# Sensores no automóvel – Injecção Electrónica

Gilberto Gil Dias Veiga, Sérgio Filipe Andrade
*Departamento de engenharia electrotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto*
*E-mail:{1030330, 1020415}@isep.ipp.pt*

## Resumo

*Neste relatório é feita uma abordagem dos diversos tipos de sensores existentes nos automóveis, nomeadamente da injecção electrónica que nos dias de hoje se encontra em muitos dos veículos modernos.*

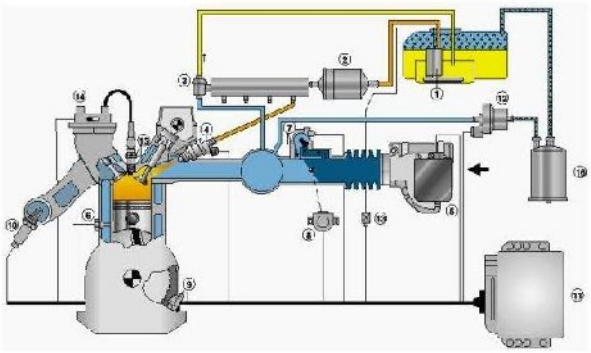
## 1. Introdução

Devido à rápida evolução dos motores dos automóveis, desenvolveu-se um sistema de injecção electrónica de combustível, com o objectivo de proporcionar ao motor um funcionamento suave, com melhor rendimento, economia e com um controle de emissão de poluentes, necessitando assim de receber a perfeita mistura ar/combustível (mistura estequiométrica) em todas as faixas de rotação. Os sistemas de injecção electrónica têm essa característica de permitir que o motor receba somente o volume de combustível necessário, para que a sua eficiência seja plena. Para tal, o sistema não é accionado pelo motor, mas sim comandado electronicamente pela unidade de comando electrónico (UCE), que injecta a quantidade de combustível teoricamente ideal, controlando assim a mistura ar/combustível em função das necessidades imediatas do motor.

O sistema faz a leitura através de diversos sensores distribuídos em pontos estratégicos pelo motor, tais como:

- Sensor de oxigénio (sonda lambda);
- Sensor de pressão absoluta do colector (MAP);
- Sensor de temperatura do ar (ACT);
- Sensor de temperatura do liquido de arrefecimento (CTS);
- Sensor de posição da borboleta;
- Sensor de detonação;
- Sensor de velocidade do veículo (VSS);
- Sensor de rotação.

A unidade de comando examina as informações recolhidas pelos sensores e com base em outras informações gravadas na memória, envia comandos para diversos actuadores espalhados em pontos estratégicos do motor. Na figura 1 é possível observar o esquema representativo do funcionamento da injecção electrónica bem como os dispositivos onde vai actuar.



1-Bonba de Combustível
2-Filtro de Combustível
3-Regulador de Pressão
4-Valvula de Injecção
5-Medidor de Fluxo de Ar
6-Sensor de Temperatura
7-Actuador de Marcha Lenta
8-Potenciometro da Borboleta
9-Sensor de Rotação
10-Sonda Lambda
11-Unidade de Comando
12-Valvula de Ventilação do Deposito
13-Rele de Comando
14-Bobine de Ignição
15-Vela de Ignição
16-Canister

**Figura 1** – Sistema de injecção electrónica

## 2. Sensores

Os Sensores servem para informar UCE sobre as diversas condições de funcionamento do motor, como a temperatura do líquido do arrefecimento e do ar admitido, a pressão interna do colector de admissão, a posição em que se encontra a borboleta, entre outros.

Considerada como o "cérebro" da injecção electrónica, a UCE monitoriza e controla o funcionamento do sistema. A introdução da UCE na electrónica automóvel marcou o surgimento de uma nova era no sector de reparações.

Para controlar o motor mantendo o desempenho e o rendimento em níveis óptimos, a unidade de comando electrónico recolhe informações de diversos sensores como mostra a figura 2, para que a central possa analisar e decidir qual a estratégia seguir.

