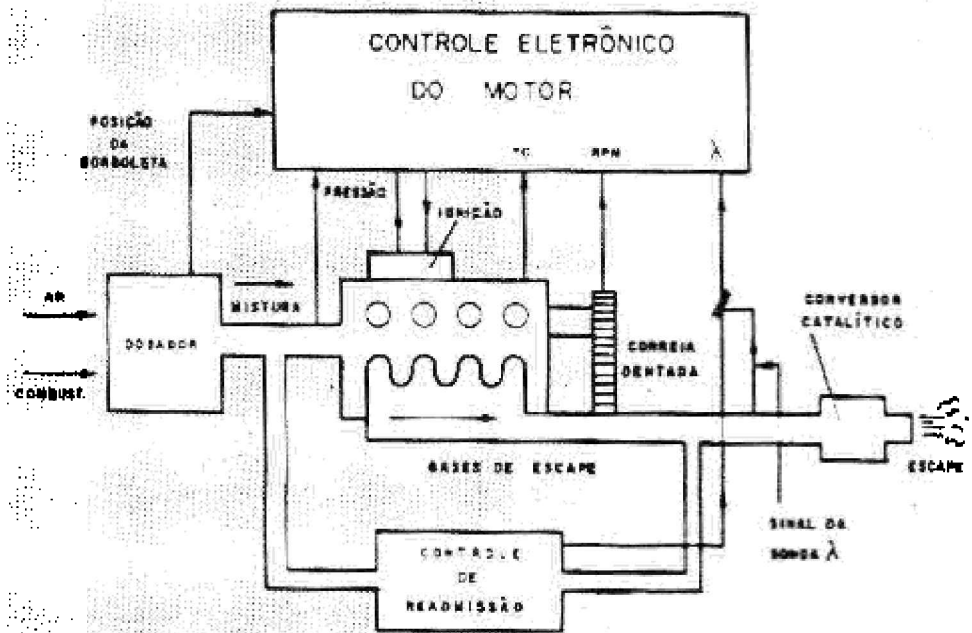
## ***O Controle pela eletrônica***

Uma primeira possibilidade de se reduzir a emissão de gases nocivos pelos motores vem do próprio controle do motor de modo que ele tenha rendimento compatível com o esperado e não emita gases nocivos que sejam resultado de uma combustão incompleta do combustível usado.

A eletrônica possui diversos recursos para controlar um motor com especial atenção ao rendimento e a não poluição.

Sensores especiais podem detectar o funcionamento indevido com a emissão de elementos poluentes, enquanto que circuitos apropriados podem atuar sobre o funcionamento do próprio motor corrigindo estas emissões.

Na figura 25 temos um diagrama de blocos que nos mostra de uma maneira simplificada um controle eletrônico de um motor.



*Figura 25 – Controle eletrônico de um motor*

Este sistema trabalha com variáveis de entrada e de saída que podem ser definidas da seguinte maneira:

### **VARIAVEIS DE ENTRADA**

- a) posição da borboleta do carburador
- b) pressão de admissão de combustível + ar
- c) temperatura do motor
- d) velocidade do motor (rpm)
- e) posição da válvula recirculadora do gás de escape

f) taxa de oxigênio do gás de escape

### **VARIÁVEIS DE SAÍDA**

a) controle de injeção de combustível

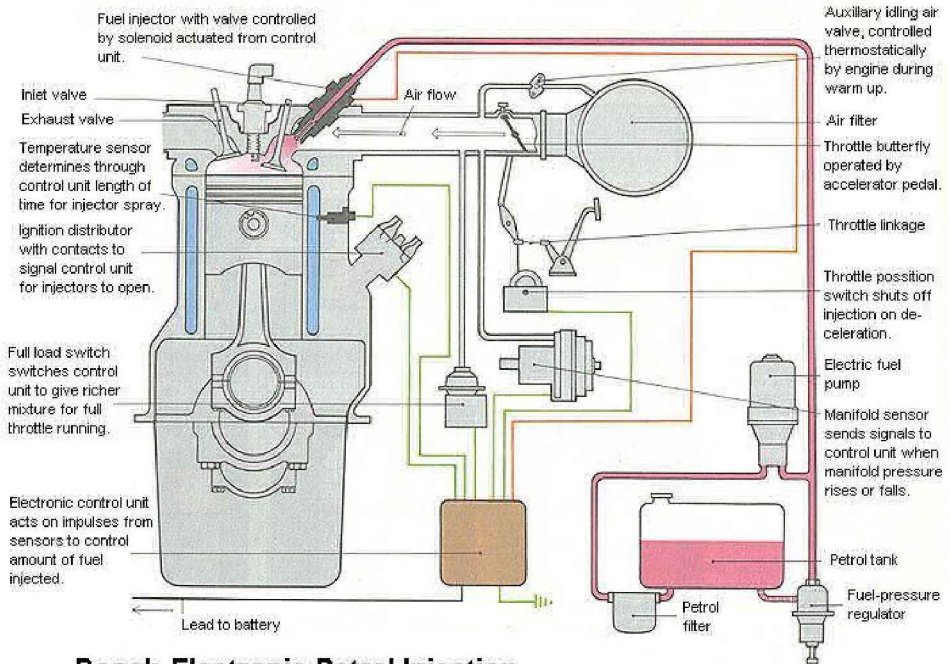
b) controle do ponto de ignição

c) controle de recirculação do gás de escape

### ***Controle***

*Mais adiante trataremos desses sistemas.*

Na figura 26 temos um exemplo de controle da Bosh.



### Bosch Electronic Petrol Injection

*Figura 26 – Controle eletrônico da Bosh (manual Bosh)*

Além destes dispositivos temos alguns outros de natureza estratégica que não estão ligados diretamente ao funcionamento do motor como, por exemplo, os Conversores Catalíticos.

#### **Site da Bosch**

*No site da Bosh podem ser encontrados muitos manuais úteis para download. O único problema é que estão em sua maioria em inglês.*

## **Os Conversores Catalíticos**

A finalidade de um conversor catalítico é reduzir as emissões de poluentes, trabalhando diretamente com os gases do escapamento.

Esses conversores podem atuar de 3 formas sobre os gases de escape reduzindo as emissões de poluentes:

- \* Produzindo a oxidação de hidrocarbonetos (HCx) que não estejam totalmente queimados transformando-os em água e CO<sub>2</sub>.

- \* Queimando o monóxido de carbono (CO) de modo a se obter a emissão de CO<sub>2</sub> em seu lugar, que é inofensiva.

- \* Reduzir NO<sub>x</sub> a N<sub>2</sub> (nitrogênio) e oxigênio puro (O<sub>2</sub>).

Se um conversor tem uma eficiência de 80% na emissão de gases poluentes, o motor pode ser ajustado para que na sua saída tenhamos uma emissão 5 vezes maior do que as limitadas pelas autoridades, o que o leva a um rendimento maior e portanto melhor.

A redução adicional que levaria as emissões aos níveis fixados pelas autoridades ficaria por conta do conversor.

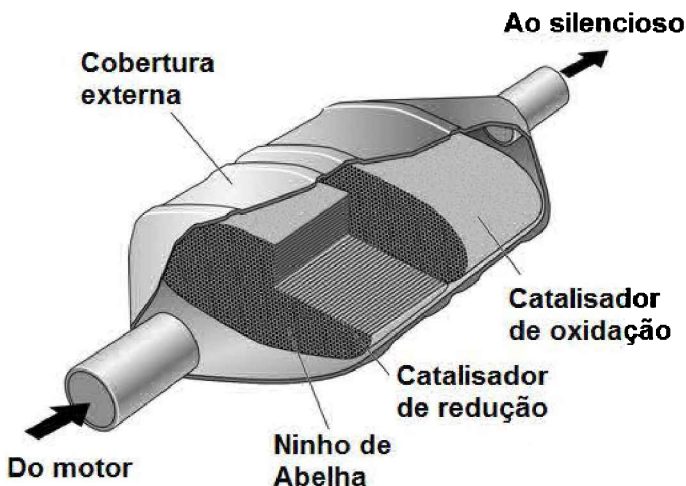
Existem diversos tipos de conversores disponíveis:

### **Catalisador**

*O catalisador é uma substância que acelera uma reação química (por exemplo, uma combustão) mas não participa dela. O hidrogênio reage de modo explosivo ao oxigênio, por exemplo, na presença de platina(catalisador). No entanto, na formação da água a platina não aparece.*

### a) Conversor Catalítico Oxidante

Na figura 27 temos uma vista em corte de um catalisador deste tipo, que é um dos mais utilizados.



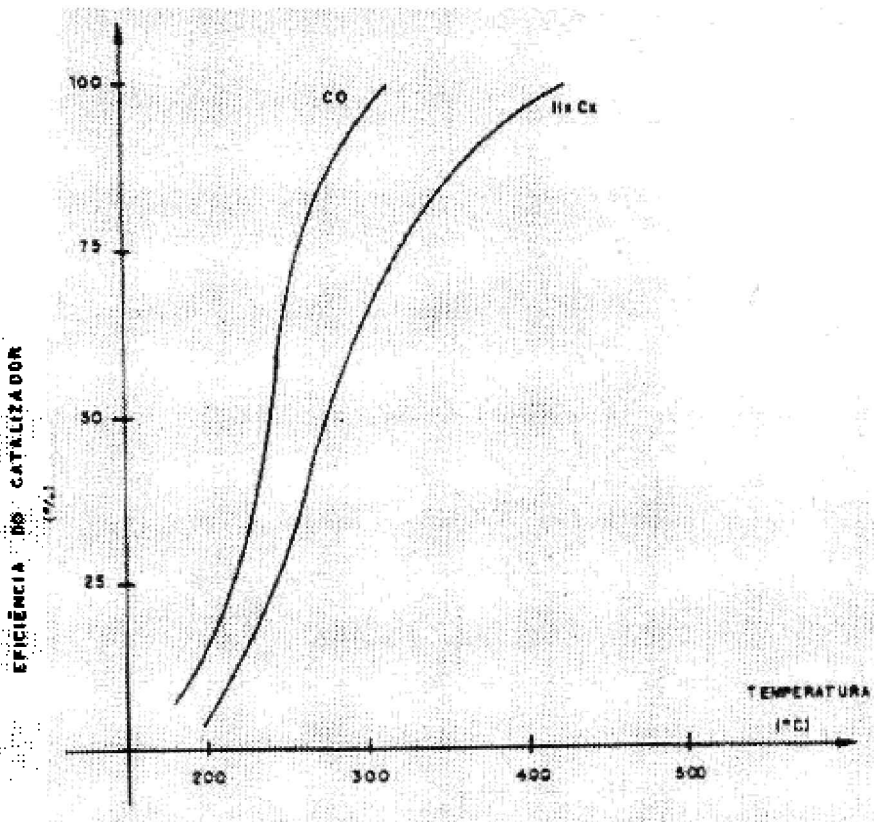
*Figura 27 – Um conversor catalítico em corte*

A finalidade deste dispositivo é aumentar a velocidade da reação de combustão da mistura ar/combustível no cilindro de modo que na saída do motor de modo que tenhamos a oxidação total de HCx e CO em H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>.

O que se faz é acrescentar ar adicional à mistura que sai do motor por meio de uma bomba especial comandada pelo motor. Esse ar secundário é introduzido no dispositivo que então faz a queima das substâncias que ainda não foram levadas à combustão total.

Um fator importante na eficiência deste conversor é a temperatura, conforme mostra a figura 28.





*Figura 28 – Eficiência de um filtro catalisador*

Valores típicos chegam a 98% para o CO e 95% para o HCx quando a temperatura é de 300 graus centígrados.

#### b) Conversor Catalítico de Três Vias

Embora não seja eletrônico, sua eficiência depende muito do controle do motor por meios eletrônicos, conforme veremos a seguir.

O conversor catalítico de 3 vias ou TWC utiliza uma mistura catalisadora especial contendo platina, paládio e ródio que atua diretamente sobre os gases de nitrogênio (NOx) além de oxidar os hidrocarbonetos (HCx) e o monóxido de carbono (CO).

Sua ação sobre os três principais poluentes, reduzindo sua emissão em aproximadamente 90%, é que lhe dá o nome de "três vias".

No entanto, a ação ideal deste catalisador é obtida em um ponto bastante crítico do ajuste da relação ar/combustível do motor, conforme mostra a figura 29.

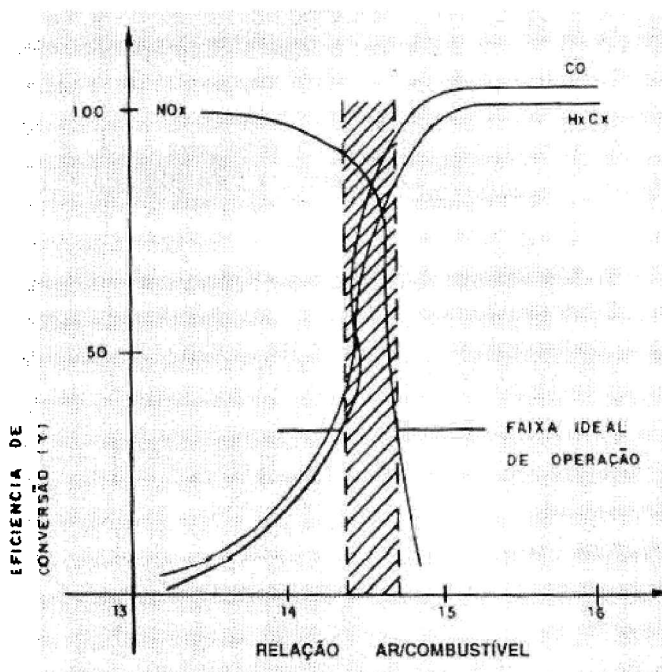


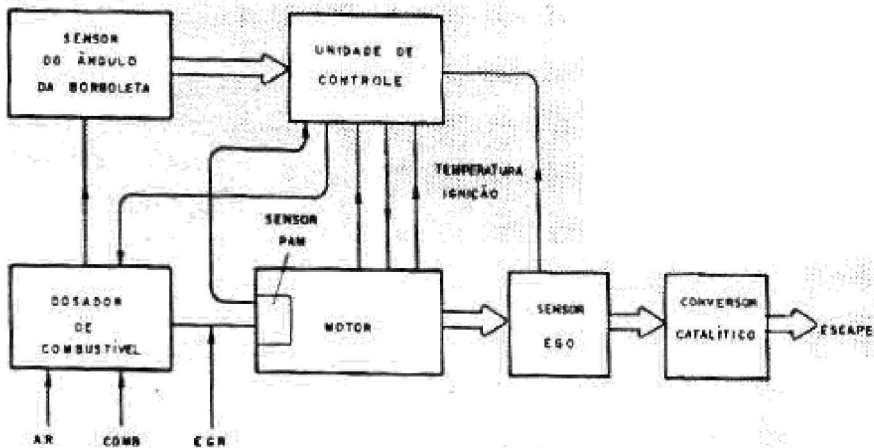
Figura 29 – Eficiência de um catalisador de 3 vias

Isso significa que, para que este filtro funcione, o motor deve ter um controle eletrônico extremamente preciso de seu ponto de funcionamento.

Os carburadores comuns não tem precisão suficiente para poderem ser ajustados para funcionar com este catalisador.

Somente os sistemas de injeção eletrônica permitem um ajuste correto dos motores para que a emissão seja reduzida aos níveis desejados com este catalisador.

Para se conseguir um controle eletrônico do combustível aplicado ao motor dentro dos parâmetros citados temos um circuito com a estrutura em blocos mostrada na figura 30.



*Figura 30 – O controle eletrônico do combustível*

As informações de diversos sensores são aplicadas a unidade eletrônica de controle (CPU) que processa os dados de modo a fornecer em sua saída os comandos para os dispositivos de ignição, avanço, injeção e reciclagem dos gases de escape.

No próprio circuito de processamento existem gravadas as combinações possíveis de condições de modo a se obter sempre o desempenho máximo, com a mínima emissão de poluentes, ou pelo menos dentro dos limites permitidos pela legislação.

O princípio de funcionamento deste circuito é o mesmo da maioria dos dispositivos de controle: realimentação.

### ***Realimentação***

*Veja mais sobre o assunto no Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica- Vol 2.*

As informações captadas pelos sensores são processadas e comparadas em circuitos especiais, gerando-se sinais de erro. Veja que os sinais de erro, neste caso são variáveis que dependem dos outros sinais processados segundo informações dadas pela CPU.

São gerados então sinais de erro que levam os dispositivos monitorados aos pontos desejados de funcionamento.

Um sensor que se destaca neste sistema, e que vamos analisar em particular, é o sensor EGO (sensor de oxigênio do gás de escapamento) ou Sonda lambda.

### ***A Sonda Lâmbda***

A quantidade de oxigênio presente nos gases do escapamento fornece a informação do grau de combustão interna num motor.

Define-se então a relação ( $\lambda$ ) ou relação de equivalência como:

$$(\lambda) = (\text{ar/combustível})/(\text{ar/combustível estequiométrica})$$

### **Relação estequiométrica**

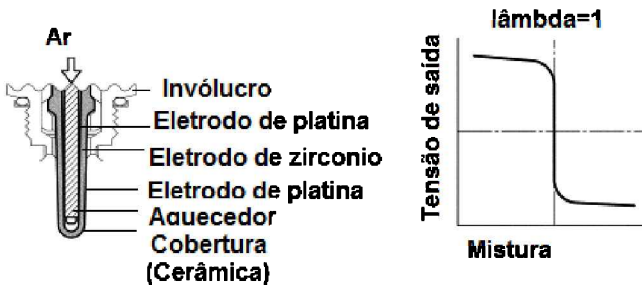
*Lembramos que a relação estequiométrica é aquela que se obtém quando o ar (oxigênio) entra em quantidade exatamente igual à necessária para se obter a combustão completa do combustível, segundo a sua composição química.*

O sensor normalmente usado em aplicações automotivas para detectar a taxa de oxigênio nos gases de escape é o de óxido de zircônio que tem seu funcionamento e a aparência mostrados na figura 31.



*Figura 31 – A sonda lambda*

Este sensor é formado por um pedaço de óxido de zircônio com eletrodos porosos de platina, conforme mostra a figura 32 em detalhes.



*Figura 32 - Construção do sensor*

O eletrodo poroso interno é exposto aos gases de escape, enquanto que o eletrodo externo é exposto ao ar ambiente.

O oxigênio dos gases de escape se apresenta normalmente na forma iônica, com uma carga negativa. O óxido de zircônio tende a atrair estes íons que então vão carregar o eletrodo interno.

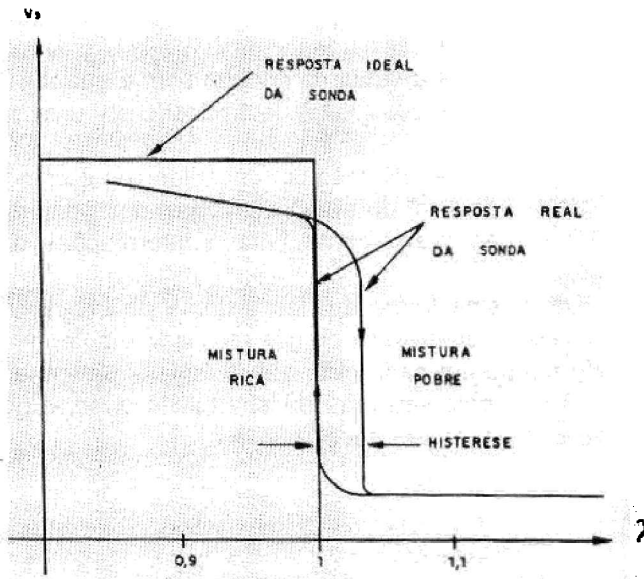
O eletrodo externo, entretanto, manifesta uma carga maior já que a concentração de oxigênio do ar também é maior, servindo de referência.

Deste modo a manifesta-se uma tensão entre este eletrodo e o externo que é justamente proporcional à quantidade dos íons "capturados", ou à concentração de oxigênio dos gases de escape.

Como a carga negativa do ar é maior do que a correspondente a dos gases de escape, o sensor manifesta uma tensão positiva em relação ao lado do eletrodo em contacto com os gases de escape.

Esta tensão é justamente usada para levar a informação desejada para os circuitos de controle.

Uma característica importante desejada para estes sensores é a queda brusca de tensão de saída no instante em que se atinge a relação estequiométrica, conforme mostra a figura 33.



*Figura 33 – Curva característica do sensor lambda*

No entanto, na prática, tais sensores possuem uma característica de comutação com certa histerese, o que deve ser levada em conta no projeto dos circuitos que vão controlar o motor.

O tempo de comutação é afetado sensivelmente pela temperatura, o que é muito importante nos projetos que fazem seu uso. Assim, o tempo que é 0,1 segundo em 350 graus centígrados cai para 0,05 segundos a 800 graus centígrados.

Da mesma forma, a tensão de saída destes sensores também sofre influência da temperatura, com variações que devem ser previstas nos circuitos de controle.

**Sonda lambda**

*As sondas lambda dificilmente precisam ser substituídas num carro, pois têm uma vida útil muito longa.*

**Os Acionadores**

De modo a se obter as condições ideais de funcionamento de um motor, com a redução dos níveis de poluição e maior rendimento, as informações obtidas pelos sensores como de temperatura, entrada de ar, combustível, velocidade, rotação, etc. são processadas gerando "sinais de erro" que vão acionar diversos tipos de dispositivos.

Analisemos alguns deles:

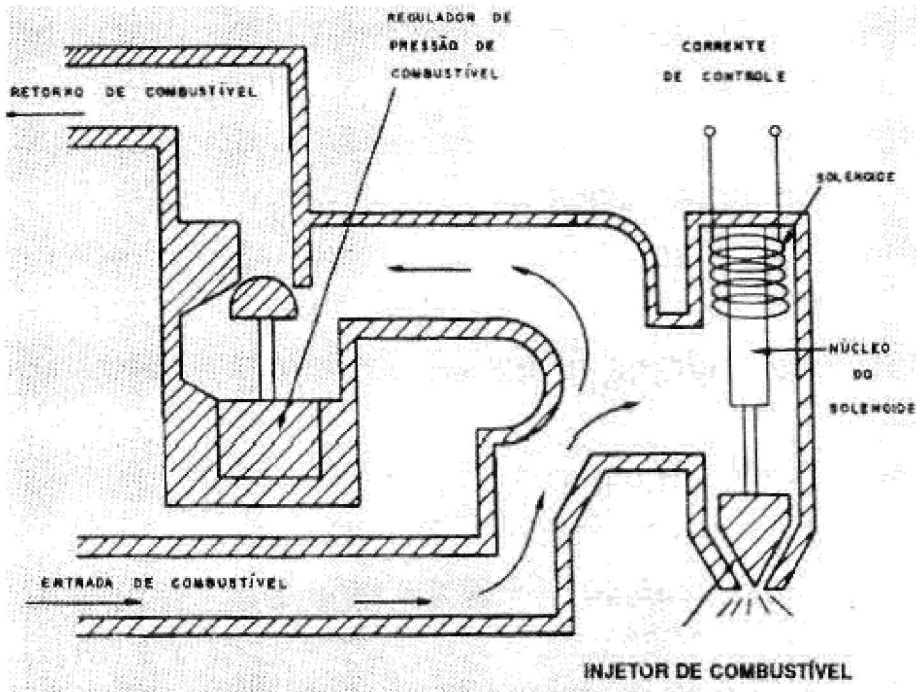
**a) Dosagem de combustível**

A finalidade deste acionador é entregar a quantidade de combustível que o motor necessita para manter seu regime de operação dentro das condições detectadas pelos sensores e exigidas pelo veículo naquele momento.

Tradicionalmente este tipo de acionador atuaria sobre um carburador comum, mas os carburadores estão se tornando obsoletos sendo substituídos pelo sistema eletrônico de injeção de combustível.

Na figura 34 temos esquematizado o sistema TBFI (sistema de injeção sequencial multiponto).





*Figura 34 – Sistema TBFI*

Cada injetor, colocado junto a válvula de admissão é consiste numa válvula controlada eletricamente pelo sinal do processador.

Esta válvula está normalmente fechada, sendo acionada pela corrente de controle no momento que deve ser injetado o combustível.

A corrente de controle (determinada pelo circuito de processamento) determina quanto de combustível deve passar e, portanto ser pulverizado de modo a se misturar com o ar que flui para o cilindro.

O controle do combustível injetado é feito por técnica PWM (modulação de largura de impulsos) de modo que é a duração do pulso que determina sua quantidade e não sua amplitude.

Assim, na figura 35 temos duas curvas de funcionamento, dependentes da relação ar/combustível exigida nas condições de funcionamento do motor detectadas pelos sensores e determinadas pelo condutor.

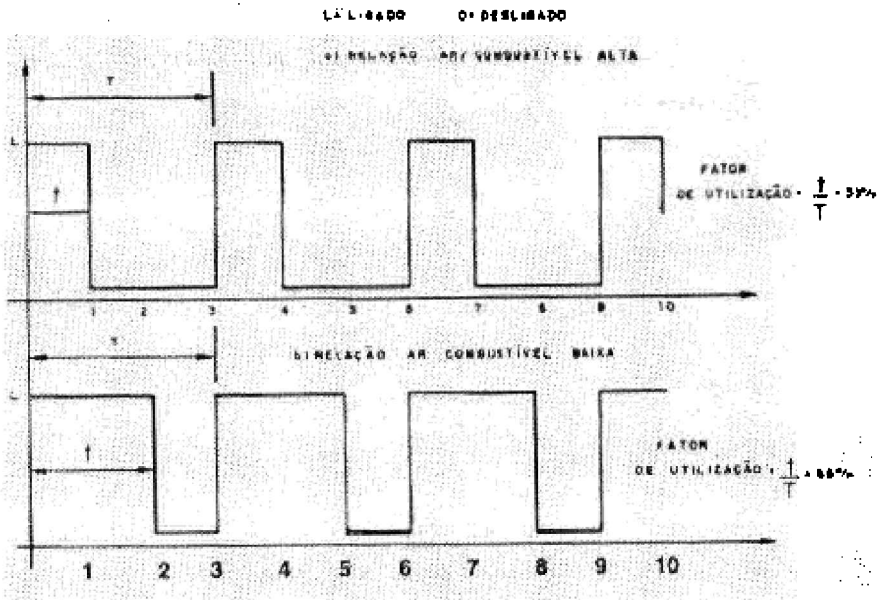


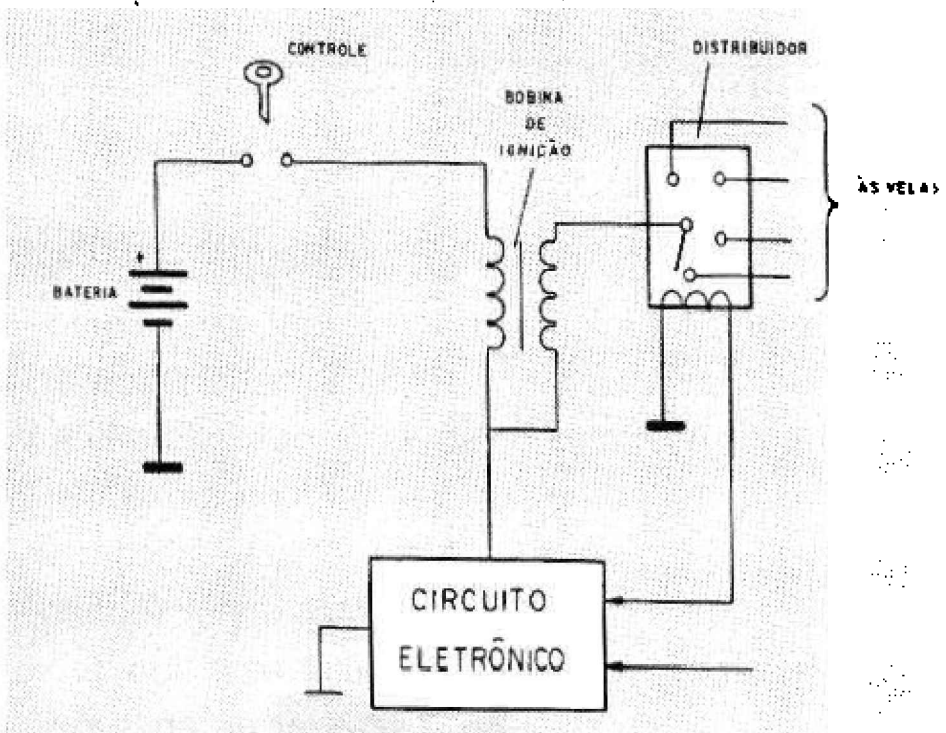
Figura 35 – Sinal de controle pulsante de um dosador de combustível

### b) Ignição

Conforme já vimos, o instante em que a faísca é produzida é muito importante para o funcionamento do motor.

Assim, o acionador para o sistema de ignição a partir das informações dos sensores devidamente processadas atua basicamente sobre este tempo.

No caso, o fato do sistema de ignição também ser eletrônico, facilita bastante a elaboração deste controle que tem o diagrama de blocos mostrado na figura 36.



*Figura 36 – Sistema de ignição eletrônica básico*

### ***Ignição***

*Veja mais no capítulo anterior.*

## c) recirculação dos gases de escape

Conforme vimos, um elemento importante para a redução da poluição causada por um veículo com motor de combustão interna, é o que faz a recirculação dos gases do escapamento denominado EGR.

Este sistema é esquematizado de forma simplificada na figura 37.

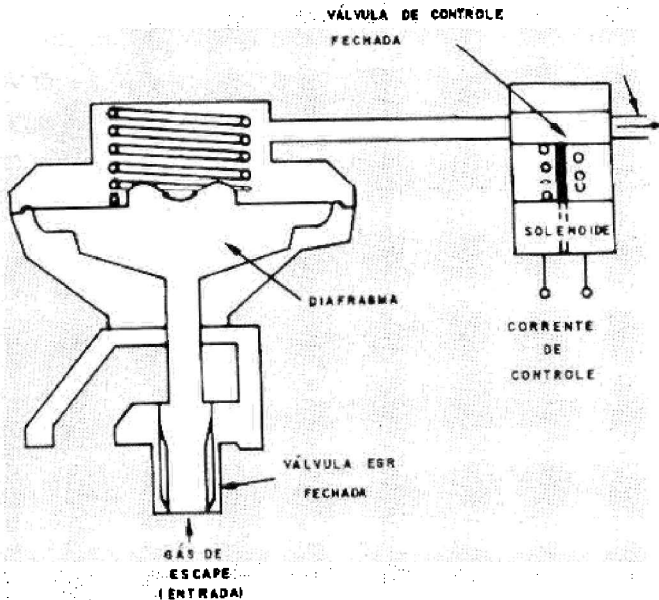


Figura 37 – Sistema básico de recirculação de gases de escape

O que temos é basicamente uma válvula que conecta em diversos graus a saída de escape com a entrada de admissão, em diversos graus, determinado por uma válvula de controle.

Esta válvula é acionada por um solenóide que recebe a "tensão de erro" do sistema processador, conforme a programação previamente feita e informações dos sensores.

Da mesma forma que no sistema de injeção de combustível, a quantidade de gás reciclado é determinada pelo tempo em cada ciclo que a válvula permanece aberta e não pelo seu grau de abertura.

Concluimos que a quantidade de variáveis que entram na determinação do modo de funcionamento de um motor de maneira que ele tenha o máximo rendimento com o mínimo de poluição mostram que o problema tem uma complexidade razoável.

Assim, o controle da poluição pelos veículos automotores exige não só conhecimento do assunto como também o emprego de instrumentação apropriada.

Alguns problemas relatados com veículos que já saem de fábrica com características alteradas de modo a se obter maior rendimento, desrespeitando-se os níveis de poluição exigidos, mostram como é difícil fazer este tipo de controle.

A tentativa de se fiscalizar as emissões dos veículos de um modo mais severo é válida, no entanto, de nada adianta controlar, multar ou mesmo recolher veículos poluidores se não existirem os meios de se levar esses veículos ao funcionamento desejado de forma segura, barata e simples.

O perigo do ajuste correto de um motor, dentro dos parâmetros legais, se tornar uma lucrativa indústria para poucos existe e deve ser cuidadosamente analisado.

## **Termos em Inglês**

Mais alguns termos em inglês relacionados com o assunto deste capítulo podem ser enumerados, ajudando principalmente na busca de material nos mecanismos da internet. Destacamos:

Starter ou starting motor – motor de partida

Field coil – bobina de campo

Brush – escova

Bendix drive – Bendix

Gear – engrenagem

Pinion gear – engrenagem pinhão

Injector – injetor

Needle valve – agulha ou bico injetor

Lambda sensor – sonda ou sensor lambda

## Questionário

1) O motor de partida de um veículo funciona de que modo?

- a) Com a corrente do alternador
- b) Com a corrente da bateria
- c) Derivando força mecânica do motor
- d) Com energia elétrica externa

2) A corrente típica de um motor de partida está na faixa de:

- a) Poucos ampères
- b) 60 a 120 A
- c) 10 a 40 A
- d) Menos de 1 ampère

3) Quando o encaixe da engrenagem do motor de partida (pinhão) é feito pelo próprio movimento do rotor ao ser energizado temos o sistema:

- a) Bendix
- b) Automático

- c) Solenóide
  - d) Alavanca
- 4) No sistema multiponto de injeção eletrônica temos:
- a) Um injetor para todos os cilindros
  - b) Um injetor para cada cilindro
  - c) Não são usados injetores
  - d) Os injetores ficam no sistema de ignição
- 5) A sonda lambda é um sensor de:
- a) Oxigênio
  - b) Combustível
  - c) CO<sub>2</sub>
  - d) Mistura
- 6) A substância que entra numa reação química, acelerando-a mas sem participar dela é denominada:
- a) Combustível
  - b) Comburente
  - c) Catalisador
  - d) Reagente

## Capítulo 9

### Direção Elétrica, Suspensão Ativa e ABS

No capítulo anterior vimos o princípio de funcionamento do motor de partida e da injeção eletrônica. Continuamos com novos dispositivos que são importantes, mas que não estão presentes em todos os carros, pois alguns são considerados acessórios de luxo.

Deles, o mais importante é a direção elétrica que, da mesma forma que a direção hidráulica, tem sua presença difundida e em breve, segundo acreditamos, equiparão todos os carros.

Vejamos então como a direção elétrica, suspensão ativa e o ABS funcionam. Observamos que na maioria desses dispositivos a manutenção se limita a troca de peças ou módulos, já que trabalhar com os próprios componentes nem sempre é possível.

#### **Direção Elétrica**

Com o aumento do peso dos automóveis ficou cada vez mais incômodo atuar sobre a direção. O esforço se tornou maior e com isso a dificuldade, principalmente com veículos mais pesados.

A primeira solução veio com a direção hidráulica em que um sistema acionado pelo motor do carro fornecia a pressão do óleo que então fazia o trabalho pesado de movimentar as rodas dianteiras do veículo na direção desejada.

O sistema hidráulico é ainda usado na maioria dos veículos, devendo logo substituir totalmente o sistema mecânico, mesmo nos carros de baixo custo, os tipos populares.

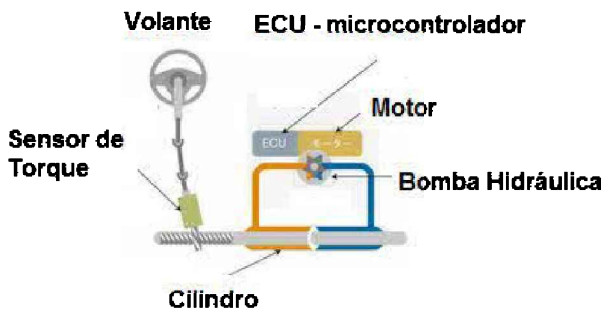


### ***Direção hidráulica***

*Se bem que a direção Mecânica esteja gradativamente sendo abolida e a primeira recomendação é o uso da hidráulica as soluções elétricas devem predominar nos próximos anos.*

A primeira solução elétrica veio com o sistema híbrido ou EHPS de Electro-hydraulic power steering. Nele, em lugar de termos uma bomba de óleo acionada pelo motor do carro, é usada uma bomba acionada por um motor elétrico.

Esse sistema passou a ser usado a partir de 1965 em diversos veículos da linha comercial. Na figura 1 temos um exemplo desse sistema usado em carros da Nissan.



*Figura 1 – Sistema híbrido*

Nesse sistema, um sensor de torque detecta a força que está sendo exercida no volante para a mudança de direção.

Baseado na força sensoriada, a ECU calcula o torque do motor de acordo com a velocidade do veículo e também com o ângulo que as rodas devem ser movimentadas.

A bomba hidráulica é então acionada, gerando a pressão no óleo necessária à mudança de direção.

O óleo então aplicado ao cilindro que converte essa pressão em esforço mecânico para acionamento do sistema.

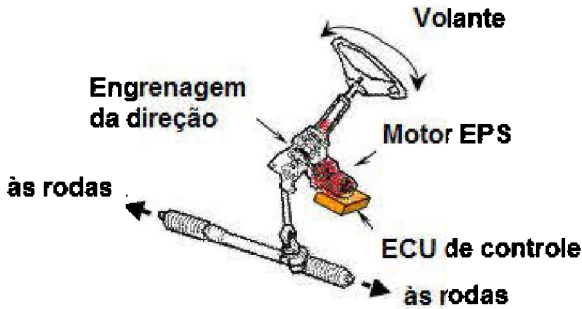
Na figura 2 temos o aspecto do mecanismo usado neste sistema em que temos o motor e os atuadores.



*Figura 2 – Parte do sistema e seu aspecto real*

O outro sistema elétrico é o que faz uso exclusivamente da forma de um motor elétrico, denominado EPAS ou EPS Electric Power Steering.

Nesse sistema, temos um motor elétrico que movimenta as rodas mudando sua direção a partir do torque sensoriado no volante, conforme mostra a figura 3.

