

Motores Térmicos

8º Semestre

4º ano

Prof. Jorge Nhambiu

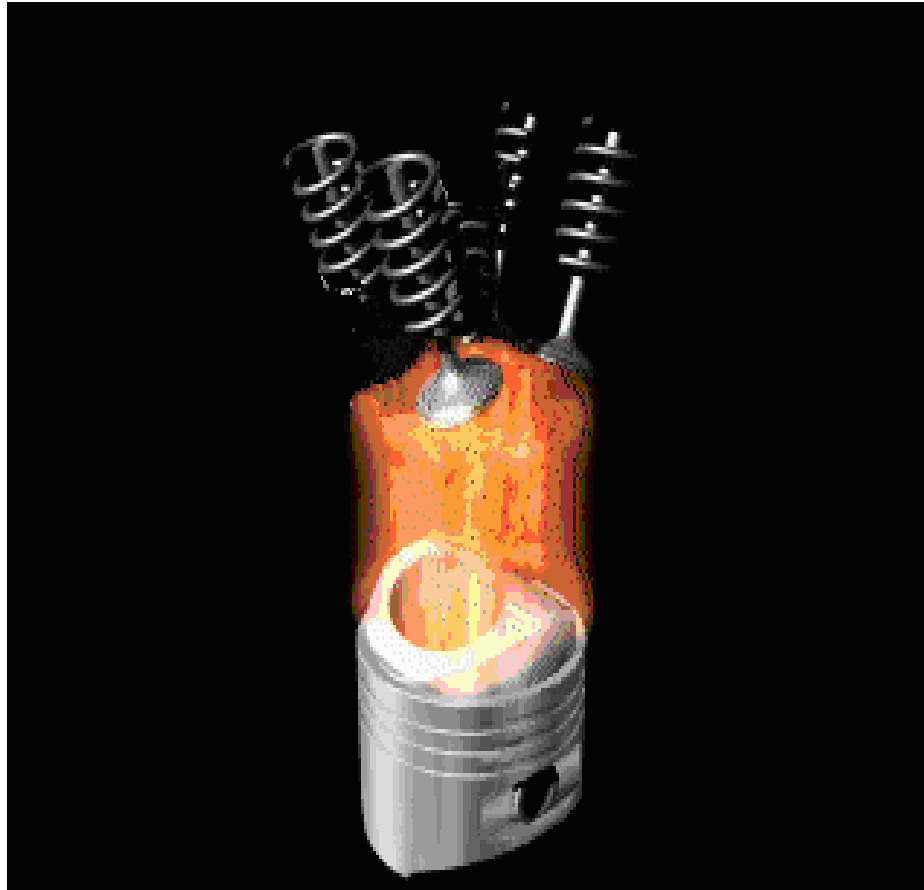
10. Sistema de Distribuição de Gases

- ▶ Motor a Quatro Tempos;
- ▶ Motor a Dois Tempos;
- ▶ Sistema de Distribuição;
- ▶ Classificação dos Motores;
- ▶ Motores Multiválvulas;
- ▶ Regulação das Válvulas;
- ▶ Recirculação dos Gases de Escape.

10. Sistema de Distribuição de Gases

- ▶ O **sistema de distribuição** num motor de combustão interna desempenha um papel crucial na regulação da entrada e saída dos gases nos cilindros.
- ▶ Este sistema garante que todas as fases do ciclo operativo (admissão, compressão, combustão e exaustão) ocorram de maneira coordenada e eficiente, permitindo o funcionamento adequado do motor a combustão interna.

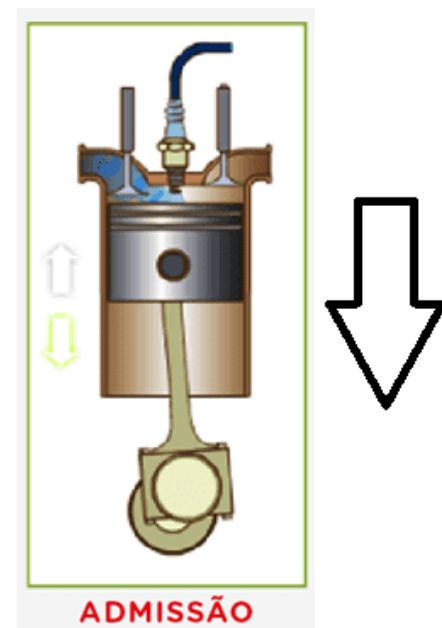
10. Sistema de Distribuição de Gases



10. 1 Motor a Quatro Tempos

Tempo		Movimento do êmbolo	Processo no cilindro	Válvulas	
				admissão	escape
I	Admissão	PMS->PMI	Aspiração da mistura nos motores a carburador. Aspiração do ar fresco para motores com formação da mistura dentro do cilindro	aberta	fechada