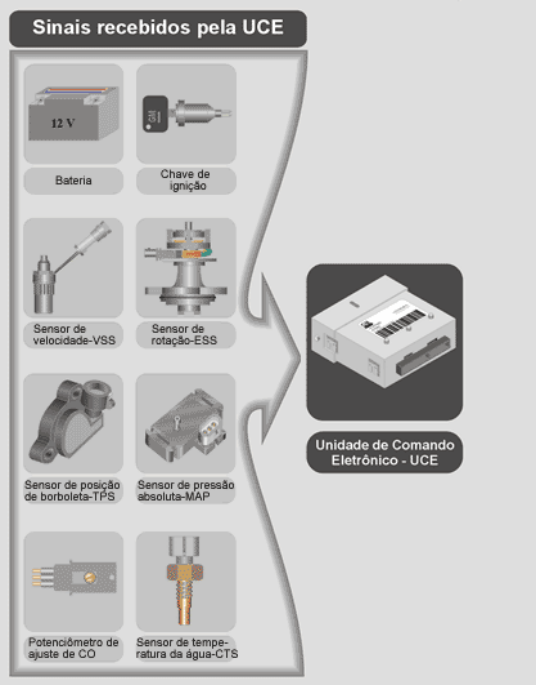



**Figura 2** – Representação dos sensores

### 2.1. Sensor de posição da borboleta de aceleração

O sensor de posição da borboleta de aceleração - TPS (*Throttle Position Sensor*) está posicionado na extremidade oposta ao came do acelerador.

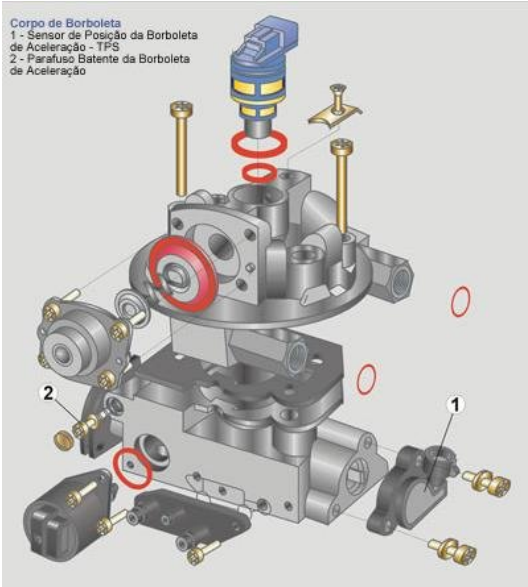



**Figura 3** – Sensor de posição da borboleta

Na figura 3 podemos visualizar a localização do sensor de posição e parafuso batente da borboleta de aceleração.

A posição da borboleta é uma das informações utilizadas para o cálculo da quantidade de combustível. Outra função do TPS é informar à unidade de comando electrónico - UCE, os movimentos da borboleta, para fins de aceleração e desaceleração realizadas pelo condutor. Neste caso o TPS executa funções equivalentes à da bomba de aceleração de um carburador. Quando a borboleta de aceleração está fechada, o sinal de saída do TPS é tipicamente de 0,45 a 0,55V. A tensão aumenta em proporção à abertura da placa da borboleta de aceleração, até atingir aproximadamente 4,8V na condição de totalmente aberta (100%). Para que se possa dar esta variação de tensão, o TPS consiste num potenciómetro que cuja função é traduzir o ângulo de abertura da borboleta de aceleração num sinal eléctrico.

A unidade de comando alimenta o TPS com a tensão de referência de aproximadamente 5V. O sinal do TPS em conjunto com o sinal de rpm é utilizado pela unidade de comando para enriquecer a mistura ar/combustível em plena carga (potência máxima) ou fazer com que haja corte na injecção quando a rotação do motor se mantém alta e a borboleta de aceleração fechada (condição de

redução do motor). O corte no volume de injecção na altura de redução motor é chamado de "**Cut-Off**". [2]

## 2.2. Sensor de temperatura do liquido de arrefecimento (CTS)

Consiste num termistor do tipo NTC (resistência inversamente proporcional a temperatura) montado no fluxo do líquido de arrefecimento. A resistência eléctrica varia com a variação da temperatura do líquido de arrefecimento do motor.

A UCE através de um circuito interno, alimenta o sensor com uma tensão de referência de aproximadamente 5 V. O sinal do sensor corresponde a queda de tensão provocada pela resistência.

Quando o motor está frio, ou seja, a temperatura baixa, a resistência eléctrica do CTS é alta, fazendo com que a queda de tensão medida pela UCE seja alta. À medida que o motor aquece, a temperatura aumenta, a resistência eléctrica do sensor é baixa, por isso, é medida uma tensão baixa entre o sensor e a massa.