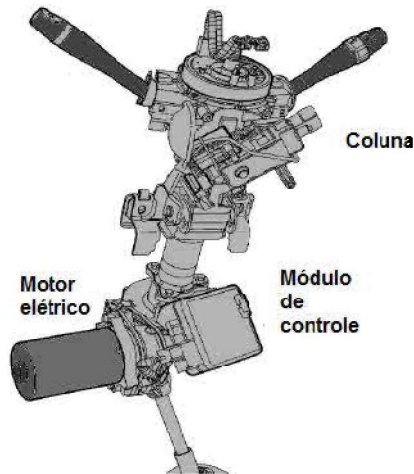


*Figura 3 – Direção elétrica (EPS)*

Observamos ainda a existência de um sensor na direção, cuja função é sensoriar a pressão exercida no volante pelo seu movimento controlando o motor EPS.

O motor atua então de modo a ajudar no esforço no mesmo sentido de modo a se obter o controle das rodas.

Na figura 3 temos uma vista em detalhes do sistema de controle elétrico usado no Chevrolet Cobalt. Observe a posição do módulo de controle que consiste basicamente num microcontrolador e no motor elétrico.



*Figura 3 – Sistema de direção elétrica do Chevrolet Cobalt*

Uma variação desse sistema é o Electrically Variable Gear Ratio System lançado pela Honda que produz uma curva de resposta não linear ao esforço exercido no volante dos veículos.

A BMW usa uma solução semelhante em seu "active steering", ou direção ativa.

Este sistema é incorporado ao sistema de estabilidade do veículo proporcionando assim um controle que impede manobras bruscas ou mesmo o capotamento.

Observe que uma das vantagens da direção elétrica está na sua atuação, mesmo quando o motor não se encontra em movimento, o que não ocorre com a direção hidráulica que necessita da pressão do óleo exercida pela bomba que funciona com o motor.

Assim, basta que a chave esteja nos contatos com o sistema elétrico ativado para que a direção funcione.

Observa-se, entretanto que o consumo do motor é algo elevado, o que significa que os tempos de atuação com o motor desligado não podem ser prolongados.

## **Suspensão Eletrônica**

Nos carros antigos todos os movimentos das rodas eram determinados pelas irregularidades do piso. Buracos, ondulações, pequenos objetos determinavam os movimentos que eram transmitidos para a carroceria, o que em determinados era bastante desagradável para os passageiros.

A suspensão mecânica/hidráulica através de amortecedores e molas melhorou muito o conforto do passageiro, deixando de transmitir para a carroceria os solavancos provocados pelas irregularidades do piso.

No entanto, com nos demais sistemas do carro, a eletrônica também pode dar sua contribuição com sistemas novos que já equipam diversos veículos comuns, e que cada vez mais, devem estar presentes em novos veículos.

Muitos destes sistemas ainda estão sendo aperfeiçoados, de modo que pode ocorrer perfeitamente que na época em que escrevemos este livro, já estejam sendo preparadas novidades que equiparão as novas gerações de carros.

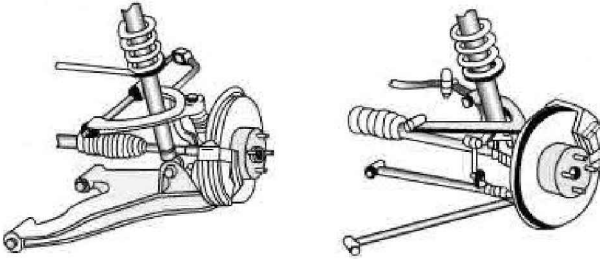
Existem diversos tipos de suspensão eletrônica que são separadas em dois grandes grupos.

Suspensão ativa e suspensão adaptativa ou semi-adaptativa, de que trataremos nas próximas linhas deste livro. A finalidade dos dois tipos de suspensão é controlar o movimento vertical das rodas, evitando a transmissão de vibrações ou choques à carroceria.

Diferenciamos este tipo de suspensão do tipo passivo em que todas as vibrações e choques relativos ao movimento são reduzidos, ou

amortecidos, utilizando-se meios mecânicos como molas e amortecedores.

Na figura 4 temos dois tipos tradicionais de suspensão passiva em que são usados recursos mecânicos como as molas e os amortecedores.



*Figura 4 – Suspensões passivas convencionais*

### **Suspensões mecânicas**

*Não estudaremos neste livro estas suspensões por não incorporarem recursos eletrônicos.*

### **Suspensão Ativa**

Com a ajuda da eletrônica é possível implementar recursos na suspensão que melhoram seu desempenho reduzindo a transmissão de vibrações e choques à carroceria.

Estes recursos atuam sobre os movimentos verticais das rodas sendo controlados por um microcontrolador que processa informações obtidas de diversos tipos de sensores.

A suspensão ativa não só melhora o conforto dos passageiros, obtendo-se uma rodagem mais suave, como também o próprio controle do veículo e também a tração.

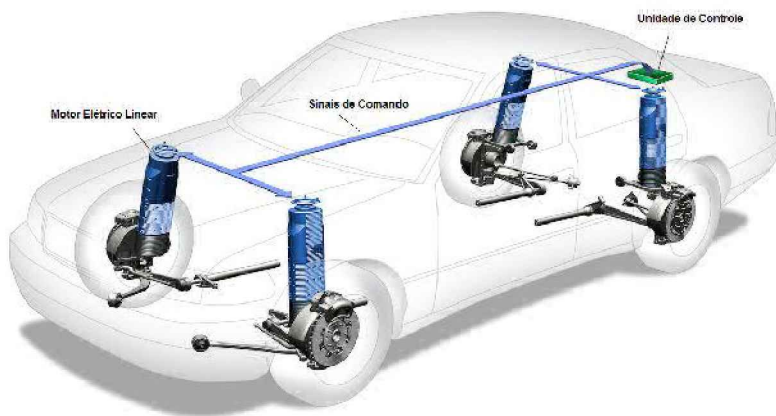
Neste sistema, o movimento das rodas é detectado por sensores que enviam ao controlador as informações necessárias a operação dos atuadores.

Os sensores não trabalham apenas com as irregularidades do piso, mas também com a direção do movimento, atuação da direção, aceleração e frenagem.

Devemos diferenciar este sistema da suspensão adaptativa em que temos apenas a absorção de choques pelo movimentação vertical das rodas.

A implementação da suspensão ativa não é simples, exigindo equipamentos de custo elevado, assim não são todos os veículos que contam com este recursos.

Na suspensão ativa, em que temos um diagrama simplificado na figura 5, é usado um atuador para cada roda.



*Figura 5 – Suspensão ativa com motores lineares*

Neste sistema, são usados quatro motores independentes que podem movimentar as rodas sob o comando de uma unidade de controle que consiste basicamente num microprocessador.

O microprocessador recebe os sinais dos sensores usados para "sentir" o piso e o movimento das rodas, processando-os de modo a criar comandos para os motores.

Os motores funcionam então no sentido de contrabalancear os movimentos das rodas, evitando sua transmissão para a carroceria do veículo.

Os motores devem ter uma ação muito rápida, assim como os sensores, o que exige técnicas especiais para sua implementação no veículo.

Os sinais, por outro lado, são do tipo usado nas demais redes de um veículo e que serão estudados mais adiante.

Uma característica muito interessante deste tipo de suspensão é a versão recuperativa, ou seja, uma versão em que os motores lineares usados também funcionam como geradores.

Assim, através de uma programação apropriada, as oscilações da roda que são amortecidas têm sua energia convertida em eletricidade que pode ser usada pelo próprio veículo.

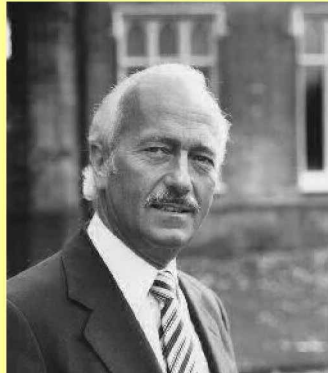
Existe ainda uma versão de atuação hidráulica em que, em lugar dos motores são usados servos hidráulicos controlados eletricamente pelo sinal do processador.

Um recurso interessante que este tipo de suspensão ativa oferece é a de se poder ajustar a altura do veículo conforme o piso ou a velocidade.

O veículo pode ser levantado para a operação off-road e baixado para rodar em uma pista de alta velocidade, obtendo-se mais estabilidade.



O importante é que isso é feito automaticamente, pois os sensores se encarregam de informar a unidade de controle o que deve ser feito em cada caso.



*Colin Chapman (1938-1982)*

*Engenheiro automotivo, fundador da Lotus Cars e Lotus Formula One, Inventor da suspensão ativa em 1980.*

### ***Formula 1***

*Uma coisa importante que as competições de carros trazem é a de introduzir inovações tecnológicas que, com o tempo, passam a equipar os carros comuns. Nesta categoria incluímos os sistemas de ignição, injeção, suspensão e muito mais que antes são testados nos veículos de competição para depois serem disponibilizados em carros de linha.*

Temos ainda o sistema de suspensão ativa adaptativa/semi-ativa. Nele, o dispositivo de controle altera o fator de amortecimento do amortecedor, não fornecendo energia ao sistema de suspensão.

Estes sistemas são mais simples e, portanto, mais baratos, mas têm uma ação limitada.

Também podemos falar do sistema de solenóide que atua sobre o meio hidráulico e que existe no amortecedor. Desta forma, a ação da válvula é controlada pelas informações do sistema de sensores, faz com que as características do amortecedor mudem conforme o piso.

Na figura 6 temos um amortecedor controlado por solenóide, usado numa suspensão ativa comum.



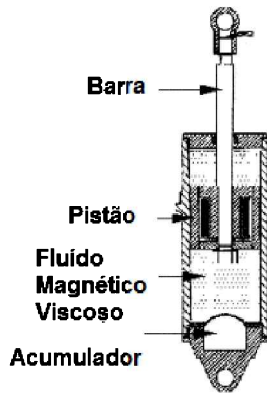
*Figura 6 – Amortecedor controlado por solenóide visto em corte.*

Este tipo de suspensão é usado na suspensão de veículos como o Cadillac.

Um sistema de suspensão ativa é a que faz uso de amortecedores magnéticos reológicos que foram desenvolvidos para a GM e equipa atualmente diversos veículos.

Trata-se do sistema com amortecedor magneto-reológico que usa um solenóide para mudar a viscosidade de um líquido.

Neste sistema, o amortecedor é cheio com um líquido viscoso dotado de minúsculas partículas de um material magnético, conforme mostra a figura 7.



*Figura 7 – Amortecedor*

Quando o solenóide é energizado o campo magnético criado no líquido atua sobre as partículas, alterando sua viscosidade.

### **Viscosidade**

*A viscosidade de um líquido é a propriedade que caracteriza sua capacidade de fluir. Quando maior a viscosidade, mais lentamente flui um líquido.*

A viscosidade ideal para cada terreno é então fornecida pelos sensores que informam a unidade de controle. Uma característica importante é sua rápida velocidade de reação.

Outra vantagem do sistema é que cada amortecedor pode ser controlado independentemente, conforme o terreno em que passa a roda em que ele está instalado.

Na figura 8 alguns amortecedores deste tipo, fornecidos por empresa chinesa.



*Figura 8 – Amortecedores magnéticos*

## **O Sistema de Freios ABS**

Quando se fala em segurança num automóvel Não resta dúvida alguma de que um dos pontos mais importantes é o seu sistema de freios.

Como a tendência atual é de que a eletrônica esteja presente em todos os setores em que ela possa contribuir para um funcionamento melhor, ela também marca sua presença neste importante ítem, com dispositivos que empregam as mais avançadas tecnologias.

Para entender como funciona o ABS devemos começar com uma pequena aula de física ou recordação de alguns princípios importantes sobre os quais se baseia todo o funcionamento do sistema.

Se o leitor tem dificuldades para entender o que estaremos explicando, sugerimos uma pequena lida nas lições de dinâmica (atrito) de algum livro de física de segundo grau, ou mesmo a procura de informações sobre o tema na internet.

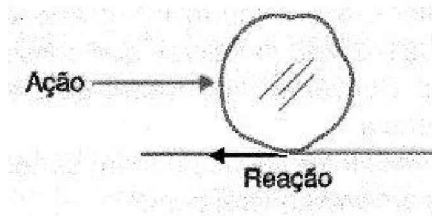
**Atrito**

*Veja mais nos livros de física para entender as próximas linhas*

Mas, vamos ao que nos interessa para entender como funciona o ABS ou Antilock Braking System (Sistema de Freio Antitravamento).

O coeficiente de atrito dinâmico é menor que o coeficiente de atrito estático. Com esta afirmação bem conhecida desde os estudantes de física até os engenheiros podemos iniciar nosso artigo, é claro, explicando melhor o que ela significa.

Suponhamos que uma pedra sobre uma superfície algo lisa deva ser movida aplicando-se uma força, conforme mostra a figura 9.



*Figura 9 – Ação e reação*

Verificamos que, ao aplicar esta força, a superfície de contacto entre a pedra e a superfície reage com uma força de mesma intensidade no sentido contrário.

Esta força, conforme podemos verificar, depende não só do peso da pedra como também de uma característica importante das superfícies que estão em contacto.

A superfície em que a pedra se apoia pode ser mais lisa ou menos lisa, o que é caracterizado pelo que denominamos "coeficiente de

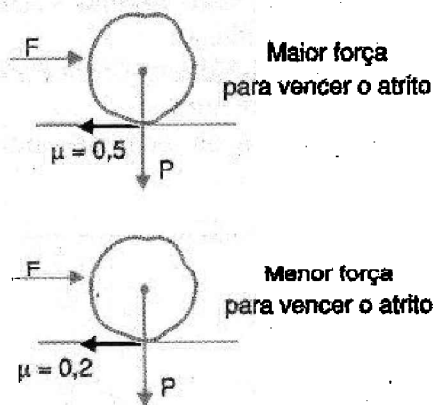
atrito". Assim, tanto mais lisa for a superfície menor será seu coeficiente de atrito, e este coeficiente de atrito pode adquirir valores entre 0 e 1.

### **Leis de Newton**

*Sugerimos consultar os livros de física para obter mais informações sobre as Leis de Newton.*

Se o coeficiente de atrito for pequeno, por exemplo 0,2 isso significa que uma força de apenas 20% do peso da pedra é suficiente para vencer a oposição e ela pode "deslizar" pela superfície em que se apoia.

Se a superfície for mais rugosa e tiver um coeficiente de atrito de 0,5, a força necessária para vencer a oposição deve ser maior: 50% do peso, conforme mostra a figura 10.



*Figura 10 – O coeficiente de atrito*

Em suma, a força que a pedra faz de modo a se opor àquela que tenta movê-la depende não só de seu peso, como da rugosidade da superfície em que ela se apoia.

### **Atrito nulo**

*Energia é gasta para vencer o atrito. Se pudéssemos eliminar o atrito não teríamos gasto de energia para movimentar um sistema de engrenagens ou movimentar um carro. A energia gasta para vencer o atrito converte-se em calor.*

Levando estes fatos ao problema de parar um carro, chegamos a um ponto em que ocorre um fenômeno importante que merece ser analisado:

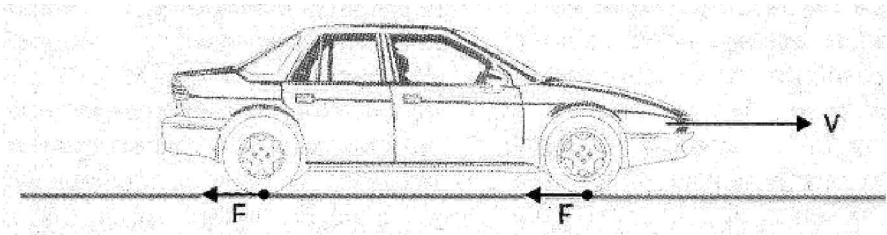
No instante em que a força aplicada na pedra vence a oposição que é apresentada pela superfície de contacto entre as duas, e ela começa a deslizar, ocorre um fato importante: em movimento, a força de oposição diminui.

Em outras palavras, a força de oposição em movimento é menor do que parada, ou em linguagem mais técnica, o coeficiente de atrito dinâmico é menor do que o coeficiente de atrito estático.

Mas, no que isso é importante numa frenagem de um carro?

Quando pisamos no freio, as rodas são levadas a fazer uma força contra o solo que visa reduzir a velocidade do veículo, ou seja, surge uma força que se opõe ao movimento.

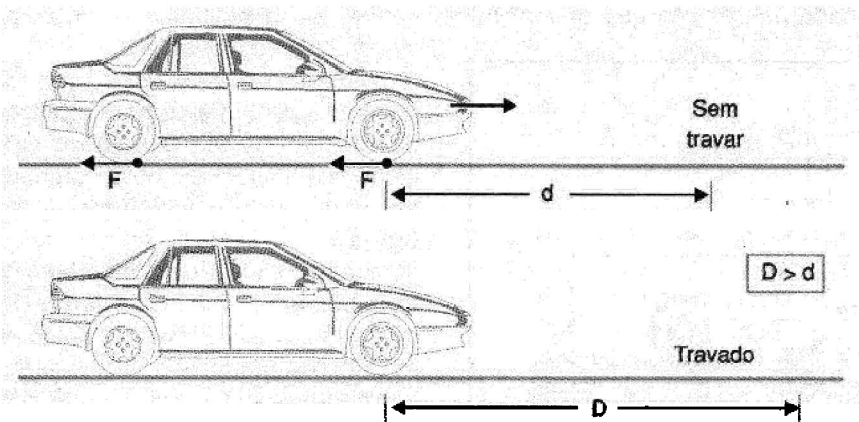
Essa força será tanto maior quanto maior for a velocidade do veículo, maior seu peso, e menor o tempo desejado para que ele pare. A figura 11 mostra o que ocorre.



*Figura 11 – Freando um carro*

As coisas vão muito bem neste processo até o momento em que a força necessária a redução ou paralisação do movimento vença o coeficiente de atrito das rodas com o chão.

Quando isso acontece as rodas tendem a deslizar, e como nestas condições o coeficiente de atrito é menor, o espaço necessário a uma determinada redução de velocidade aumenta, conforme mostra a figura 12.



*Figura 12 – Um carro desliza mais quando suas rodas travam*



Assim, se pisarmos nos freios de um veículo e conseguirmos dosar a pressão de modo que a força aplicada no solo pela roda seja máxima, mas não ocorra o deslizamento, teremos a parada no menor espaço possível.

Se não conseguirmos isso, a roda para de virar (trava) e o pneu desliza com uma parada num espaço maior.

### ***Atrito dinâmico e estático***

*O coeficiente de atrito dinâmico de uma superfície é sempre menor que o coeficiente de atrito estático.*

Evidentemente, em condições de piso irregular ou mesmo da presença de lama, água ou manchas de óleo é muito difícil para um motorista conseguir dosar a pressão para que as rodas não travem.

Mas além da parada em espaço maior existe um outro fator mais perigoso a ser considerado: com as rodas travadas, deslizando no piso na forma indicada, o veículo torna-se incontrolável.

### ***Deslizamento***

*O deslizamento é altamente indesejável, pois perdemos totalmente o controle do veículo.*

## **O ABS**

A ideia de se fazer um sistema de freio capaz de "sentir" quando a roda esta prestes a deslizar, ou seja, quando ocorre o "travamento" não é nova tendo sido criados sistemas para aviões há muito tempo.

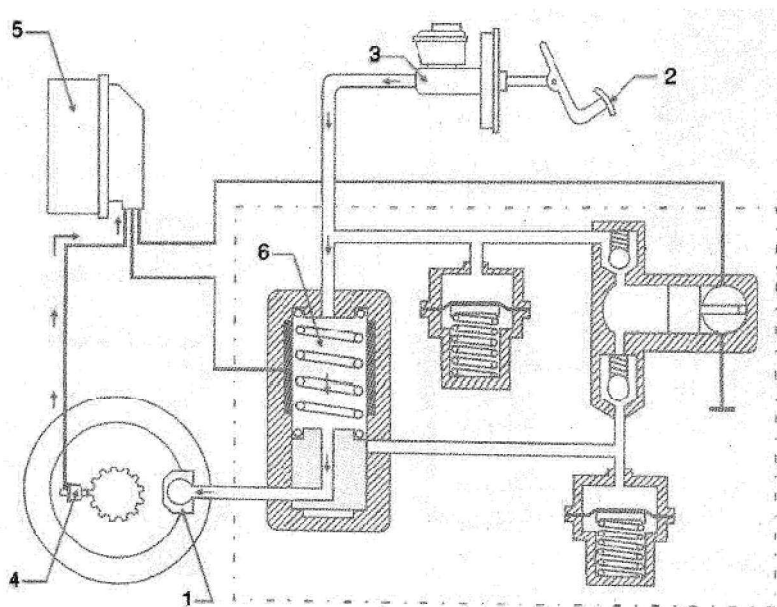
A maioria dos sistemas criados para esta finalidade eram baseados em recursos mecânicos até que a Bosch em 1970 começou a se preocupar em fazer um sistema Anti-Bloqueio que pudesse ser usado em qualquer carro, sem aumento muito grande de seu custo ou que fosse complicado demais.

Os sistemas desenvolvidos pela Bosch receberam então nome genérico de ABS (Anti Blocking System).

O primeiro veículo de linha a receber o ABS foi o Mercedes modelo 1978 e a partir daí muitos outros começaram a ser equipados, inclusive os japoneses que passaram a ter um sistema semelhante denominado ALB.

Atualmente o ABS equipa uma grande quantidade de veículos de linha, e para os próximos anos tende a se tornar equipamento obrigatório de qualquer tipo de veículo comercial.

A ideia básica do ABS (Sistema de Freios Anti-Bloqueio), é mostrada na figura 13.



*Figura 13 – Estrutura básica do ABS*

Num sistema de freios convencionais, quando se pisa no pedal, a pressão atua sobre o cilindro mestre que faz com que as pinças pressionem as pastilhas contra o disco, produzindo assim a força que tende a reduzir ou imobilizar o veículo.

No sistema ABS existem diversos dispositivos intermediários que entram em funcionamento neste processo e que são responsáveis pela ação de antibloqueio, com especial atenção para a parte eletrônica.

Assim, temos um sensor (4) para a velocidade da roda que consiste num transdutor eletromagnético. Este sensor envia um sinal para uma unidade eletrônica de processamento (5) contendo informações todo o tempo sobre a velocidade em que a roda está girando.

**Custo**

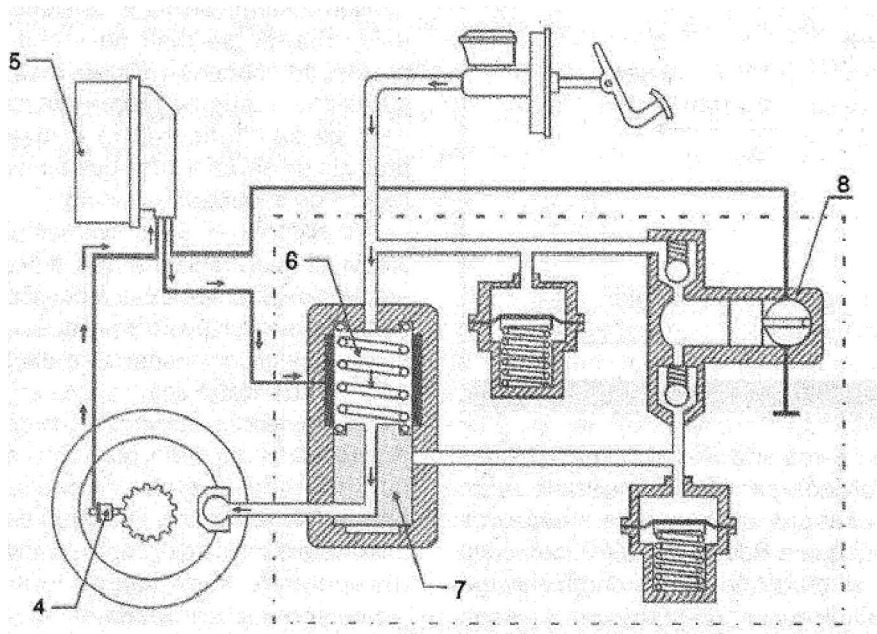
*O custo elevado do ABS deve-se à quantidade de sensores e atuadores que devem ser utilizados.*

A partir destas informações o processador tem condições de saber o instante em que a roda está prestes a ser bloqueada. Para isso, basta comparar sua desaceleração com a das demais rodas.

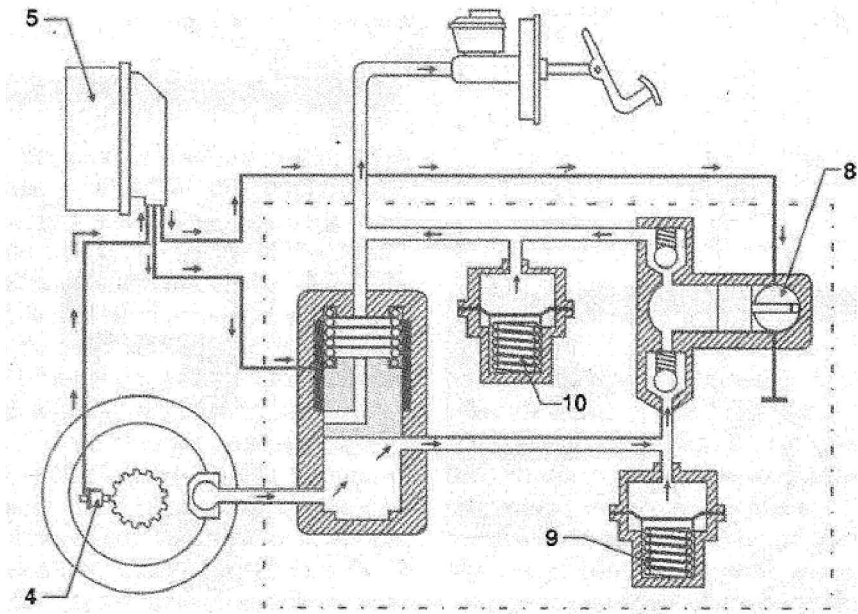
Na freada normal, como mostrado na figura 13, em que se pretende é parar ou diminuir a velocidade do veículo em determinado espaço.

Nestas condições, a pressão do óleo é aplicada as pinças e portanto às pastilhas, seguindo a trajetória indicada pelas setas. Veja que o óleo passa exclusivamente pela válvula solenóide (6) de controle da pressão.

Numa freada mais brusca, numa situação de emergência, por exemplo, temos o que ocorre nas figuras 14 e 15.



*Figura 14 – Situação inicial numa freada*



*Figura 15 – A ação do freio*

Inicialmente, a pressão é mantida de modo que o máximo de força seja aplicada nas pinças que empurram as pastilhas contra o disco, conforme percurso do óleo mostrado na figura 14.

Quando o sensor (4) fornece à unidade eletrônica de processamento informações que mostram que uma das rodas esta prestes a bloquear (ou mais de uma), um circuito de comando envia um sinal elétrico a um solenoide (8) de tal forma que uma válvula (7) sistema regulador de pressão é ativada e, com isso a pressão na pinça deixa de aumentar.

Se mesmo com este procedimento não se obtém uma interrupção da situação de bloqueio, a unidade eletrônica envia um novo comando ao sistema que é mostrado na figura 15.

Ocorre então o acionamento de uma bomba elétrica de retorno (8), que reduz a quantidade de fluido no circuito, de modo que se consegue um controle muito fino da pressão aplicada à pinça e portanto às pastilhas.

Os dispositivos marcados com os números (9) e (10) são acumuladores que retém o excesso do fluido que passa a circular por um circuito "by-pass" com base na mesma bomba elétrica.

No momento em que a bomba entra em ação e a válvula do solenoide se desativa, ocorre uma redução da pressão e com isso a roda se desbloqueia, o que imediatamente é percebido pelo sensor (4), o qual envia esta informação para a unidade de processamento.

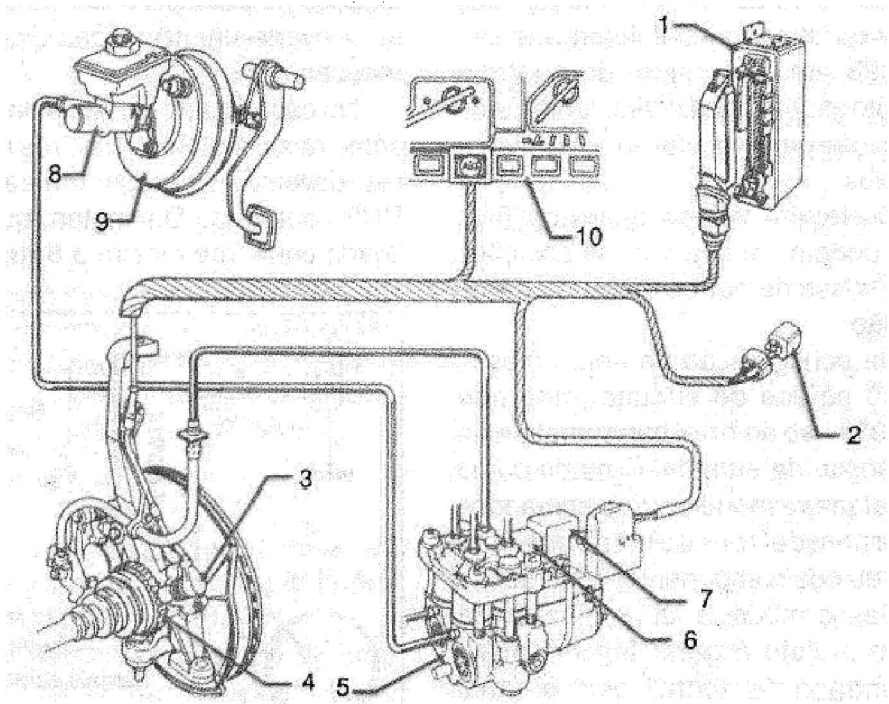
Ao recuperar o giro, novamente temos um aumento da pressão e o processo continua num ciclo de realimentação que mantém a pressão sobre as pinças num valor que fique no limiar do bloqueio mas nunca o atinja.

Este ciclo de modulação da pressão do fluido realimentado pela unidade eletrônica é feito numa taxa de quatro a dez vezes por segundo.

### **Velocidade**

*Tudo o que foi visto ocorre numa velocidade muito grande, o que garante a eficiência do sistema.*

Os elementos usados neste sistema são mostrados em seu aspecto natural na figura 16.



*Figura 16 – Os elementos do ABS*

Na prática é importante que existam sistemas adicionais que evitem que um sistema desse falhe. Por isso, a proteção do sistema também é levada em conta com recursos que permitam a operação normal do freio mesmo quando o ABS falha.



**Fórmula I**

*Os carros que correm na fórmula I estão sendo equipados com um sistema eletrônico que pode ser considerado o "ABS" invertido. Este sistema tem por finalidade também detectar quando ocorre o início do "escorregamento" na hora que o piloto acelera o máximo na largada. Com isso, garante-se a aplicação da máxima potência do veículo para tirá-lo da imobilidade sem que ocorra a derrapagem Além de se evitar a perda do controle garante-se uma largada com rendimento total, ou seja, com o máximo aproveitamento do torque aplicado as rodas.*

**CONCLUSÃO**

A unidade de processamento do ABS é um verdadeiro computador onde as informações obtidas das rotações das rodas são comparadas de modo a se determinar o instante exato em que os comandos para as válvulas devem ser enviados.

A taxa em que esses comandos devem ser realimentados e outros fatores importantes são determinados pelas características do veículo. Uma realimentação em velocidade imprópria pode causar problemas como vibrações no sistema de freio e até complicações maiores.

Assim, o ABS não é mais um recurso simples da eletrônica com que pode contar um veículo, mas sim o resultado de um trabalho complexo de desenvolvimento que leva em conta muito mais fatores do que os abordados neste texto.

## Airbag

O airbag é um recurso de segurança muito importante nos carros modernos.

Ele consiste numa bolsa que se infla em caso de colisão evitando o impacto do motorista e dos passageiros com as partes do carro que podem causar ferimentos.

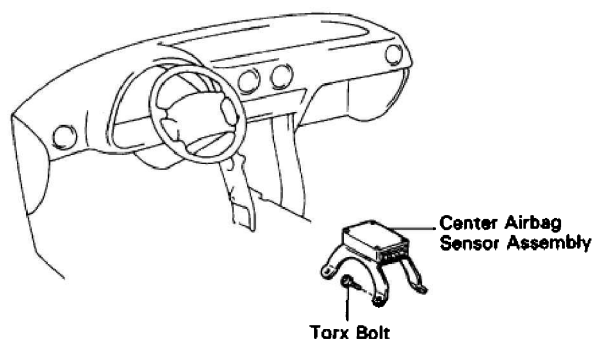
Na figura 17 temos uma imagem da Internet que mostra a ação do Airbag no caso de uma colisão.



*Figura 17 – A ação do Airbag*

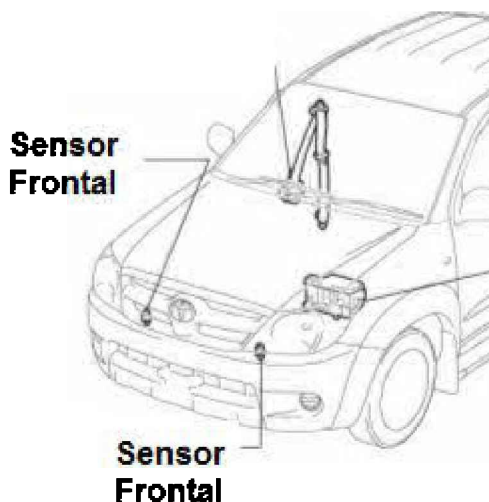
O sistema de airbag consiste num conjunto de sensores de batida e de aceleração que detectam o momento em que há um impacto que supere um valor determinado e que, portanto, indica uma situação de colisão.

Na figura 18 temos a localização do módulo sensor num veículo da Toyota.



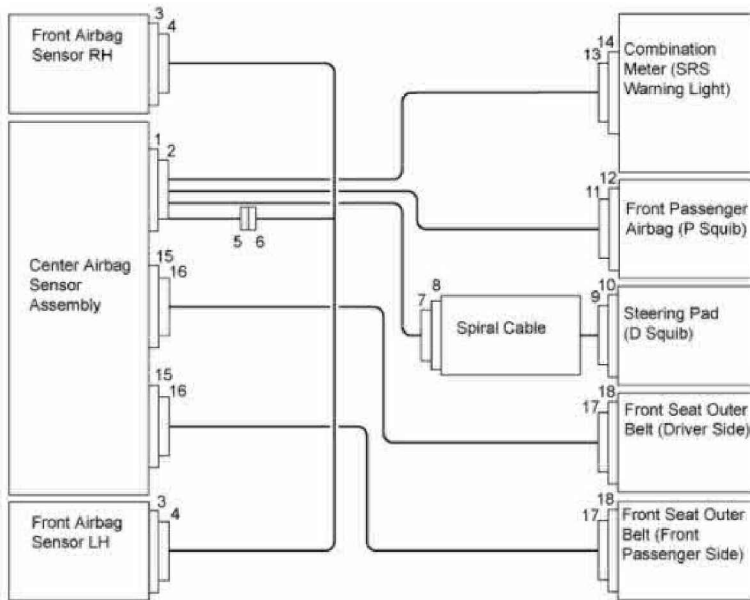
*Figura 18 – O sensor do airbag num veículo Toyota*

Além desses temos sensores frontais, como os mostrados na figura 19.



*Figura 19 – Sensores frontais de impacto do sistema de airbag numa Hilux*

O circuito simplificado mostra como os componentes do airbag são interligados ao módulo de controle. Isso é mostrado na figura 20.



*Figura 20 – Cabeamento do sistema num veículo Toyota*

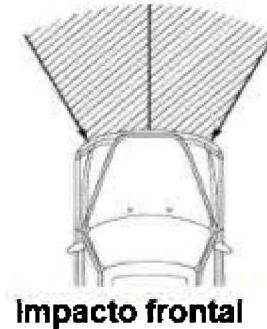
Veja que também existem sensores nos cintos de segurança formando um conjunto que funciona de modo sincronizado.

### **Número de airbags**

*O número de airbags num veículo pode variar conforme seu custo, número de passageiros, etc.*

O funcionamento do sistema é simples de explicar.

No caso de uma colisão frontal, quando o impacto ocorre numa das direções mostrada na figura 21 o airbag entra em funcionamento automaticamente.

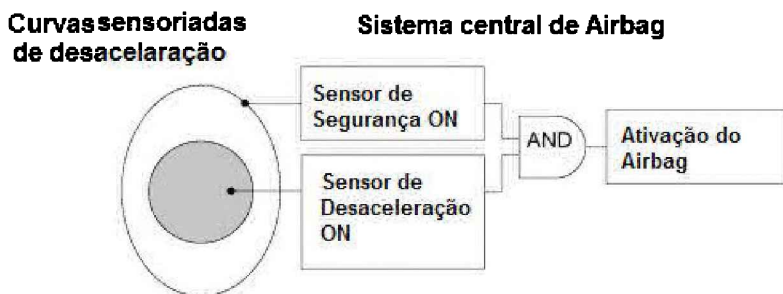
**Direção do impacto**

*Figura 21 – Impacto frontal*

O sensor central do airbag utiliza o sinal de um sensor central de desaceleração para determinar o instante de sua ativação.

A aceleração programada para o sensor central é menor do que as laterais, pois o impacto central tem efeitos mais perigosos que os laterais.

Quando o sensor de segurança e o sensor de desaceleração operam simultaneamente, uma corrente de controle é produzida fazendo com que o airbag seja disparado. Na figura 22 temos o que ocorre.