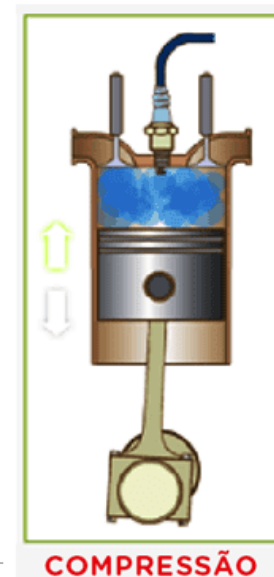
Admissão: Durante o tempo de admissão, uma mistura de ar e combustível é introduzida nos cilindros do motor através das válvulas de admissão. A mistura é controlada pelo sistema de injeção de combustível ou carburador, que ajusta a quantidade de combustível de acordo com a demanda do motor. Assim como nos motores a gasolina, a admissão nos motores Diesel envolve a entrada de ar nos cilindros através das válvulas de admissão. No entanto, o combustível gasóleo é injectado directamente na câmara de combustão no final do tempo de compressão.



10. 1 Motor a Quatro Tempos

Tempo		Movimento do êmbolo	Processo no cilindro	Válvulas	
				admissão	escape
II	Compressão	PMI->PMS	Compressão politrópica, a temperatura e a pressão aumentam e um pouco antes do PMS faz-se a ignição da mistura ou a injeção do combustível e acontece a auto ignição.	fechada	fechada

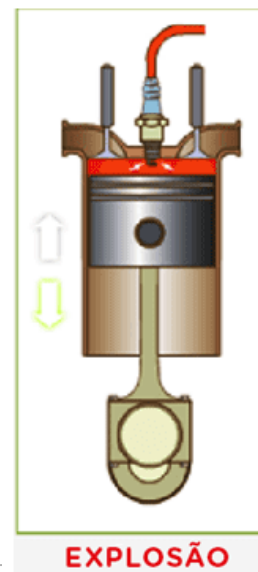
Compressão: Durante o tempo de compressão, as válvulas de admissão e escape estão fechadas. No ciclo OTTO o pistão sobe no cilindro, comprimindo a mistura ar-combustível. Isso aumenta a eficiência da queima quando a mistura é inflamada pela vela de ignição. Ou no ciclo Diesel o ar é comprimido no cilindro a uma taxa muito alta. Isto eleva a temperatura do ar comprimido a um nível a que o combustível gasóleo injectado se inflama espontaneamente devido à alta temperatura, sem a necessidade de uma vela de ignição.



10. 1 Motor a Quatro Tempos

Tempo		Movimento do êmbolo	Processo no cilindro	Válvulas	
				admissão	escape
III	Expansão	PMS->PMI	Expansão ou tempo de trabalho, a energia do combustível, por meio da oxidação transforma-se em energia mecânica através do mecanismo manivela - biela	fechada	fechada

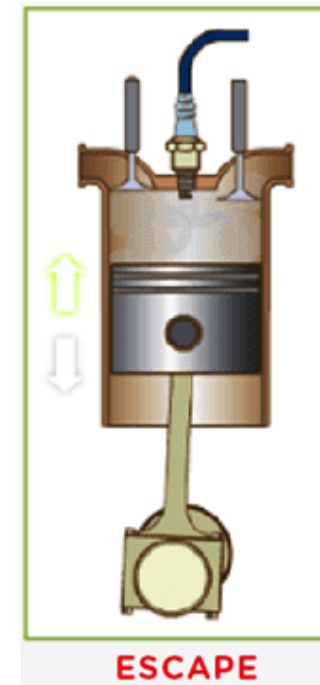
Expansão: No tempo de expansão, a vela de ignição ou a injeção de combustível, provoca a ignição da mistura ar-combustível comprimida ou ar comprimido. Isso resulta na expansão rápida dos gases, empurrando o pistão para baixo.