Na figura 4 e na tabela 1 podemos visualizar a relação entre a temperatura do motor em função dos valores do termistor. Na figura 5 podemos visualizar o sensor de temperatura do liquido de arrefecimento.

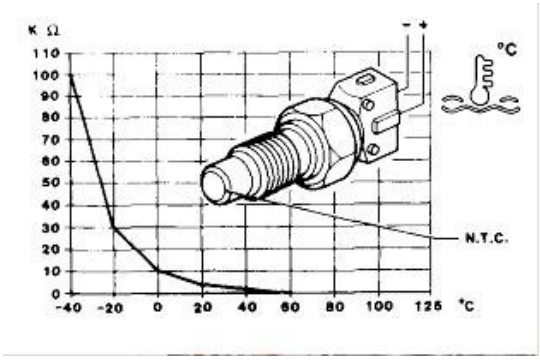



**Figura 4** – Relação entre a temperatura do motor em função dos valores do termistor

**Tabela 1** – Relação entre a temperatura do motor em função dos valores do termistor

| (ºC) | 0 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 85 | 90 | 100 | 110 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (VDC) | 4,3 | 3,7 | 3,3 | 2,8 | 2,3 | 2 | 1,2 | 1 | 0,95-0,85 | 0,65 |

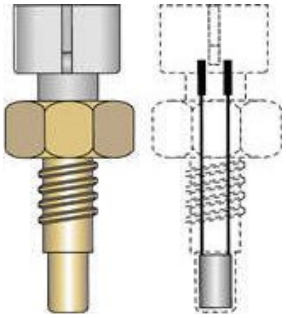


**Figura 5** – Sensor de temperatura do liquido de arrefecimento (CTS)

A UCE utiliza a informação da temperatura do líquido de arrefecimento principalmente para fazer os cálculos da massa de ar admitida e do avanço da ignição. Além disso, em alguns veículos o sinal do CTS é utilizado pela UCE para o controlo da ventoinha de arrefecimento quando a temperatura chega próxima dos 100ºC.

A informação da temperatura do motor é utilizada para o controle da:

- Quantidade de combustível;
- Ponto electrónico da ignição (EST);
- Controle de ar na marcha - lenta (IAC). [2]

## 2.3. Sensor de temperatura do ar (ACT)

O sensor de temperatura do ar – ACT (*Air Charge Temperature*) está localizado antes do corpo de borboleta, colocado na mangueira que liga o filtro de ar ao corpo. Quando o ar admitido está frio, a resistência do sensor (termistor do tipo NTC) é elevada, à medida que o ar admitido aquece, a resistência do sensor diminui e a tensão correspondente também.

Na figura 6 podemos visualizar a relação entre a temperatura do ar em função dos valores do termistor.

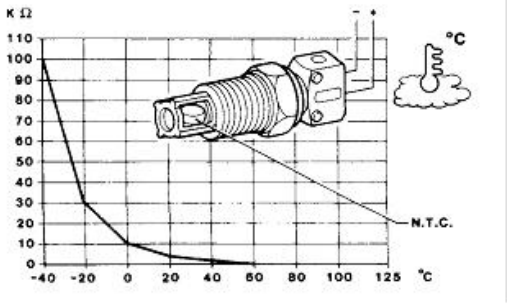



**Figura 6** – Sensor de temperatura ar (ACT)

A informação da temperatura ar é utilizado para o controlo da:

- Quantidade de combustível;
- Ponto electrónico de ignição (EST);
- Controle de ar de marcha - lenta (IAC).

Se for detectada uma temperatura superior ou inferior a determinados limites, toma-se a temperatura do ar igual à temperatura do líquido de arrefecimento. Em caso de defeito simultâneo do sensor de temperatura do líquido de arrefecimento, a unidade de comando estabelece um valor fixo de temperatura. [2]

## 2.4. Sensor de pressão absoluta do colector de admissão (MAP)

O sensor de pressão absoluta do colector de admissão - MAP (*Manifold Absolute Pressure*) informa à UCE a variação da pressão no interior do colector de admissão em função do regime de carga e da rotação do motor, ou seja, informa a pressão a que está submetido o ar aspirado pelo motor. O sensor é capaz de medir a pressão de 0,2 até 1,05 bar (de 20 a 105 kPa).

Na figura 7 e 8 podemos visualizar o sensor de pressão absoluta do colector de admissão e também a Ponte de *Wheatstone*.