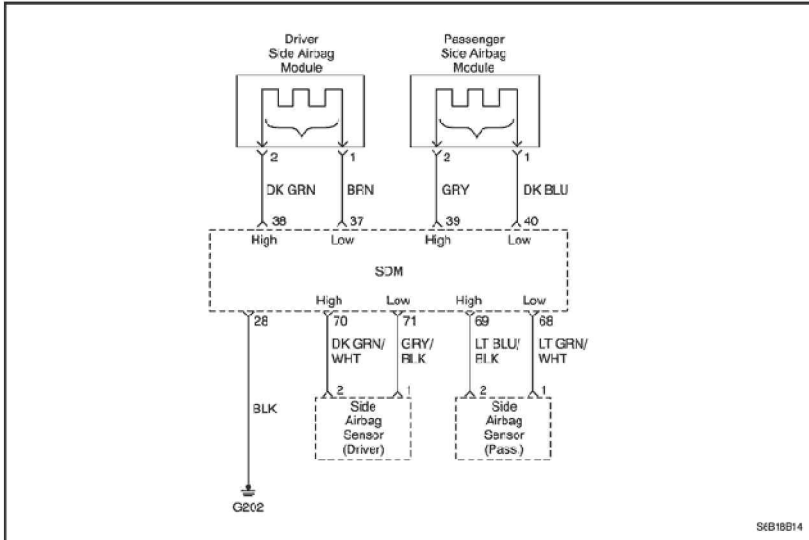
*Figura 22 – Operação do Airbag*

Na figura 24 temos alguns sensores usados no sistema de airbag de um carro comum. A imagem é de um anúncio da Internet.



*Figura 24 – Sensores de airbag*

Na figura 25 mostramos o circuito típico de um sistema de airbag com os atuadores e os sensores.



*Figura 25 – Circuito de um sistema de Air Bag*

## Termos em Inglês

Muitos termos em inglês apareceram neste capítulo. Será interessante saber seu significado, tanto para efeito de traduções técnicas com para busca na Internet. Alguns deles:

ABS – Anti Blocking System – Sistema anti bloqueio

Steering – direção

Active – Ativa

Electric – elétrico

Off-road – fora da Estrada

Breaking – frenagem

ECU – Electronic Central Unit – Unidade central eletrônica

Airbag – Bolsa de ar

## Questionário

1) Na direção elétrica híbrida:

- a) Não existe nenhum sistema hidráulico
- b) O sistema hidráulico só funciona em caso de emergência
- c) Um motor elétrico aciona um motor hidráulico
- d) O sistema elétrico consiste num solenóide

2) Direção assistida eletricamente é abreviado por:

- a) EHS
- b) EPAS ou EPS
- c) ECU
- d) ABS

3) Na suspensão elétrica com fluido magnético:

- a) Um solenóide controla o fluxo de fluido
- b) A viscosidade do fluido é controlada por um motor
- c) A viscosidade do fluido é controlada por um campo magnético
- d) Um motor controla a pressão do fluido

4) A abreviação ABS significa:

- a) Antiblocking System
- b) Anti Braking System



- c) Automatic Braking System
- d) Automatic Braking Suspension

5) A finalidade básica do ABS é:

- a) Não deixar o carro derrapar na frenagem
- b) Não deixar o carro capotar na frenagem
- c) Impedir o capotamento nas curvas
- d) Não deixar o carros deslizar em caso de choque frontal

6) O airbag tem por finalidade:

- a) Proteger o veiculo contra impactos
- b) Proteger os passageiros contra impactos e colisões
- c) Ajudar a melhorar o conforto dos passageiros em caso de pisos irregulares
- d) Proteger os passageiros em caso de capotamentos

## Capítulo 10

### Trio Elétrico, Segurança, GPS

No capítulo anterior analisamos o funcionamento da suspensão eletrônica, do ABS e também do airbag. Os veículos automotores atuais possuem muitos outros itens eletrônicos que servem tanto para melhorar o conforto dos passageiros, como também para lhes dar mais segurança.

Na parte de segurança temos o trio elétrico com os alarmes, controles remotos e travas, além dos chips localizadores. Temos ainda o GPS que ajuda o motorista encontrar seu destino com facilidade e que hoje em dia é indispensável para quem viaja ou trafega em grandes centros onde o trânsito é cada vez mais complicado.

Neste capítulo vamos analisar estes itens, mostrando como funcionam e como são instalados.

#### **Trio Elétrico**

Recebe o nome de Trio Elétrico ou Sistema de Trio Elétrico ao conjunto formado por alguns opcionais que visam dar conforto e segurança ao motorista e passageiros de um carro.

Este conjunto é formado pelo sistema de levantamento elétrico dos vidros, travas elétricas e também um alarme.

Nos últimos tempos uma quantidade cada vez maior de veículos vem equipado de fábrica com estes recursos, mas ainda assim, nos veículos populares trata-se de um opcional pelo qual tem de se pagar mais.

Na verdade, este recurso faz parte de opcionais importantes que já começam a equipar cada vez maior número de carros como o airbag e o ABS.

Vejamos como funciona cada um destes elementos, observando que os modos de operação e os recursos que cada um possui varia conforme o modelo do carro e seu custo.

Na figura 1 temos um kit típico de trio elétrico vendido pela Internet e que se adapta a maioria dos carros nacionais.



*Figura 1 – Kit de Trio Elétrico*

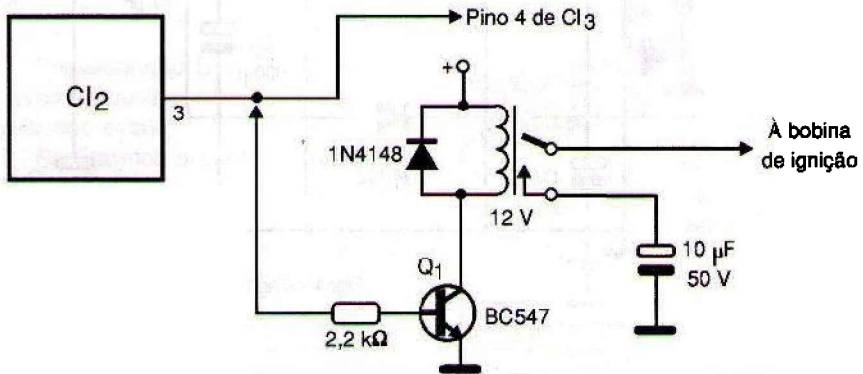
## **Alarmes**

A finalidade do alarme automotivo é tanto impedir o roubo do próprio veículo como a penetração de um intruso que venha roubar objetos e acessórios do veículo, tais como o equipamento de som, bolsas e coisas deixadas nos assentos, etc.

**Circuitos**

*A maioria dos sistemas do trio elétrico que estamos analisando vem em módulos que dificilmente podem ser reparados. A ação do profissional se limita mais a identificar possíveis interrupções se sensores e fios.*

Um sistema de alarme pode tanto acionar a buzina como também inibir o sistema de ignição, conforme o circuito mostrado na figura 2.

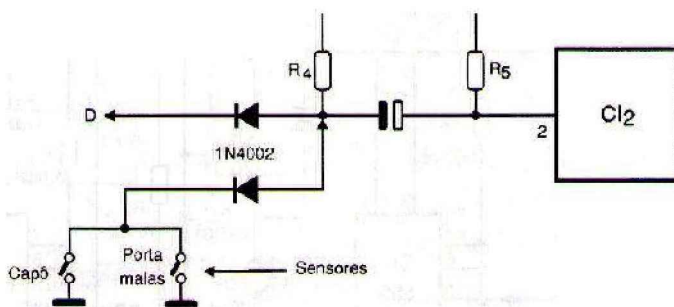


*Figura 2 – Modo simples de inibir a ignição pela saída de um alarme (3)*

Nos tipos normais são usados sensores simples, que nada mais são do que interruptores, e sensores mais sofisticados que podem ser do tipo ultrassônico, como, por exemplo, os que detectam uma eventual quebra de vidros, os quais terão seu princípio de funcionamento analisado mais adiante.

Para os sensores do tipo interruptor é possível aproveitar os que já existem na instalação normal de qualquer carro que fazem o acionamento das luzes de cortesia e, no porta-malas, da luz interna.

Estes interruptores operam aterrando o circuito quando a porta é aberta, conforme mostra a figura 3. Se pensarmos numa lógica digital, podemos dizer que ligando uma entrada de um alarme a um sensor deste tipo, ele se mantém no nível alto com a porta fechada e vai ao nível baixo quando a porta é aberta.



*Figura 3 – Ligação típica dos sensores*

Basicamente temos então os seguintes pontos de instalação do sistema de alarme convencional de um trio elétrico.

1. Porta do motorista – é usado o interruptor da porta, normalmente posicionado na coluna.
2. Porta do passageiro dianteiro – emprega-se um interruptor de pressão, normalmente na coluna perto da dobradiça.
3. Portas dos passageiros traseiros (modelos de quatro portas) – são usados interruptores nas colunas.

4. Porta-malas – utilizam-se interruptores instalados na própria tampa do porta-malas, normalmente o que já faz o acionamento da luz interna.
5. Capô – o interruptor normalmente é instalado na torre do amortecedor ou ainda nas proximidades do painel.
6. Vidro traseiro – para os carros que possuem desembaçador, que consiste num fio de baixa resistência aquecido pela corrente da bateria, o próprio fio funciona como um sensor. Se ocorrer sua interrupção pela quebra do vidro, o alarme dispara.
7. Vidros laterais – para estes é utilizado um sensor ultrassônico que normalmente tem seus transdutores posicionados no teto. Este sensor também detecta quando o vidro dianteiro é quebrado ou quando o corpo volumoso penetra no veículo (intruso)
8. Pára-brisas (vidro dianteiro) – utiliza-se o sensor ultrassônico, como no caso anterior, posicionado no teto do veículo.

Vamos detalhar o princípio de funcionamento deste tipo de alarme:

### ***Alarme de Intrusão Ultrassônico***

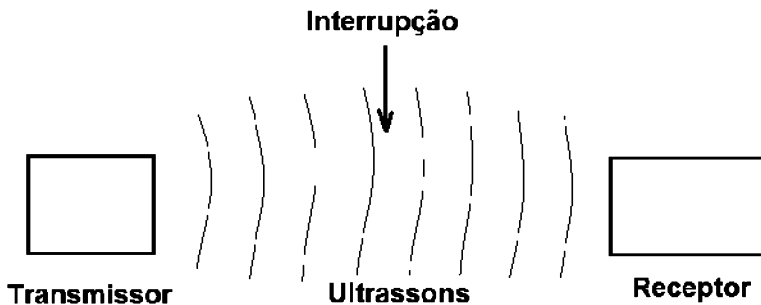
O ideia básica de um alarme de intrusão ultrassônico é detectar pequenas variações nos padrões de eco de um som produzido por um transdutor no interior do carro.

Trata-se de algo semelhante ao que fazem os morcegos, usando tanto a reflexão dos sons como a alteração de sua frequência pelo Efeito Doppler.

**Efeito Doppler**

*O Efeito Doppler é explicado em detalhes no Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica.*

Nos sistemas mais antigos de alarmes ultrassônicos havia um transdutor emissor um transdutor receptor, conforme mostra a figura 4.



*Figura 4 – A interrupção é detectada pelo receptor*

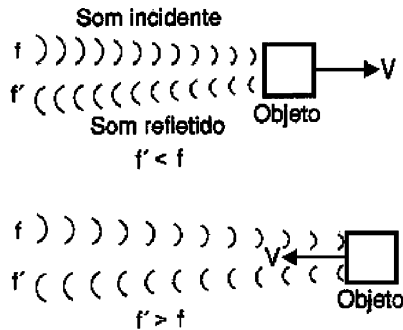
Aproveitando as características direcionais dos ultrassons dadas pelo seu pequeno comprimento de onda, o sensor detectava quando o feixe de ultrassons era interrompido pela passagem de um intruso.

Nos alarmes modernos, o princípio de funcionamento é diferente. Trata-se do aproveitamento do efeito Doppler. Obtemos então o que se denomina de alarme volumétrico ou ultrassônico volumétrico.

Se preenchermos um ambiente com um sinal ultrassônico de um transdutor, o receptor (microfone) estará sempre captando um sinal com a mesma frequência do emissor.

No entanto, se algum objeto se mover nesse ambiente como, por exemplo, a entrada de um intruso, as reflexões do som que ocorrerão terão sua frequência alterada pelo movimento.

Trata-se do efeito Doppler que faz com que a frequência de uma reflexão aumente quando o objeto se move em direção à fonte e diminua, quando se afasta dela, conforme mostra a figura 5.



*Figura 5 – O efeito Doppler*

No radar detector de velocidade este efeito é utilizado para medir a velocidade de um carro que se afasta ou se aproxima. O sinal de rádio, neste caso, também está sujeito ao efeito Doppler, tendo sua frequência alterada pelo movimento do veículo.

Pela alteração da frequência é possível medir com a precisão a velocidade do veículo.

Assim, se ajustarmos o receptor e o transmissor para operar na mesma frequência, qualquer alteração que ocorra pela entrada no ambiente de um objeto suficientemente volumoso, será detectada pelo circuito.



Este tipo de circuito é denominado “volumétrico”, pois acusa alterações no volume do ambiente pela presença e movimento de um intruso. Na figura 6 temos um alarme deste tipo, onde podemos observar o emissor e o receptor de ultrassons.



*Figura 6 – Um alarme volumétrico ultrassônico*

### **Kits Trio Elétrico**

Dada a procura dos sistemas de trio elétrico, que nem sempre vêm no modelo de carro comprado, pode-se encontrar no mercado kits completos, facilmente instaláveis nos veículos comuns.

Estes sistemas constam de interruptores de portas, uma buzina ou sirene de boa potência, sensor ultrassônico, módulo de controle e controle remoto.

Na figura 7 temos um kit comercial deste tipo anunciado na internet que também contém os mecanismos de levantamento dos vidros (vidros elétricos).



*Figura 7 – Kit de trio elétrico comercial*

Além disso, existem veículos que já vêm de fábrica com uma fiação para inclusão do alarme de forma simples na forma de um módulo. Estes veículos já preparados podem ter diversas configurações possíveis para os sensores.

Um recurso interessante encontrado em alguns tipos de alarme é a imobilização inteligente. Neste tipo de alarme, uma vez que o motorista entre no veículo após desarmar o alarme, ele ainda tem de acionar uma chave secreta, por exemplo, no cinto de segurança.

Se ele não fizer isso, depois de algum tempo de funcionamento, o veículo é imobilizado, deixando de funcionar o motor. Este recurso é

importante no caso de seqüestros ou do ladrão pedir para o motorista abrir veículo para fugir.

Mais adiante, neste mesmo capítulo, tratamos dos imobilizadores.

## **Travas**

As travas de portas podem ser mecânicas ou elétricas. As travas mecânicas são item comum em todos os carros não havendo, portanto, interesse maior em seu estudo, pois não possuem qualquer tipo de circuito elétrico ou eletrônico.

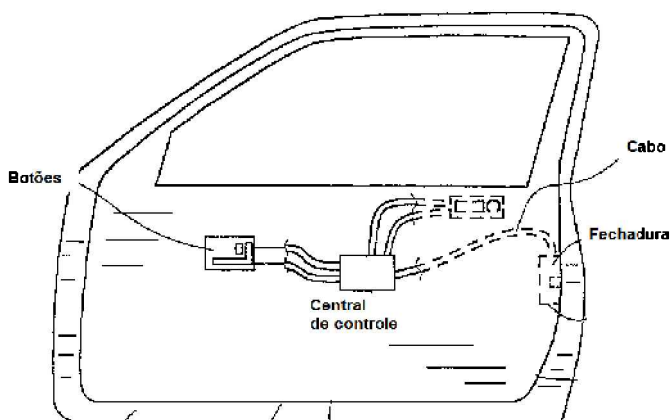
Já as travas elétricas, possuem um circuito de acionamento de um solenóide ou motor eventualmente controlado por uma central que possibilita sua operação de modo automático ou ainda pelo controle remoto, no destravamento, para permitir o acesso do motorista e dos passageiros.

As travas podem atuar sobre as portas, porta-malas e eventualmente outros locais em que se julgue necessário num veículo. A ação da trava pode também ser mecânica, sem a necessidade da utilização do sistema elétrico de controle.

Na trava elétrica temos um motor ou um solenóide que são controlados pelas correntes ou comandos que vêm dos botões nas portas. Normalmente é usado um circuito lógico numa central que processa os sinais de modo que não ocorram acionamentos simultâneos.

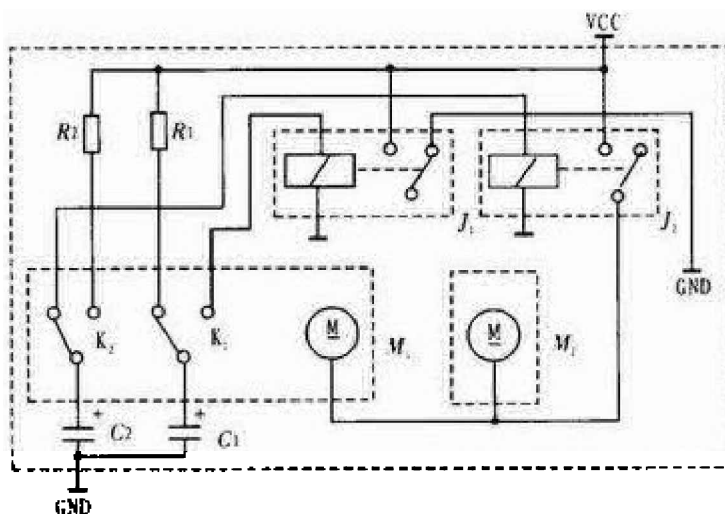
Também temos a ação inteligente que faz com que as travas sejam acionadas quando o veículo atinge uma determinada velocidade.

Na figura 8 temos a instalação típica de um circuito de trava, onde a localização e os elementos podem variar de acordo com o veículo.



*Figura 8 – Instalação típica*

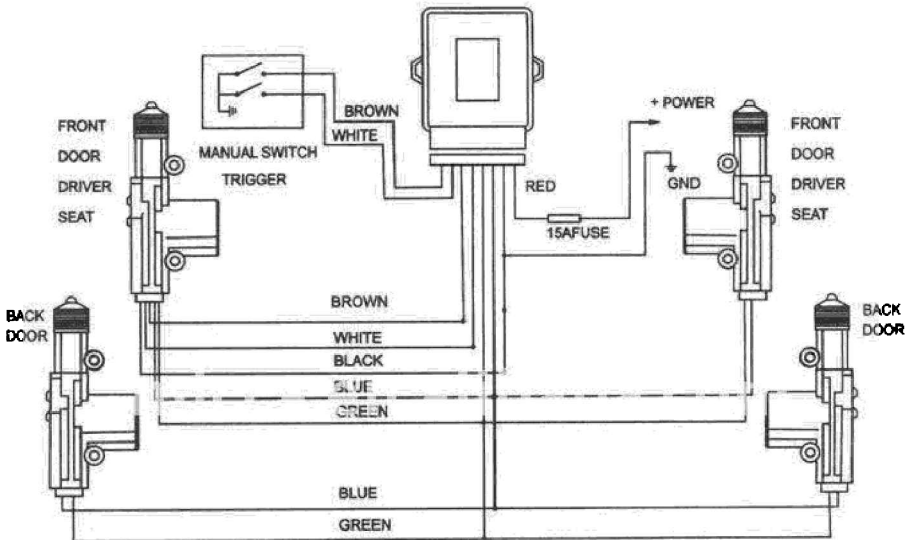
Na figura 9 temos um circuito típico de um controle de fechadura automotiva (trava) com dois estados, travado (lock) e destravado (unlock). O circuito possui duas chaves que controlam dois relés.



*Figura 9 – Circuito típico de um sistema de trava*

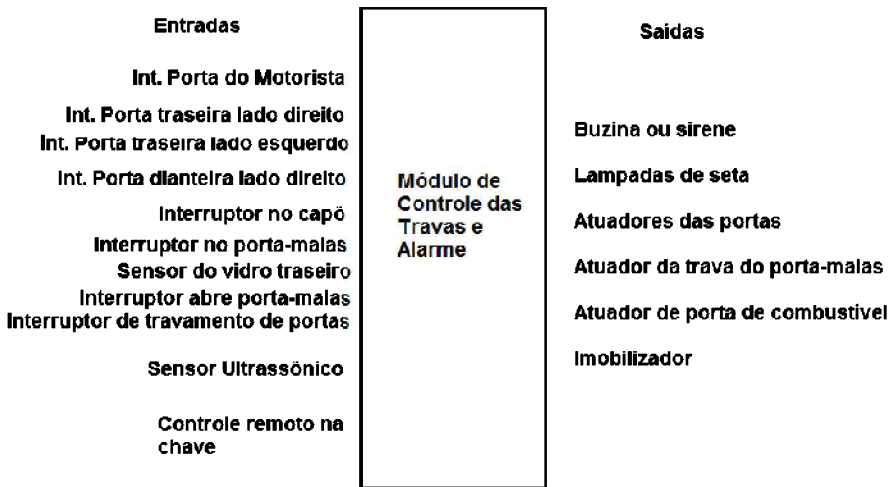
Conforme podemos ver, neste circuito temos componentes elétricos do que eletrônicos. No entanto, nos circuitos mais avançados existe uma central inteligente que recebe sinais do microprocessador para fazer o controle das travas.

Para este tipo de atuação temos uma configuração mais complexa que é mostrada na figura 10.



*Figura 10 – Circuito completo de trava de um carro comum*

O sistema de alarme está interligado ao sistema de vidros e travas. Isso é feito de uma forma inteligente através do módulo de alarme, conforme mostra a figura 11.



*Figura 11 – Interligações dos sistemas sensores e alarme*

### **Vidros Elétricos**

O terceiro componente do trio elétrico, depois do alarme e travas é o vidro elétrico. Na verdade, os três recursos estão conjugados, sendo controlados por uma central única.

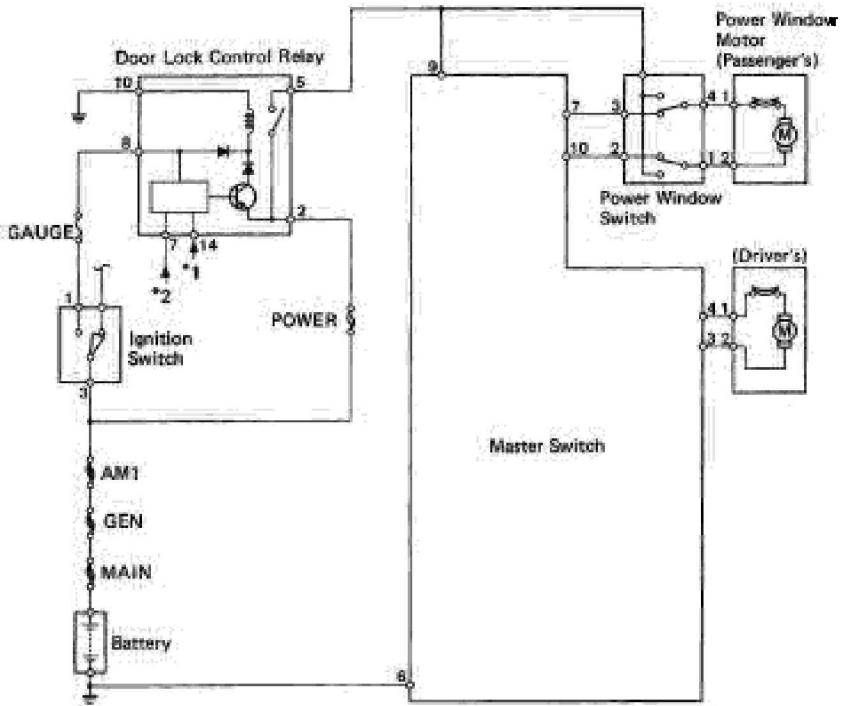
Assim, quando se fecha o veículo ao sair usando o controle remoto, o sistema ao mesmo tempo em que trava as portas, também levanta os vidros.

O sistema de vidros elétricos consiste basicamente num motor que aciona um mecanismo que controla o movimento dos vidros.

O motor de corrente contínua pode girar nos dois sentidos, dependendo do controle externo (inversão da polaridade) e tem um consumo relativamente elevado, de alguns ampères, dada a força que deve exercer para que os vidros se movimentem.

Alguns veículos possuem vidros elétricos na parte dianteira e traseira enquanto que outros, apenas na parte dianteira.

Na figura 12 temos o circuito típico de um sistema de vidros elétricos convencionais de uma Pick-Up Toyota.



*Figura 12 – Sistema de controle de vidro elétrico comum*

O controle é feito por interruptores nas portas, sendo que o da porta do motorista controla os quatro vidros (ou dois, se forem apenas os dianteiros).

O sistema mecânico de acionamento pode ser de três tipos, mostrados na figura 13.



*Figura 13 – sistemas mecânicos de acionamento de vidros*

O diagnóstico eletrônico deste tipo de circuito consiste em se testar os fios e os interruptores e finalmente os motores, para verificar se estão funcionando normalmente.

Na figura 14 temos o posicionamento do motor de acionamento com seu cabo de alimentação.



*Figura 14 – Motor e sistema de acionamento de um vidro elétrico*



***Problemas mecânicos***

*Uma boa parte dos problemas com os vidros elétricos é de natureza mecânica, relacionados com lubrificação ou aperto de partes.*

Um recurso muito importante, que se tornou obrigatório há alguns anos devido a acidentes que causaram até a morte de crianças, é a paralisação e inversão do motor dos vidros caso ele encontre um obstáculo para levantamento.

Assim, se alguém ficar preso no vidro, quando ele levanta, encontrando um obstáculo, ele paralisa o movimento abrindo e evitando assim um acidente grave, como já ocorreu no passado. Este controle é denominado "pitch protection" ou proteção contra esmagamento.

O circuito "sente" o aumento na corrente do motor, quando ele faz um esforço maior, e em função deste sinal, faz a inversão do sentido de rotação.

Os controles de acionamento dos vidros também possuem recursos importantes que tornam mais confortável o seu acionamento pelo motorista e pelos passageiros.

Assim, além do fechamento automático encontramos o recurso da subida e descida expressa (Express up and down). Este recurso faz com que tenhamos a abertura ou fechamento dos vidros com um simples toque no botão de controle.

Finalmente, temos um recurso muito interessante para o conforto dos passageiros e do motorista que é o denominado "alívio interno da pressão" ou internal pressure relief.

O que este recurso faz é abrir por um breve instante, apenas alguns milímetros, um dos vidros quando a porta é fechada e todos os demais vidros fechados.

Isso faz com que a pressão causada pelo fechamento das portas, a qual pode causar certo desconforto nos ouvidos das pessoas, seja aliviada. Tão logo a porta seja fechada, o vidro volta a sua condição normal de totalmente fechado.

### ***Imobilizador***

Um recurso importante de segurança, controlado pelo sistema de alarme e mesmo pelo sistema de partida é o imobilizador.

O imobilizador nada mais é do que um sistema que pode tanto impedir a partida do motor, como desligar o motor depois de certo tempo, caso o sistema de alarme detecte uma intrusão.

A finalidade deste recurso é evitar o furto de veículos, impedindo que ele seja levado do local em que se encontra, ou se for, não se deslocar mais do que algumas centenas de metros, o que facilitaria sua recuperação.

#### ***Temporização***

*A temporização na imobilização é importante no caso em que o motorista é forçado a deixar o veículo ou entregá-lo. Estando sob ameaça seria perigoso não deixar o criminoso sair com o carro. Deixando o indivíduo se afastar, o proprietário tem tempo de se resguardar antes do veículo parar.*

Os bloqueadores podem atuar de diversas formas:

1. Bloqueador do motor - neste caso, o circuito impede o funcionamento do motor, paralisando se ele estiver em movimento.
2. Bloqueador de partida - neste caso, o dispositivo impede a partida do motor
3. Imobilizador - além de impedir o funcionamento do motor comunica-se com o alarme que é então acionado.

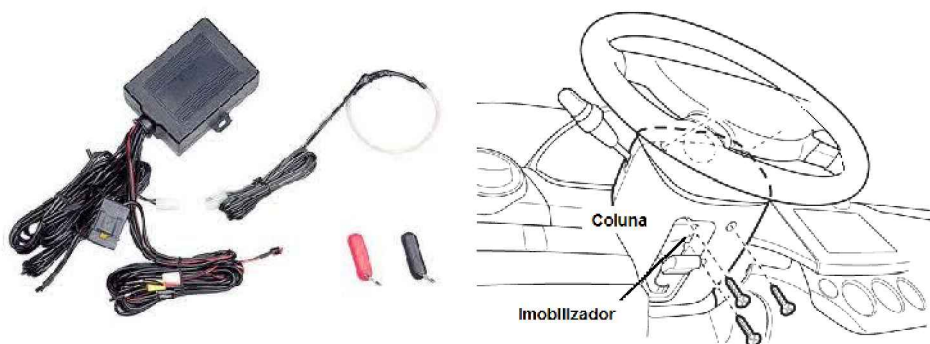
Quando a chave é colocada no contato, é estabelecida uma comunicação com o circuito que libera a partida através de um transponder que será estudado mais adiante.

Ocorre então uma comunicação digital entre ambos que permite ao circuito do carro verificar se a chave introduzida não é apenas uma cópia mecânica da original, mas, além disso, tem na codificação eletrônica a identificação do veículo.

Se a comunicação entre a chave e o veículo for correta então a partida é liberada.

A comunicação entre a chave e o módulo de imobilização é feita através de um sistema denominado RFID, que estudaremos mais adiante e que não exige o uso de fonte de alimentação. No entanto, por este fato, ele só atua a uma distância muito pequena.

Assim, o sistema de comunicação é instalado na própria coluna da direção, conforme mostra a figura 15.



*Figura 15 – Kit imobilizador e o local de sua instalação*

O circuito típico de um imobilizador é dado na figura 16.

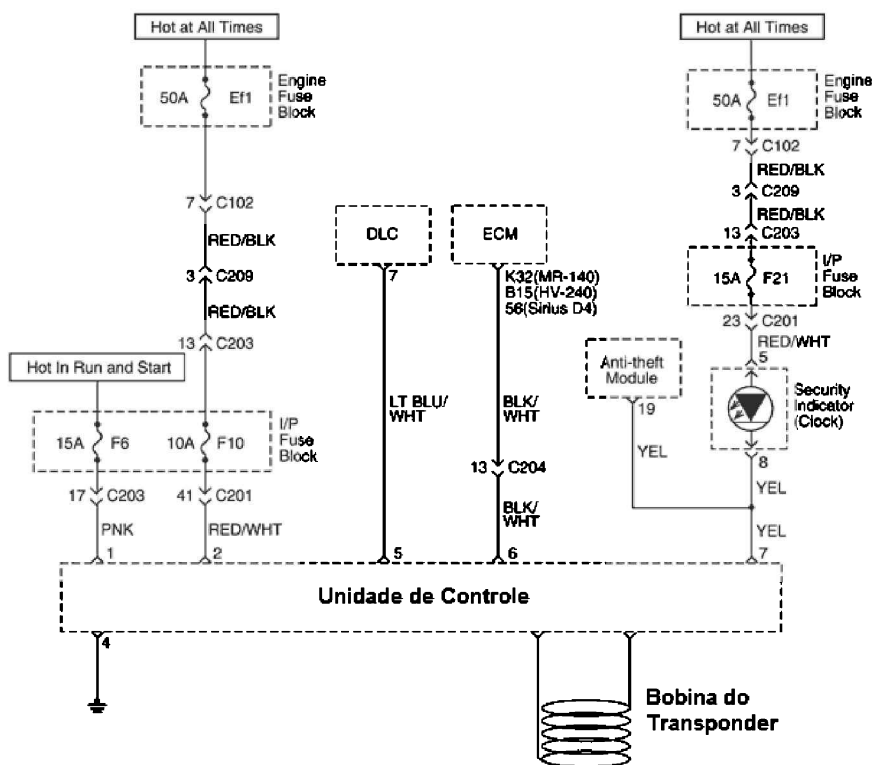


Figura 16 – Circuito de um imobilizador

## Transponders

Para a comunicação a curta distância, sem a necessidade de uma bateria para a alimentação são usados transponders.

Um exemplo está na chave de partida que contém um chip que se comunica com um sistema emissor-receptor situado na coluna do carro no momento da partida.

Este chip contém o código do veículo de modo que a partida só é possível se a chave correta for inserida no contato, quando então a partida é liberada, atuando sobre o circuito imobilizador, conforme

vimos no item anterior. Na figura 17 temos chaves de partida contendo transponders.



*Figura 17 – Chaves com transponders*

### **Chaveiro automotivo**

*Uma atividade rendosa em nossos dias é a de chaveiro automotivo. A reprodução de uma chave com transponder exige um equipamento especial que programa o chip que contém o código do carro. Aparelhos especiais, que são usados pelos chaveiros, fazem isso. Uma técnica especial deve ser usada, havendo*

*cursos específicos normalmente dados pelas empresas que vendem as máquinas de programação.*



*Aparelho que lê e reproduz códigos de chaves*

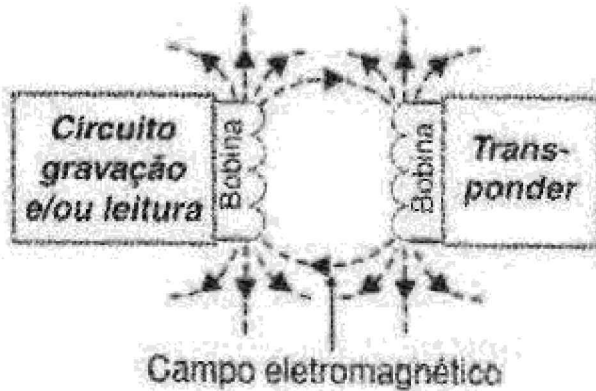
A tecnologia usada para se fazer a comunicação sem fio e sem a necessidade de alimentação é denominada RFID ou Identificação por Rádio Frequência (Radio Frequency Identification). Vejamos como ela funciona.

As soluções wireless para segurança, controle, comunicação de dados vêm ocupando um espaço cada vez maior na eletrônica de nossos dias. A afirmação que fazemos sempre de que o mundo está se tornando "wireless", a cada dia se torna mais evidente.

A identificação por rádio frequência (RFID) surgiu em 1960 com a finalidade de resolver os problemas de acompanhamento e acesso em sistemas que não permitiam o contacto direto e em ambientes hostis, onde o código de barra não podia ser aplicado.

A ideia básica da tecnologia de identificação por rádio frequência consiste em se utilizar um microchip ligado a uma antena, operando tanto em baixas como altas frequências.

Esse microchip consiste num transponder que não necessita de fonte de alimentação, pois o sinal que o excita vem diretamente de um circuito de leitura/gravação que o excita, conforme mostra a figura 18.



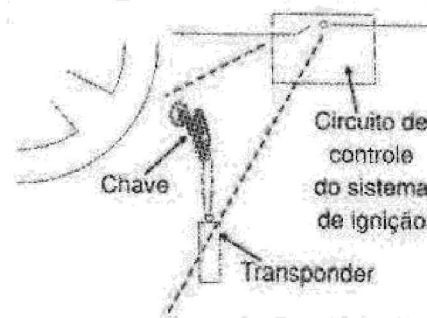
*Figura 18 – O campo do gravador/leitor e o transponder*

Ao ser excitado, o circuito é alimentado enviando ou recebendo dados que estejam gravados. Trata-se, portanto de um Transponder, ou seja, um circuito que transpõe informações ao receber um comando para essa finalidade.



O exemplo mais comum deste tipo de aplicação pode ser visto nas chaves de automóvel com transponder. No chip existe uma codificação gravada que libera o circuito de partida.

Quando a chave é introduzida no contacto, o circuito de excitação que controla o sistema de partida, envia o sinal de excitação para o transponder. O transponder responde então enviando o código que libera o sistema de partida e somente assim o veículo pode ser colocado em funcionamento, conforme mostra a figura 19.



*Figura 19 – O transponder da chave do carro*

O exemplo que demos, entretanto, é apenas um dentre a enorme quantidade de aplicações possíveis para a tecnologia.

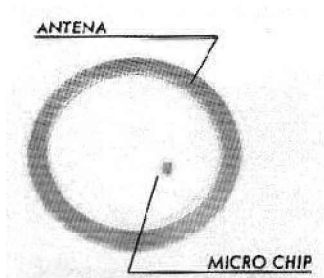
As dimensões ultra reduzidas do chip, a não necessidade de fontes de alimentação e a operação em distâncias que chegam a algumas dezenas de centímetros, a não necessidade de conexões físicas ou ópticas para o sistema de leitura o que permite que os sinais atravessem obstáculos pequenos, abre portas para aplicações fantásticas dessa tecnologia, muitas das quais já em uso de forma eficiente tais como:

1. Identificação de gado com a utilização de brincos contendo os transponders (tag) ou mesmo implantação.
2. Chaves de segurança para veículos
3. Identificação de CDs
4. Identificação de botijões de gás
5. Identificação de árvores em plantações
6. Controle de acessos
7. Controle de produtos e bagagens
8. Cartões de embarque e passaportes
9. Documentos

### **Segurança**

*Existe uma movimentação no sentido de adotar os chips de identificação em todos os veículos possibilitando sua identificação ao passar por pedágios ou locais em que sejam instalados leitores. Com estes recursos, a taxa de pedágio pode ser registrada automaticamente e debitada numa conta de celular ou mesmo no cartão de crédito.*

Na figura 20 mostramos os formatos típicos em que os microchips e suas antenas podem ser encapsulados para as aplicações citadas.

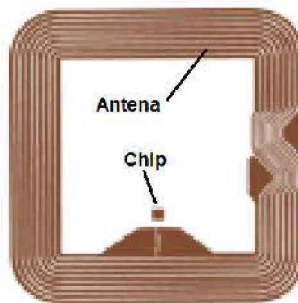


*Figura 20 – Microchip ou tag de FRID*

Os diâmetros típicos em que os tags podem ser encontrados no Brasil são de 20 mm e 30 mm. Também existem os tags em forma de pinos, em invólucros para implantação e o fabricante pode criar um invólucro especial de acordo com a aplicação como, por exemplo, na forma de cartões, botões, etiquetas, etc.

### ***Por Dentro do Circuito***

Na figura 21 temos um tag (transponder) típico de RFID onde destacamos as reduzidas dimensões do chip.