10. Processo de troca de Gases

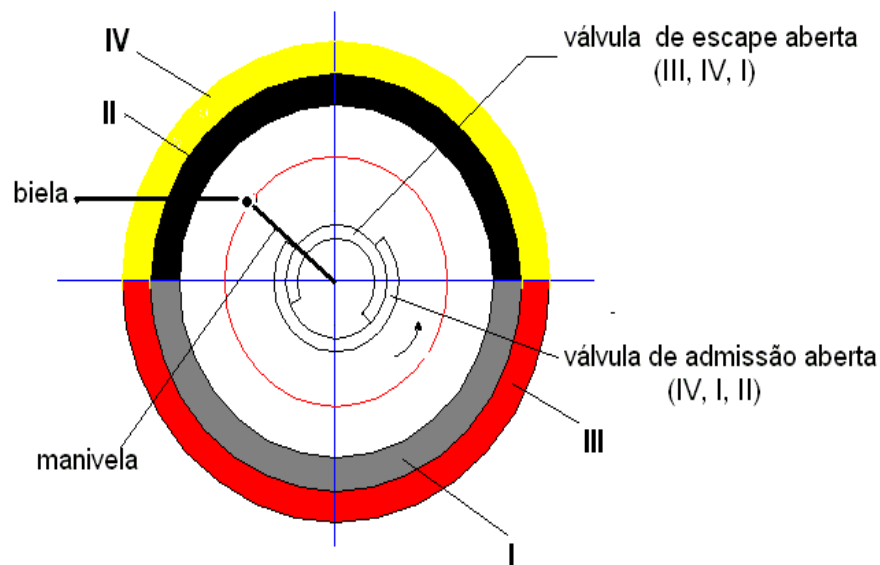
Tempo		Movimento do êmbolo	Processo no cilindro	Válvulas	
				admissão	escape
IV	Escape	PMI->PMS	Esvaziamento do cilindro ou escape dos gases queimados	fechada	aberta

Escape: Durante o ciclo de escape, as válvulas de admissão estão fechadas, e as válvulas de escape são abertas. Os gases de escape são expulsos do cilindro à medida que o pistão se move para cima, empurrando os gases para fora do cilindro através do sistema de escape.