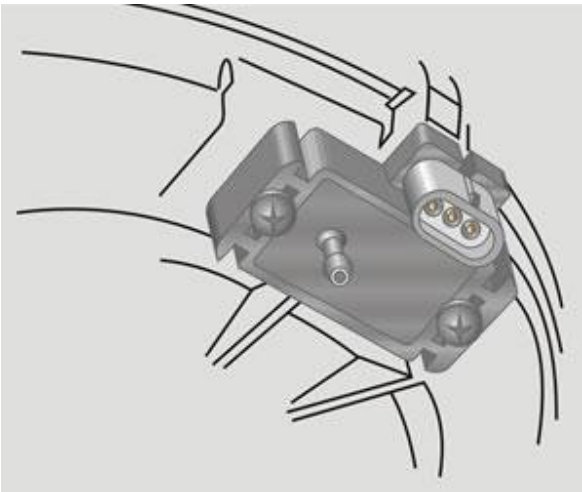


**Figura 7** – Sensor de pressão absoluta do colector de admissão

Em marcha lenta, quando a borboleta de aceleração está totalmente fechada, a pressão no interior do colector de admissão é baixa (alta depressão), a unidade de comando recebe as informações com uma tensão entre 0,5V a 1,0V. Com a borboleta totalmente aberta, a pressão no interior do colector de admissão é alta (baixa depressão), e a unidade de comando recebe tensões a passar dos 4V.

O sinal do MAP também é utilizado para medir a pressão atmosférica local. Com essa informação, o sistema é capaz de se adequar automaticamente às variações de altitude. O MAP mede a pressão atmosférica toda vez que é ligada a ignição.

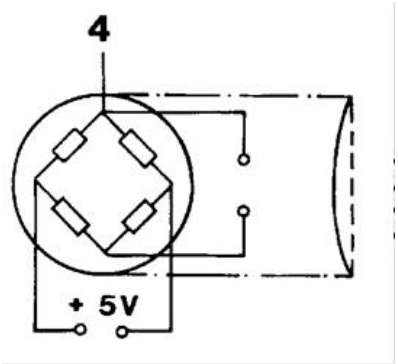



**Figura 8** – Ponte de *Wheatstone*

O elemento sensível contido na peça de plástico como podemos visualizar na figura 7 é composto de uma ponte de resistências (ponte de *Wheatstone*) serigrafadas numa placa de cerâmica muito fina (diafragma) de forma circular, montada na parte inferior de um suporte como podemos ver na figura 8.
O diafragma separa duas câmaras:

- Câmara inferior lacrada, aonde é criado o vácuo;
- Câmara superior, aonde está em comunicação directa com o colector de admissão.

Normalmente, o sensor MAP é ligado a uma tomada de pressão no colector através de uma mangueira de borracha, em sistemas mais modernos o sensor vem aparafusado directamente sobre o colector de admissão (não utiliza mangueira de tomada de pressão).

Este sensor trabalha com uma pequena membrana de cristal do tipo "piezoresistivo" que varia a sua resistência de acordo com o grau de deformação desta. Quanto maior for o grau de deformação, maior será a sua resistência e menor será a tensão recebida pela Unidade de Comando.

A UCE alimenta o sensor com uma tensão de referência de aproximadamente 5V.

As informações do sensor de pressão absoluta (MAP) são utilizadas para os cálculos da quantidade de massa de ar admitido e para o avanço da ignição de acordo com a carga do motor.

Para se calcular o volume de combustível a ser injectado, a unidade de comando baseia-se na temperatura do ar admitido e na pressão do colector para saber qual a sua densidade, e também baseia-se nas informações de rotação e taxa de cilindrada do motor. Com essas informações, é possível definir a quantidade de combustível a ser injectado, mantendo-se assim a proporção ideal de mistura ar/combustível.

No caso de falha do sensor MAP, a unidade de comando vai controlar a quantidade de combustível baseado num valor de substituição, dado principalmente pelo sensor de posição da borboleta (TPS). [2]

## 2.5. Sensor de rotação

O sensor de rotação tem como função enviar dados à UCE sobre a rotação do motor a fim de realizar o sincronismo dos sistemas de ignição e injecção, de forma a estes serem executados nos tempos correctos.
Para a medição da velocidade de rotação os dispositivos que são usados usualmente são os de efeito de hall, de relutância variável e de magnetoresistivo.