*Figura 21 – A antena e o chip*

Dependendo do modelo do chip, a transferência de dados pode ser feita em velocidades diferentes. A capacidade de armazenamento do chip depende da aplicação e poderá estar entre 256 bits e 2 kbits.

Existem duas possibilidades para o armazenamento de dados no chip:

Chip somente de leitura, sendo este numerado na fábrica, e com uma capacidade de memória que depende da aplicação. Chip que permite leitura e gravações com capacidade de memória que depende da aplicação.

### ***Leitura e Gravação***

A leitura e a gravação do tag é feita por um equipamento especial, havendo disponível diversos modelos que dependem da aplicação.

Assim, podemos ter as leitura/gravadoras on line que contata o tag através de sinais recebidos/emitados por uma antena e os envia via RS232 ou RS485 a um equipamento de processamento, conforme a aplicação. Também é possível fazer a gravação sem fio com equipamentos como o da figura 22.



*Figura 22 – Leitor de RFID portátil*

Esse equipamento também possui recursos para transferir os dados coletados a um sistema de processamento via RS232 ou RS485;

O alcance do sistema para leitura e gravação depende basicamente do tamanho da antena. Assim, na figura 23 temos um exemplo de comportamento do tag para o caso de diversos tipos de antenas num tag de 30 mm.

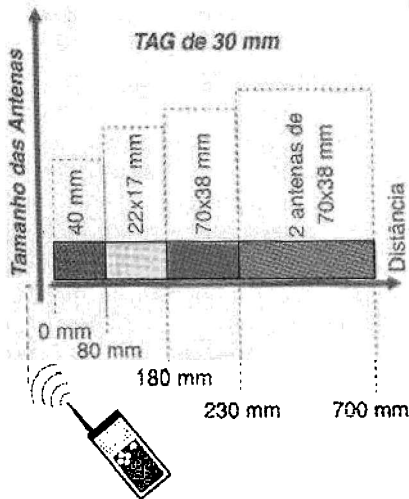


Figura 23 – Tamanho e alcance

Para um tag de 50 mm podem ser conseguidas distâncias maiores e as empresas trabalham no sentido de se obter distâncias de leitura e gravação cada vez maiores.

## Controle Remoto

A maioria dos sistemas de alarme possui sistemas de ativação e desarme controlados por um controle remoto, normalmente situado na chave do veículo, conforme mostra a figura 24.



*Figura 24 – Chave e controle remoto*

Não devemos confundir os sistemas de controle remoto que são diferentes dos sistemas de transponder que veremos mais adiante.

Os sistemas de controle remoto atuam a uma distância de até algumas dezenas de metros necessitando de uma pequena bateria (normalmente de 2 V e em alguns casos de 9 V) para sua alimentação, como os controles remotos usados em portas de garagem.

Os transponders, por outro lado são passivos, não necessitando de alimentação, mas funcionam a distâncias de alguns centímetros apenas.

Os controles remotos são usados no acionamento de alarmes, destravamento de portas e alarmes e em algumas outras funções de segurança. Existem carros em que a partida pode ser dada a distância através do controle remoto.

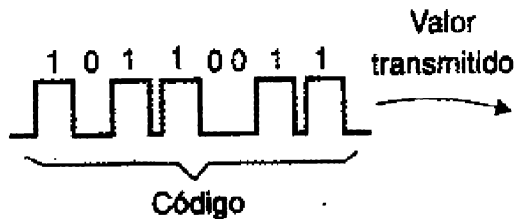
Um problema deste tipo de circuito é o relacionado com a segurança. Cada transmissor só deve ter o sinal reconhecido pelo seu receptor. Isso é obtido através da emissão de sinais codificados.

Com milhões de veículos em circulação, a quantidade de códigos que deve estar disponível deve ser muito grande.

### **Microcontroladores**

*O uso de microcontroladores e de circuitos especiais (FPGAs) possibilita a utilização de uma quantidade muito grande de códigos diferentes, eliminando assim a possibilidade de repetição.*

A codificação digital pode ser feita de diversas formas. Uma delas consiste em se enviar um valor binário codificado conforme mostra a figura 25.



*Figura 25 – Transmissão de um código binário*

**Codificação digital**

*Veja no nosso Curso de Eletrônica Digital (volumes 1 e 2) como funcionam os códigos e a numeração digital.*

Esse valor representa então o código de acionamento do sistema remoto e tanto mais dígitos ele contenha, maior será a quantidade de combinações possíveis.

No entanto, para um circuito prático que use uma codificação digital deve ser usada uma configuração relativamente complexa.

Uma possibilidade interessante consiste em se utilizar circuito integrados especiais que são especialmente fabricados para se implementar sistemas de controle remoto codificados digitalmente.

A Motorola tem na sua linha de produtos um par de circuitos integrados "casados" especialmente projetados para esta aplicação e que são muito usados em sistemas de abertura de portões de garagem e sistemas de alarme, pela sua eficiência e enorme número de combinações que admitem.

Falamos dos circuitos integrados MC145026 (encoder) e MC145027 (decoder) cujas pinagens são mostradas na figura 26.



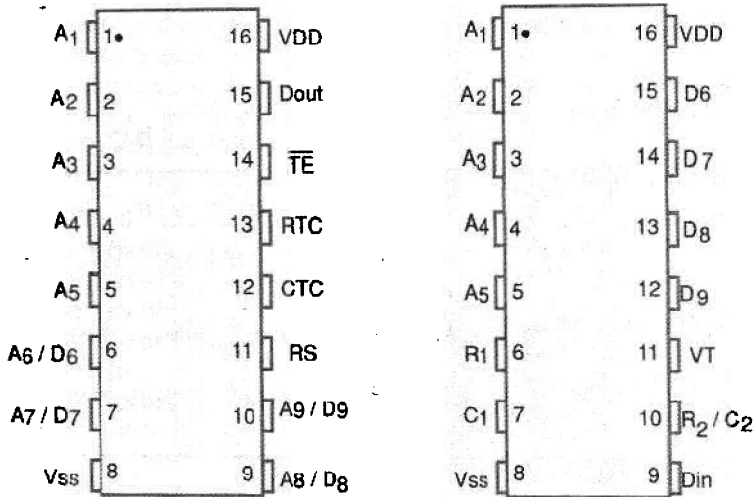


Figura 26 – Circuitos integrados codificadores e decodificadores

O MC145026 é o codificador (encoder) que possui 9 entradas de programação da senha que podem ficar no nível baixo (0), nível alto (1) ou abertas. Isso nos leva a  $3^9 = 19\ 683$  combinações diferentes. O circuito também possui 4 entradas para transmissão de dados binários que podem ser usadas num sistema multi-canal.

### Combinações

Veja que o número de combinações é limitado neste caso. Assim, para um portão de garagem é menos provável que veículos que passem na porta e acionem indevidamente o controle do portão, tenham o mesmo código e o sistema seja acionado. No caso do destravamento de portas e alarme, a chance é maior, num

*estacionamento, por exemplo, o que leva a adoção de outras soluções que veremos mais adiante.*

A combinação de níveis lógicos aplicada a estas entradas aparece na saída do decodificador quando a combinação (senha) é reconhecida.

O MC145027 é o decodificador (decoder) devendo ser ajustado para responder ao mesmo código programado no codificador. O envio dos sinais entre os dois pode ser feito através de fio, rádio ou radiação infravermelha dependendo da aplicação.

No caso dos veículos, utiliza-se um transmissor de rádio, normalmente na forma de um pequeno modulo e de que trataremos mais adiante.

Na figura 27 temos um circuito típico de aplicação do par.

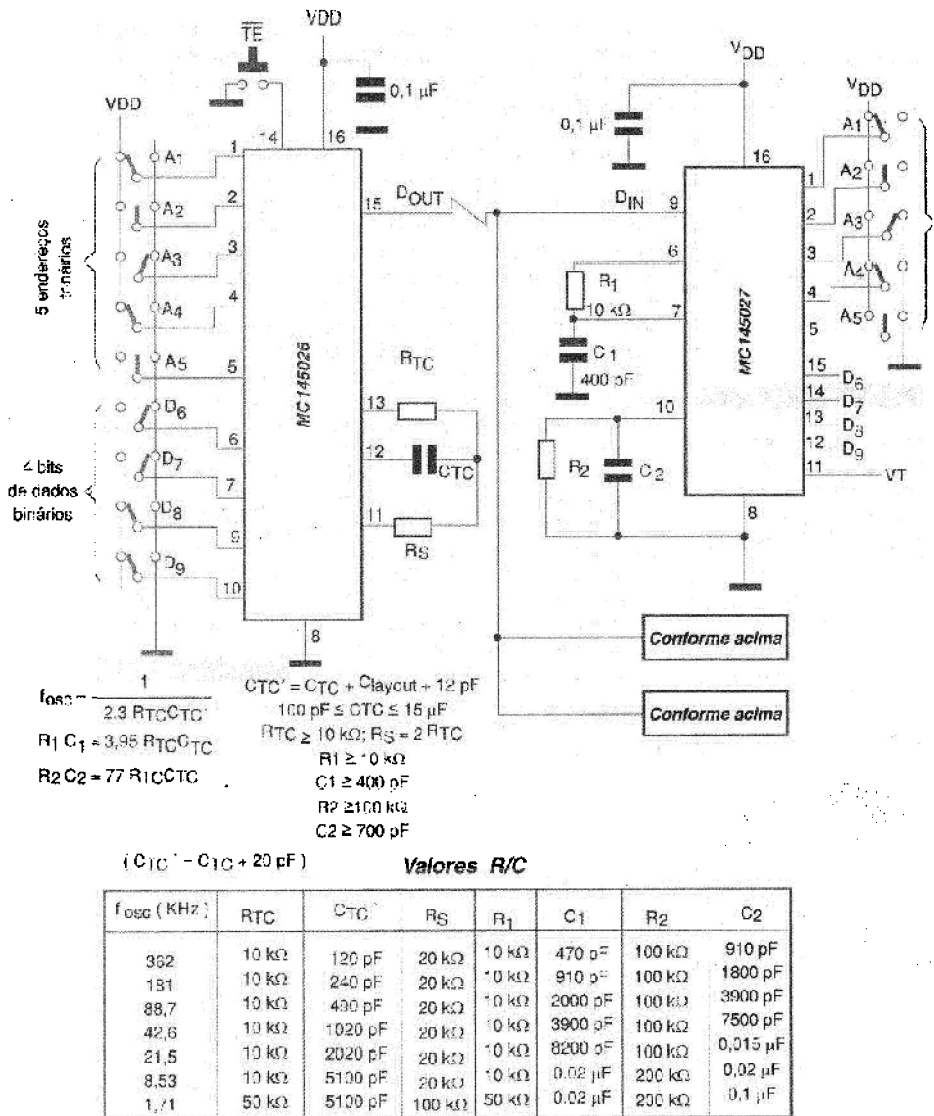


Figura 27 – Circuito típico de aplicação do datasheet dos componentes da Motorola

Um ponto muito importante na utilização do par de CIs nos projetos de controle remoto é garantir-se que haja um perfeito sincronismo entre eles.

Assim, os capacitores e os resistores que formam as redes de temporização dos dois circuitos são críticos e normalmente a eles se deve as eventuais falhas de funcionamento.

Também, na escolha desses componentes deve ser levada em conta a taxa máxima de transmissão dos sinais admitida pelo sistema transmissor e receptor. Se uma modulação muito rápida for feita, o transmissor não consegue transmitir os códigos e evidentemente o receptor não consegue recebê-los.

Para os valores dos componentes mostrados no circuito, a taxa de transmissão dos sinais ocorre numa frequência de 21,5 kHz o que garante o funcionamento normal da maioria dos sistemas comuns de controle remoto.

Sobre este par de circuitos integrados, com projetos podem ser obtidas na seção de datasheets do site do autor.

### **Componentes**

*A montagem do circuito dado como exemplo é simples, mas podem ocorrer problemas de funcionamento pela qualidade dos componentes utilizados, que são críticos.*

Outra solução bastante usada em sistemas de controle remoto automotivo é a que faz uso de microcontroladores.

Na solução microcontrolada, um microcontrolador é programado com o código que deve ser transmitido e também a velocidade com que isso deve ser feito.

Os microcontroladores modernos possuem memória flash, ou seja, memórias que podem ser apagadas e gravadas facilmente a qualquer momento pela simples conexão a um computador ou a um dispositivo externo de programação.

Na figura 28 temos um exemplo de kit de programação de controle remoto deste tipo.



*Figura 28 – Kit comercial para cópia de controles e programação*

Para a transmissão dos sinais codificados por rádio a solução mais adotada é a que faz uso de módulos híbridos.

Com a utilização de módulos híbridos de transmissores e receptores que operam na faixa de UHF a montagem de controles remotos, sistemas de segurança sem fio, alarmes de carros e muitos outros equipamentos fica sensivelmente facilitada.

Um dos problemas maiores do projeto e montagem de sistemas sem fio está nas etapas de alta frequência, especificamente do transmissor e do receptor.

Para operar em frequências elevadas, tanto para se evitar o congestionamento do espectro como os ruídos como ainda para atender as normas internacionais, caso o equipamento seja industrializado, o circuito se torna crítico e eventualmente de difícil implementação numa linha de montagem.

Uma solução barata e eficiente consiste no uso das etapas do transmissor e do receptor prontos na forma de Módulos Híbridos.

Estes módulos nada mais são dois circuitos completos tanto do transmissor como do receptor já montados com componentes SMD numa placa muito pequena que pode ser encaixada e soldada diretamente na placa principal.

Na figura 29 temos exemplos destes módulos.



*Figura 29 – Módulos de 433,92 MHz usados em controles remotos*

Outras frequências utilizadas nestes sistemas são de 315 MHz e 418 MHz.

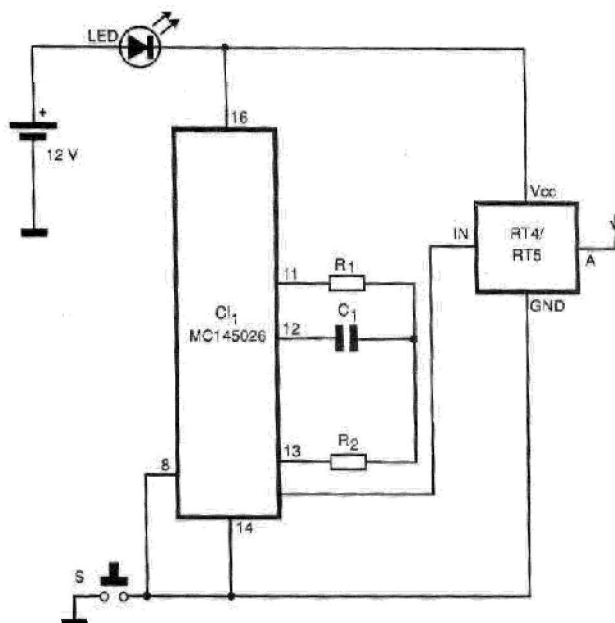
Como estes módulos são fabricados em série por um processo muito preciso que inclui o ajuste de frequência com o uso do LASER, têm-se a garantia de que o sinal do receptor pode ser recebido pelo receptor sem a necessidade de ajustes.

Muitas empresas fabricam pares de módulos transmissor-receptor que podem ser usados, tanto para a elaboração de projetos industriais, como por amadores para aplicações como:

- \* Sistemas de segurança residencial sem fio
- \* Sistemas de alarme de carro sem fio
- \* Controle de abertura de portas de garagem
- \* Monitoramento remoto de sensores

Na prática os circuitos emissores são formados por um codificador e um módulo transmissor cuja frequência pode ser de 315 MHz 418 MHz e 433,92 MHz, que são as padronizadas internacionalmente para este tipo de aplicação (sob encomenda, para grandes quantidades os fabricantes podem fabricar o circuito operando em outras frequências).

Na figura 30 temos um circuito típico de um transmissor codificado usando um módulo híbrido.



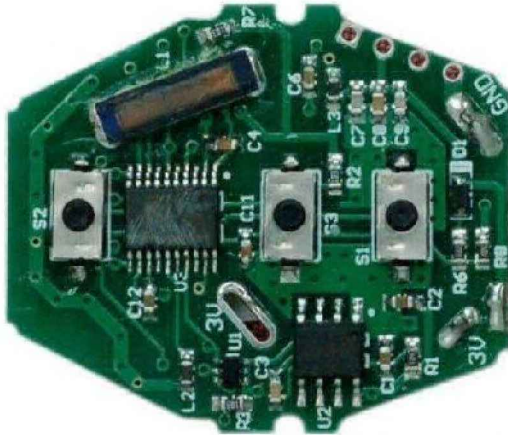
*Figura 30 – Diagrama de um transmissor codificado típico*

Estes módulos podem operar com tensões de 2 a 14 volts na faixa de 303,8 MHz a 433,92 MHz (caso não sejam usadas as frequências padronizadas) com uma velocidade máxima de transmissão de dados de 4 kHz.

O consumo típico é de 4 mA o que significa em condições normais num sistema de controle remoto alcances de 20 a 50 metros dependendo da topografia local, da existência de obstáculos e outros fatores que possam influir na transmissão e na recepção.

Na figura 31 temos uma placa de um controle remoto deste tipo usada num carro de linha.





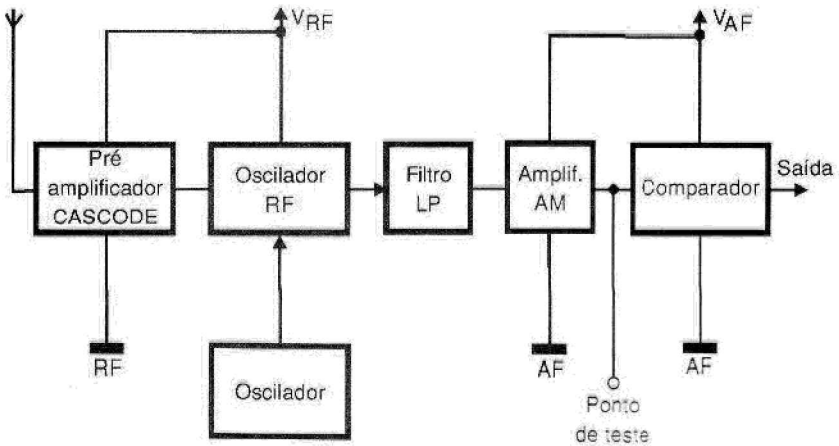
*Figura 31 - Controle remoto de 315 MHz usado em carros BMW.*

*A bateria de 3 V fica na parte posterior da placa*

Para as aplicações menos críticas, como as indicadas automotivas, os módulos receptores podem ser super regenerativos.

Na figura 32 temos os diagramas de bloco típicos de módulos deste tipo que têm consumos de corrente muito baixos.

Este baixo consumo permite que eles fiquem permanentemente ligados no veículo, para que o comando possa ser realizado a qualquer momento. Os consumos variam tipicamente de 1,2 a 3 mA para os tipos comerciais.



*Figura 32 – Diagrama de blocos de um receptor super-regenerativo*

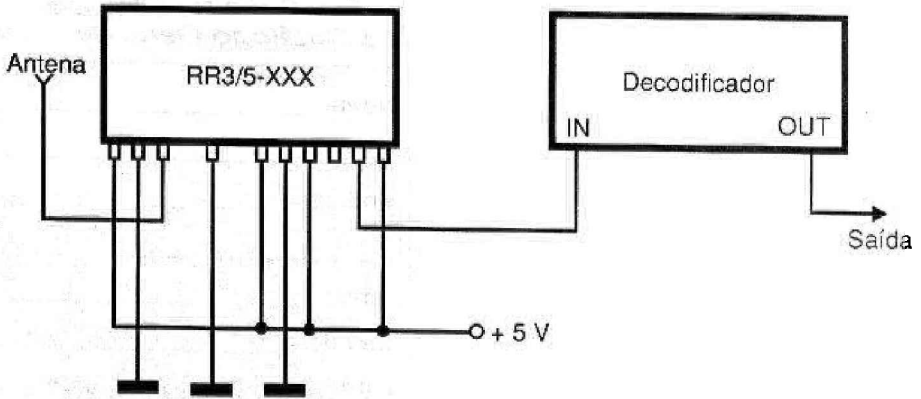
Uma característica importante que deve ser ressaltada neste tipo de circuito é a estabilidade de funcionamento, mesmo quando o circuito é agitado ou ainda quando ocorrem variações grandes de temperatura.

A faixa de tensões de operação vai de 4,5 a 5,5 V fornecendo na saída uma tensão máxima de 0,6 V para o nível baixo e uma tensão mínima de 3,6 V para o nível lógico alto.

Nos automóveis, circuitos que reduzem os 12 V para esta faixa de tensão são empregados, ou então tipos que já são fabricados para operar com 12 V.

Estes módulos podem ser fabricados na faixa de frequências de 250/280 MHz até 450 MHz caso não sejam utilizadas as frequências padronizadas.

Na figura 16 temos a aplicação típica dos módulos em um sistema receptor para o controle remoto codificado da figura 33.



*Figura 33 – Ligação típica do módulo receptor a um decodificador*

A saída do receptor pode ser ligada diretamente ao decodificador obtendo-se então o nível de tensão que aciona o circuito de comando.

### **Alcance**

*O alcance destes sistemas depende muito da presença de ruídos nos ambientes. Em locais ruidosos pode haver uma redução deste alcance.*

## **GPS – GLOBAL POSITIONING SYSTEM**

Um equipamento que se tornando cada vez mais comuns nos automóveis e outros veículos é o GPS. Já existem veículos que saem de linha com este recurso enquanto que em outros casos, o GPS é acrescentado como equipamento acessório.

Nos casos em que os equipamentos saem já como parte do veículo, eles estão instalados no painel enquanto que nos outros são fixados no vidro dianteiro, ou mesmo sobre o painel de modo que o motorista possa ter visibilidade fácil das informações projetadas.

O GPS permite encontrar o destino que se deseja com extrema facilidade e a maioria das grandes cidades têm a informação sobre ruas, sentido de tráfego e até mesmo eventuais interrupções ou congestionamento constantemente atualizadas.

Analisemos o princípio de funcionamento do GPS.

A Guerra do Golfo revelou ao mundo civil a existência de novos e fantásticos dispositivos eletrônicos militares que tornam infalíveis muitas armas.

Mísseis voando baixo sobre Bagdá e identificando seus alvos a ponto de poder acertar a entrada de ar condicionado de um silo de foguetes mostra a que ponto a precisão eletrônica pode chegar.

No entanto, tais recursos para a destruição também podem ser usados com outras finalidades, que não sejam militares, e hoje estão ao alcance do público comum como é o caso do GPS.

As cenas de foguetes voando baixo sobre Bagdá na Guerra do Golfo e depois na Guerra do Iraque e o acerto de alvos de poucos centímetros com precisão incrível à distâncias muito grandes, vistas nas televisões de todo o mundo, certamente impressionaram a todos na época, principalmente os mais ligados à eletrônica, como nossos leitores.

A utilização de recursos eletrônicos fantásticos nessas armas, possibilitando sua orientação quase que infalível, mostraram que não há limites para o que esta ciência pode fazer.

No entanto, o que poucos sabem é que os recursos desenvolvidos para a orientação dessas armas não são apenas um segredo militar, mas pela primeira vez, foram compartilhados com o público civil de uma forma "mais branda", num sistema que certamente já está

revolucionando nossos costumes e gerando novos dispositivos fantásticos.

Como um foguete pode saber exatamente em que lugar ele está, identificando os obstáculos com precisão de modo a contorná-los e sabendo exatamente onde está seu alvo?

A resposta está no sistema denominado GPS ou Global Positioning System.

## O GPS

A ideia de se criar um sistema de orientação eficiente vem da segunda guerra mundial quando os antigos sistemas Loran (nos Estados Unidos) e Decca (na Europa) foram criados.

Tais sistemas consistiam basicamente numa rede de estações transmissoras de rádio em locais bem determinados, enviando sinais para os receptores das aeronaves e navios que procuravam se orientar.

Tais sinais eram codificados de tal forma, que pela sua recepção era possível, por triangulação, determinar com boa precisão o ponto em que o receptor se encontrava, conforme sugere a figura 34

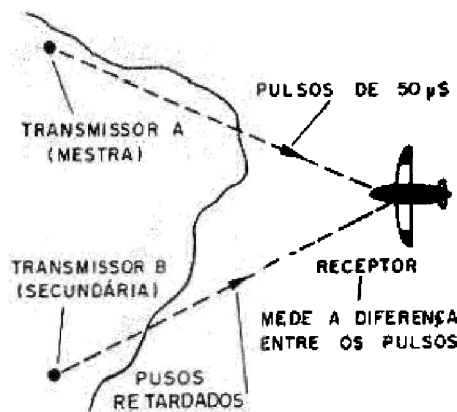


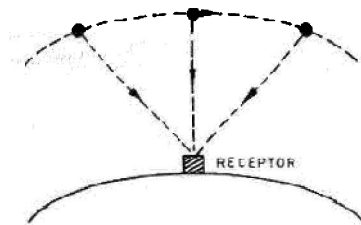
Figura 34 – Antigo sistema de orientação terrestre por rádio

No entanto, para que tal sistema pudesse ser usado, o receptor deveria estar dentro do alcance dos transmissores, o que significava que não havia uma cobertura mundial.

A ideia de um sistema que pudesse ter cobertura mundial surgiu em 1973 a partir de um programa da força aérea americana denominado Navstar GPS ou Navstar Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global Navstar), e que teve seu primeiro teste efetivo feito em 1977 com o lançamento de um satélite espacial.

Os testes realizados com o satélite tiveram tanto sucesso que o programa foi então implantado definitivamente com o lançamento de uma rede de satélites em torno da terra, com a capacidade de fazer a cobertura mundial para o sistema.

Tais satélites formariam uma rede de tal forma que organizada, que em cada local do mundo sempre haveria pelo menos um na "linha de visão" do receptor, conforme mostra a figura 35.



*Figura 35 – Ideia de um sistema por satélites*

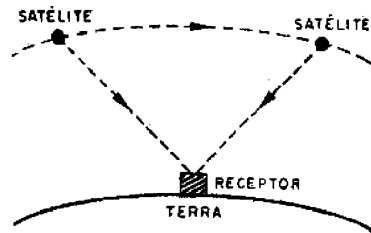
Evidentemente, como o sistema funciona com sinais de rádio existem diversos problemas que devem ser considerados.

Um deles é a distorção dos sinais causada pela ionosfera que pode afetar a precisão de tal modo a limitá-la a algo em torno de 20 a 30 metros.

Outro problema é que os sinais de alta frequência têm dificuldade de penetrar em certos locais.

Mas, mesmo assim a precisão obtida na prática é incrível.

O que temos então é uma rede de satélites girando em torno da terra e emitindo sinais de tal forma codificados, que sua recepção por um circuito especial e processamento por equipamento conveniente, permite determinar com precisão de metros sua posição sobre o globo terrestre, o que mostramos na figura 36.



*Figura 36 – Sistema usando a triangulação por satélites*

É claro que a possibilidade de se ter acesso a tal sistema de orientação preocupou os seus criadores.

Imaginem o que terroristas poderiam fazer se tivesse o domínio completo dessa tecnologia!

Por esse motivo, os militares americanos que o desenvolveram cuidaram para que sua utilização pelos inimigos não fosse feita de forma total com uma precisão que fosse ameaçadora, mas também não impediram seu uso civil com uma precisão "menos perigosa".

Assim, foram criadas duas versões do GPS (Global Positioning System): Militar e Civil.

Na versão militar existe um código especial de processamento dos sinais que permitem obter uma precisão da ordem de 20 metros na determinação da posição e esse código é mantido secreto.

O código P, como é conhecido, na verdade permite até um aumento da precisão pela utilização de sistemas diferenciais chegando a alguns milímetros!

Na versão civil, a precisão, menor, por motivos óbvios, ficando em torno de 100 metros.

O importante é que o acesso a versão civil pode ser feito por qualquer um, o que leva a criação de sistemas de orientação fantásticos e que já estão influenciando no nosso dia a dia.

Com o desenvolvimento de chips que contém todos os elementos para a elaboração do receptor, aparelhos portáteis de localização já se tornaram comuns a baixo custo e até já fazem parte dos automóveis.

Assim, no carro, iate, no ultra-leve, na moto ou mesmo levando na mochila, o viajante em qualquer instante pode saber sua posição exata sobre o globo terrestre simplesmente consultando o GPS.

Mapas baseados nas indicações de tais aparelhos já estão sendo elaborados de modo a facilitar viajantes de todos os tipos na sua localização a qualquer momento.

Muitos desses mapas já estão embutidos na própria memória eletrônica do aparelho, o que lhe permite saber até em que bairro de uma cidade você se encontra ou mesmo em que rua.

## **USOS PARA O GPS**

Além de um simples instrumento de localização para viajantes, o GPS promete muito mais.

No carro já temos uma possibilidade muito interessante que já começa a ser explorada por determinadas marcas que estão incluindo o recurso em modelos de maior custo.



Com mapas de alta precisão e acoplado a um receptor que recebe os sinais do sistema GPS, o aparelho fornece ao motorista em qualquer instante sua posição em qualquer parte do mundo em que ele se encontre, colocando num visor de alta definição semelhante ao de um computador um mapa com esta localização! Na figura 38 damos um exemplo.



*Figura 38 – GPS em painel de carro*

Sistemas de segurança já utilizam o GPS para determinar a posição de um veículo roubado e enviá-la via rádio a uma central de controle.

### **TV**

*Muitos aparelhos de GPS de uso automotivo também incorporam receptores de TV.*

## COMO FUNCIONA O GPS

Em torno da terra existe um anel de satélites que orbitam a uma altura de 20 200 quilômetros, dando duas voltas em torno da terra a cada dia sideral.

O dia sideral é mais curto que o dia comum, pois leva em conta a translação da terra em torno do sol e não somente a sua rotação.

Esse dia sideral tem 23 horas e 56 minutos de duração.

Devido a esta órbita, a cada volta o satélite passa pela mesma posição sobre a terra 4 minutos mais cedo.

O anel de 18 satélites tem 6 planos orbitais com três satélites cada um, posicionados com uma inclinação de 55 graus, conforme mostra a figura 39.

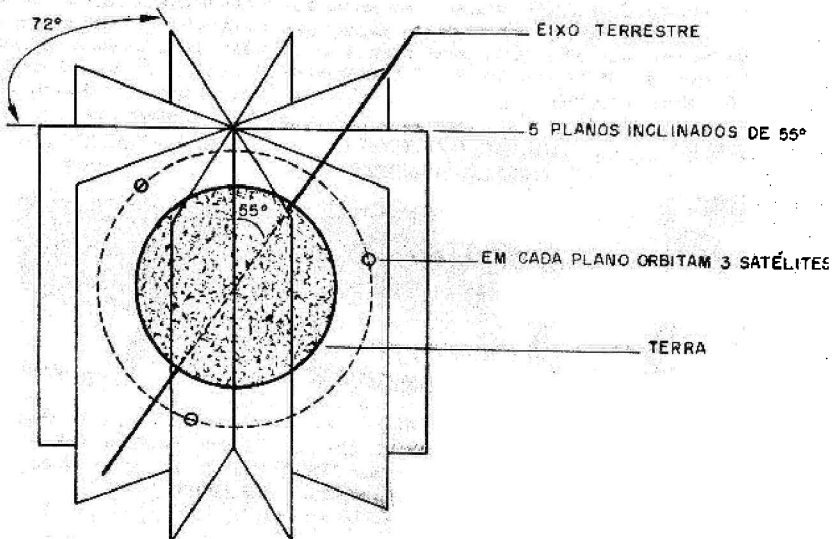


Figura 39 – Os satélites do sistema GPS

Cada um dos satélites transmite sinais continuamente na mesma frequência de 1575 MHz.

O processo de modulação é o Spread Spectrum Modulation ou Modulação de Espectro Espalhado, utilizado em muitos outros sistemas modernos como os de comunicação: "wireless".

Nele, a portadora tem constantemente sua fase invertida por um código pseudo-aleatório na frequência de 1,023 MHz.

A recuperação do sinal original é feita pela multiplicação por uma cópia do código usado que é mantida na memória do receptor.

Conforme foi visto, existem duas versões para este código: a conhecida por todos que é para uso civil e a secreta, de alta precisão, para uso militar.

Cada um dos satélites leva ainda um código próprio de identificação de sua posição e de temporização.

A temporização, para se obter a precisão necessária, é feita por meio de relógios atômicos.

Para saber sua posição o receptor e seu circuito de processamento utilizam o seguinte processo:

Em primeiro lugar o receptor mede o deslocamento da frequência resultante do Efeito Doppler, devido ao movimento do satélite em relação à terra.

Depois, o circuito mede o intervalo de propagação do sinal entre diversos satélites.

Na memória do microprocessador existem informações sobre as órbitas dos satélites em cada instante e, portanto, sobre suas posições em relação à terra.

Combinando os resultados das medidas dos sinais com os dados da memória do microprocessador o circuito fornece as coordenadas exatas do local em que ele se encontra.

No carro, o GPS deve ser posicionado de modo que os sinais externos alcancem sua antena interna com facilidade. A posição no painel ou no pára-brisas é ideal neste caso.

A alimentação pode vir tanto de baterias internas, caso em que teremos um equipamento também de uso portátil como da própria bateria, através de um cabo apropriado.

### **Termos em Inglês**

Nesta lição tivemos uma grande quantidade de termos em inglês, muitos dos quais são mantidos na forma original. Damos as traduções para os principais:

Lock – trava

Unlock – destrava

Blocking – bloqueio

Horn – buzina

Siren – Sirene

Window – vidro do carro (janela)

Push – empurrar

Pull – puxar

Express –expressa

Close – fechar

Open – abrir

Deadlock – travamento mecânico

Deadbolt – travamento mecânico

Pitch protection – proteção anti-esmagamento

Relief – alívio

## Questionário

1) Normalmente, nos automóveis o interruptor da porta que acende a luz de cortesia é aproveitado também para:

- a) Acionar a trava
- b) Acionar os vidros
- c) Imobilizar o veículo
- d) Acionar o alarme

2) Os recursos: trava, vidro elétrico e alarme fazem parte do que se denomina:

- a) Alarme inteligente
- b) GPS
- c) Trio elétrico
- d) IMMO

3) Nos veículos modernos já existe uma fiação preparada para receber o trio elétrico. Ela é conectada à:

- a) Central de controle do motor
- b) Ignição eletrônica
- c) Modulo de controle do trio elétrico
- d) Sistema de imobilização do veículo

4) O dispositivo que permite à chave de contato se comunicar com o sistema inteligente do carro que libera a partida chama-se:

- a) Transponder
  - b) GPS
  - c) Controle remoto
  - d) IMMO
- 5) O componente básico de uma trava é:
- a) Um motor
  - b) Um solenóide
  - c) Um fusível
  - d) Um módulo eletrônico
- 6) Que tipo de sinal utiliza um controle remoto de abertura e alarme de carro?
- a) Infravermelho
  - b) Ultrassônico
  - c) Rádio frequência
  - d) Elétrico
- 7) O GPS depende para seu funcionamento:
- a) Da captação dos sinais dos satélites
  - b) Da potência do motor do carro
  - c) Da habilidade do motorista
  - d) Da velocidade de deslocamento do carro

## Capítulo 11

### Instrumentos, Painel e Som

No capítulo anterior tratamos do trio elétrico que consta do sistema de alarme, travas das portas e porta-malas e levantamento dos vidros. Vimos também como funcionam os transponders, os controles remotos e o GPS. Neste capítulo continuamos com mais alguns equipamentos que podemos dizer que são acessórios, no sentido de que não influem no funcionamento do veículo, mas são importantes, porque informam o motorista sobre o que está acontecendo com o veículo sob diversas condições de funcionamento e mesmo de não funcionamento. Falaremos de alguns instrumentos que encontramos no painel do veículo e no próprio painel que tem recursos de controle e informação importantes como relógios, rádios, etc.

Nos veículos antigos, os instrumentos eram totalmente mecânicos ou eletromecânicos do tipo analógico, em que um ponteiro se movimentava em uma escala, movido por um sistema dotado de engrenagens, molas, etc.

Nos veículos atuais, uma pequena parte dos instrumentos indicadores é do tipo analógico, sendo a maioria do tipo digital. Assim, na explicação do funcionamento dos principais tipos de instrumentos, trataremos tanto dos digitais como dos analógicos.

É claro que não abordaremos todos os instrumentos possíveis, pois em alguns casos, existe até um exagero na sua quantidade como, por exemplo, nos carros de competição ou esportivos, como mostra a figura 1.



Figura 1 – Painel de instrumentos de um Ford GT antigo

## Cluster

Os instrumentos indicadores e luzes de alerta dos automóveis modernos fazem parte de um sistema único denominado cluster. Este sistema reúne todos os circuitos necessários à excitação dos indicadores do painel, conforme mostra a figura 2.