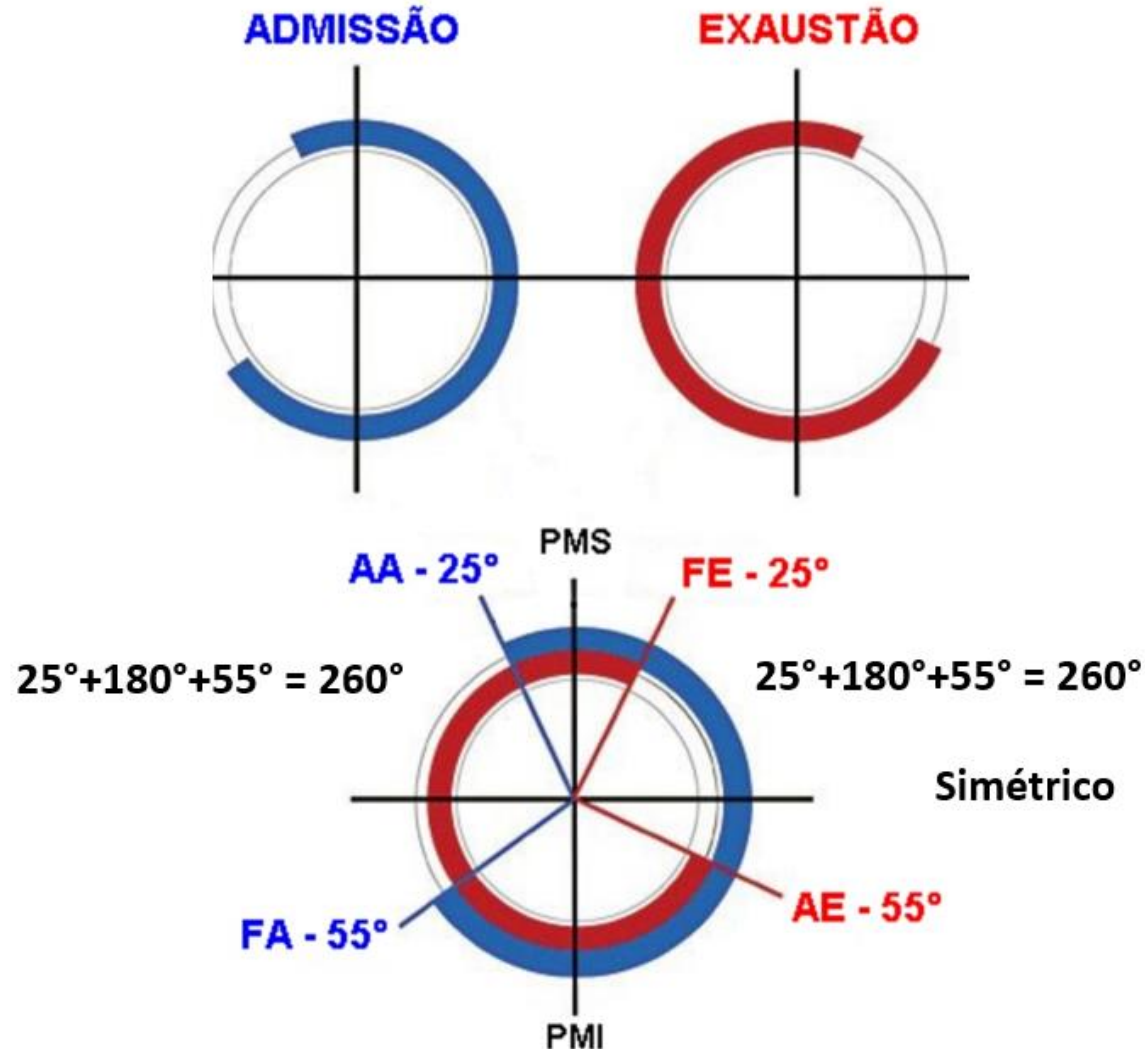


10. 1 Motor a Quatro Tempos

Diagrama real circular de regulação do motor a quatro tempos

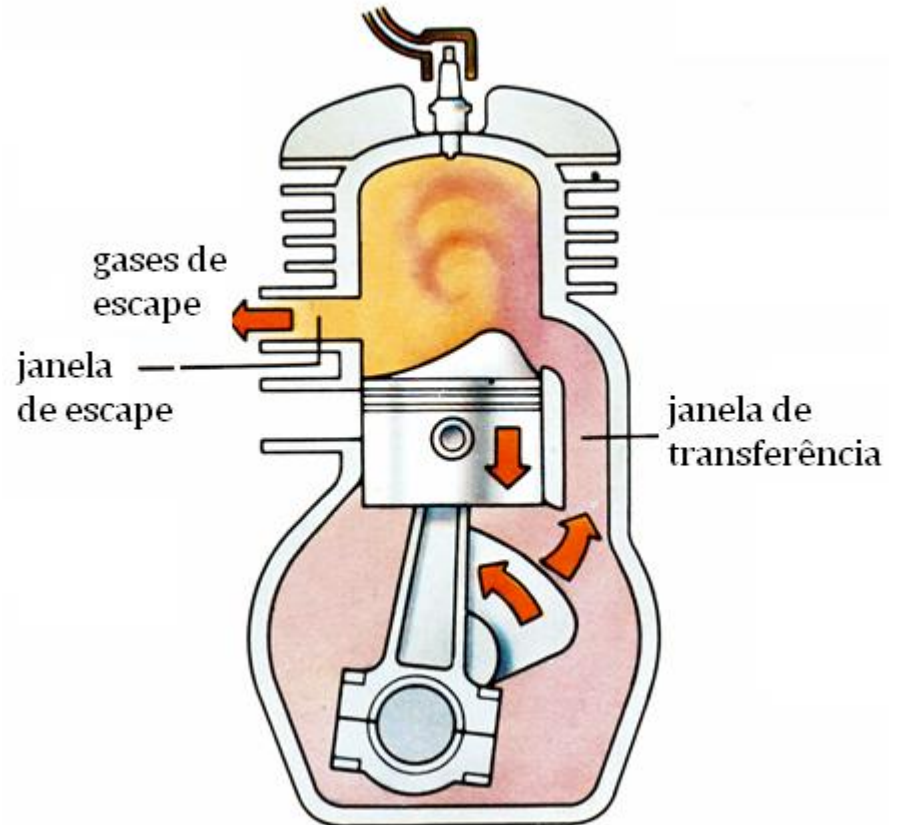


10. 1 Motor a Quatro Tempos



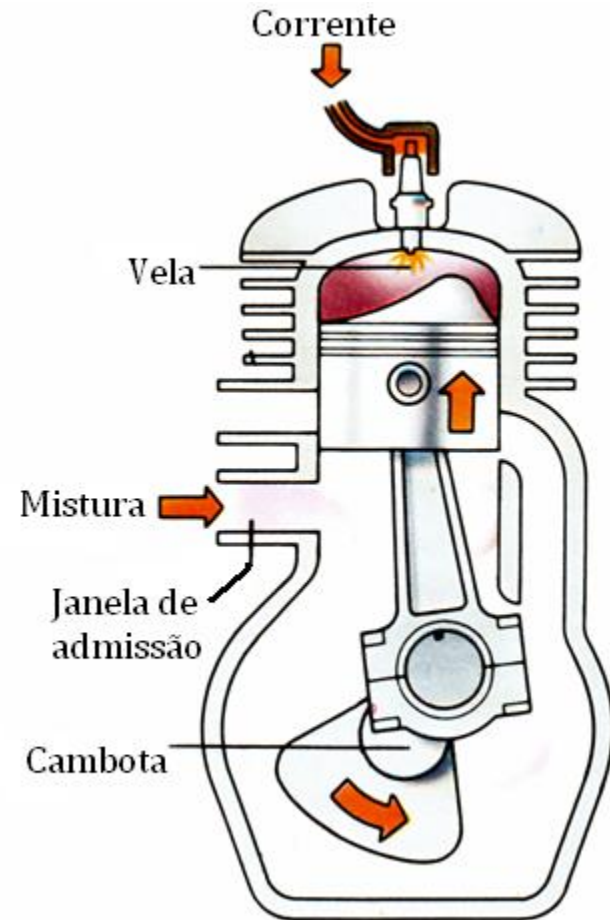
10. 2 Motor a Dois Tempos

Tempo	I
Movimento do êmbolo	PMS->PMI
Processo no cilindro	Expansão da mistura queimada ou do gás de escape Expansão do gás de escape em direcção ao escape e admissão do ar ou da mistura no cilindro
Processo no cârter	Compressão prévia do ar ou da mistura até (0,15...0,3) bar