**2.5.1 Sensor de efeito de hall.** O efeito de hall existe quando a corrente flui atravessando um campo magnético perpendicular à direcção da corrente resultando de um desvio para o campo perpendicular à direcção da corrente, este efeito está representado na figura9.

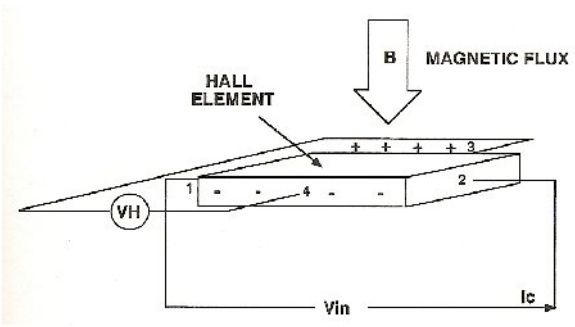



**Figura9 –** Efeito de Hall

A corrente Ic, flui através do dispositivo entre os terminais 1 e 2 produzindo um potencial VH entre os terminais 3 e 4, quando é aplicado um campo magnético perpendicular ao dispositivo. O potencial VH é determinado pela força do campo magnético e da corrente.

O sensor de efeito de hall é bem conhecido na área automóvel para medições de rotação, velocidade e posição, no entanto, recentes desenvolvimentos nesta área foi possível obter melhorias nas suas características resultando um maior potencial nas aplicações ligadas à indústria automóvel.

O sensor de efeito de hall é bastante versátil, fácil de usar e pode ser usado para medir velocidade zero (mesmo quando não há rotação fornece uma saída). A frequência de saída é proporcional à velocidade.

A figura10 mostra um tipo de sensor típico. Os dentes da roda dentada concentram o fluxo magnético quando se aproxima do sensor de hall e do íman. A saída do sensor é uma onda sinusoidal cuja frequência é o número de rotações por minuto da roda multiplicado pelo número de dentes. A resolução do sistema depende do número de dentes da roda.

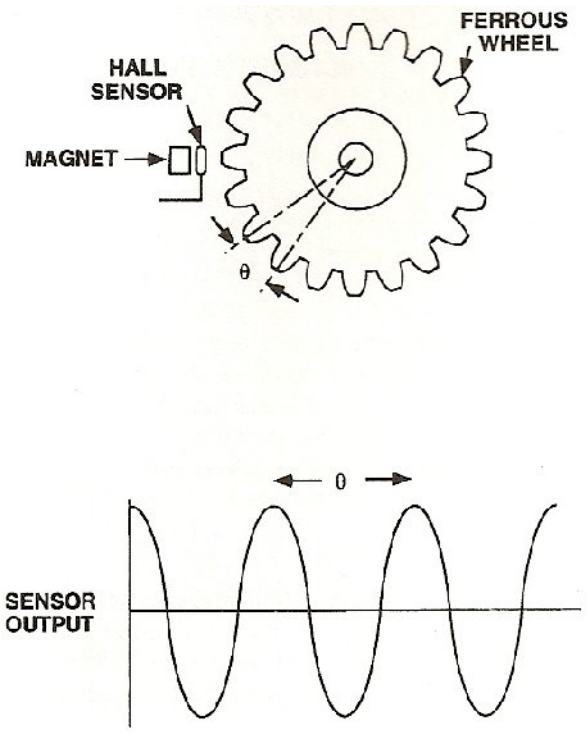



**Figura10 –** Sensor de Hall e forma de onda de saída

Este sensor é utilizado pela maioria dos automóveis de injecção que utilizam distribuidor de ignição. Durante o arranque ou com o motor em funcionamento, são enviados sinais, impulsos negativos, para a unidade de controlo (UCE) para efectuar o cálculo da rotação do motor e identificar a posição da árvore de cames. Sem este sinal o sistema não entra em funcionamento. [1] [2]

**2.5.2 Sensor de relutância variável.** O sensor de relutância variável tem ampla aplicação na electrónica automóvel, por exemplo no sistema ABS é utilizado como sensor de velocidade das rodas. Na injecção electrónica exerce as funções de sensor de rotação, velocidade do veículo, posição da árvore de cames, e sensor de comando de fase das válvulas.

A sua constituição é feita basicamente por uma roda dentada, íman permanente, núcleo ferro-magnético, bobine, malha de blindagem e o colector do sensor, como é possível observar na figura11.