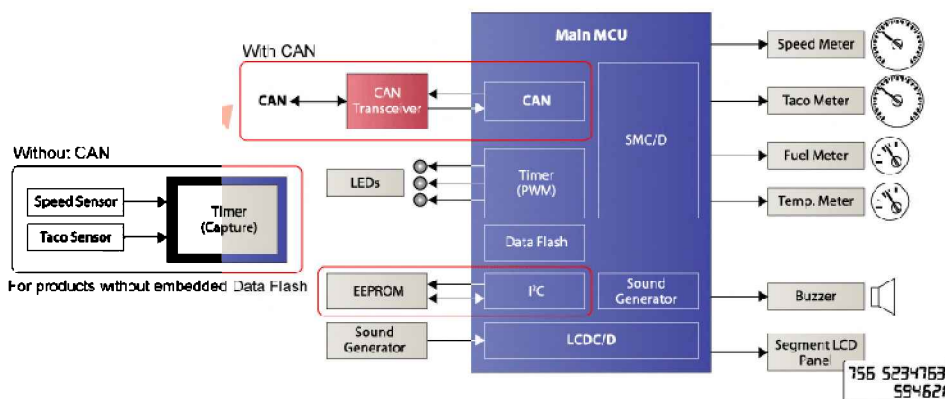


Figura 2 – Cluster de instrumentos com circuito integrado da Renesas



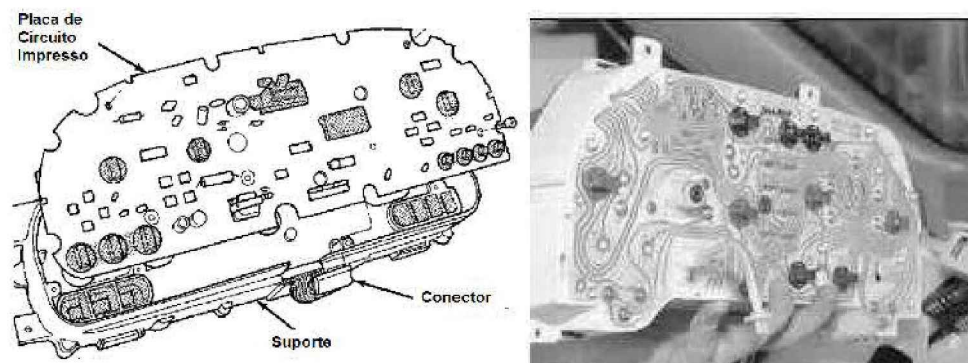
O diagrama de blocos da figura 2 mostra um circuito integrado de microcontrolador (MCU) desenvolvido especialmente para este tipo de aplicação.

Ele centraliza num único aplicativo todos os elementos necessários à indicação de velocidade, rotação do motor, nível de combustível, temperatura e ainda alimenta o mostrador de cristal líquido do painel que indica todas estas funções na forma digital.

A operação das diversas funções na forma separada, como nos veículos antigos tradicionais, e integrada, será analisada nos próximos itens deste capítulo.

Assim, em muitos veículos modernos, o painel de instrumentos e indicadores consiste numa peça única em que já temos a própria placa de circuito impresso com as trilhas de ligação incorporadas e o sistema inteligente (unidade de controle).

Conforme mostra a figura 3, esse fato torna bastante difícil fazer eventuais trocas de componentes ou partes. A reparação, na maioria das vezes fica limitada a emendas de trilhas ou reparação de pequenos problemas semelhantes.



*Figura 3 – Montagem de um cluster e foto de um cluster de instrumentos de automóvel Mazda*

Mesmo nos veículos que fazem uso de instrumentos analógicos, podemos tê-los todos incorporados a um painel único, conforme mostra o diagrama da figura 4.

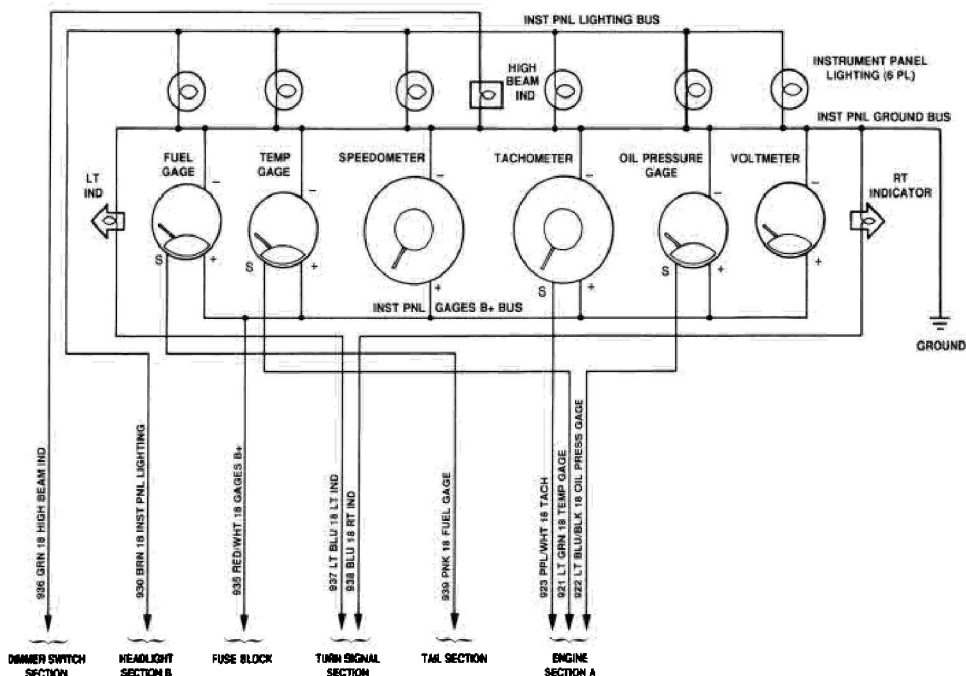


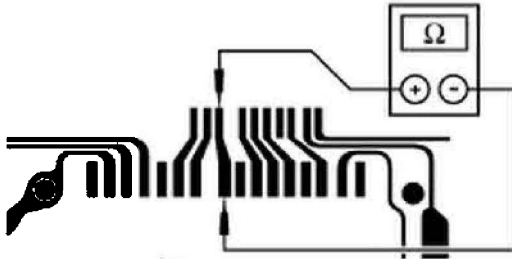
Figura 4 – Conexão dos instrumentos de um carro mais antigo

Observe que, além dos instrumentos, temos nos painéis dos carros mais antigos as lâmpadas indicadoras incorporadas.

Nos carros mais modernos, os displays usados podem ser de LEDs, caso em que eles produzem a própria luz ou ainda serem iluminados por LEDs externos.

O teste destes clusters pode ser feito segundo os mesmos procedimentos que adotamos para qualquer aparelho eletrônico.

Testamos componentes e as trilhas da placa de circuito impresso, o que pode ser feito com a ajuda de um multímetro, conforme mostra a figura 5.



*Figura 5 – Testando as trilhas de uma placa de um painel*

O multímetro deve ser colocado na escala mais baixa de resistências (Ohms x1 ou Ohms x10 se for analógico) e todos os testes devem ser feitos com o circuito do painel desligado.

Retire o conector do painel que o liga ao circuito do carro para fazer qualquer tipo de teste.

### ***Como Testar Componentes e Conserte Tudo***

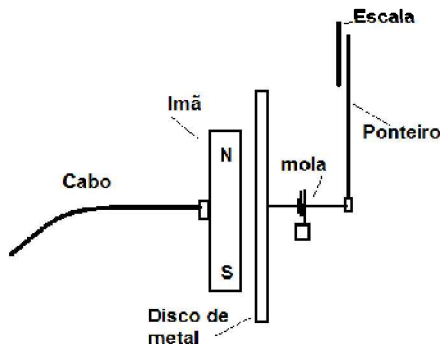
*Nas nossas duas séries de livros (E-Books) – Como Testar Componentes em quatro volumes e Conserte Tudo – ensinamos como proceder para diagnosticar defeitos em placas e testar os mais diversos tipos de componentes eletrônicos e elétricos. Também é interessante o livro O Segredo no Uso do Multímetro.*

## O velocímetro

O velocímetro tradicional mecânico, na verdade funciona como um motor de indução.

Um cabo acoplado à caixa de mudanças funciona como sensor de rotação, transmitindo esse movimento a um ímã na caixa do velocímetro.

Este ímã girará então numa velocidade tanto maior quanto maior for a velocidade do carro, conforme mostra a figura 6.



*Figura 6 – Princípio de operação do velocímetro comum*

Com seu movimento é induzido num disco próximo uma corrente que cria um campo que se contrapõe ao movimento do ímã, e com isso, surge uma força que tende a movimentá-lo.

Este disco está acoplado à agulha indicadora e a uma mola. Assim, o movimento do disco e da mola será proporcional à corrente induzida que, por sua vez é proporcional à velocidade de rotação dos ímãs.

Pode-se então ter uma indicação com boa precisão da rotação do eixo que é obtida justamente da velocidade com que o veículo se movimenta.

### **Motor de indução**

*Este princípio de funcionamento é o mesmo dos motores elétricos de indução. Assim, mesmo sem haver um circuito ou uma conexão elétrica à bateria do carro, podemos dizer que se trata de um dispositivo indicador eletro-mecânico.*

Veja que a rotação do motor está diretamente dependente da rotação da roda que, por sua vez depende da velocidade do carro e de seu diâmetro.

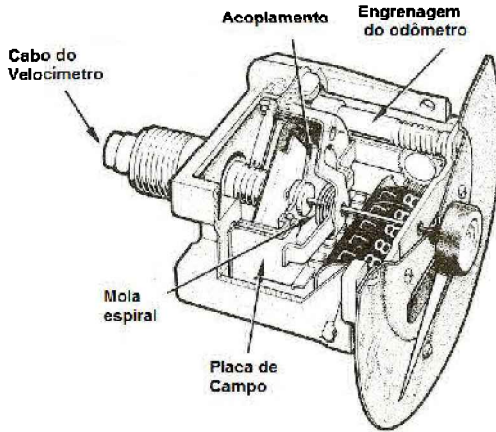
Assim, os velocímetros são calibrados em função do aro do pneu que está sendo usado. Se o diâmetro da roda com o pneu for alterado, muda a indicação do velocímetro.

Com um aro menor, a roda gira mais rápido e também o motor para a mesma velocidade e com isso, o velocímetro dará uma falsa indicação de velocidade maior.

Observe também que, de uma forma menos acentuada, a calibração do pneu também tem certa influência sobre a indicação da velocidade.

O grande problema deste tipo de velocímetro puramente mecânico está na existência de um cabo que pode romper com certa facilidade, sendo exigida sua substituição.

Na figura 7 temos um velocímetro comum que também inclui o odômetro.



*Figura 7 – Um velocímetro aberto*

Na versão digital o que temos é um circuito contador que trabalha com amostragem do sinal obtido num sensor que é colocado na caixa de mudanças ou mesmo na roda.

Na figura 8 temos o velocímetro digital do Honda Civic.



*Figura 8 – Velocímetro digital do Honda Civic*

Em alguns veículos o velocímetro é analógico utilizando-se um ponteiro móvel excitado pelo sinal do sistema digitalizador que faz sua integração.

No entanto, em outros veículos um sistema digital emula um mostrador analógico que então projeta no display uma agulha que se movimenta numa escala de acordo com a velocidade, conforme mostra a figura 9.



*Figura 9 – Velocímetro digital emulado de modo a ter um ponteiro virtual que se desloca numa escala*

Nesta figura temos o velocímetro de um Dodge Dart 2013 que emula um velocímetro analógico tradicional.

Também temos o caso da indicação numérica da velocidade. Neste tipo de indicador, o circuito conta os pulsos do sensor e faz a amostragem transformando-o o valor numa velocidade em quilômetros ou milhas por hora, conforme o local em que o veículo trafega (países de língua inglesa adotam a milha) ou programação do usuário.

Na figura 10 temos um velocímetro deste tipo.



*Figura 10 - Velocímetro com indicação digital*

Na análise dos sinais deste tipo de indicador deve-se verificar se os sinais do sensor estão chegando ao microcontrolador e também os circuitos de alimentação do cluster.

Também deve ser verificado o sensor tacométrico, normalmente associado às indicações do velocímetro e do qual trataremos no próximo item.

## **O tacômetro**

“Tacos” em grego significa velocidade. Assim, a finalidade do tacômetro é medir a rotação do motor de um carro. A indicação da rotação é importante, pois ela possibilita ao motorista encontrar o melhor regime de utilização do carro, para maior desempenho e menor consumo de combustível.

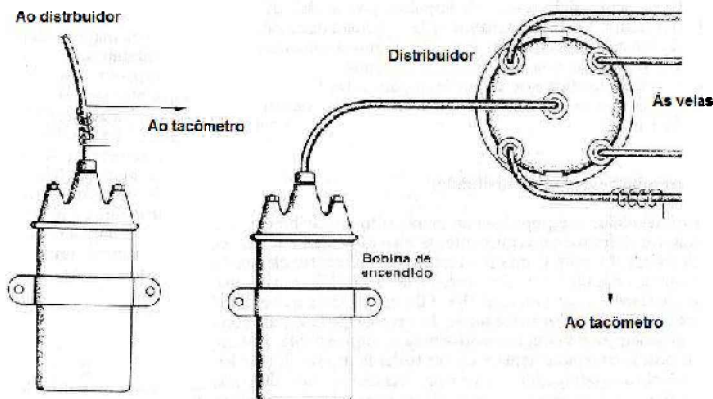


Muitos motoristas, principalmente de carros esportivos, usam o tacômetro para encontrar o melhor momento para fazer uma troca de marchas e alguns deles até conseguem utilizar este instrumento de tal forma que fazem a mudança sem usar a embreagem, baseados no "tempo do motor".

O tacômetro nos tipos de carros mais antigos, com indicação analógica por sistemas mecânicos, têm o mesmo princípio de funcionamento do velocímetro, que já estudamos.

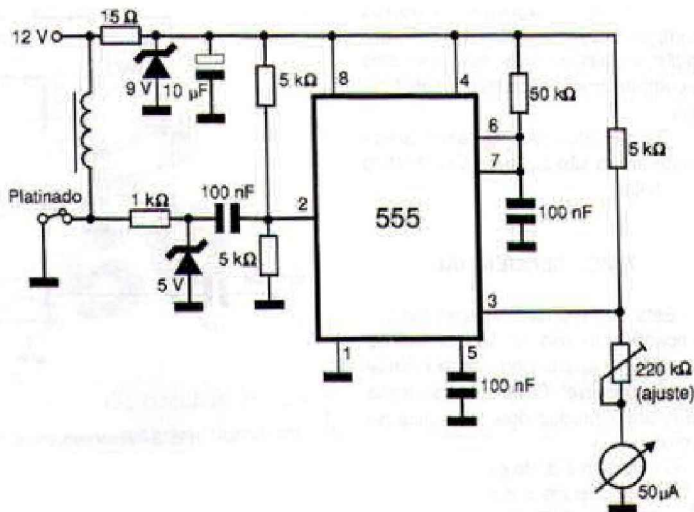
No entanto, os tacômetros eletrônicos podem operar de outra forma. Os que têm uso independente do cluster, como ocorre em carros de alguns anos atrás, aproveitam os pulsos gerados pelo sistema de ignição para monitorar a rotação do motor.

Assim, conforme mostra a figura 11. Um pequeno elo de fio no cabo da ignição pode ser usado para sensoriar os pulsos gerados pelo sistema de ignição que, conforme sabemos dependem da rotação do motor.



*Figura 11 – Sensores do tacômetro na ignição*

Na figura 12 temos um circuito de tacômetro que é ligado ao platinado e que faz uso de um indicador analógico.



*Figura 12 – Circuito de tacômetro antigo que faz uso de indicador analógico*

Nos carros mais modernos, entretanto, é usado o sensor hall do sistema de ignição. Seus pulsos são empregados para excitar o circuito indicador, ou então enviados ao microprocessador do cluster de instrumentos que fornece um sinal para um display, que tanto pode emular um mostrador de ponteiro, como dar a indicação digital.

Veja que os sinais dos sensores podem ser detectados em diversos pontos de um cluster. Assim, com um osciloscópio é possível verificar a presença desses sinais e detectar falhas.

Na figura 13 temos exemplos de tacômetros em painéis de carros, na forma digital.



*Figura 13 – Tacômetros digitais*

## **Indicadores de funções**

Além dos instrumentos indicadores, encontramos no carro indicadores simples do tipo sim ou não como lâmpadas e LEDs.

Nos carros mais antigos temos o uso de lâmpadas incandescentes como indicadores de função, por exemplo, do freio de mão acionado, porta aberta, cinto de segurança não colocado, etc.

As lâmpadas também avisam sobre problemas de funcionamento do motor como bateria, nível de óleo e até mesmo combustível baixo, quando um alerta sonoro também pode estar presente.

As tarefas de iluminar um painel ou fornecer indicações antes eram realizadas pelas lâmpadas comuns incandescentes. Ainda encontramos em veículos atuais estas lâmpadas, mas cada vez mais elas estão sendo substituídas pelos LEDs.

Estas lâmpadas são construídas exatamente como os tipos usados em iluminação doméstica, que também estão caindo fora de uso. Elas são formadas por um bulbo do qual se retira o oxigênio para evitar a combustão do filamento, o filamento e uma rosca ou baioneta para seu encaixa num receptáculo apropriado, conforme mostra a figura 14.



*Figura 14 – Lâmpadas de uso automotivo para painéis*

As lâmpadas de uso automotivo podem ter diversas potências e tamanhos, além de configurações dependendo da sua utilização.

Por exemplo, as lâmpadas usadas nos faróis possuem filamentos duplos que permitem que elas operem com duas potências, conforme a quantidade de luz desejada.

Nos veículos atuais, as lâmpadas de filamento incandescente para faróis, lanternas e setas também estão sendo substituídas pelas versões que fazem uso de LEDs.

As lâmpadas usadas nos faróis, setas e lanternas são de maior potência com um consumo que pode alcançar alguns ampères.

Nos painéis, por outro lado, encontramos pequenas lâmpadas de 12 V que exigem correntes na faixa de 100 a 200 mA, conforme a intensidade de luz que devem produzir.

Na figura temos 15 mais alguns tipos de lâmpadas de uso automotivo, algumas com terminais para serem soldados nas próprias placas dos painéis.



*Figura 15 – Mais lâmpadas de uso automotivo*

O teste destas lâmpadas é muito simples podendo ser realizado basicamente de três maneiras.

A primeira é a simples inspeção visual que nos permite ver quando o filamento está interrompido.

A segunda é alimentando a lâmpada com 12 V a tensão para a qual ela foi especificada e verificando se acende.

A terceira é com um provador de continuidade e a quarta com um multímetro comum, conforme mostra a figura 16.

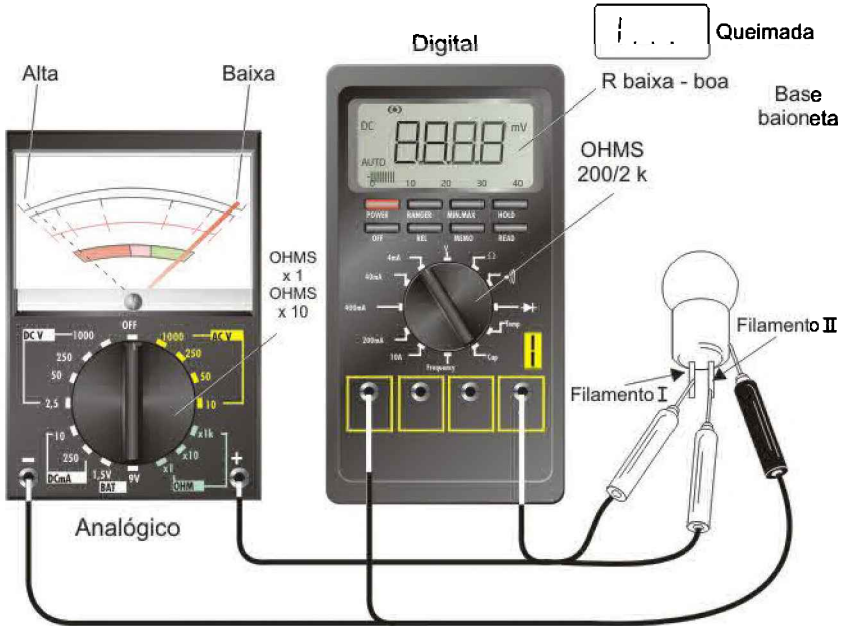


Figura 16 – Testando uma lâmpada com o multímetro

O multímetro deve estar numa escala baixa de resistências e a resistência medida será tanto menor quanto maior for a potência da lâmpada em teste.

Lâmpadas comuns de uso automotivo têm resistências inferiores a 50 ohms. Uma indicação de resistência infinita indica uma lâmpada queimada, ou seja, com o filamento aberto.

Ao usar uma lâmpada numa aplicação automotiva o profissional deve estar atento às suas especificações de corrente e tensão ou de potência (W).

Conforme salientamos, os LEDs e as lâmpadas de LEDs já podem ser encontrados em muitos dos carros em substituição às lâmpadas incandescentes comuns.

Estes componentes consistem em semicondutores que, ao serem polarizados no sentido direto, conduzem a corrente e emitem luz. Na figura 17 temos alguns tipos de lâmpadas de LEDs usadas em aplicações automotivas.



*Figura 17 – Lâmpadas de LEDs de uso automotivo*

### **LEDs**

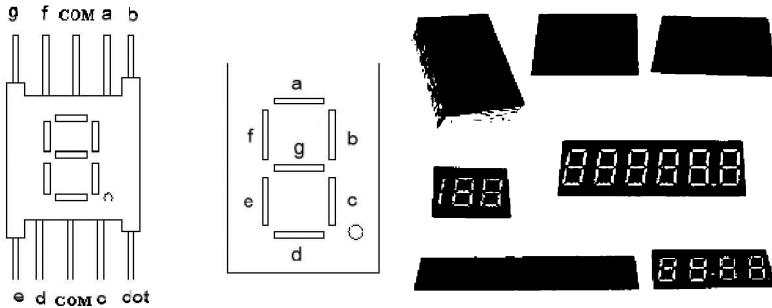
*No nosso curso de Eletrônica Analógica (Vol 2) o funcionamento dos LEDs é explicado em detalhes.*

Os LEDs possuem grandes vantagens em relação às lâmpadas comuns. Além da durabilidade e eficiência maior (mais luz com menor consumo), são mais robustos, resistindo melhor a batidas e vibrações.

A indicação de funções também pode ser dada por displays que mostram números, letras ou símbolos, conforme o caso.

Estes displays não são simplesmente um símbolo iluminado por trás que quando acende é sempre o mesmo. São dispositivos que podem mostrar informações diferentes.

O tipo mais comum é o display de 7 segmentos que pode formar números de 0 a 9 e alguns outros símbolos, conforme mostra a figura 18.



*Figura 18 – Displays de 7 segmentos*

Muitos acessórios, montados fora do cluster de instrumentos como relógios, alertas de velocidade, podem usar estes displays.

### ***Displays***

*No nosso Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica, vol 2, explicamos o funcionamento destes displays.*

Estes displays não devem ser confundidos com os displays de cristal líquido ou LCDs. Os displays de LEDs acendem quando uma corrente passa através de seus segmentos.

Os displays de cristal líquido, que também aparecem em clusters de instrumentos e mesmo em aplicativos externos, funcionam de forma diferente.



Estes displays possuem uma substância que se torna transparente ou opaca quando uma polarização elétrica é aplicada (Veja mais no nosso Curso de Eletrônica – Eletrônica Analógica).

Assim, eles não possuem luz própria devendo ser iluminados por uma fonte externa ou por uma luz por trás do painel. Na figura 19 temos um exemplo de relógio que usa um display desse tipo.



*Figura 19 – Relógio com display do tipo LCD*

Na figura 20 temos um encosto de banco que possui um televisor com tela de cristal líquido (LCD), um acessório que já começa a ser muito popular em carros de luxo.



*Figura 20 – TV de Cristal líquido para encosto de banco e para quebra luz*

Uma característica muito importante dos displays de cristal líquido é seu baixíssimo consumo de energia.

É importante observar que os painéis dos automóveis (cluster de instrumentos), normalmente consistem em peças únicas cuja fabricação é feita sob encomenda para as montadoras.

Assim, em caso de necessidade é muito difícil fazer a substituição de um único componente que venha queimar. Na maioria dos casos é o painel inteiro que deve ser substituído.

Como se trata de peça complexa, o custo desses painéis é bastante alto.

Além destes dois displays também temos os tipos eletroluminescentes e os que fazem uso de plasma ou gás que são mais delicados, mas que já são encontrados em muitas aplicações automotivas, como nos GPS. Na figura 21 mostramos um display deste tipo.



*Figura 21 – GPS com display eletroluminescente*

Os sinais para excitação destes displays podem ser de diversos tipos.

Para os displays de 7 segmentos ou de LEDs com outros formatos, a excitação é feita por uma corrente contínua, normalmente fornecida por um circuito integrado ou um microcontrolador.

Uma tensão de 0,7 V por segmento deve ser encontrada no anodo do display quando ele se encontrar aceso.

Para os displays de 7 segmentos é usado um circuito integrado decodificador que fornece um sinal alternado de baixa frequência para o segmento ou parte da imagem que deve ser excitada.

Para os displays eletroluminescentes temos uma alta tensão alternada entre 60 e 80 volts que deve estar presente no terminal excitado, fornecida por circuitos integrados especiais.

- Display de imagem utilizado num GPS
- Avisos e alarmes
- Além dos indicadores luminosos de painel, os veículos contam ainda com avisos sonoros.

Estes avisos incluem o alarme de porta aberta, de luzes acesas, de cintos não colocados e muito mais, dependendo do veículo.

O tipo mais comum de aviso sonoro de baixa intensidade é o formado pelos buzzers.

Buzzers são transdutores cerâmicos que convertem sinais elétricos em som. Sua aplicação principal é produzir sons de alerta como bips, apitos em sistemas de sinalização.

Por exemplo, quando se deixa uma lanterna acesa e tenta-se sair do carro, a abertura da porta faz com que um buzzer emita um sinal de alerta. Na figura 22 mostramos o aspecto deste pequeno componente de grande utilidade.



*Figura 22 – Alguns buzzers ou transdutores cerâmicos comuns*

Os buzzers são dispositivos de alta impedância não podendo ser testados com multímetros. O melhor é aplicar um sinal de áudio e verificar se ele os reproduz.

Também encontramos alguns tipos que já possuem um oscilador interno incorporado. Assim, para estes, o teste consiste em se aplicar os 12 V da tensão da bateria e verificar se ele emite som.

Para saber se o dispositivo tem ou não oscilador interno, basta verificar o modo como ele é ligado. Se tiver alimentação direta da bateria ele possui oscilador, caso contrário ele é ligado a um circuito oscilador, pois não possui oscilador interno.

Para alarmes e outros indicadores de alta potência encontramos pequenas cornetas que funcionam segundo o mesmo princípio dos alto-falantes. São dispositivos de baixa impedância que devem ser ligados a osciladores ou amplificadores.

Na figura 23 temos exemplos de transdutores deste tipo.



*Figura 23 – Cornetas de alarme*

O teste destes transdutores pode ser feito com um multímetro, da mesma forma que no caso de alto-falantes. Deve ser medida uma baixa resistência.

Finalmente temos as buzinas que são transdutores eletroacústicos cuja finalidade é produzir sons de aviso ou alerta de grande intensidade.

Os tipos mais comuns se baseiam em sistemas eletromagnéticos como o mostrado na figura 24.



*Figura 24 – Tipos comuns de buzinas*

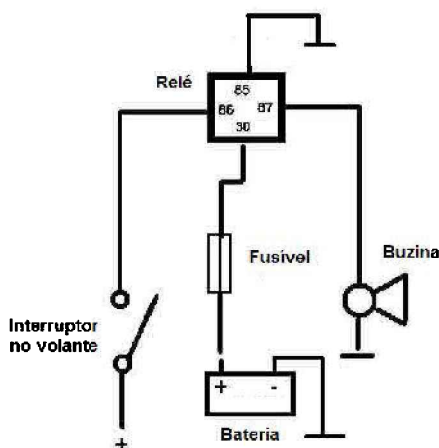
O teste destas buzinas se baseia na medida da continuidade, pois elas possuem um enrolamento de baixa resistência.

Um campo produzido por uma bobina atrai uma membrana que também atua como um interruptor intermitente, gerando assim uma forte vibração que se traduz no som emitido.

O teste elétrico deste dispositivo normalmente consiste na verificação da continuidade da bobina.

Tipos eletrônicos com transdutores piezoelétricos ou mesmo do tipo tweeter já começam a ser encontrados em alguns modelos de carros mais recentes.

Como a buzina é um dispositivo de alta corrente, seu acionamento é feito normalmente através de um relé, conforme mostra o circuito da figura 25.



*Figura 25 – O circuito de acionamento da buzina*

Veja que pela alta corrente os circuitos de alarme não acionam diretamente as buzinas, a não ser que incorporem relés maiores. Normalmente eles atuam sobre o relé da buzina.

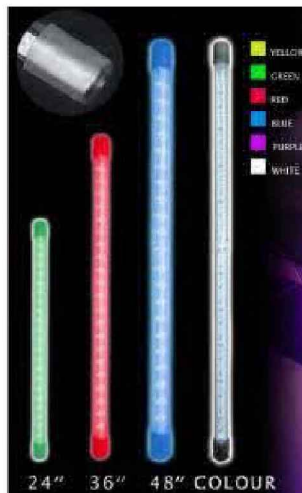
## Outros Indicadores

Encontramos ainda outros tipos de fonte de luz e som utilizados nos carros, mas de uso menos comum.

Temos visto, por exemplo, em alguns veículos o uso de lâmpadas fluorescentes ou neon, normalmente na cor azul ou violeta.

Estas lâmpadas, por operar com alta tensão exigem o emprego de um circuito inversor.

Na figura 25 exemplos dessas lâmpadas.



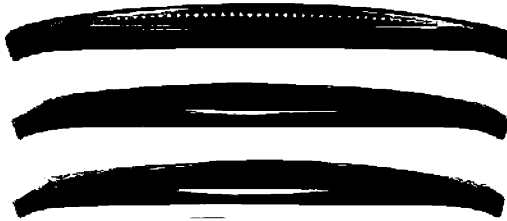
*Figura 25 – Lâmpadas fluorescentes para uso automotivo*

O circuito usado converte os 12 V da tensão disponível na instalação elétrica do carro, numa alta tensão que varia entre 200 e 500 V, sob baixa corrente, que serve para alimentar estas lâmpadas.

É claro que estas lâmpadas são bastante frágeis, podendo quebrar com facilidade. Outro tipo de dispositivo luminoso que

encontramos nos carros é o Brake Light ou Luz Sequencial de Freio que normalmente utiliza LEDs comuns.

Estas luzes consistem em fileiras de LEDs que são acionadas por um circuito eletrônico sequenciador, que é ativado quando se pisa no freio, aproveitando a fiação da luz de freio comum. Na figura 26 temos um exemplo de luz deste tipo.



*Figura 26 – Brake light*

Nos dois tipos de dispositivos, os problemas maiores ocorrem quando os circuitos eletrônicos de acionamento têm componentes queimados.

### **Som, Rádio e Toca CDs**

O som automotivo passou por uma grande evolução nos últimos anos.

Nos primeiros carros, havia apenas o rádio AM valvulado que era um dispositivo bastante problemático, pois as válvulas precisam de alta tensão para funcionar, da ordem de 80 a 150 V, o que impede o uso direto da bateria.



Assim, os primeiros rádios de carro usavam um vibrador mecânico que era uma espécie de auto-transformador capaz de gerar a alta tensão necessária a alimentação dos circuitos de alta tensão.

Na figura 27 temos um vibrador antigo que ainda pode ser encontrado em sites que vendem artigos para colecionadores de carros antigos.



*Figura 27 – Vibrador usado num carro de 1955*

Posteriormente surgiram os transistores e com eles os rádios AM e FM. Estes rádios já tinham maior sensibilidade e até sua potência de saída era maior.

Numa etapa posterior da evolução vieram os rádios com circuitos integrados e toca-fitas que se tornaram populares por muito tempo até o toca-fitas ser substituído pelos CD-players.

Com eles, os componentes passaram para uma nova geração com os ASICs, circuitos integrados contendo todas as funções, especialmente desenvolvidos para uma determinada fábrica.

Atualmente, os novos equipamentos de som dos automóveis, além dos receptores de rádio (AM e FM – se bem que o AM esteja fadado a desaparecer se não se tornar digital), temos os CD players, TV, DVD players e sistemas wireless (Wi-Fi e Bluetooth) que permitem transferir programas sem fio a partir de celulares e outros equipamentos.

Na figura 28 temos um equipamento de som deste tipo que inclui TV, DVD player, som e muito mais.



*Figura 28 – Equipamento de som automotivo moderno*

Se bem que muitos veículos já venham com fiação pronta para receber equipamentos de som, sempre existe a possibilidade de se encontrar um veículo mais antigo, ou ainda um proprietário que deseje um equipamento mais tradicional em seu carro.

Assim, nas próximas linhas vamos tratar da instalação do som comum, partindo desde um simples rádio de modelo mais antigo com AM e FM, até os equipamentos mais modernos.

Auto-rádios, CD Players e toca-fitas de carro podem ser instalados numa infinidade de locais normalmente por pessoal sem um bom conhecimento técnico do assunto.

O resultado é que o som obtido de tais equipamentos não corresponde nem ao que oferece o fabricante do aparelho (que acaba sendo culpado por um desempenho a desejar), nem ao que se espera pelo dinheiro investido. Instalar auto-rádios e toca-fitas é relativamente simples e alguns problemas que ocorrem poderiam ser contornados se houvesse algum conhecimento técnico.

Diversos são os problemas que podem ocorrer se uma instalação de som no carro não for bem feita. Distorções, ruídos, falta de sensibilidade, oscilações, nível desigual de som nos dois canais são alguns exemplos do que pode acontecer.

Para que possamos dar algumas indicações de como superar os problemas será interessante separar os problemas em dois grupos:

### a) RUÍDOS

O fato de um rádio de carro estar ligado na mesma fonte de energia que alimenta o circuito elétrico do sistema de ignição é uma fonte de problemas.

Mesmo os equipamentos de som como DVDs players e amplificadores também estão sujeitos à captação de ruídos.

Os ruídos de comutação do sistema de distribuição e das próprias faíscas das velas podem entrar no circuito amplificador do rádio o do amplificador de outras funções e acabar sendo reproduzido no alto-falante.

Esses ruídos podem entrar no circuito de três maneiras, conforme mostra a figura 29.

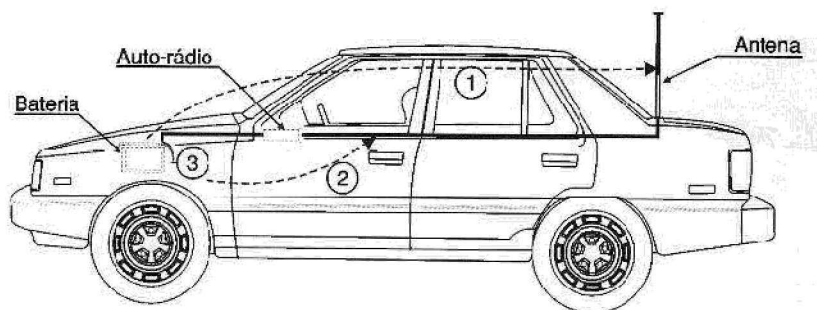


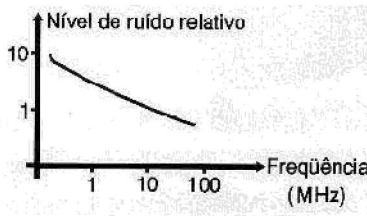
Figura 29 – Possibilidades de captação para um auto-rádio

O primeiro percurso é pelo ar (1), sendo o ruído gerado pelo sistema elétrico do carro irradiado na forma de ondas eletromagnéticas e captado pela antena.

Evidentemente, se esta for a origem do ruído no caso de seu carro, ele não vai se manifestar quando o aparelho for usado na função de toca-fitas.

Também ocorre que a faixa de frequências em que os ruídos do sistema de ignição se concentram coincide na maior parte, com a faixa de AM.

Assim, o ruído será maior justamente quando o receptor estiver sintonizado nas estações de ondas médias. Em FM o ruído deve ser bem menor, conforme ilustra o gráfico da figura 30.

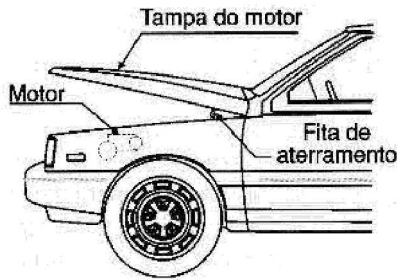


*Figura 30 – O espectro de ruídos*

Para se eliminar o ruído que tenha esta origem, existem duas possibilidades:

Normalmente os carros, por sua estrutura metálica, funcionam como uma blindagem natural, evitando que os ruídos elétricos produzidos sejam irradiados.

Para "fechar" esta blindagem, as tampas dos motores dos veículos são conectadas ao resto do chassi por meio de uma fita metálica, conforme mostra a figura 31.

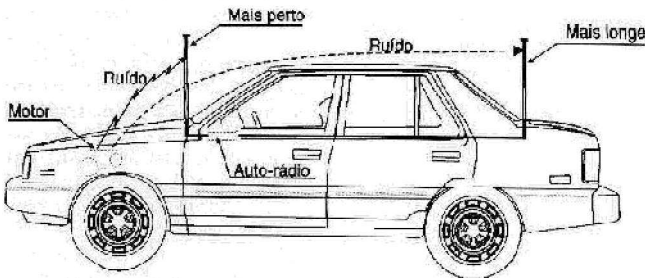


*Figura 31 – O capô devidamente aterrado serve como blindagem*

Se esta fita metálica estiver desligada, interrompida ou apresentar mau contacto, a tampa não funciona como blindagem e os ruídos gerados podem chegar até a antena.

Outro ponto importante a ser considerado é que a proximidade da antena dos pontos onde o ruído é gerado pode significar uma maior sensibilidade.

Muitos fabricantes de equipamentos de rádio para carro recomendam que a antena fique na parte traseira do veículo, longe do motor, portanto, de modo a não captar os ruídos gerados pelo sistema elétrico, conforme mostra a figura 32.



*Figura 32 – Em muitos carros recomenda-se a utilização da antena na parte traseira, para minimizar problemas de interferências*

Finalmente, temos a possibilidade de se usar cabos supressores nas velas do carro. Os cabos comuns funcionam como verdadeiras antenas irradiando o ruído gerado pelas velas que passam a interferir no rádio do carro.

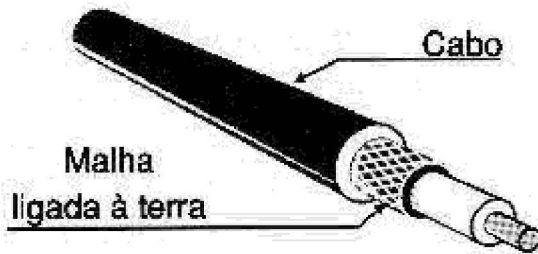
Com o uso de cabos supressores esta irradiação tem seu nível reduzido consideravelmente.