Janelas	A janela de aspiração ou janela de entrada é fechada no início da expansão



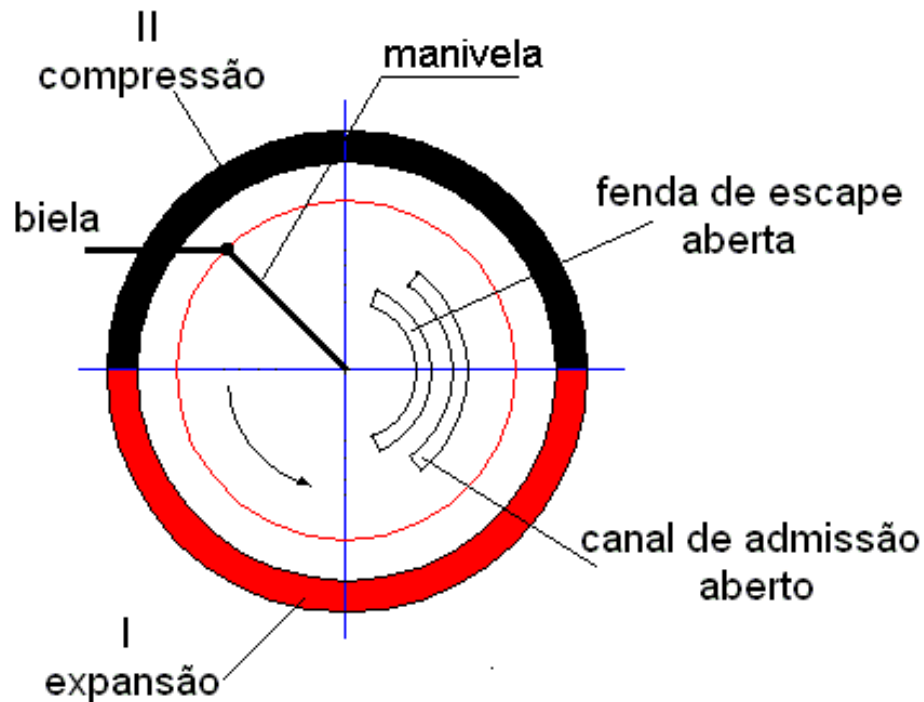
10. 2 Motor a Dois Tempos

Tempo	II
Movimento do êmbolo	PMI->PMS
Processo no cilindro	Compressão do ar ou da mistura Ignição ou injeção do combustível antes do PMS
Processo no cárter	Formação de vácuo Aspiração do ar ou da mistura
Janelas	É fechado o canal de admissão no início do processo de compressão e depois também a janela de escape. A janela de admissão é aberta no fim, do curso do êmbolo