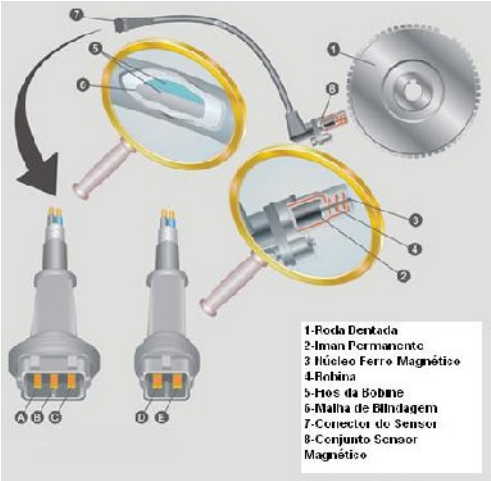



**Figura11 –** Sensor de relutância variável

Para emitir o sinal não é necessário ser alimentado como no sensor de efeito de hall, o sinal é gerado por indução electromagnética.

Quando o dente da roda dentada aproxima-se do sensor, a tensão começa a subir positivamente devido à variação do fluxo magnético, quando o dente da roda dentada se alinha perfeitamente com o sensor, a tensão nesse ponto é nula. Quando deixa de estar alinhado com o sensor, a tensão começa a subir negativamente devido à variação do fluxo magnético. Quando o dente da roda dentada estiver totalmente desalinhado com o sensor, a tensão volta a ser nula.

O sinal de rotação e de posição da árvore de cames é muito importante para o sistema de injecção e ignição electrónica, pois é através desse sinal que a unidade de controlo (UCE) controla a maioria dos actuadores, como por exemplo, o módulo de ignição (DIS), as válvulas injectoras, o relé da bomba de combustível, etc.

Trata-se de um sinal extremamente complexo, pois é diferente de outros sensores, a tensão gerada é alternada (sinal analógico). Também ocorre a variação do seu valor (ora tensão baixa, em marcha lenta, ora tensão alta, em plena carga). Este sinal varia ainda em função de sua distância à roda dentada e do número de dentes que esta possui. A UCE deve converter esse sinal analógico em digital e também estabilizar sua tensão máxima. A frequência desse sinal convertido determina a rotação do motor.[1] [2]

**2.5.3 Sensor magnetoresistivo.** O efeito do sensor magnetoresistivo é do domínio da corrente de transporte que atravessa o material ferromagnético que na presença de um campo magnético externo altera a sua resistência. Por exemplo, um elemento ferromagnético altera a resistência em 2 a 3 porcento quando o ângulo de rotação do campo magnético é de 90°. O valor da resistência sobe para o valor máximo quando a direcção corrente e do campo magnético são coincidentes e é mínimo quando os campos são perpendiculares um ao outro.[1]

## 2.6. Sensor de velocidade do veículo (VSS)

Na área automóvel, os sensores de velocidade são usados numa vasta variedade de aplicações desde a melhoria da segurança através do mecanismo de performance para ajudar a favorecer a criação segundo a conformidade.

O sensor de velocidade do veículo VSS (*Vehicle Speed Sensor*) tem o principal objectivo informar da velocidade a que a viatura de desloca e é essencial para várias estratégias executadas na unidade de comando, podendo ser encontrado em três configurações: sensor de relutância variável, sensor de efeito de hall e sensor óptico.

**2.6.1 Sensor de efeito de hall.** Os sensores de efeito hall são alimentados com tensão de bateria. Fornecem à UCE um sinal de impulso cuja amplitude deve ser igual a tensão de alimentação e a frequência proporcional à velocidade do veículo. Estão geralmente instalados no eixo de saída da transmissão, junto ao cabo do velocímetro. O sensor de velocidade tipo hall é o mais comum no mercado.[1] [2]

**2.6.2 Sensor de relutância variável.** Os sensores de relutância variável, ou também conhecidos por sensores magnéticos, não necessitam de alimentação eléctrica. Seu sinal é gerado por indução electromagnética devido a interacção entre o sensor e a roda dentada.[2]