### **EMI e RFI**

*Denominamos EMI (Electro Magnetic Interferente) e RFI (Radio Frequency Interference) aos sinais que podem interferir no funcionamento dos equipamentos eletrônicos. Hoje existe uma legislação severa que obriga os produtos, como os carros a terem níveis de produção dessas interferências muito baixos.*

O segundo ponto crítico da instalação, por onde podem entrar os ruídos é o próprio cabo de conexão da antena (2). Evidentemente, este caso ficará patente quando, mesmo com a antena contraída totalmente ainda assim os ruídos forem ouvidos somente na função rádio do aparelho e não na função toca-fitas ou CD Player.

Os cabos são blindados, mas para que a blindagem tenha efeito ela deve ser devidamente aterrada. Este aterramento é feito nas extremidades do cabo, ou seja, no ponto em que ele é conectado ao rádio e à antena. A figura 33 mostra um cabo blindado (coaxial).

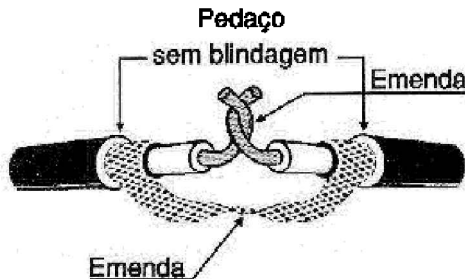


*Figura 33 – Cabo blindado*

Uma antena mal fixada ou um plugue de antena mal encaixado no rádio pode significar uma blindagem ineficiente e com isso a penetração de ruídos.

Uma verificação do estado do cabo é muito importante.

Veja que a emenda de cabos é condenável neste caso, pois um simples pedaço que seja deixado sem blindagem neste processo, conforme mostra a figura 34, funciona como uma abertura para a penetração dos ruídos.

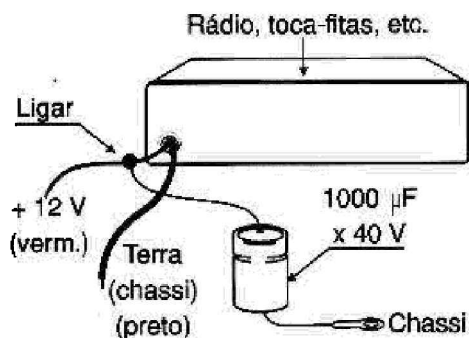


*Figura 34 – A emenda de um cabo coaxial*

O terceiro ponto a ser considerado (3) é o próprio cabo de alimentação e o aterramento da carcaça do aparelho.

A fonte de alimentação do rádio e/ou toca-fitas é a bateria do carro que possui uma resistência interna e uma impedância. Isso significa que os ruídos gerados pelo sistema elétrico podem ser propagar pela instalação e chegando ao equipamento de som pelo fio de alimentação.

Normalmente estes ruídos são desacoplados, desviados para o chassi, por meio de um capacitor de valor elevado, conforme mostra a figura 35.

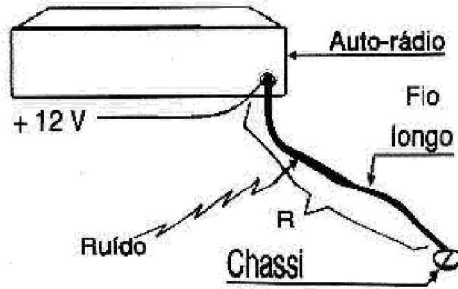


*Figura 35 – Desacoplando a alimentação de um equipamento de som*

No entanto, o que ocorre, principalmente em carros com painéis de plástico é que o chassi do rádio não está em contacto com o chassi metálico do carro.

Assim, conforme mostra a figura 36, é necessário ligar um fio terra do rádio ou toca-fitas ao chassi do carro e este fio não tem uma resistência nula.





*Figura 36 – O ruído pode entrar pela conexão à terra*

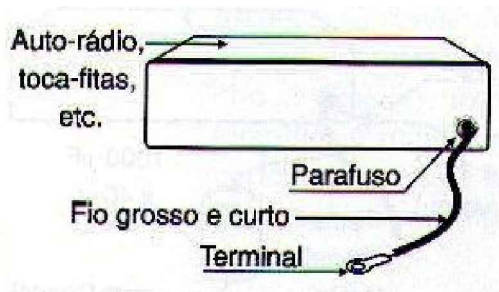
Isso significa que, por pequena que seja a resistência deste fio, ela pode ser suficiente para que o ruído gerado apareça sobre ela e penetre no circuito onde é amplificado.

Evidentemente, o ruído que entra no aparelho desta maneira aparece em todas as funções, ou seja, mesmo quando ele está sendo empregado como toca-fitas.

Nos carros em que o painel seja de metal e que, portanto, permite um melhor contacto elétrico este problema pode se manifestar se o aparelho não for devidamente fixado. No entanto, na maioria dos carros modernos o painel é de plástico.

Com pequenos movimentos o contacto se torna imperfeito e não só ruídos de contacto como ruídos do sistema elétrico aparecem nos alto-falantes.

A solução para o problema está na melhoria do aterramento da carcaça ou caixa do aparelho. O fio fino e comprido usado como terra deve ser substituído por um fio grosso e curto, conforme mostra a figura 37.



*Figura 37 – Melhorando o aterramento*

A escolha do ponto de conexão também é importante, devendo ser evitados pontos de terra que sejam comuns ao sistema de ignição.

## **b) DISTORÇÕES**

A maioria das pessoas associa a qualidade de som de um equipamento à sua potência. Quanto mais "watts" apresentar um equipamento melhor ele será e tanto mais caro também.

Sabendo desta crença as indústrias passam a utilizar especificações de potência que "aumentam" os números de watts visando com isso impressionar, senão enganar, o consumidor no sentido de lhe impingir o maior número de watts como se isso significasse melhor qualidade de som.

Assim, hoje em dia em lugar de encontrarmos um "tradicional" amplificador de 20 watts rms por canal, o vendedor nos "empurra" o mesmo aparelho como sendo de 160 watts PMPO, pois 160 impressiona (e vende) mais que 20!

O importante para o leitor saber é que o ambiente de um carro não é dotado de uma acústica que possa ser considerada ideal, assim, muito mais importante nos preocuparmos em termos o número de watts que usamos sem distorção, do que ter excesso de watts que não podemos usar, pois se abrirmos todo o volume do aparelho a distorção será perceptível.

Assim, o que se recomenda é que o equipamento tenha os watts que usamos, com uma margem de segurança: se o leitor gosta de ouvir música a um volume normal (não excessivo), o que significa que raramente abre mais do 1/3 do volume do seu aparelho, isso, sinal de que você está desperdiçando os outros 2/3 não usados pelo qual deve ter pagado um bom dinheiro!...

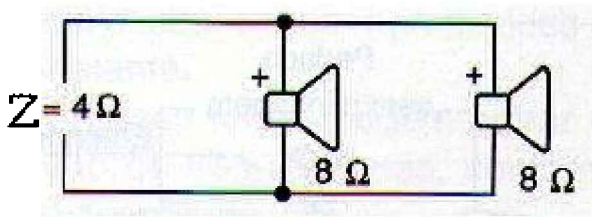
### **Som potente**

*Existe uma tendência entre os jovens de instalar nos carros amplificadores ultra potentes que às vezes ultrapassam a própria capacidade de fornecimento de energia do veículo. Como proceder neste caso, veremos mais adiante.*

Mas, para que o som de seu equipamento possa ser devidamente reproduzido em seu carro, sem distorções ou perdas, existem algumas considerações a serem feitas e que se não forem observadas podem afetar bastante os resultados finais.

O primeiro ponto importante a ser observado é em relação à impedância dos alto-falantes usados e sua potência.

Se vamos ligá-los em paralelo, conforme mostra a figura 38, eles devem ter a mesma impedância e o dobro da impedância mínima de saída do sistema de som.



*Figura 38 – Ligação de alto-falantes em paralelo*

Dois alto-falantes de 8 ohms em paralelo resultam em 4 ohms de impedância.

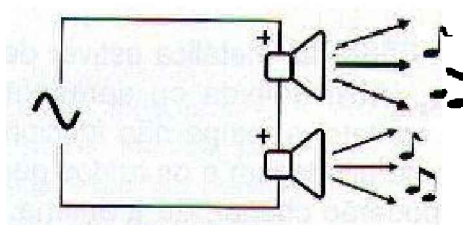
A potência dos alto-falantes deve ser compatível com a do aparelho de som. Não adianta usar alto-falantes de 100 watts se nesta ligação cada um só recebe metade, e seu equipamento de 40 watts por canal.

Cada alto-falante estará no máximo reproduzindo 20 watts e você pagou por 100W. Alto-falantes de 40 watts (dando uma margem de segurança) fariam o mesmo e você teria pago bem menos.

Lembre-se que um alto-falante não cria energia, mas sim transforma-a em som. Se o equipamento de som fornece 20 watts não adianta usar alto-falantes de mais potência, que o som reproduzido ainda será de 20 watts.

É importante também que no mesmo canal, os alto-falantes usados sejam do mesmo tipo e tamanho.

Se os alto-falantes forem diferentes, suas características serão tais que a distribuição de energia não vai ocorrer de modo igual, conforme mostra a figura 39, e determinadas notas aparecerão mais fortes em um do que em outro alto-falante.



*Figura 39 – Distribuição desigual do som*

O segundo ponto importante a ser considerado é a fase dos alto-falantes.

Se os alto-falantes não estiverem ligados em fase, o que se consegue observando a marca de polaridade, na reprodução os movimentos dos cones não estarão em harmonia. Isso significa que, quando um cone estiver indo para frente na reprodução de uma nota, o do outro alto-falante estará indo para trás.

O resultado é uma interferência destrutiva que causa distorções e perdas para o som.

## **As Antenas**

Se bem que os veículos atuais já venham preparados para receber os equipamentos de som com as antenas já fixadas e com os cabos prontos para a conexão, isso nem sempre ocorre, principalmente nos veículos mais antigos.

No item anterior mostramos que a antena é um ponto crítico da instalação do som automotivo. Neste item vamos nos aprofundar mais no assunto.

Instalar uma antena num carro não é algo tão simples quanto possa parecer, apesar das facilidades que os fabricantes oferecem nos seus tipos.

Da mesma forma, a escolha do tipo ideal para um determinado uso também é algo que muitos instaladores não levam em conta.

Sinais fracos ou sinais fortes, AM ou FM, locais sujeitos à interferências e ruídos são alguns fatores que serão analisados neste item.

Antigamente era mais simples: só havia o AM e os rádios de carro eram simples o bastante para poderem operar com antenas comuns precisando de poucos recursos para a eliminação de ruídos e interferências.

Naquela época bastava um bom capacitor no desacoplamento da alimentação para se evitar os ruídos do sistema de ignição e uma boa blindagem do cabo de antena para se evitar a sua captação.

Nas situações um pouco mais complicadas bastava aterrar o capô evitando a irradiação de sinais pelo sistema de ignição ou transferir a antena para a parte traseira do carro, conforme já vimos no item anterior.

Com o uso maior do FM, a incorporação de outros equipamentos de som ao carro como o CD Player, MP3, wireless e os amplificadores, inclusive com o reforço de graves, o sistema de som do carro se tornou mais complexo e também mais sensível.

Não precisamos ir muito longe para falar na sensibilidade que circuitos de alto consumo, quando possuem elevadas potências, têm em relação à resistência interna da bateria. Os picos de áudio podem causar quedas de tensão capazes de provocar fortes distorções.

Esse é um dos motivos que equipamentos de som muito potentes que possuam amplificadores ligados em paralelo para o reforço de graves exigem baterias adicionais, normalmente instaladas nos porta-malas dos carros.

Para os sinais de rádio que devem ser captados por uma antena, se bem que a técnica de recepção tenha evoluído, existem alguns

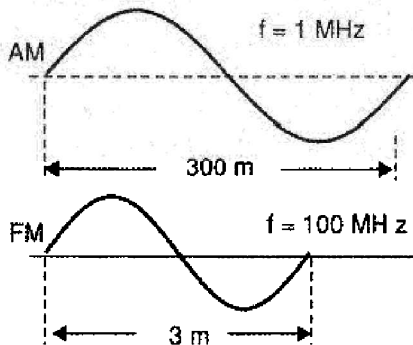
problemas que devem ser considerados quando da escolha de uma antena e sua instalação.

## Os Tipos de Antena

Vemos hoje uma grande quantidade de tipos de antenas instaladas nos carros comuns. Temos as antenas externas compridas ou curtas e as antenas internas, colocadas junto aos vidros, normalmente dotadas de amplificadores.

Quando analisamos uma antena, devemos em primeiro lugar considerar que seu comprimento está diretamente associado às frequências dos sinais que devem ser captados.

As ondas da faixa de ondas médias têm comprimentos que vão de 600 metros a menos de 200 metros enquanto que as ondas da faixa de FM têm comprimentos numa estreita faixa em torno de 3 metros, conforme mostra a figura 40.



*Figura 43 – Comprimento de onda para o AM e FM*

***Comprimento de onda e frequência***

*Veja mais no nosso Curso de Telecomunicações – Radiocomunicações, onde também tratamos de antenas e propagação*

É claro que não podemos pensar numa antena com centenas de metros para termos a melhor recepção do AM, mas percebemos que para esta faixa as antenas devem ser mais longas.

Assim, em geral, as antenas curtas, quer sejam de uso interno ou externo, a não ser que o receptor tenha um ganho muito bom, não são muito apropriadas para a recepção de sinais da faixa de AM.

Se o usuário do rádio gosta do noticiário, esporte ou outro tipo de programação normalmente concentrada nas emissoras de AM o uso de uma antena pequena pode não lhe ser conveniente.

Para esse tipo de usuário uma antena externa longa é a mais recomendável.

Também é mais conveniente uma antena longa se o usuário morar em locais distantes dos grandes centros, caso em que o FM se torna problemático e a única opção está no AM ou ainda em estações de ondas curtas (que se tornam cada vez mais raras).

As antenas internas ou amplificadas ajudam a receber os sinais mais fracos, compensando em parte seu pequeno comprimento.

Essas antenas, conforme mostra a figura 44 possuem um amplificador aperiódico (booster), alimentado pela bateria do carro.

Um amplificador aperiódico é um amplificador sem sintonia, ou seja, amplifica de maneira aproximadamente constante toda a faixa de frequências que deve ser sintonizada pelo receptor: dos 550 kHz aos 108 MHz.



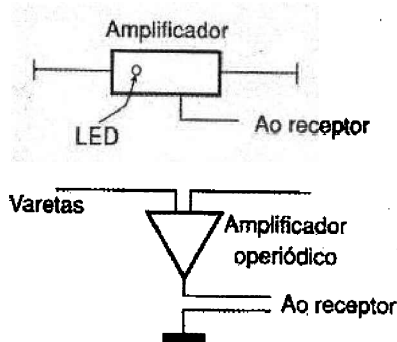


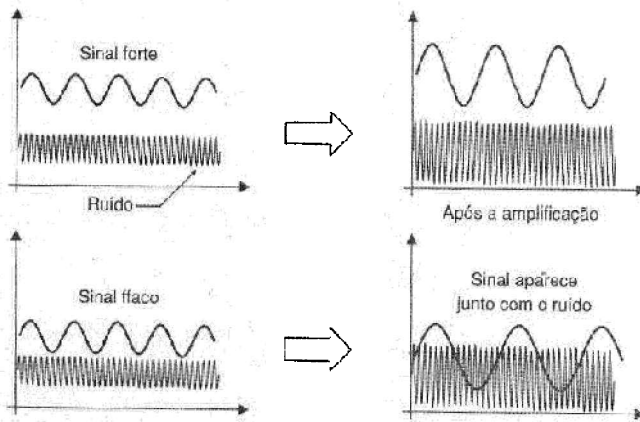
Figura 44 – O uso do booster

O ganho de tais amplificadores não é dos maiores, pois o fato de não trabalharem sintonizados dificulta um projeto um alto-ganho, mas eles têm desvantagens a serem considerada.

### **Grandes centros**

*Nos grandes centros está cada vez mais difícil a recepção das estações de AM e FM comuns. A solução para este problema está na vinda do AM e FM digitais, o que já está em estudo em nosso país na época da edição deste livro.*

Uma delas é que juntamente com os sinais das estações são amplificados também os ruídos. Se o sinal que chega à antena tiver um nível muito baixo, próximo do nível do ruído elétrico ambiente, os dois são amplificados igualmente e o ruído pode aparecer de maneira incômoda na recepção, conforme sugere a figura 45.



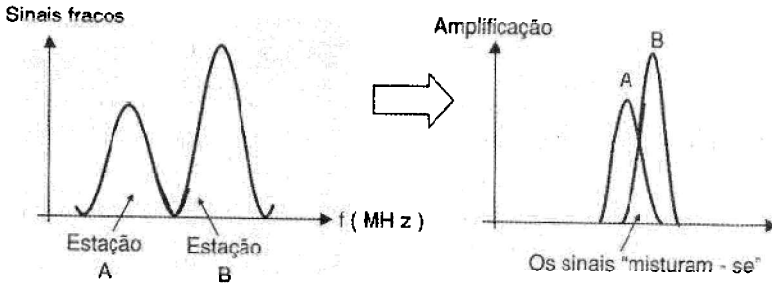
*Figura 45 – Amplificando sinais*

Muitos receptores possuem uma função "DX" em seus painéis, ou longa distância, em que a sensibilidade do receptor é aumentada para se receber estações fracas.

Nestes casos, a amplificação não é aperiódica conseguindo-se um efeito melhor.

A outra desvantagem está na perda da seletividade que ocorre quando os sinais de duas estações muito próximas em frequência são amplificados.

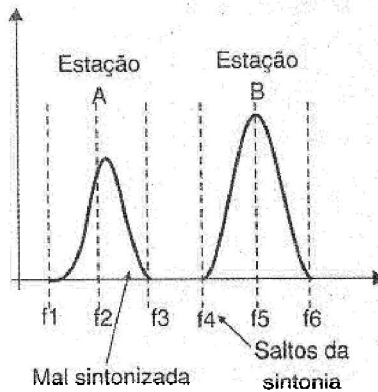
Os sinais têm suas intensidades aumentadas de tal forma que o circuito seletor do receptor não consegue separá-las. As estações podem ser recebidas com melhor intensidade, mas são "misturadas" conforme mostra a figura 46.



**Figura 46 – O problema da seletividade**

Dessa forma, o recurso da antena amplificada pode se voltar contra o usuário, causando a mistura das estações nos locais em que elas estiverem congestionadas, ou se o usuário desejar ouvir uma estação que esteja muito próxima de outra no mostrador do rádio.

O problema agrava-se no caso dos receptores com sintonia digital, quando essa sintonia é feita por saltos que impede que possamos colocar o circuito exatamente no ponto de maior intensidade da estação que desejamos ouvir, conforme mostra a figura 47.



**Figura 47 – Problemas da sintonia digital**

Se bem que os receptores com sintonia digital sejam os mais comuns atualmente, para os leitores que preferem o AM, que têm problemas de distância das estações ou ainda que residem em locais com problemas de congestionamento de estações ou níveis elevados de ruídos, a utilização de um receptor de sintonia manual pode ser mais vantajosa. Tudo depende do hábito.

É claro que se o usuário for do tipo que houve uma única estação forte de FM, ficando sempre dentro de seu raio de ação, sem problemas de interferências ou ruídos, o uso da antena interna ou curta amplificada e do receptor com sintonia digital adapta-se perfeitamente ao seu perfil e deve ser o indicado.

### ***A Escolha da Antena***

Pelo que vimos, a escolha da antena ideal para o carro depende de diversos fatores:

- c) Tipo de estações mais ouvidas pelo usuário (AM, FM ou onda curta)
- d) Potência das estações em sua localidade ou distância das estações (cidade ou campo)
- e) Nível de ruído do local (cidade ou campo)
- f) Tipo de som que o usuário tem no carro

Se o usuário ouvir mais estações de AM do que FM, deve-se optar por uma antena longa externa que tenha maior ganho nessa faixa.

O receptor também deve ser apropriado, pois existem muitos receptores de carro com AM pobre. Se o usuário sintonizar mais o FM, a antena pode ser curta ou interna.

Para os usuários que viajam muito, ou ainda que residem em locais afastados dos grandes centros deve-se analisar duas situações

possíveis: existem estações de FM que podem ser sintonizadas, mas elas estão distantes e não existem tais estações e o usuário tem como única opção a onda média ou curta.

Nestes casos, tanto o receptor deve ter uma onda média e curta sensível com a antena deve ser longa. Deve-se evitar o uso da antena amplificada, pois o ruído será amplificado juntamente com o sinal fraco.

Os leitores que residem nos grandes centros com elevado nível de ruído e estações apertadas numa faixa estreita (congestionamento de estações), temos as seguintes opções:

A primeira consiste no uso de receptores com boa seletividade e sensibilidade que permitam a utilização de antenas pequenas (amplificadas ou não) para a faixa de FM. Para a faixa de AM devem ser usadas as antenas longas e receptores sensíveis.

As antenas amplificadas e receptores de baixa sensibilidade não proporcionam boa recepção.

### ***Instalação***

Se bem que as antenas internas ou externas pequenas sejam fáceis de instalar deve-se tomar cuidado para que os seus cabos não tenham a blindagem removida ou danificada no processo.

Para as antenas longas, muito cuidado deve ser tomado com a sensibilidade maior que elas têm a ruídos e interferências. O máximo cuidado deve ser tomado com o aterramento de sua blindagem.

A própria carroceria do carro serve de conexão para a malha de blindagem no ponto de fixação. Deve ser tomado o máximo cuidado com esse ponto, para que ruídos do sistema elétrico do carro não sejam captados.

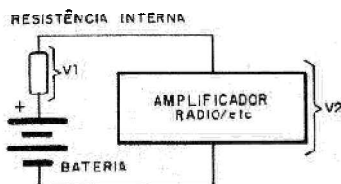
## Som Potente

A cada dia os amplificadores dos sistemas de som dos automóveis se tornam mais potentes.

Diversas técnicas têm sido usadas para vencer os problemas da limitação de corrente das baterias, permitindo assim que valores muito altos de potências sejam conseguidos e uma delas, que tem sido anunciada em revistas americanas é a que descrevemos neste item.

O grande obstáculo para um aumento ilimitado da potência do som do carro é a resistência interna da bateria e sua baixa tensão.

O que ocorre é que a bateria tem uma resistência interna que funciona como um divisor de tensão com o sistema de som, conforme mostra a figura 48.



*Figura 48 – A tensão se divide entre o circuito externo e a resistência interna*

Assim, no momento em que o sistema de som exige uma corrente maior, o que significa que sua resistência interna também diminui, essa resistência, em série com a resistência interna da bateria "divide" a tensão, causando assim uma forte queda.

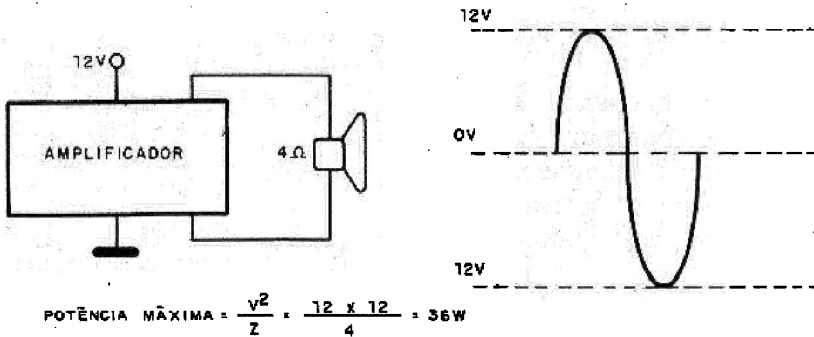
O resultado disso, além da perda de potência, é uma forte distorção que afeta a qualidade do sistema.

Os instaladores de som "pesado" em automóveis resolvem o problema da queda de tensão interna, causada pela drenagem elevada de corrente, com a utilização de baterias adicionais em paralelo.

O problema é agravado pelo fato de que, trabalhando com resistências muito baixas, os próprios alto-falantes e os fios de conexão do sistema de som começam a ter um efeito maior.

Um exemplo simples pode mostrar ao leitor as limitações que ocorrem neste caso.

Supondo que o sistema de som de seu carro tenha uma impedância de saída de 4 ohms, e a alimentação seja de 12 V, vemos que a tensão máxima de sinal que teoricamente pode ser aplicada ao alto-falante é justamente de 12 V (de pico), conforme mostra a figura 49.



*Figura 49 – Potência máxima de um amplificador*

Isso significa que a potência máxima que pode ser calculada pela fórmula:

$$P = (V \times V)/Z$$

$$P = (12 \times 12)/4$$

$$P = 36 \text{ watts}$$

Se reduzirmos a impedância do sistema para 2 ohms, a nova potência máxima que pode ser obtida será de:

$$P = (V \times V)/Z$$

$$P = (12 \times 12)/2$$

$$P = 72 \text{ watts}$$

No primeiro caso, à plena potência a corrente drenada será de 3 ampères e no segundo de 6 ampères.

Veja, entretanto, que com uma impedância muito baixa, a resistência do fio de ligação ao alto-falante pode representar um fator maior de perdas de potência.

Instaladores que desejam maior potência podem colocar baterias adicionais em série de modo a elevar a tensão do sistema, o que evita que impedâncias de saída menores que 2 ohms sejam usadas.

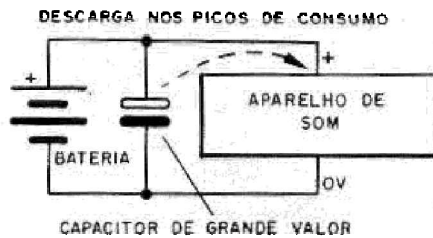
## **A solução capacitiva**

Quando se utiliza um amplificador de muita potência num carro, o problema maior ocorre quando nos picos de potência a corrente atinge seu máximo valor no alto-falante.

Isso conforme vimos, pode significar uma forte queda de tensão de alimentação, pois o sistema de som passa a dividir com a resistência interna da bateria a sua tensão.

Uma maneira de se evitar que esta queda de tensão ocorra, sem o uso de mais baterias, como ocorre em muitos sistemas de som de carro, é o uso de um capacitor em paralelo com a alimentação, conforme mostra a figura 50.





*Figura 50 – Usando um capacitor*

O capacitor funciona como um "reservatório de energia" descarregando-se através do sistema de som, quando ele solicita mais corrente da bateria.

Desta forma, a queda de tensão é minimizada, já que este fenômeno ocorre em porções de segundo apenas nos picos de áudio.

No entanto, operando com baixas tensões e correntes elevadas um simples capacitor não serve. A capacitância necessária para se ter um bom efeito é algo mais do que um simples capacitor de filtro de fonte de alimentação pode fornecer.

## **Ultra Capacitores**

Aprendemos em física, nos cursos secundários, que uma esfera pode armazenar cargas elétricas, ou seja, é um "capacitor esférico".

Um problema que é sempre citado nestes cursos é o do tamanho que deveria ser a esfera para poder armazenar uma carga de 1 Coulomb sob tensão de 1 Volt, ou seja, para ter uma capacitância de 1 Farad.

A resposta deste problema assusta! O capacitor esférico deve ter aproximadamente o tamanho da terra!

No entanto, e felizmente, para as aplicações eletrônicas os capacitores não são todos esféricos.

Diversas técnicas, como as usadas nos capacitores eletrolíticos em que se obtêm dielétricos de alta constante com espessuras muito pequenas, o que aumenta enormemente a capacitância do componente, nos levam a capacitores muito pequenos.

Assim, é comum encontrarmos em fontes capacitores de 10 000 uF e até maiores o que corresponde a apenas 1% da capacitância da terra, e isso dentro de uma fonte.

Mas, parece que a coisa foi além dos 10 000 uF e hoje é possível fabricar capacitores de 1 Farad, sem que isso ocupe "todo espaço do mundo". Mais que isso, esses capacitores são vendidos no mercado de componentes.

Um capacitor de 1 Farad não serviria para armazenar toda a energia que você consome em sua casa durante um ano, ou muito menos servir para "concentrar" um raio e depois alimentar os aparelhos elétricos de uso comum, sem a necessidade de pagar a conta de energia...

Mas, existe uma aplicação imediata para estes capacitores e que está sendo utilizada para atender a demanda de grandes amplificadores de som.

Capacitores de 1 000 000 uF ou 1 Farad para 16 ou 20 Volts são indicados para serem colocados em paralelo com as baterias dos carros de modo a melhorar o desempenho de sistemas de som potentes.

Na figura 51 temos o diagrama de ligação de um capacitor deste tipo.



*Figura 51 – Usando Ultra-Capacitores*

Estes capacitores são carregados com a tensão da bateria do carro, descarregando-se pelo sistema de som quando eles solicitam mais corrente de modo a evitar a queda de tensão que causa perda de potência e distorções.

## **Reparação de Auto-Rádios e Som Automotivo**

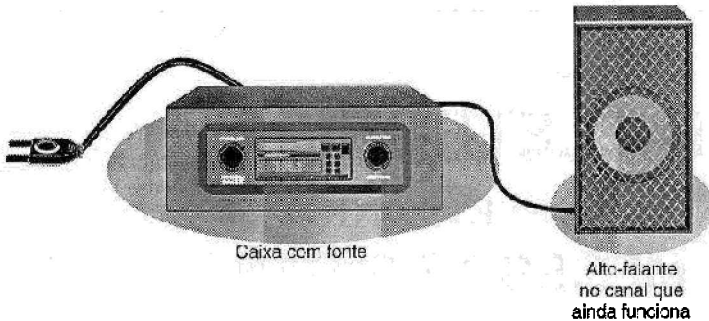
A reparação de auto-rádios, toca-CDs e mesmo aparelhos mais antigos ainda consiste numa atividade rendosa para os profissionais da eletrônica, principalmente de localidade mais pobres onde os clientes se preocupam em aproveitar ao máximo seus equipamentos, mesmo que antigos, por não terem condições de comprar tipos mais novos.

O maior problema que um técnico reparador de som automotivo encontra é quando o componente principal do equipamento, normalmente um circuito integrado queima e não é possível encontrar o tipo original no mercado.

Se bem que exista a possibilidade de se aproveitar este componente de algum outro equipamento que tenha o mesmo componente pifado e o do outro canal esteja bom, nem sempre o técnico tem essa sorte.

O resultado é inevitável na maioria dos casos: abandonar o aparelho ou ainda usar apenas um canal como um equipamento

simples de mesa com fonte de alimentação, conforme mostra a figura 52.



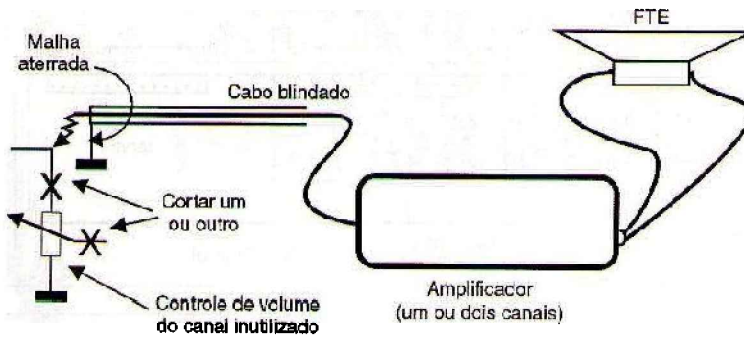
*Figura 52 – Usando som automotivo em casa*

No entanto, não é fácil se contentar com um aproveitamento parcial de um equipamento nestas condições.

### **Usando um amplificador externo**

A primeira possibilidade interessante de aproveitamento do equipamento consiste em se usar um amplificador externo quando o amplificador original (um ou dois canais) queima.

O que se faz é cancelar o amplificador original, desligando seus alto-falantes e até mesmo eliminando o controle de volume, conforme mostra a figura 53.

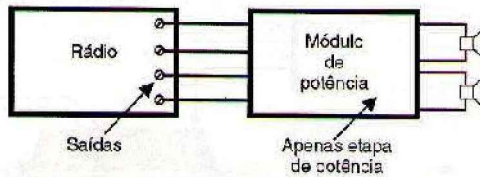


*Figura 53 – Usando um amplificador externo*

Tiramos então o sinal antes do potenciômetro de volume de cada canal e aplicamos este sinal, via fio blindado, ao amplificador externo.

O amplificador externo deve ser do tipo completo que tenha pré-amplificador, pois o sinal com que deve trabalhar é de pequena intensidade.

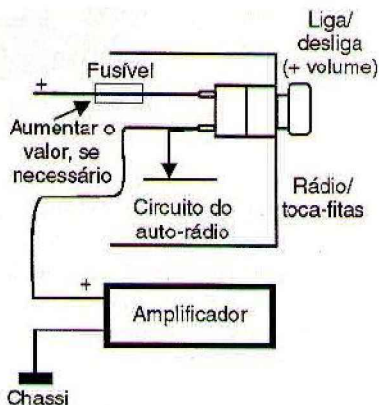
Não servem os módulos amplificadores que são apenas formados de etapas de potência e usados com a ligação direta na saída do rádio ou toca-fitas como mostra a figura 54.



*Figura 54 – Usando um amplificador externo*

Estes blocos amplificadores ou módulos exigem sinais de grande intensidade para excitação, e o rádio ou toca-fitas com a saída queimada não pode fornecê-los.

Devemos também fazer com que o amplificador seja alimentado a partir do controle que liga a alimentação do rádio ou toca-fitas de modo que os dois sejam acionados ao mesmo tempo, conforme mostra a figura 55.



*Figura 55 – Liga e desliga adaptado*

Se o amplificador usado tiver controle de balanço o mesmo controle existente no rádio pode ser desligado ou então deixado na posição média. A retirada pode ser necessária se for constatado que ele atenua muito os sinais e o amplificador externo não é excitado convenientemente.

Evidentemente, os leitores que desejarem tentar estas soluções devem ser habilidosos o suficiente para trabalhar em locais estreitos ou mesmo com a dificuldade de montar circuitos compactos.

Lembramos que os fios de conexão desses aparelhos devem ser curtos e diretos de espessura suficiente para conduzir as correntes intensas.

Fios longos e finos significam resistências que podem instabilizar o funcionamento dos amplificadores. Distorções que ocorrem em

muitos amplificadores de áudio de carro são devidas justamente a este tipo de acoplamento indevido causado pela resistência dos fios.

Tanto o toca-fitas ou rádio original, como qualquer amplificador externo, devem ser aterrados por meio de fios curtos e grossos.

Este procedimento é muito importante principalmente no caso de carros com painéis que tenham predominância de material plástico.

Os fios longos de alimentação também podem facilitar a entrada de ruídos, principalmente do sistema de ignição afetando assim em muito a qualidade do som e até impedindo um bom funcionamento na faixa de AM.

## **Termos em Inglês**

Damos a seguir alguns termos em inglês usados na designação dos equipamentos e circuitos que estudamos neste capítulo.

LCD – Liquid Crystal Display – Display ou Mostrador de cristal líquido

Segment – segmentos

Cluster – Conjunto

Speed – velocidade

Speedometer ou velocimeter – velocímetro

Tachometer – tacômetro

LED lamp – lâmpada de LED

Fuelmeter – medidor de combustível

Loudspeaker – alto-falante

Output Power – potência de saída

## Questionário

1. O conjunto de circuitos e componentes do painel de um carro recebe o nome de:
  - a) Microcontrolador de funções
  - b) Controle integrado de instrumentos
  - c) Cluster de instrumentos
  - d) Painel integrado de instrumentos
  
2. O velocímetro tradicional de um carro funciona como:
  - a) Um integrador
  - b) Um Dínamo
  - c) Um motor de indução
  - d) Um sensor tacométrico
  
3. Nos painéis digitais temos:
  - a) Algumas partes mecânicas
  - b) Nenhuma parte mecânica
  - c) Somente os indicadores tacométricos são digitais
  - d) Os indicadores tacométricos são analógicos
  
4. As buzinas usam que tipo de transdutores?
  - a) Magnéticos
  - b) Piezoelétricos
  - c) Capacitivos



d) Foto-elétricos

5. O cabo de antena de um rádio FM deve ser:

a) Aterrado

b) Longo

c) Preso ao painel

d) Ligado à bateria do carro

6. Um booster de receptor serve para:

a) Melhorar qualidade do som

b) Eliminar interferências

c) Reduzir ruídos

d) Aumentar a intensidade dos sinais

## Capítulo 12

# Central de Controle (ECU), Redes Automotivas e Carro Elétrico

Conforme estudamos nos capítulos anteriores, os veículos automotores modernos possuem uma grande quantidade de recursos eletrônicos que devem tanto processar informações como obter informações de sensores de diversos tipos.

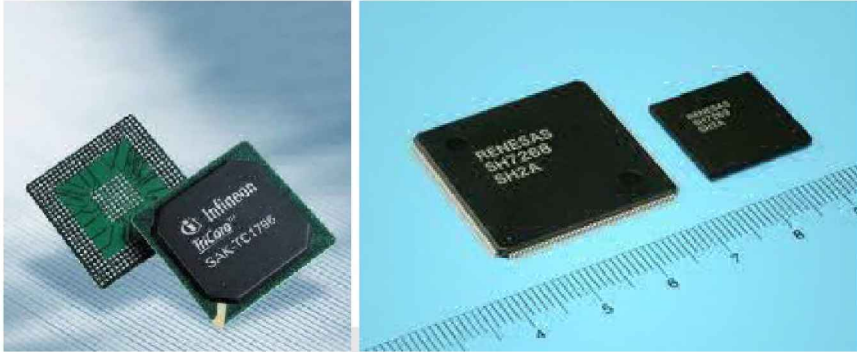
A ação destes dispositivos está interligada, e isso deve ser feito com a ajuda de uma central de inteligência, que nada mais é do que um microcontrolador.