10. 2 Motor a Dois Tempos

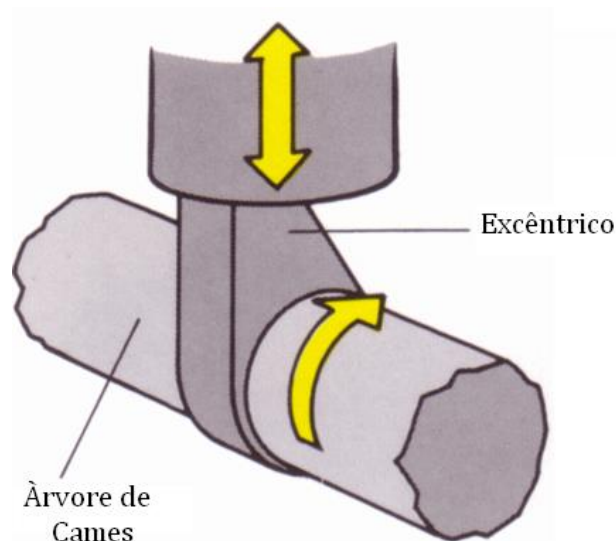
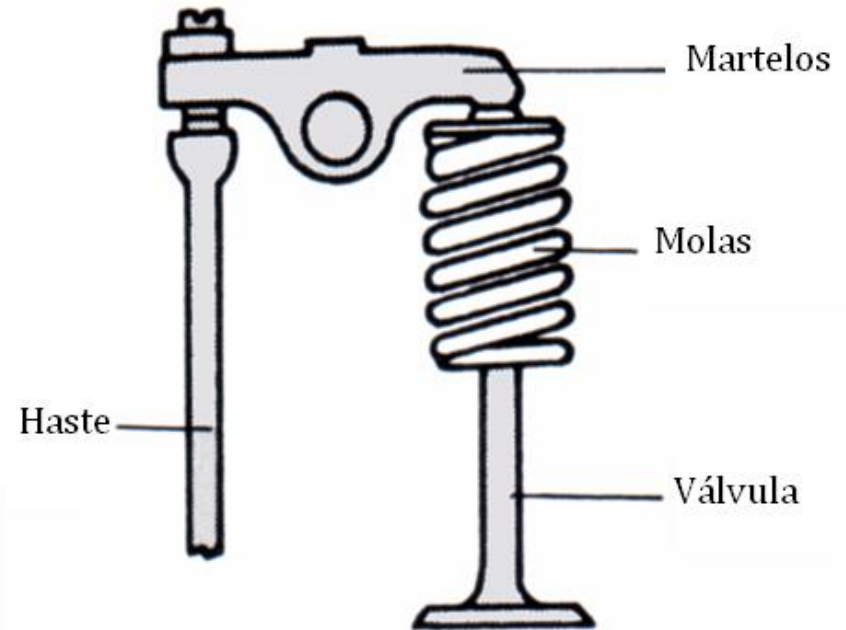
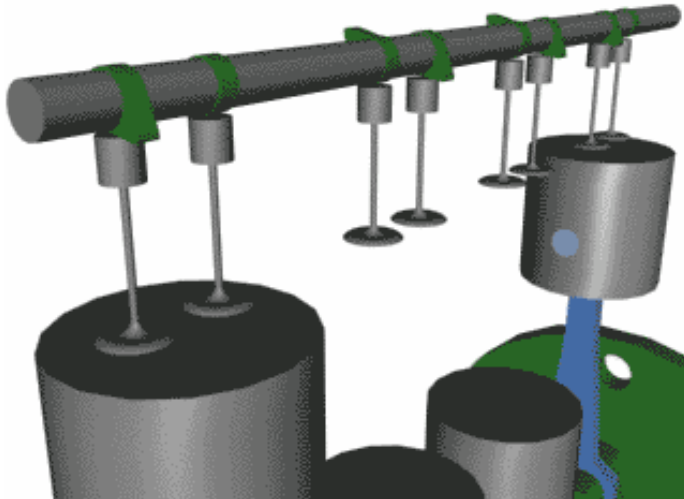
Diagrama real circular de regulação do motor a dois tempos



10.3 Sistema de Distribuição

- ▶ Chama-se sistema de distribuição o conjunto de elementos que comandam a admissão de mistura Ar/Combustível (motores Otto) ou ar (motores Diesel) nos cilindros e posteriormente a saída dos gases queimados.
- ▶ São requisitos fundamentais para um sistema de distribuição eficiente, que cada válvula se mantenha aberta o tempo necessário para uma boa admissão de mistura ou ar, a lavagem do cilindro, e a completa expulsão dos gases queimados. Que funcione suave e eficientemente nos mais variados regimes de rotação do motor.