**2.6.3 Sensor óptico.** Os sensores de efeito óptico possuem comportamento similar aos sensores de efeito hall. São constituídos basicamente por um díodo emissor de luz (LED) e por um fototransistor separados por um disco rotativo com cortes para passar a luz proveniente do LED. Cada vez que os cortes no disco permitem que a luz proveniente do LED de modo a que o output do sensor seja um conjunto de impulsos cuja frequência é igual ao numero de rotações por minuto do disco rotativo multiplicado pelo numero de impulsos. Quanto maior for o numero de impulsos no disco, menor é o ângulo de rotação que ele consegue medir. Estes sinais são enviados para a unidade de controlo (UCE). Os sensores são instalados, tal como nos casos de efeito de hall e de relutância variável, junto ao painel de instrumentos e são accionados pelo cabo do velocímetro. [1]

## 2.7. Sensor de oxigénio (sonda lambda)

O sensor de oxigénio tem como objectivo medir a quantidade de oxigénio existente nos gases de escape.

O sistema sonda lambda utiliza um sensor de oxigénio, do tipo não aquecido, localizado na saída do colector de escape ou próximo do conversor catalítico como mostra a figura.

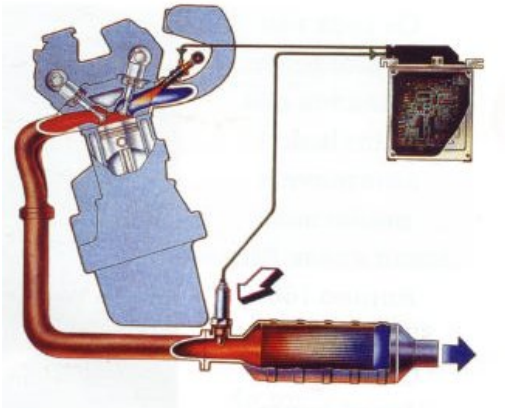


**Figura12 –** Sonda Lambda

Esta informação é processada pela unidade de controlo e é responsável pelo equilíbrio da injecção, pois este sensor tem a função de enviar qual é o estado dos gases á saída do motor (pobres ou ricos) e é em função desta informação que a unidade de controlo do motor controla a injecção. Nos automóveis que podem trabalhar com mais do que um combustível, este sensor também permite detectar o tipo ou a mistura de combustível utilizada.

A sonda é constituída basicamente por um elemento cerâmico (tatânia TiO2 ou zircônia ZrO2). Os sensores de dióxido de zircônio enviam à ECU (*Electronic Comande Unity*) uma tensão que pode variar entre aproximadamente 100 mV, quando a mistura é pobre, e 900 mV, quando a mistura é rica.

Os sensores de oxigénio só se tornam activos quando seu elemento cerâmico atinge temperaturas superiores a 300ºC, quando o sensor está frio é considerada uma voltagem de referência de 380 mV.

Para facilitar a análise da combustão e a qualidade das emissões de escape, em função do tipo de mistura, é definido um número, denominado factor de lambda, que resulta da relação entre medidas.

$$Factor\ Lanbda = \frac{relação\ ar\ combustivel\ real}{razão\ ar\ combustivel\ estequiométrica}$$

**Tabela2 -** Valores do factor de lambda

| Valores Lambda | Misturas | Excessos |
|---|---|---|
| >1 | Pobre | Ar |
| <1 | Rica | Combustível |
| =1 | Ideal | --- |

Na prática, os motores a gasolina ou álcool actuam melhor com misturas próximas a lambda=1. Quando é necessária máxima potencia, a mistura admitida devera ser rica lambda<1, quando de pretende económica, a mistura deverá ser pobre, próximo de lambda>1.[1] [2] [3] [4]

## 2.8. Sensor de detonação

*Knock* é o termo em inglês para o fenómeno caracterizado por uma vibração estrutural do motor e consequente ruído característico dessa vibração sendo características dos motores de ignição forçada (*spark-ignition*). Este fenómeno é indesejável pois é incómodo para o cliente e porque pode causar danos graves para o

motor. O fenómeno de *knock* é definido como sendo um modo indesejável de combustão e é originado espontaneamente e esporadicamente no interior do motor produzindo pontualmente impulsos de pressão associados ao movimento vibratório e provocando um som característico devido a esse fenómeno.

O sensor de detonação (*engine knock sensor*) detecta essas vibrações no interior do motor. É muito importante detectar estas vibrações porque nos motores modernos, uma vez que trabalham em condições críticas, a unidade de controlo debilita temporariamente o motor, reduzindo a potência de forma a reduzir essas vibrações prevenindo que a duração do motor seja reduzida.