Esta central de controle, central eletrônica ou ECU controla então toda a operação do carro, não apenas o motor, mas todas as funções adicionais que vão desde os recursos de conforto com abertura de vidros e portas, até mesmo o som e a segurança.

Neste item analisaremos o modo como esta central funciona e como ela se comunica com os atuadores e os sensores de um veículo.

### **Microcontroladores**

Microcontroladores são chips ou pequenas pastilhas de silício na forma de circuitos integrados, capazes de realizar uma grande quantidade de funções de controle a partir de informações captadas por sensores e processadas internamente a partir de um programa. Na figura 1 temos o aspecto típico de um microcontrolador.



*Figura 1- Microcontrolador de tipos encontrados em veículos automotores.*

Os microcontroladores utilizados nos automóveis têm por função funcionar como uma espécie de "cérebro", gerenciando todo o funcionamento de suas partes elétricas.

Nos veículos modernos eles contem a programação para o sistema de ignição, injeção, alarmes, luzes, etc., ficando encerrados na unidade de controle.

### ***Microcontroladores***

*Você pode saber mais sobre o funcionamento dos microcontroladores no nosso Curso de Eletrônica Digital em dois volumes.*

Estes componentes não podem ser reparados quando ocorre algum problema, pois são programados de fábrica.

O que eles possuem é uma memória programável que eventualmente pode ter os dados de funcionamento, mas não o programa, inseridos num processo de ajuste ou reparação feito na oficina especializada.

Neste caso, uma máquina de diagnóstico (computador), com um programa apropriado, lê os dados gravados e o estado de todos os sensores, detectando eventuais falhas que podem ser corrigidas.

Trata-se do chamado diagnóstico eletrônico feito pelas oficinas especializadas. Na figura 2 temos um exemplo de instrumento de diagnóstico deste tipo.



*Figura 2 – Ferramenta de diagnóstico automotivo*

## **A Central Eletrônica**

Nos veículos antigos, todo o desempenho do motor dependia apenas de poucos ajustes fixos e definitivos. Bastava ajustar o carburador e o ponto, que o motor estava pronto para rodar em qualquer regime.

O ajuste para a injeção de combustível nos cilindros e o instante em que a faísca das velas era produzida era o mesmo para qualquer rotação do motor a potência que ele devia desenvolver.

No entanto, sabemos que para se obter melhor rendimento de um motor diversos parâmetros devem ser alterados conforme a rotação e a potência e também outros fatores.

A ideia de se ter um controle inteligente do funcionamento do motor, conforme seu regime de funcionamento não é nova. Trata-se do conceito de gerenciamento do funcionamento do motor.

Veja que gerenciar o funcionamento do motor não é simplesmente usar módulos eletrônicos para controlar a ignição ou injeção, mas algo mais complexo.

Assim, encontramos nos veículos modernos circuitos eletrônicos dotados de microcontroladores especialmente designados para controlar o funcionamento do motor sob diversos regimes a partir de informações obtidas por sensores.

Mas, os microcontroladores também podem ser usados para controlar outras funções de forma muito mais eficiente.

Assim, num veículo podemos ter outros módulos de controle, por exemplo, que controlam o sistema de airbag, conveniência, e outros, mas eles nada têm a ver com o controle do funcionamento do motor.

Os fabricantes dos veículos podem então ter duas opções para a utilização dos microcontroladores em seus veículos.

A primeira consiste em se utilizar um microcontrolador único para controlar todas as funções, centralizando assim a inteligência do veículo, conforme mostra a figura 3.



*Figura 3 – Controle eletrônico centralizado*

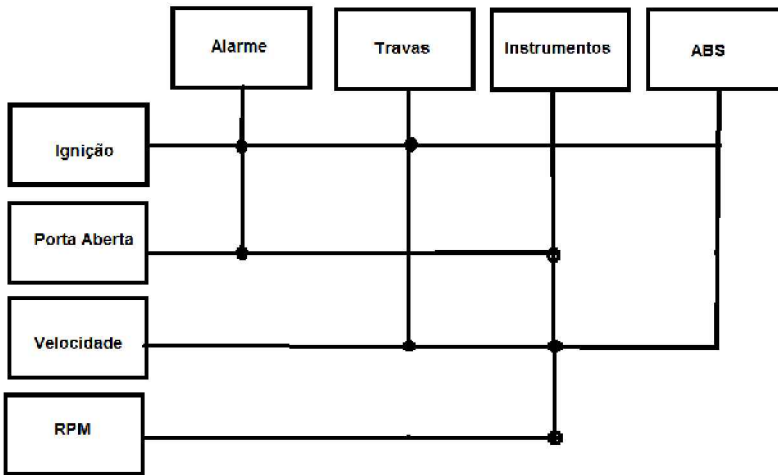
Para esta arquitetura deve ser levado em conta que todos os dispositivos que devem ser controlados podem ou não ter uma dependência.

Por exemplo, o funcionamento do motor não tem ligação com o sistema de travamento das portas, e nem o alarme tem ligação com o sensor do tacômetro.

Mas, o sistema de ignição tem uma certa relação com o alarme, pois ele pode ser bloqueado em disparo pela invasão do veículo.

Assim, a central de controle, neste caso é uma ECU (Electronic Control Unit) única que tem conexão com todos os dispositivos que fornecem informações ou devam receber sinais de controle no veículo.

Na figura 4 mostramos o que ocorre



*Figura 4 – Interdependência entre os dispositivos*

A desvantagem desta arquitetura é que todos os dispositivos do carro devem ter conexão com esta unidade, por mais distante que ela esteja. Assim, teremos um longo cabo que vai do porta-malas (sensor e trava) até a unidade que pode estar sob o capô do veículo.

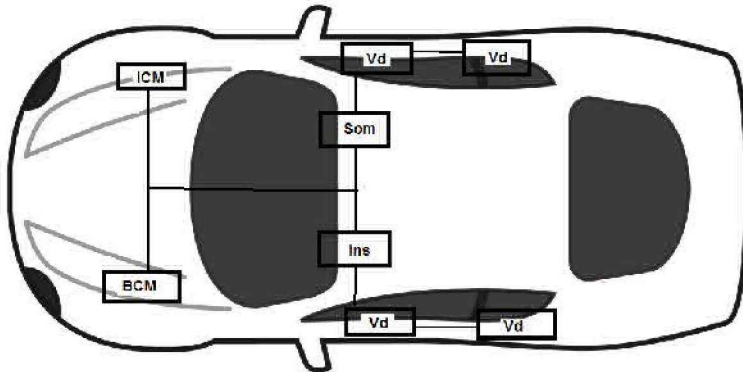
Este tipo de arquitetura leva o carro a ter uma fiação maior. Além disso, o tempo de fabricação do veículo aumenta e conseqüentemente os custos para sua produção.

Como desvantagem temos a limitação das possibilidades de expansão. Como todos os circuitos são definidos para as funções que o veículo vai ter, torna-se difícil acrescentar novas funções.

As vantagens estão na centralização de todas as informações que estarão acessíveis num único ponto do circuito do veículo, facilitando assim seu processamento pelo circuito que se torna mais rápido.

A outra possibilidade, que tem vantagens em relação à arquitetura centralizada, é a denominada arquitetura distribuída.

Nela são usados diversos microcontroladores cada qual cuidando de um certo número de funções, conforme mostra a figura 5.



*Figura 5 – Arquitetura distribuída – ICM – Controle do motor, BCM-Controle geral – Vd - Vidros*

A vantagem desta arquitetura está no fato da unidade de controle poder ficar mais próxima dos dispositivos que devem ser controlados, o que reduz bastante a fiação elétrica do veículo.

No entanto, as diversas unidades de controle devem se comunicar, pois conforme vimos existem funções que são interdependentes.

A unidade que controla a trava das portas deve se comunicar com a saída do velocímetro do painel de controle para travar a porta automaticamente quando a velocidade do veículo atingir um certo valor.

A unidade que controla o funcionamento do motor deve impedir a partida ou bloquear o motor quando algum sensor de alarme for acionado.



No entanto, para implementar esta arquitetura é preciso haver um meio seguro das unidades se comunicarem, o que significa a existência de uma rede de comunicações de informações.

Esta rede é semelhante a que usamos entre computadores para que informações possam ser enviadas de um para outro, mas o ambiente hostil dos veículos automotores exigiu o desenvolvimento de tecnologias especiais.

O resultado foi a criação de tipo de rede especialmente adaptada para este uso que é a rede CAN, de que trataremos mais adiante neste mesmo capítulo.

Assim, para analisar as diversas centrais de controle de um veículo, vamos começar com a central principal que contém o controle do motor nas versões distribuídas e todos os controles do veículo na versão centralizada.

Nesta versão o que temos é o ECU (Electronic Central Unit) ou ECM (Electronic Central Module) que consiste num módulo que, através das informações de sensores, atua sobre todos os sistemas eletrônicos existentes no carro, incluindo o funcionamento do motor de modo que ele tenha o melhor desempenho.

### **Sem fio**

*Já se pensou em fazer a comunicação entre os dispositivos de um carro por redes sem fio, mas isso é altamente problemático, visto ser o ambiente automotivo ruidoso. E no caso em que a segurança é importante, não seriam admissíveis falhas de comunicação.*

Na versão centralizada, uma parte da unidade tem por função controlar o funcionamento do motor e outra parte os demais dispositivos.

O controle do motor por uma unidade inteligente é muito importante para se obter melhor desempenho, menos poluição e menor consumo.

A unidade que controla o motor basicamente controla a ignição e a injeção eletrônica.

O resultado de uma atuação inteligente, em que temos pontos diferentes de ignição, conforme a rotação e potência desenvolvida, quantidades diferentes da mistura, traz inúmeras vantagens como:

- Funcionamento uniforme em toda a faixa de rotações
- Funcionamento uniforme em toda faixa de potências
- Menor nível de poluição
- Menor consumo de combustível

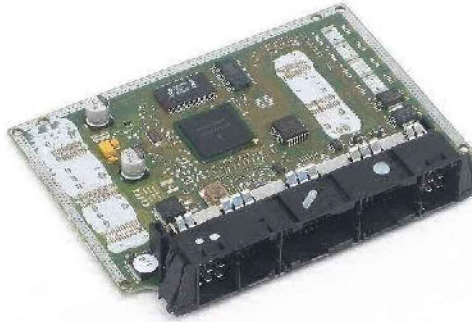
O ECU ou módulo de controle, como passaremos a chamar neste livro, é também conhecido por “centralina”.

Na figura 6 temos o aspecto de uma unidade de controle de um veículo comum.



*Figura 6 - ECUs comuns*

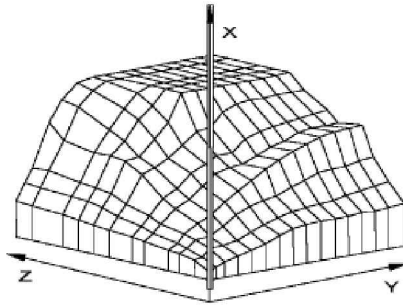
Abrindo uma ECU encontramos uma placa de circuito impresso onde os principais componentes são montados. Na figura 7 mostramos um exemplo de ECU aberta.



*Figura 7 – Por dentro de uma ECU*

Um programa especial desenvolvido pelo fabricante do veículo mapeia todas as condições possíveis de funcionamento, fornecendo os ajustes dos atuadores para cada combinação de informações obtida pelos circuitos sensores.

Na figura 8 temos um exemplo de mapa de injeção utilizado para determinar como o modo de combustível é injetado. Mapa semelhante, mas muito mais complexo é utilizado para o funcionamento total do carro.



*Figura 8 – Mapa de operação gravado na memória da ECU*

Neste mapa, por exemplo, a coordenada z indica a pressão no acelerador, a coordenada y a força que o motor está exercendo e em x têm-se o ponto do mapeamento que indica qual deve ser a mistura e o ponto da ignição para aquela situação.

É claro que mapeamentos mais complexos podem ser utilizados, com mais informações determinando os pontos de funcionamento.

### ***Evolução***

*Os primeiros controles eletrônicos eram baseados em microcontroladores simples, com capacidades pequenas de processamento. Nos nossos dias, os microprocessadores além de poderosos são projetados especificamente para aplicações automotivas.*

As primeiras memórias de controles eletrônicos utilizavam memórias EPROM que eram programadas de fábrica. Se ocorresse algum problema, era muito difícil regravar a memória, pois ela precisava ser apagada por radiação ultravioleta e gravada por um circuito especial.

Os microcontroladores modernos usam memórias EEPROM de grande capacidade, onde o mapeamento do funcionamento do motor é gravado em função de todas variáveis de entrada.

As memórias deste tipo podem ser apagadas e gravadas facilmente eletricamente, o que permite fazer a reprogramação.

### **Memórias**

*Saiba mais sobre o funcionamento das memórias no nosso Curso de Eletrônica Digital em dois volumes.*

Assim, um dos procedimentos comuns que as oficinas fazem na revisão do carro, quando limpa os bicos injetores e trocam velas, além de outros itens é reprogramar a ECU segundo o padrão original de cada veículo.

Os sistemas de manutenção por computador possuem então na memória os mapas de funcionamento dos principais veículos em circulação no Brasil, de modo que na manutenção sua reprogramação possa ser feita com facilidade.

É claro que, além de fazer a reprogramação, estes equipamentos também fazem um diagnóstico completo do funcionamento do motor, registrando e comparando sinais dos sensores e dos atuadores.

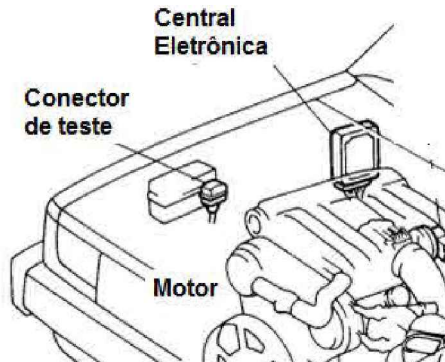
Na figura 9 temos um desses equipamentos.



*Figura 9 – Observe os ícones que permitem seleccionar marca e veículo a ser analisado*

Este equipamento é ligado diretamente na ECU e a partir das informações obtidas ele diagnostica problemas e também permite refazer a programação segundo o padrão ideal de fábrica.

As ECUs possuem conectores especiais para diagnóstico de problemas e ajustes. Os conectores para esta finalidade podem estar sob o capô ou mesmo no interior do carro, conforme mostra a figura 10.



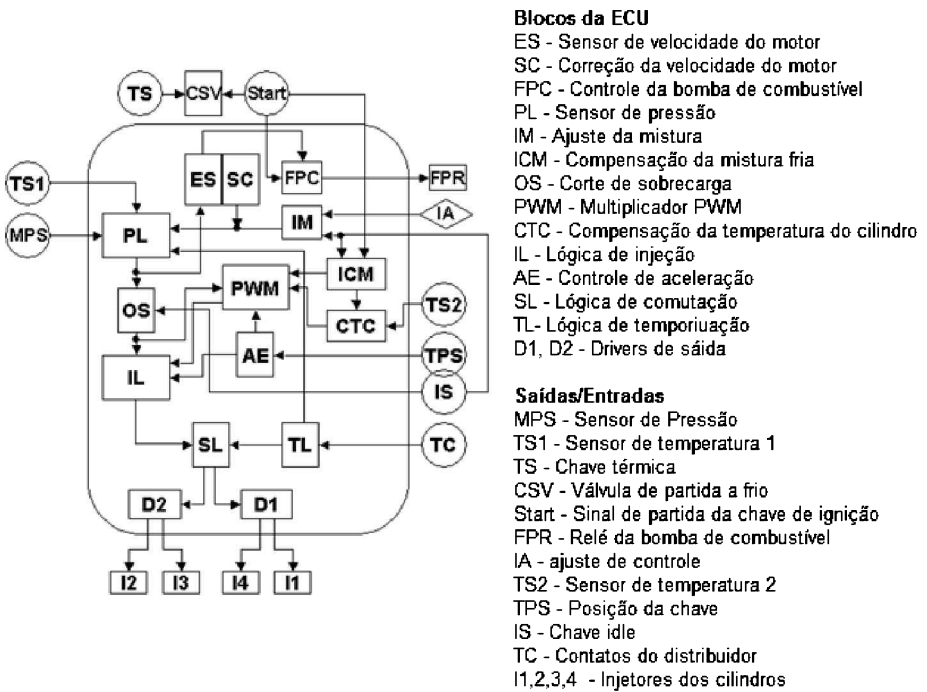
*Figura 10 – Posicionamento do conector de diagnóstico sob o capô*

A ECU recebe sinais de uma grande quantidade de sensores e envia os sinais processados para os atuadores que controlam as principais partes que comandam o funcionamento do motor.

Várias empresas, que fabricam os equipamentos de diagnóstico em nosso país, oferecem cursos de treinamento para os interessados em utilizá-los em suas oficinas.

Nestes cursos o profissional aprende a fazer o diagnóstico de defeitos da maioria dos carros, incluindo os nacionais e importados e também como fazer o reparo em caso de necessidade.

Na figura 11 temos o diagrama de blocos de uma ECU de um veículo comum.



*Figura 11 – Conexões de uma ECU e componentes associados*

Um circuito completo é mostrado na figura 12.



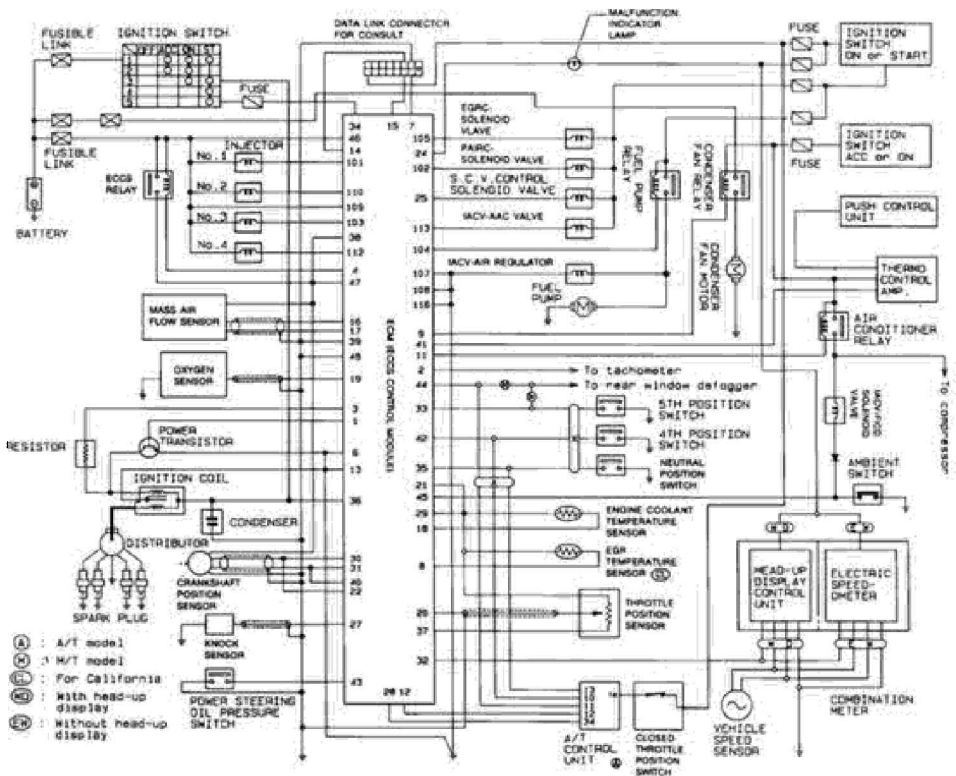


Figura 12 – Diagrama completo das conexões dos diversos dispositivos a ECU de um carro Nissan

A outra possibilidade consiste em se utilizar centrais de controles separadas, sendo uma para o motor, outra para o airbag, outra para os instrumentos do painel e assim por diante, conforme mostramos na figura 5.

Neste tipo de arquitetura temos vantagens e desvantagens.

Uma vantagem está na possibilidade de se ampliar a quantidade de dispositivos que o carro utiliza, simplesmente acrescentando o

dispositivo e a central que vai controlá-lo. Com a arquitetura centralizada não podemos fazer isso se a central não tiver previsão para este dispositivo.

Outra vantagem que já explicamos está na possibilidade de colocar a central próxima do dispositivo que ele deve controlar.

No entanto, existe um ponto crítico nesta arquitetura que não podemos chamar propriamente de desvantagem.

As diversas centrais devem ter algum meio eficiente de se comunicar, já que, conforme vimos, existe uma interdependência entre os dispositivos.

A trava deve saber quando o veículo está a mais de 10km/h para funcionar de modo automático. O motor deve ser inibido quando um sensor do alarme for ativado e assim por diante.

A solução para este problema envolve o uso de uma rede de comunicações especialmente criada para funcionar num ambiente hostil como é o de um veículo automotor.

## **Rede CAN**

O primeiro ponto a ser considerado quando se pensa numa rede de comunicações é o protocolo a ser usado.

O protocolo nada mais é do que um conjunto de regras que determinam as características elétricas dos dispositivos usados na transmissão e na recepção de dados e na forma como os sinais devem ser usados, além de suas próprias características.

Dependendo da aplicação, os protocolos devem ter características apropriadas aos meios usados e também ao tipo de sinal que deve ser transmitido.

Assim, um protocolo usado para transmitir sinais através da internet deve ser diferente de um usado para a comunicações de dispositivos móveis à curta distância e também num meio automotivo.

As características dos protocolos usados nas comunicações são padronizadas. Assim, no caso dos protocolos das comunicações automotivas é utilizado o padrão de 7 camadas.

Estas 7 camadas definem então:

Camada 1 – Define as especificações dos dispositivos que serão ligados ao sistema, ou seja, ao barramento de dados.

Camada 2 – Define os erros encontradas na camada um e os modos como são corrigidos quando os dados são trocados entre os diversos dispositivos da rede.

Camada 3 – Esta camada tem por função rotear os dados na rede identificando os transmissores e receptores que devem ser interligados no momento da transmissão

Camada 4 – Esta camada tem por função controlar a integridade dos sinais que estão sendo transferidos, garantindo assim a confiabilidade do sistema.

Camada 5 – A finalidade desta camada é gerenciar, estabelecer e finalizar as conexões entre o transmissor e o receptor.

Camada 6 – Nesta camada têm-se a transformação dos dados para o formato padronizado para sua transmissão e recepção.

Camada 7 - Camada física responsável pela codificação e decodificação dos símbolos e caracteres em sinais elétricos para a camada 6.

A indústria automotiva adota diversos protocolos que são empregados pelas diversas marcas como que variam segundo a velocidade com que os dados são transmitidos.

Veja que no caso de um ambiente automotivo não precisamos de altas velocidades de transmissão, pois os sinais são simples e pequenos como valores numéricos de grandezas obtidas por sensores.

Estes dados são bem menores do que uma imagem ou um som que deva ser transmitido pela internet. Assim, os protocolos podem ser lentos, a partir de 10 kbps, sem problemas.

***bps***

*Bps ou bit por segundo é a velocidade de transmissão de dados digitais*

Temos então as seguintes classes de protocolos:

Classe A – até 10 kbps

Classe B – 10 a 125 kbps

Classe C – 125 kbps a 1 Mbps

A maioria dos veículos automotorees atuais usa o CAN Bus ou barramento Controller Area Network.

Este barramento foi desenvolvido originalmente pela Robert Bosch para seus veículos a partir de 1980.

Trata-se de um protocolo de comunicação serial síncrono, ou seja, existe um sincronismo entre os módulos conectados à rede.

Assim, a mensagem é colocada na rede em intervalos regulares que são conhecidos pelos módulos.

O sistema opera segundo o modo multimaster ou multimestre, onde todos os módulos conectados à rede tanto podem se tornar mestres como escravos para a transmissão dos dados.

Outro conceito importante em que se baseia o seu funcionamento é o CSMA/CD with NDA, acrônimo que significa Carrier Sense Multiple Access/Colision Detection with Non Destructive Arbitration.

Nesse sistema, os módulos verificam como está o barramento, que tipo de sinais estão trafegando através deles. Assim, se os dados que estiverem sendo transmitidos tiverem maior prioridade, ele espera párea efetuar sua transmissão.

Caso contrário, ele interrompe a transmissão dos dados de menor prioridade e transmite as suas.

A velocidade de transmissão dos dados do barramento CAN é de 1 Mbps e uma distância máxima de 40 metros. Acima disso, a velocidade é reduzida gradualmente.

Uma característica importante deste barramento, dada as características do ambiente em que os dados devem trafegar é que não temos os níveis 0 e 1 associados a zero volt e a uma determinada tensão, como ocorrem com sinais CMOS e TTL.

### **CMOS e TTL**

*Veja mais sobre os sinais digitais no nosso Curso de Eletrônica Digital em dois volumes.*

Neste barramento, os sinais variam entre 1,5 e 3,5 V, com o nível 0 sendo determinado por 1,5 V e o 1 por 3,5 V, havendo portanto uma faixa de 2 V entre eles.

## **EMI**

EMI é o acrônimo para Electromagnetic Interference ou Interferência Eletromagnética que também podemos denominar RFI ou Radiofrequency Interference, interferência por radiofreqüência, se considerarmos a parte alta do espectro.

O que ocorre é que a quantidade cada vez maior de dispositivos eletrônicos que operam com sinais de rádio estando presentes em toda a parte leva a uma preocupação muito grande em relação a fontes de interferência que possam afetar seu funcionamento.

Os veículos automotores em especial consistem num ambiente crítico quando tratamos de EMI, pois eles tanto geram os sinais interferentes como também têm equipamentos que estão sujeitos a este tipo de interferência.

### ***Interferência e Ruído***

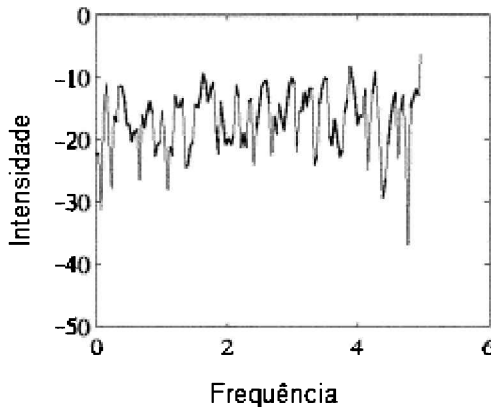
*Se bem que o termo geral para designar as ondas eletromagnéticas que causam interferências em equipamentos, devemos distinguir interferências de ruídos. As interferências normalmente possuem frequências fixas enquanto que o ruído se espalha por uma certa parte do espectro.*

Assim, existe uma enorme preocupação na indústria automotiva para que os veículos tanto gerem a menor quantidade possível de sinais que possam causar problemas nos equipamentos do próprio carro como no ambiente pelo o qual ele circula, como também utilize

equipamentos eletrônicos que não estejam sujeitos a qualquer tipo de interferência.

As interferências geradas pelo carro podem ter as mais diversas origens, sendo o ponto mais crítico o sistema de ignição.

Quando uma vela produz uma faísca a oscilação desta faísca entre os eletrodos gera um sinal de alta frequência que se espalha por uma boa parte do espectro conforme mostra a figura 13.



*Figura 13 - Ruído gerado pelo sistema de ignição*

Este ruído tanto pode se propagar pelos cabos do sistema elétrico do automóvel como ser irradiado, interferindo à distância em equipamentos que operam sem fio.

Se a antena do rádio ou o cabo captar estes sinais, eles vão interferir no funcionamento do equipamento de som, aparecendo no alto-falante na forma de sons desagradáveis.

Já vimos no capítulo anterior alguns procedimentos para evitar que estes sinais sejam captados e também quando tratamos do

sistema de ignição procedimentos para evitar sua produção, como o uso de capacitores.

No entanto, os equipamentos eletrônicos se tornam cada vez mais sensíveis o que faz com que as indústrias automotivas cada vez mais se preocupem com a emissão destes sinais.

Existem então normas que fixam a intensidade máxima de ruído que os sistemas elétricos e eletrônicos de um carro podem emitir, e também a sensibilidade dos sistemas.

Tenho na lembrança uma notícia publicada em uma antiga revista técnica de anos atrás, quando os sistemas eletrônicos de controle dos veículos ainda estavam sendo testados, em que se falava de um carro que saiu da fábrica para testes e ao passar sob uma linha de transmissão de energia teve todos os seus sistemas paralisados!

De volta para os laboratórios, os projetistas perceberam que os circuitos de controle deveriam ter uma blindagem especial para evitar este tipo de interferência.

## **Sistema de 42 V**

Conforme explicamos ao analisar o sistema elétrico do carro, a energia que os sistemas necessitam para funcionar é obtida tanto a partir de uma bateria como do alternador.

A bateria fornece energia mesmo quando o veículo se encontra desligado, enquanto o alternador fornece energia quando o motor se encontra em funcionamento, carregando também a bateria.

Os primeiros automóveis utilizavam baterias de 6 V. Esta tensão era suficiente para alimentar os poucos sistemas elétricos existentes então, que consistiam basicamente na bateria, faróis e eventualmente um rádio.



No entanto, com o tempo as exigências de energia dos carros aumentaram, e com isso a alimentação por uma tensão baixa começou a ser problemática.

A primeira alteração ocorreu em nosso país por volta de 1967 quando os carros passaram a utilizar baterias de 12 V, o que ocorre até hoje.

Conforme vimos no capítulo 1, a corrente para alimentar um determinado dispositivo no carro depende da tensão.

Assim, se alimentamos uma lâmpada de 12 W com 6 V, a corrente será de  $12/6 = 2$  ampères. Estes 2 ampères determinam a espessura mínima do fio usado, sem que haja perdas apreciáveis.

Se usarmos 12 V para alimentar a mesma lâmpada, a corrente será de apenas  $12/12 = 1$  ampère, o que significa a possibilidade de usarmos fios mais finos.

Além disso, ocorrem perdas na resistência do fio e estas perdas são tanto maiores quanto maior a corrente e maior a resistência do fio.

Usando tensões maiores as perdas são menores. Com o aumento de dispositivos elétricos e eletrônicos nos carros, mesmo os 12 V estão se tornando problemáticos em termos de consumo e mesmo de custos da fiação.

Assim, a nova geração de automóveis que está por vir já prevê a utilização de baterias de 42 V. Os fios de ligação dos diversos dispositivos podem ser 3,5 vezes mais finos com esta tensão!

### **Corrente e tensão**

*Para entender melhor os conceitos de corrente, tensão e potência, muito importantes para os conceitos dados neste capítulo, sugerimos estudar o capítulo correspondente ao Curso de Eletrônica – Eletrônica Básica.*

Ao longo da evolução do automóvel cada vez mais dispositivos foram agregados ao sistema elétrico, aumentando seu consumo. Assim, de menos de 500 W de potência consumida na década de 80, os carros passaram a 1 000 W na década de 90 e já em 2005 a potência ultrapassava os 1 500 W.

Nos veículos médios a potência já se aproxima dos 3 000 W em 2013, ano em que completamos este livro, e para os veículos grandes já ultrapassa os 3 500 W.

Isso significa, não apenas a necessidade de baterias com muito maior capacidade, como também fiação que utilize fios cada vez mais grossos.

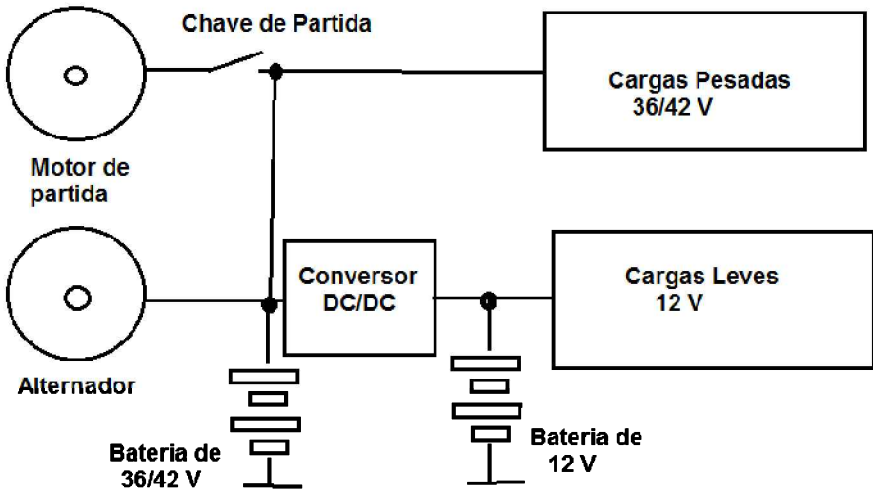
### ***Consumo e autonomia***

*O consumo de um equipamento do carro também determina a autonomia da bateria quando só ela deve fornecer energia. Assim, um som potente pode permanecer ligado apenas alimentado pela bateria por menos tempo que um de menor potência ou usado com menor volume.*

Uma forma de se reduzir a espessura dos fios da fiação de um veículo, e também as correntes dos principais dispositivos alimentados, é com a adoção do padrão de alimentação de 42 V em lugar de 12 V.

Com uma tensão 3,5 vezes maior, as correntes nos dispositivos alimentados será 3,5 vezes menor e, com isso, a espessura dos fios poderá ser reduzida. Esse padrão tende a ser adotado nos próximos anos.

No sistema de 42 V, o automóvel terá duas baterias, uma de 12 V para os dispositivos de menor consumo e uma de 42 V para os dispositivos de maior consumo, conforme mostra a figura 14.



*Figura 14 – Circuito de um veículo com sistema de 12 V*

Conforme podemos ver pela figura, a bateria de 42 V é ligada de tal forma a alimentar as cargas pesadas e o motor de partida, e também um conversor que serve para a carga da bateria de 12 V a partir do alternador.

O alternador carrega a bateria de 42 V e também a 12 V através do conversor.

A bateria de 12 V, por sua vez, alimenta as cargas leves, ou seja, as que possuam menor consumo.

Os conversores DC/DC que convertem os 42 V em 12 ou 14 V para a carga da bateria menor são do tipo trifásico com arquitetura bastante semelhante ao que encontramos nas aplicações industriais.

A adoção dos 42 V em lugar de outro valor padronizado com o 110 V ou 220 V tem motivos de segurança.

## **O Carro Elétrico**

A ideia do carro elétrico é muito simples: um motor elétrico é alimentado por uma bateria recarregável ou outra fonte de energia semelhante como uma célula a combustível (que será analisada mais adiante).

Os motores elétricos são silenciosos e podem ser fabricados com rendimentos muito altos, não emitindo qualquer tipo de poluente.

No entanto, o maior problema para o carro elétrico para termos um carro elétrico eficiente e acessível está na bateria.

A quantidade de energia que deve ser armazenada é muito grande e isso acarreta na necessidade de se desenvolver baterias com grande densidade de armazenamento, leves e de baixo custo.

As baterias comuns do tipo chumbo-ácido, que hoje são usadas para alimentar o sistema elétrico de um automóvel, têm sérias limitações quanto a capacidade de armazenamento de energia.

Chamamos de densidade de armazenamento à quantidade de Wh por kg (watt-hora por quilograma) que uma bateria pode armazenar.

Por exemplo, se uma bateria tem uma capacidade de armazenamento de 100 Wh por kg, uma bateria de 1 kg pode armazenar energia para alimentar um motor de 1 kW por 1/10 hora, ou algo em torno de 1,3 hp por 6 minutos apenas.

Para alimentar um motor de 100 hp por uma hora temos de usar uma bateria com esta capacidade de armazenamento pesando aproximadamente 1 000 kg!

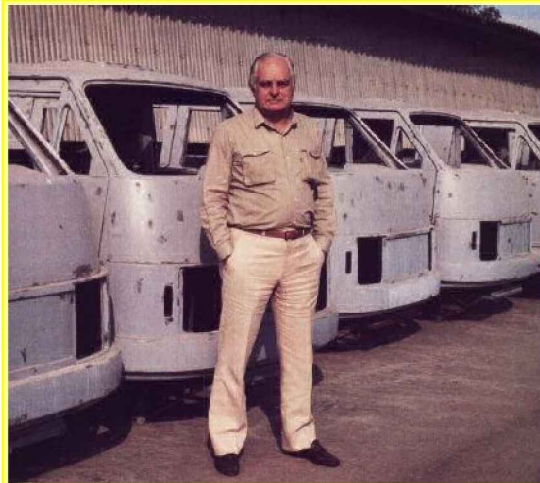
Evidentemente, trata-se de algo que, além de ser muito caro, vai pesar muito do carro que gastará então a maior parte da energia para carregar a própria bateria!

Quando visitamos a fábrica da Gurgel nos anos 80, o Eng. João Conrado do Amaral Gurgel nos falava deste problema, mostrando seu carro elétrico Itaipú que usava uma bateria de 800 kg.

### ***Gurgel***

*Conheci João Conrado do Amaral Gurgel, fabricante dos automóveis Gurgel em 1985, quando fiz uma visita a sua fábrica. Ao chegar à fábrica em Rio Claro logo me surpreendi com o vigor e entusiasmo de Gurgel. Ele nos mostrou toda a fábrica, nos levou para a pista de prova onde, com ele na direção, subimos barrancos e entramos em pântanos para que ele nos mostrasse que a tração nas quatro rodas do Carajás permitia que ele saísse de qualquer atoleiro e até vimos o então protótipo do BR800 que ainda estava no "esqueleto" e que ele gostaria de dar um nome bem brasileiro: "tião". Gurgel nos mostrou também seu carro elétrico Itaipú, uma revolução ecológica na época, mas que tinha a séria limitação do peso de tamanho da bateria que chegava aos 900 kg! Mas isso não o desanimava, pois um dia as baterias seriam mais leves e compactas e o carro seria um sucesso. Almoçamos com Gurgel em sua casa a poucos quilômetros da fábrica, e depois*

*do almoço, na varanda ele nos contou muito de sua vida. Falou de como sua paixão pela mecânica quase o levou a ser expulso de casa pelo seu pai, quando arrebatou uma locomotiva num leilão da FEPASA e mandou entregá-la em sua garagem. Queria saber mais sobre seu funcionamento, desmontando-a, mas isso não agradou nada seu pai quando ele chegou para guardar o carro. Falou da reação de seus professores da Escola Politécnica quando disse que seu sonho era fabricar carros no Brasil. A resposta "Carros se compram, Gurgel, não se fabricam!" não o desanimou. Sua maior glória foi justamente levar o primeiro carro de sua fabricação para mostrar ao incrédulo professor, que não pode esconder sua admiração. A fábrica de Gurgel fez milhares de Carajás, Itaipús e BR800, muitos dos quais ainda podem ser vistos em nossas ruas. A Gurgel não conseguiu ir mais longe dadas as pressões de muitos interesses que não gostariam de ter a concorrência de uma fábrica genuinamente brasileira fazendo carros. Faliu. Recentemente a marca Gurgel foi adquirida por num empresário que pretende fazer novamente os carros. Gurgel morreu, deixando um sonho, um exemplo de perseverança, empreendedorismo e força que deve ser seguido por todos. Nossa homenagem a um grande homem.*



*João Augusto Conrado do Amaral Gurgel  
(Franca 1926 – São Paulo 2009)*

Além disso, havia a desvantagem de ter de se esperar muito para fazer a recarga. Na tabela abaixo vemos que uma bateria chumbo-ácido precisa de 8 a 16 horas para a recarga completa.