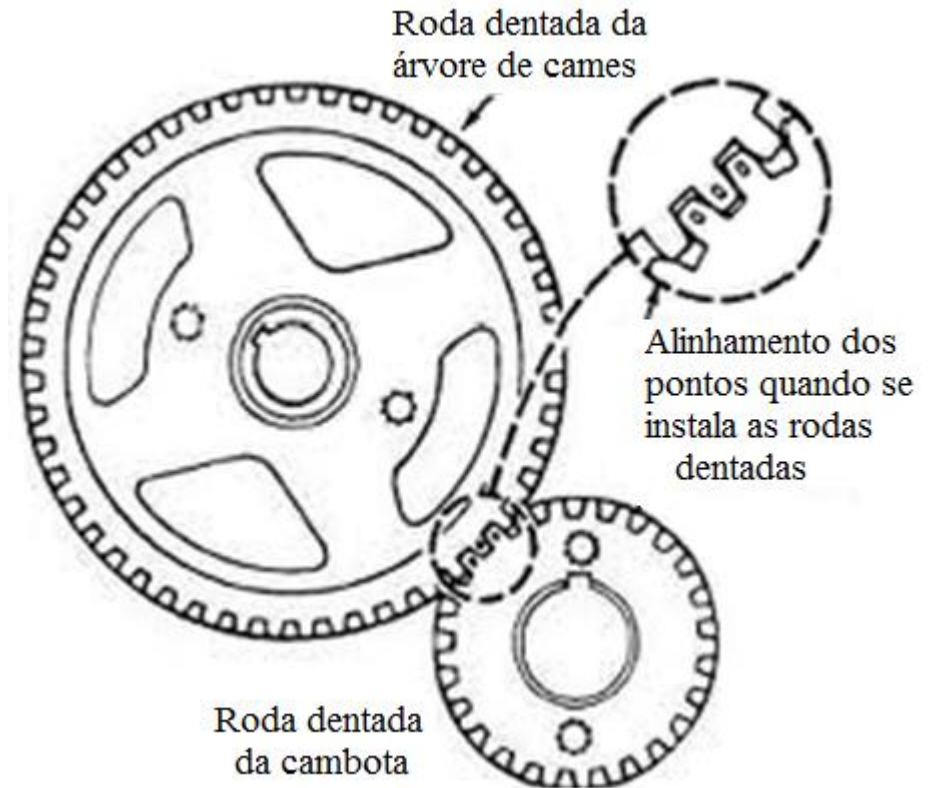
10.3 Sistema de Distribuição



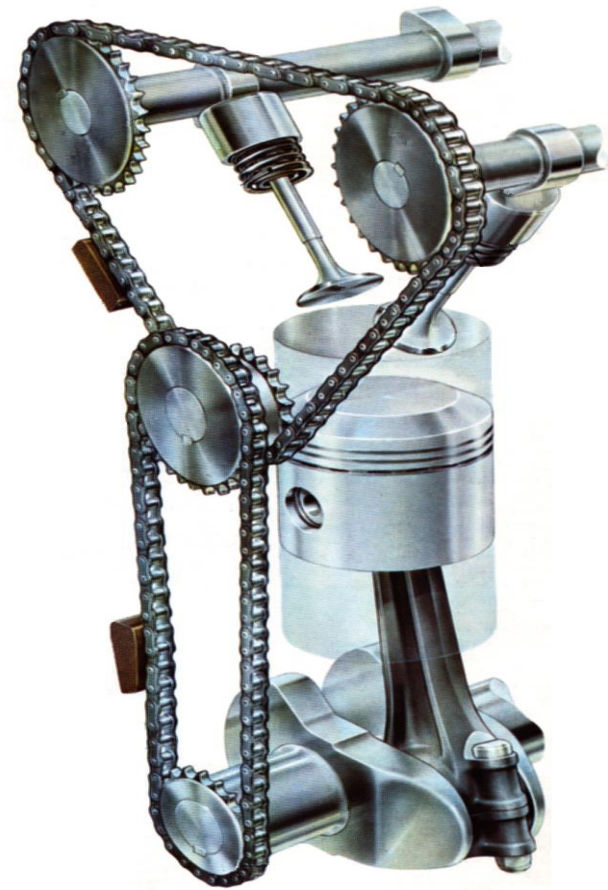
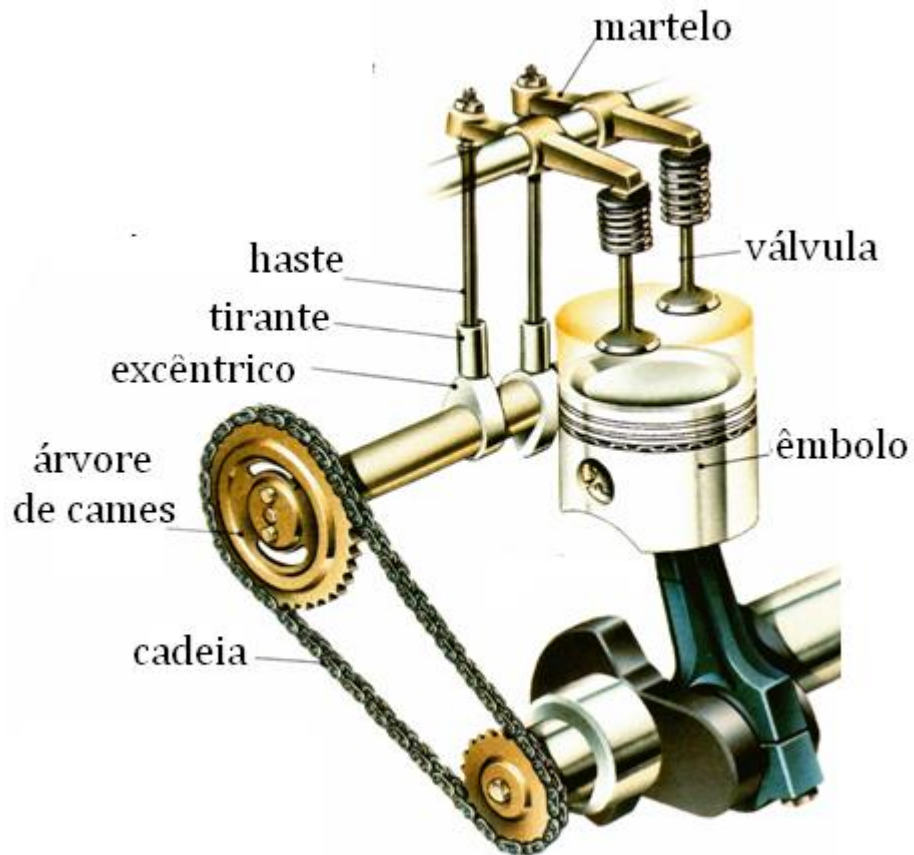
10.3.1 Carretos de Distribuição