O sensor de detonação é montado na parte inferior do bloco do motor, no lado do colector de escape, como mostra na figura13.

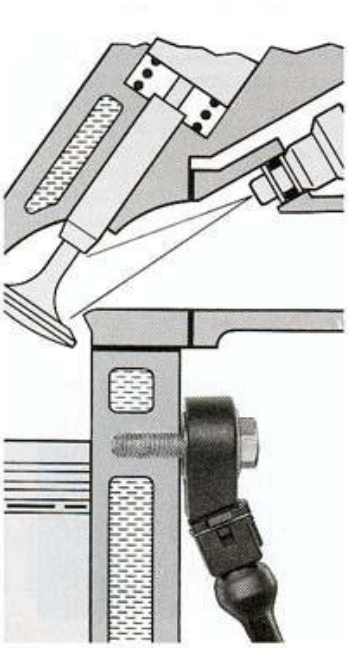


**Figura13 -** Sensor de detonação

Quando ocorre a detonação, são geradas vibrações situadas numa frequência sonora específica. Sendo o sensor de detonação constituído por um elemento piezoelétrico, consegue identificar esta frequência sonora específica e informa o módulo de injecção electrónico da ocorrência da detonação no motor. No momento que o módulo de injecção electrónico recebe este sinal, inicia imediatamente um processo de atraso gradual do ponto de ignição. Após o fenómeno de detonação terminar, o sistema volta ao valor de anterior de ignição adequado para cada injecção, impedindo assim danos no motor. Nos sensores piezoelétricos, quando os materiais são submetidos a um esforço mecânico, surge uma polarização eléctrica no cristal que os compõe, e suas faces tornam-se electricamente carregadas, a polaridade dessas cargas é invertida, caso a compressão seja convertida em tensão mecânica. Em contra partida, a aplicação de um campo eléctrico ao material faz com que ele se estenda ou contraia, de acordo com a polaridade do campo.

Este é o princípio de funcionamento dos sensores piezoelétricos, cuja importância reside no acoplamento entre a energia eléctrica e mecânica. [1] [2] [3]

## 2.9. Mass Air Flow Sensor (MAF)

A injecção electrónica é hoje em dia a substituição dos carburadores em muitos dos motores de automóveis, isto porque torna possível uma melhor performance e porque é a única maneira de os governantes manterem as emissões dentro do esperado. Para a injecção do combustível a massa de ar que entra para o motor tem que ser determinada. Este sensor, também conhecido por *Air Flow Sensor*, é um dos componentes utilizados no sistema de injecção electrónica e é encontrado em muitos dos veículos modernos. Este sensor é usado para medir essa quantidade de ar que entra no motor. Este valor é usado pelo processador (ECM) para calcular a quantidade de combustível adequada a ser injectada nos cilindros de forma a obter uma combustão óptima, melhores performances, melhor economia e emissões de gases mais baixas.

O sensor encontra-se usualmente instalado no interior do tubo colector de ar, entre o filtro de ar e o motor, como se pode observar na figura14.

**Figura14-** Sensor de circulação de massa de ar

A quantidade de massa de ar que entra para o motor requer que seja medida a pressão e a temperatura do ar.

Os sensores circulação são ainda usados para medir outras variáveis tais como a temperatura… para o controlo do motor. [1] [5]

## 3. Conclusão

Nos últimos anos a indústria automóvel, tal como muitas outras, tem vivido uma tremenda evolução na área da electrónica e das tecnologias. A evolução tecnológica veio tornar os sistemas mais precisos melhorando as performances, baixando os consumos e baixando as emissões dos gases nocivos para a atmosfera. Sendo a injecção um sistema que constitui o motor não foge à regra.

De forma a controlar esses sistemas electrónicos, que são parte integrante do automóvel, é necessário ter o conhecimento de muitas variáveis que vão permitir actuar de forma correcta para o bom funcionamento dos sistemas. Assim torna os sensores elementos fundamentais na electrónica automóvel e é necessário evoluí-los para que sejam mais eficientes e exactos nas leituras que executam.

## 4. Referencias

[1]Ronald K. Jurgan, *Automotive Electronics Handbook*, 2ª Edição, McGraw – Hill Handbooks
[2]http://www.injetronic.com.br
[3]http://Ford-tuning.forumeiros.com
[4]http://scincedirect.com
[5]http://www.samarins.com