O carro de Gurgel teve alguma aceitação, pois ele os vendia para as empresas de distribuição de energia. Enquanto o carro estava parado com os funcionários fazendo a manutenção numa rede, o carro ficava ligado na parte dela que funcionava, com a recarga sendo realizada.

As baterias comuns, como as de chumbo ácido possuem densidades de energia muito pequenas como mostra a tabela a tabela abaixo.

	NiCd	NiMh	Li-Ion	Li-Íon Polímero	Chumbo-Ácido
<b>Densidade de Energia (Wh/kg)</b>	45-80	60-120	110-160	100-130	30-50
<b>Resistência Interna (miliOhm)</b>	100-200 Pack 6V	200-300 Pack 6V	150-250 Pack 7,2V	200-300 Pack 7,2V	<100 Pack 12 V
<b>Ciclo de Vida (80% capacidade inicial)</b>	1500	500-1000	500-1000)	300-500	200-300
<b>Tempo para Carga Rápida</b>	1 hora	2 a 4 hs	2 a 4 hs	2 a 4 hs	8 a 16 hs
<b>Tensão da Célula</b>	1,25V	1,25V	3,6V	3,6V	2V

No entanto, novas tecnologias têm conseguido aumentar a densidade de energia das baterias, reduzir o tempo de recarga, mas ainda o custo é elevado.

Desta forma, o carro elétrico ainda apresenta um certo problema de comercialização e utilização prática que está justamente centralizado na obtenção de baterias de menor custo e maior densidade de energia.

Alguns modelos comerciais já começam a se tornar viáveis pela utilização de baterias de alto-rendimento, mas ainda caras e pesadas.

O Nissan Leaf, mostrado na figura 15 tem custo bastante acessível, sendo por esse motivo o primeiro carro elétrico comercialmente viável, podendo concorrer com modelos tradicionais de motor a explosão.





*Figura 15 – Nissan Leaf – O primeiro carro comercial 100% elétrico*

Este carro usa 48 módulos de baterias que tanto podem ficar no piso como no porta-malas, conforme mostra a figura 16.



*Figura 16 - Localização dos 48 módulos de bateria que fornecem 80 kW de potência ao motor no Nissan Leaf.*

A Nissan oferece garantia para os módulos que, em caso de problemas podem ser trocados de forma independente.

## **Baterias Redox – Carga em minutos pela troca do eletrólito**

Um dos grandes problemas para a aceitação do carro elétrico, além da limitação dada pelo tamanho da bateria, é o seu tempo de recarga. Para recarregar uma bateria é preciso de 4 a 16 horas, dependendo do tipo, o que significa que, em princípio o carro não pode ser utilizado neste intervalo.

Como fazer em caso de viagens? Paradas longas para a recarga? A solução que está sendo aperfeiçoada é a bateria Redox, com tem sua recarga em minutos, e de que trataremos neste item.

Com celulares e outros aplicativos eletrônicos que usam bateria, o tempo de recarga não é tão problemático, pois podemos ainda usá-los quando estão ligados ao carregador. No caso de um carro elétrico, entretanto, isso não ocorre. Esta é sem dúvida uma das grandes limitações que encontramos na adoção desta solução para o transporte alternativo.

Já pensaram ter de parar por 4 a 10 horas para a recarga da bateria do carro, quando ela descarregar para somente depois poder seguir viagem?

Certamente, é algo que não é simpático a ninguém, a não ser aos proprietários de hospedarias em rotas de viagem. No entanto, este problema já está sendo solucionado.

Quando você para num posto e enche o tanque esgotado de seu carro você não precisa mais do que alguns minutos para isso. Seria possível fazer o mesmo com uma bateria mas sem ter de trocá-la por uma recarregada?

A solução está justamente num tipo de bateria denominada Redox (o nome deriva das palavras Reduction and Oxidation – Redução e Oxidação).

Estas baterias podem ser recarregada pela simples troca de seu eletrólito, o líquido que existe no seu interior, e que armazena a energia. Assim, basta parar num posto e trocar o eletrólito descarregado por um carregado, e a bateria estará novamente pronta para alimentar o veículo.

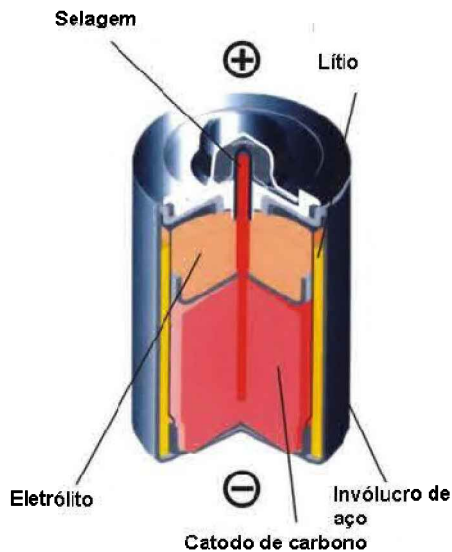
O processo é simples e rápido, não demorando mais do que alguns minutos. E você não paga pelo eletrólito, mas somente pela sua carga, pois o posto pode colocar este eletrólito descarregado num carregador que o recupera (agora num prazo longo), para ser vendido a outro veículo no dia seguinte...

### ***Como Funciona***

As baterias comuns de carro (chumbo-ácido), de celulares e de outras aplicações tem um princípio de funcionamento bastante simples de entender.

Uma substância quimicamente ativa, denominada eletrólito é colocada entre dois eletrodos.

Agindo sobre os eletrodo, a substância libera sua energia na forma de eletricidade que aparece sobre os eletrodos e à medida que esta eletricidade é consumida por um circuito externo, o eletrólito e os eletrodos passam para uma transformação química. Na figura 17 temos a estrutura de uma bateria deste tipo.

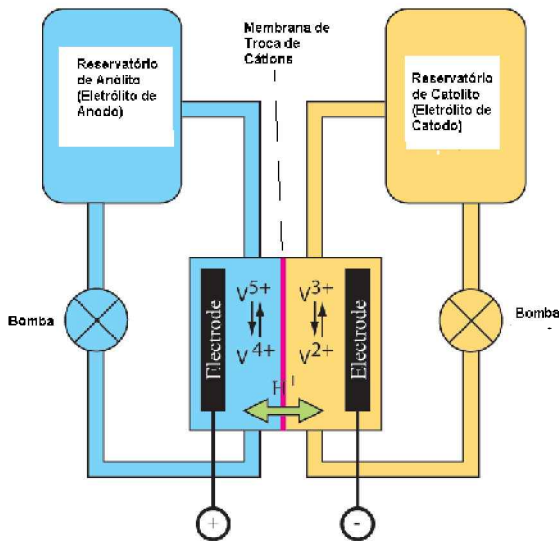


*Figura 17 – Estrutura de uma bateria de lítio-ion.*

Ocorre, entretanto, que a reação que libera a energia numa bateria deste tipo é reversível. Quando não mais há energia para a liberação e o eletrólito se descarregou, podemos recarregá-lo passando uma corrente elétrica no sentido inverso ao normal por certo tempo.

Com esta corrente a reação que liberou energia se reverte e o eletrólito volta a armazenar energia para poder funcionar novamente. O problema, como vimos, é que o processo de recarga é lento, pois a corrente precisa circular por horas .

Um outro tipo de bateria é a de fluxo de eletrólito (flow), onde o eletrólito não fica permanentemente selado na bateria, mas é injetado à medida que ela precisa gerar energia, conforme mostra a figura 18.



*Figura 18 – Bateria de fluxo – eletrólitos (anólito e católito) são injetados para gerar energia. Nesta bateria, o eletrólito gasto é bombeado de volta aos reservatórios. Quando a mistura estiver gasta os eletrólitos são substituídos.*

Este tipo de bateria não se esgota enquanto puder ser injetado o eletrólito (carregado), saindo pelo outro lado o eletrólito descarregado. Este tipo de bateria é mais interessante para uma aplicação automotiva, pois podemos ter um reservatório para o eletrólito novo (carregado) e um para o descarregado.

Assim, num posto de combustível (ou recarga). Quando o reservatório do eletrólito carregado está vazio e portanto o do descarregado está cheio, basta encher um e esvaziar o outro, o que consiste num processo rápido.

Uma boa solução que, entretanto, ainda apresentava problemas que agora foram resolvidos por um centro de pesquisa alemão, o

Fraunhofer Institute for Chemical Technology (ICT) que vão possibilitar o uso destas baterias.

O que ocorria é que as baterias de fluxo tinham um rendimento muito baixo, sendo pesadas e consumindo muito eletrólito, que se esgotava rapidamente numa aplicação. Seu rendimento era tipicamente  $\frac{1}{4}$  do rendimento de uma bateria de Lítio-Ion como as usadas em celulares.

Com o aperfeiçoamento do processo de Oxi-redução ou Redox, foi possível obter baterias deste tipo com alto rendimento que em breve estarão disponíveis no carro elétrico do futuro.

Basta dizer que o governo alemão, que está investindo no projeto, prevê que no ano de 2020 serão mais de 1 milhão os carros elétricos em circulação naquele país.

### ***Novas Tecnologias***

*As novas tecnologias neste setor estão avançando rapidamente. Assim, na época em que este livro foi escrito haviam muitas alternativas em estudo. Como E-books podem ser atualizados, nada impede que em breve este texto já esteja superado e apenas fique como citação histórica.*

## **Células a Combustível**

Uma alternativa econômica de se obter energia elétrica para acionar os veículos movidos à eletricidade é a que faz uso das células a combustível.

Energia fácil e barata sem poluição tanto para movimentar veículos como para produzir eletricidade de uso comercial e residencial.

Este é o conceito que começa a ser explorado em algumas aplicações práticas devendo estar disponível em maior escala já no início do próximo século ao consumidor comum, graças a tecnologia da célula a combustível.

Gerando energia elétrica diretamente a partir da combustão de gases como o gás comum, hidrogênio e outros, este sistema gera energia limpa com alto rendimento.

Neste item analisaremos esta tecnologia de geração de eletricidade e como ela pode ser usada nos veículos automotores em substituição aos motores de combustão interna, e mesmo às baterias recarregáveis.

A possibilidade de se gerar energia elétrica em pequena escala a um baixo custo, usando processos que não sejam poluentes, é procurada há muito tempo.

Pequenos geradores alimentados a gás poderiam alimentar residências e movimentar veículos com um rendimento muito maior, sem poluição e, além disso, eliminariam a necessidade de uma ampla rede de distribuição de energia.

Na verdade, nos locais em que existem redes de distribuição de gás encanado, já se pensa em utilizar esta forma de combustível para gerar eletricidade a partir do próximo ano como, por exemplo, na Califórnia.

Outra possibilidade importante é a movimentação de veículos. Usando o hidrogênio como combustível é possível obter energia em grande quantidade e barata e, mais do que isso: o produto da queima do hidrogênio é a água que não polui de forma alguma!

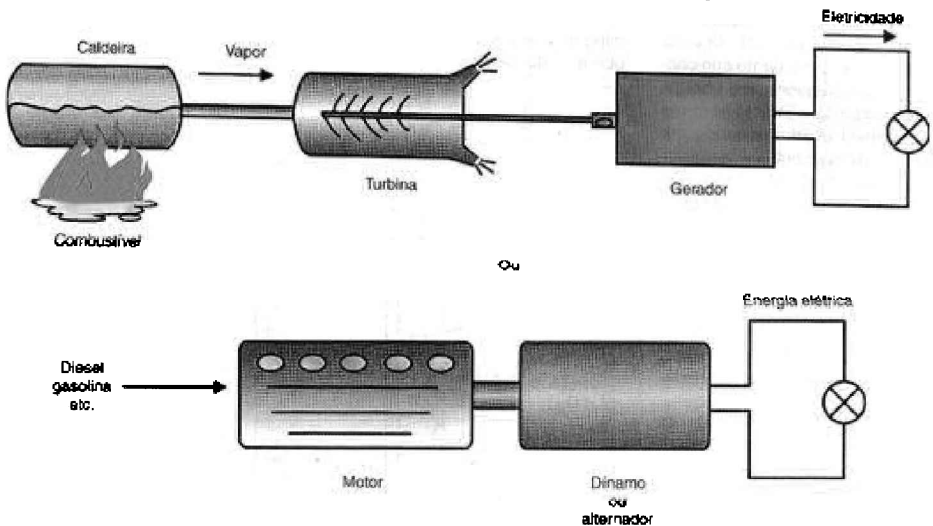
Mas, para gerar energia elétrica diretamente a partir da queima de um combustível não é tão simples, e a tecnologia exigida só agora toma um grande impulso.

Para gerar eletricidade a partir da queima de combustível são usados dispositivos denominados "células à combustível" e é delas que falaremos mais intensamente a partir de agora.

### ***O que são as células a combustível***

Para gerar eletricidade a partir da queima de um combustível, o processo tradicional utiliza uma série de dispositivos intermediários que reduzem o seu rendimento, encarecem sua elaboração e tornam seu tamanho proibitivo para a maioria das aplicações, principalmente as que envolvem a produção de pequenas quantidades de energia.

Assim, conforme mostra a figura 19, o que se faz tradicionalmente é queimar um combustível para movimentar um motor, e este motor é usado para acionar um dínamo ou alternador.



**Figura 19 – Usinas termoeletricas**



A cada transformação de energia ocorre uma perda e, além disso, os combustíveis usados atualmente para movimentar os motores são altamente poluentes como o óleo diesel, gasolina, ou mesmo a queima de carvão, bagaço de cana ou lenha.

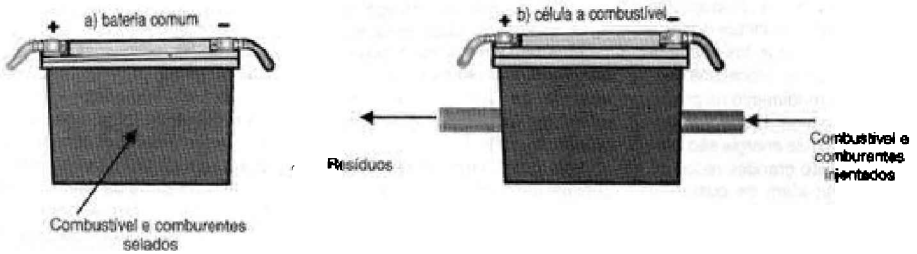
Será que não existe algum meio de se obter eletricidade a partir da queima de um combustível, num processo único, sem dispositivos intermediários?

A descoberta da célula a combustível não é recente. Em 1839 Sir William Robert Grove descobriu que a dissociação de vapor de água em hidrogênio e oxigênio podia ser obtida num eletrodo de platina aquecido.

Novos materiais e novas técnicas desenvolvidos principalmente a partir da subida da Gemini IV (que tinha um sistema de células a combustível capaz de gerar 12 kW de energia elétrica) estão levando a possibilidade de se gerar eletricidade diretamente a partir de um processo químico em que entrem gases comuns.

Se bem que o conhecimento do princípio funcionamento da célula à combustível seja bastante antigo, o entendimento de como ela realmente funciona é relativamente recente.

Enquanto uma bateria comum leva o seu combustível e o comburente em seu interior de uma maneira que não podem ser substituídos, mas eventualmente apenas recompostos pelo processo de recarga, uma célula à combustível é diferente, conforme podemos ver pela figura 20.



*Figura 20 – Bateria comum e célula a combustível*

Na célula à combustível, o combustível (um gás, como o hidrogênio) e o comburente (o oxigênio) são "bombeados" para o seu interior, e a combinação de ambos em eletrodos especiais resulta em eletricidade que pode ser usada para alimentar um circuito externo.

As vantagens deste sistema são inúmeras, mas a principal está na possibilidade do fornecimento de energia de forma constante e ilimitada.

O que ocorre é que a capacidade de armazenamento de energia das baterias comuns é pequena, exigindo-se para o caso dos veículos baterias muito grandes, pesadas e caras para se obter uma autonomia apenas razoável.

Na célula a combustível, o elemento que converte energia é pequeno, e a energia é armazenada externamente na forma do combustível usado, podendo ser fornecida continuamente.

As células a combustível são classificadas por muitos como "dispositivos de estado sólido" que convertem energia química em energia elétrica, sem a necessidade de dispositivos mecânicos.

No tipo básico, existem eletrodos porosos à base de platina (que funciona como catalisador da reação) para onde é bombeado o hidrogênio, conforme mostra a estrutura da figura 21.

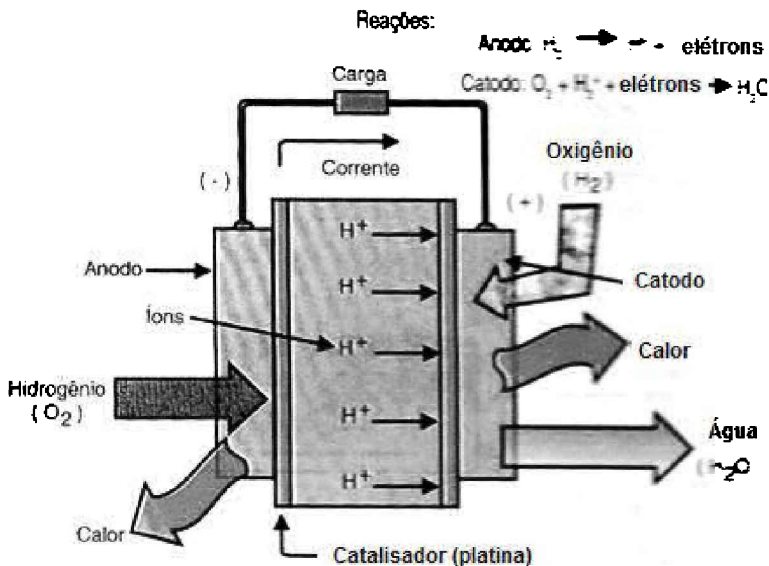


Figura 21 – Uma célula a combustível

Ocorre, entretanto, que os poros do eletrodo poroso, normalmente uma membrana de um polímero, são menores que os átomos de hidrogênio que então não conseguem passar na forma normal.

Forçados a perder um elétron, os átomos se convertem em íons carregados positivamente que, pela ação do catalisador passam e se combinam com o oxigênio, liberando energia e formando água e ao mesmo tempo que adotam o catodo de uma carga positiva.

Do outro lado permanece o elétron que assim "carrega" o anodo negativamente.

Neste processo, a presença de cargas de polaridades diferentes no anodo e no catodo torna disponível energia elétrica para um circuito externo.

A diferença de potencial obtida por célula deste tipo é da ordem de 1,23 volt sem carga, caindo para 0,6 V com carga.

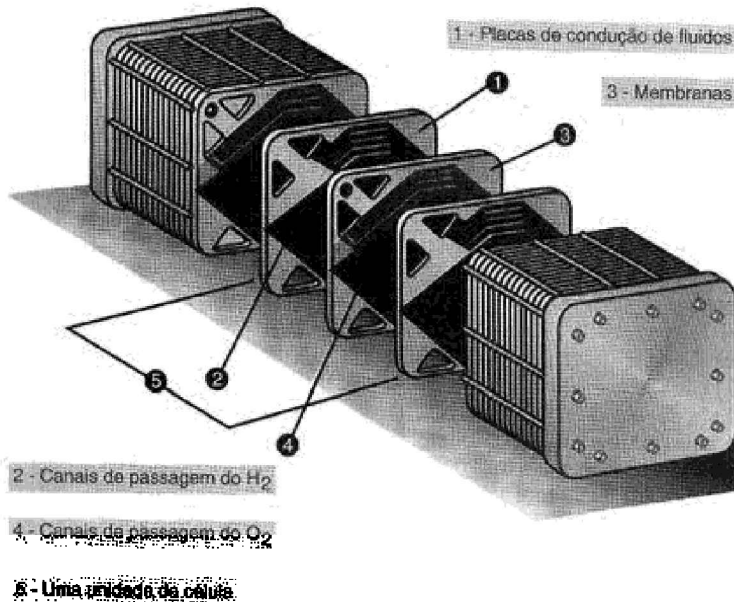
Este tipo de célula é denominado SPFC ou PEM (Proton Exchange Membrane ou Membrana de Troca de Prótons).

Mas, a principal vantagem deste tipo de célula está no seu elevado rendimento que pode chegar aos 60%, o que é muito mais do que o rendimento obtido por um motor a combustão típico que não passa de 25% e, além disso, o fato de que o produto da combustão é vapor d'água!

Alguns cuidados devem ser tomados com o hidrogênio usado como combustível que é por remoção do enxofre e do monóxido de carbono que capazes de "envenenar" o catalisador de platina afetando o funcionamento da célula.

Diversas são as empresas que trabalham hoje no desenvolvimento de células do tipo PEM. Dentre elas podemos destacar a ECN na Holanda, a Sere De Nora na Itália, a Siemens e a Dornier na Alemanha além da Rolls Royce e VESL. No Canadá destacamos a Ballard Power System e nos Estados Unidos a Energy Partners.

Na figura 22 temos a célula da Ballard que utiliza uma membrana de polímero de flúor-carbono e apenas 0,05 a 0,18 mm de espessura.



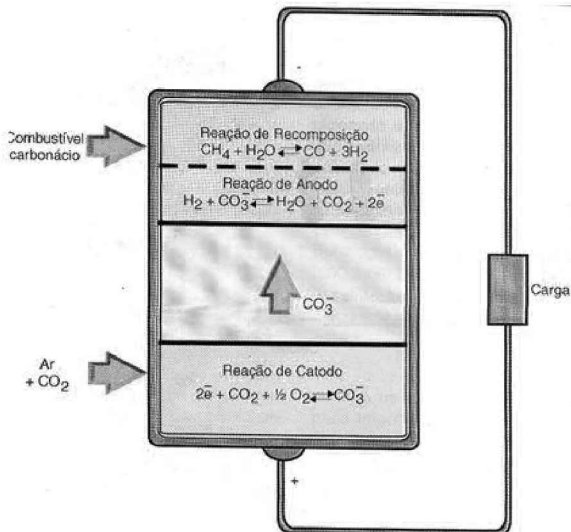
*Figura 22 – Célula da Ballard*

Esta empresa possui em sua linha de produtos células de 5 kW de potência, fornecendo correntes de 240 A sob tensão de 20 V quando alimentadas por hidrogênio sob pressão de 30 psi (o que equivale a aproximadamente 2 atmosferas). Esta célula pesa apenas 45 kg.

### **Outros tipos de Células**

#### a) MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)

Um outro tipo de célula à combustível é a que usa carbonato fundido como combustível sendo denominada MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) e que tem a estrutura básica mostrada na figura 23.



*Figura 23 – Célula MCFC*

Nesta célula temos um eletrodo que é aquecido a uma temperatura de aproximadamente 650 graus centígrados.

Nesta temperatura o sal usado como eletrólito funde-se e se torna condutor de corrente elétrica, permitindo que íons de carbonato migrem para o anodo.

Neste trajeto os íons encontram-se com o hidrogênio ocorrendo então uma reação química. Nesta reação forma-se água e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Ao mesmo tempo, os íons de carbonato e o oxigênio reagem para recolocar em circulação os íons de carbonato que migraram para o anodo.

Veja que nesta reação o dióxido de carbono funciona apenas como um suporte na cadeia de interações iônicas.

Uma das dificuldades que os projetistas destas células encontram está na degeneração do eletrodo de óxido de níquel (catodo) que, em contato com o eletrólito alcalino, logo se estraga.

Este tipo de célula tem uma eficiência na faixa dos 50 aos 60%, gera mais calor que o tipo PEM, e está sendo estudada com especial atenção por algumas empresas japonesas como a Hitachi, Toshiba e Mitsubishi.

Nos Estados Unidos um consórcio de empresas liderada pela M-C Power realiza estudos com este tipo de célula, pensando em torná-la comercial brevemente.

A vantagem deste tipo de célula está na possibilidade de funcionar com gás natural, metanol, propano, etanol em mistura com o hidrogênio o que amplia sua gama de aplicações práticas.

#### b) SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)

Este tipo de célula, ainda em fase de desenvolvimento, tem uma eficiência na faixa de 50 a 60%.

Nesta célula o combustível, que pode ser gás natural ou outro tipo de gás combustível, é bombeado para um anodo juntamente com vapor de água. Ocorre então uma reação química em que monóxido de carbono e hidrogênio são produzidos.

Na temperatura elevada em que o processo ocorre, íons de oxigênio são produzidos e levados pelo eletrólito, formando assim uma corrente elétrica que se dirige ao anodo.

Os íons que chegam ao anodo podem então entregar seus elétrons formando assim água e devolvendo ao anodo os elétrons para fechar o percurso da corrente.

### c) PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)

Este tipo de célula se caracteriza pela altíssima densidade de energia que pode fornecer, mais de 200 mA por centímetro quadrado, sob tensão de 0,66 volts, com um rendimento na faixa de 40 a 45 %. Muitas células são "empilhadas" de modo a se obter maior tensão e assim poder alimentar um circuito externo.

A desvantagem está na necessidade de hidrogênio como combustível num grau de pureza elevado, pois não pode conter substâncias como o monóxido de carbono ou enxofre que podem afetar o catalisador de platina.

### ***Aplicações Alternativas***

No futuro prevê-se que a utilização das células à combustível não se limite à propulsão. Geradores pequenos, de baixo custo, podem ser instalados em residências que então não precisam mais dispor de energia vinda através de fios e uma usina distante.

A eletricidade para o consumo local seria gerada, quer seja por gás engarrafado, quer seja por gás encanado, que já está disponível numa grande quantidade de locais.

Assim, existe um plano interessante que consiste em se dotar residências de uma cidade escolhida da Califórnia com pequenos geradores à base de células a combustível que utilizariam gás encanado.

Com um bom rendimento, usando uma forma de energia que ainda não é tão escassa como a hidroelétrica, estes pequenos geradores poderiam resolver um grave problema de sobrecarga dos sistemas de fornecimento convencionais que já ameaçam algumas regiões dos Estados Unidos.

Os leitores que ainda não têm noção do grave problema que de geração e distribuição de energia que ronda algumas regiões dos



Estados Unidos, especificamente a Califórnia devem ler o romance "Colapso" de Arthur Hailey.

Os recentes "blackouts" também mostram que aqui mesmo em nosso país, também estamos nos aproximando de um ponto crítico na geração e fornecimento de energia que talvez tenham como solução a nova tecnologia da célula a combustível, complementada pela energia eólica, solar e outras.

No caso da propulsão de automóveis, muitas empresas já fazem testes com veículos, algumas já prometendo o lançamento para 2015, como é o caso da Honda, conforme mostra a figura 24.



*Figura 24 – Carro elétrico da Honda alimentado por célula a combustível cujo lançamento está previsto para 2015*

Sob o piso se encontra a instalação de combustível, propulsão (motor) e a célula à combustível, conforme mostra a figura 25.



*Figura 25 – O carro com célula a combustível de hidrogênio*

É interessante observar que o tamanho da célula usada equivale ao de um motor a explosão comum, o que possibilita sua instalação no mesmo local.

O resultado da combustão do hidrogênio usado é o vapor d'água que é expelido a uma temperatura de aproximadamente 55 graus centígrados.

Uma alternativa para o futuro, que está sendo estudada pela Mercedes-Benz ,consiste no uso de células que funcionem com metanol.

## Os Motores dos Carros Elétricos

Existem duas tecnologias adotadas para a propulsão do carro elétrico. Uma que faz uso de motores de corrente contínua de 96 a 192 V e outra que faz uso de motores de corrente alternada trifásica de 240 V.

No primeiro caso, aproveita-se a tecnologia das empilhadeiras, com baterias que fornecem de 20 a 30 kW com um sistema regulador que fornece correntes de 400 a 600 A.

Esta tecnologia é mais cara, mas tem algumas vantagens como a de poder aceitar pequenos surtos de sobrecarga de alguns segundos, de modo a desenvolver maior potência neste período.

Na figura 26 um motor para carro elétrico desenvolvido pela GM.

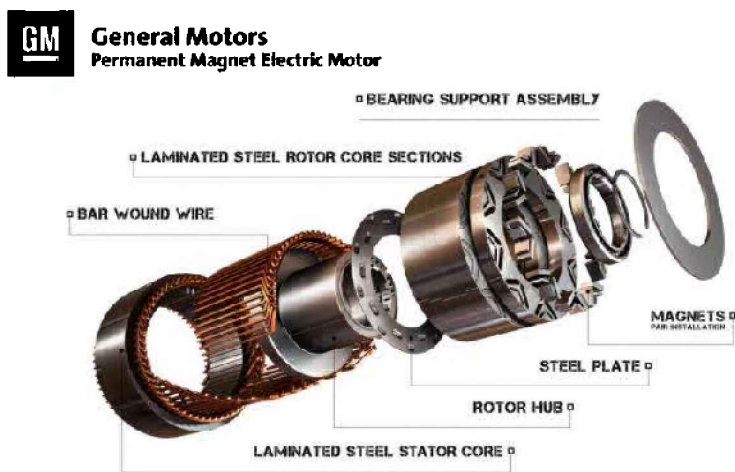


Figura 26 – Um motor de carro elétrico da GM

A principal vantagem do uso de corrente alternada está na possibilidade de se usar qualquer motor trifásico com a potência desejada.

Além disso, com motores de corrente alternada sua operação pode ser revertida de modo que, na frenagem, eles funcionem como alternadores, recuperando a energia gerada no processo de modo que ela seja usada para recarregar a bateria.

Na figura 27 um motor de carro elétrico da Nissan.



*Figura 27 – Motor de carro elétrico da Nissan*

## **Rumo ao Carro sem Manutenção**

As novas tecnologias aplicadas aos veículos automotores podem levar ao que hoje já temos na eletrônica: equipamentos descartáveis sem a necessidade de manutenção. Veja neste item como no futuro vai ser possível comprar um carro que não precisa de combustível ou manutenção por toda sua vida útil. (2012)

Antigamente quando adquiríamos um televisor estávamos preparados para as visitas de manutenção ao técnico depois de alguns meses de uso, sempre precisando de um reparo, um ajuste ou algo

mais. Os aparelhos eram fabricados para necessitarem de manutenção constante.

Hoje isso já mudou na indústria eletrônica, pois compramos um equipamento para esquecermos durante o período de garantia e depois disso, normalmente na primeira quebra compramos um de tecnologia mais nova.

As oficinas de reparação que ainda sobrevivem à custa dos equipamentos anteriores a esta tecnologia passam por apuros.

Essa idéia está cada vez mais passando para a indústria automotiva, com a possibilidade de termos o veículo descartável livre de manutenção.

Você compra seu carro com combustível e tudo mais para que ele rode sem a necessidade de manutenção ou entrada em postos de combustível por anos, e quando passar esse tempo você tem duas possibilidade: revisa ou troca.

### ***Como isso pode ser feito***

Existem componentes do carro que precisam de verificação, reposição ou troca constante como o óleo, fluídos de freio, água do radiador, ar dos pneus e, evidentemente o combustível. Se eliminarmos essa necessidade o problema da manutenção acaba.

O primeiro passo já foi dado com a criação de óleos lubrificantes de grande autonomia. Além dos 10 mil quilômetros, que são os comuns, existem tipos que podem rodar por até 80 mil quilômetros o que pode significar a vida útil de um carro por vários anos.

Um carro desse tipo não precisaria de trocas de óleo, pois quando ela estivesse próxima, já seria o momento de trocar de carro. Uma preocupação a menos para o proprietário!

A troca de vela já está sendo analisada com a substituição pelos tipos a laser, que não possuindo contatos não teriam desgastes. Neste

tipo de vela um pulso de laser de alta potência seria o responsável pela ignição da mistura no interior do cilindro do carro.

A troca de velas de tempos em tempo não existiria mais, isso se o carro ainda utilizar a gasolina, gás ou álcool como combustível.

Diversas tecnologias têm sido estudadas para se substituir o modo de propulsão dos veículos eliminando o motor de combustão interna, que queima álcool, gasolina ou gás.

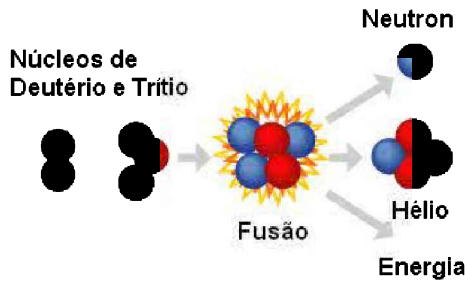
O carro elétrico e a célula a combustível utilizando gás são algumas alternativas, mas existe algo que ainda pode vir e que a tecnologia está procurando há muitos anos sem conseguir: a fusão a frio do hidrogênio.

Seria o “sol dentro de seu carro”, pois é o mesmo processo que o sol utiliza para gerar a energia que manda para a terra na forma principal de luz e calor.

Quando dois ou três prótons se unem para formar um átomo de hidrogênio pesado (deutério ou trítio), e depois, estes núcleos de deutério se unem para formar um núcleo do átomo de hélio, uma enorme quantidade de energia é liberada e isso de forma limpa, sem resíduos ou radiação perigosa.

Essa energia na forma de luz e calor é a que o sol nos envia há bilhões de anos e o fará muitos outros ainda.

A figura 28 mostra a fusão do hidrogênio.



*Figura 28 – A fusão do hidrogênio – as esferas vermelhas são prótons e as azuis são nêutrons*

No entanto, para fazer isso o sol precisa de uma pressão de milhões de atmosferas e uma temperatura de dezenas de milhões de graus. Não existe nenhum recipiente que aguarde isso aqui na terra.

Os cientistas, entretanto, acreditam que a fusão do hidrogênio produzindo hélio e liberando energia pode ser feita numa temperatura muito mais baixa, capaz de ser obtida com facilidade por meios comuns aqui na terra.

Se isso for conseguido teremos uma fonte inesgotável (quase) de energia. Um pequeno frasco de hidrogênio pode produzir energia para iluminar uma cidade ou movimentar um carro por muitos anos, pois o rendimento dessa fonte é fabuloso.

No carro do futuro, com fusão a frio haveria um pequeno reservatório de hidrogênio, talvez menos de 1 litro, que conteria todo o combustível para sua vida útil de vários anos. Não existiria mais o posto de abastecimento...

E, finalmente como a fusão do hidrogênio produziria diretamente eletricidade para um motor elétrico não haveria água de radiador e nem outros elementos que necessitassem de substituição ou verificação em curtos períodos de tempo.

Mesmo porque as verificações seriam computadorizadas, o próprio veículo se encarregaria de saber se precisa de algo.

Saia e dirija... Esqueça o resto.

## **Termos em Inglês**

Alguns termos em inglês desta lição:

Battery – bateria

Microprocessor – microprocessador

Unit – Unidade

Noise – ruído

Network – rede

Wireless – sem fio

Fuel Cell – célula a combustível

AC – Alternating Current – corrente alternada

DC – direct current – corrente contínua (CC)

## **Questionário**

1. O componente principal de uma central de controle automotiva é:
  - a) Uma memória
  - b) Um microprocessador
  - c) Um circuito integrado comum
  - d) Um transistor de potência



2. As arquiteturas de controle de carro podem ser:
- a) Centralizada e microprocessada
  - b) Distribuída e microprocessada
  - c) Centralizada e distribuída
  - d) Com sensores e sem sensores
3. A rede mais utilizada nos veículos atuais é:
- a) CAN
  - b) Wireless
  - c) Bluetooth
  - d) CDMA
4. O combustível de uma célula a combustível pode ser:
- a) Gasolina
  - b) Álcool
  - c) Oxigênio
  - d) Hidrogênio
5. Que tipos de motores podem ser utilizados num carro elétrico?
- a) CC
  - b) AC
  - c) CC ou AC
  - d) Trifásicos

## ANEXOS

### **RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS**

Capítulo 1: 1-c, 2-a, 3-c, 4-a, 5-d

Capítulo 2: 1-c, 2-b, 3-c, 4-a

Capítulo 3: 1-d, 2-b, 3-b, 4-b, 5-b

Capítulo 4: 1-b, 2-b, 3-c, 4-c, 5-c

Capítulo 5: 1-c, 2-b, 3-b, 4-b, 5-c

Capítulo 6: 1-b, 2-b, 3-c, 4-b, 5-c, 6-d

Capítulo 7: 1-b, 2-c, 3-a, 4-c, 5-d

Capítulo 8: 1-b, 2-b, 3-a, 4-a, 5-a, 6-c

Capítulo 9: 1-c, 2-b, 3-c, 4-a, 5-a, 6-b

Capítulo 10: 1-d, 2-c, 3-c, 4-a, 5-b, 6-c, 7-a

Capítulo 11: 1-c, 2-c, 3-b, 4-a, 5-a, 6-d

Capítulo 12: 1-b, 2-c, 3-a, 4-d, 5-c

### **LINKS INTERESSANTES**

***Teste de semicondutores de potência (INS209)***

***Inversor para o carro (ART326)***

***Testando relés automotivos com o multímetro (ART032)***

***LEDs nas Aplicações Automotivas (ART856)***

***Como funcionam os inversores (ART533)***