- ▶ **Carretos de distribuição.** Transmitem o movimento da cambota à árvore de cames. Estes carretos são de aço semi-duro, para accionamentos por corrente. São de aço ou matérias plásticas estratificadas, para accionamento por meio de engrenagens.
- ▶ Como a árvore de cames gira à metade da velocidade da cambota, a relação de transmissão dos carretos de distribuição é de 1:2 (motores a 4 tempos).
- ▶ A posição exacta da engrenagem dos carretos de distribuição é marcada pelo fabricante no momento da montagem. Esta marcação corresponde geralmente à posição do primeiro pistão no PMS, no fim do tempo de escape.
- ▶ Nas distribuições accionadas por engrenagens, a marcação é feita por traços ou pontos marcados nos dentes.
- ▶ Quando a distribuição é accionada por corrente ou por correia dentada, a marcação dos carretos, afastados um do outro, é obtida por meio de traços que se fazem coincidir simultaneamente com a linha recta que liga o eixo das duas rodas dentadas, ou por meio de marcas no bloco do motor.

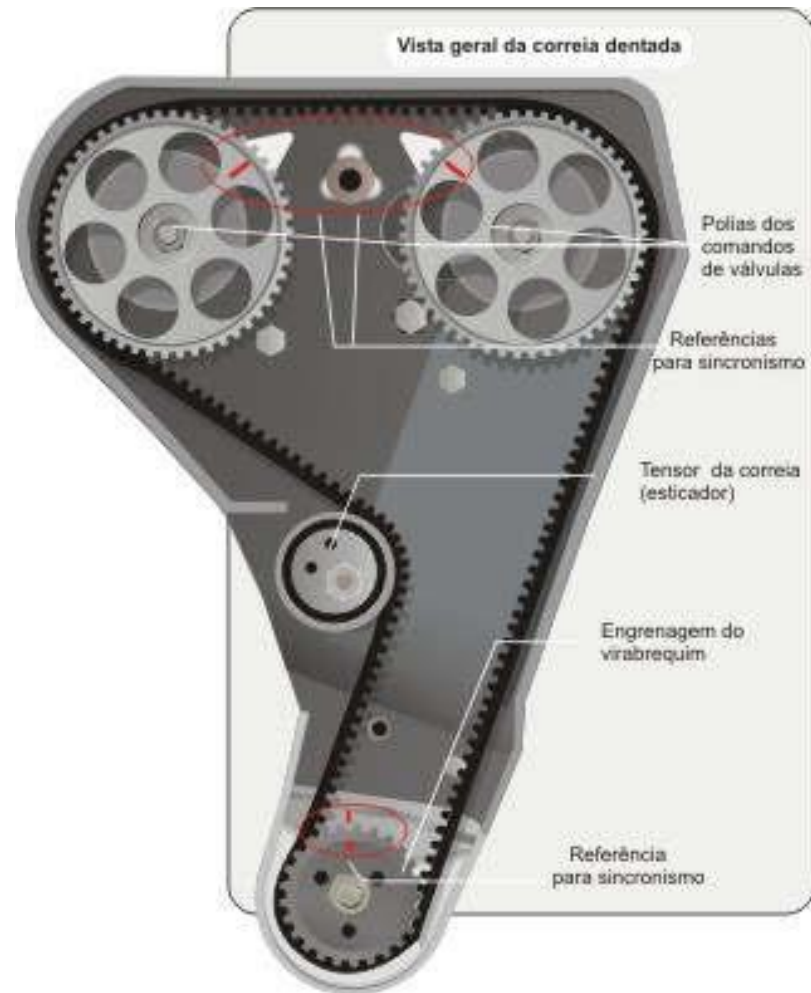
10.3.1.1 Transmissão por Carretes



10.3.1.2 Transmissão por Cadeia

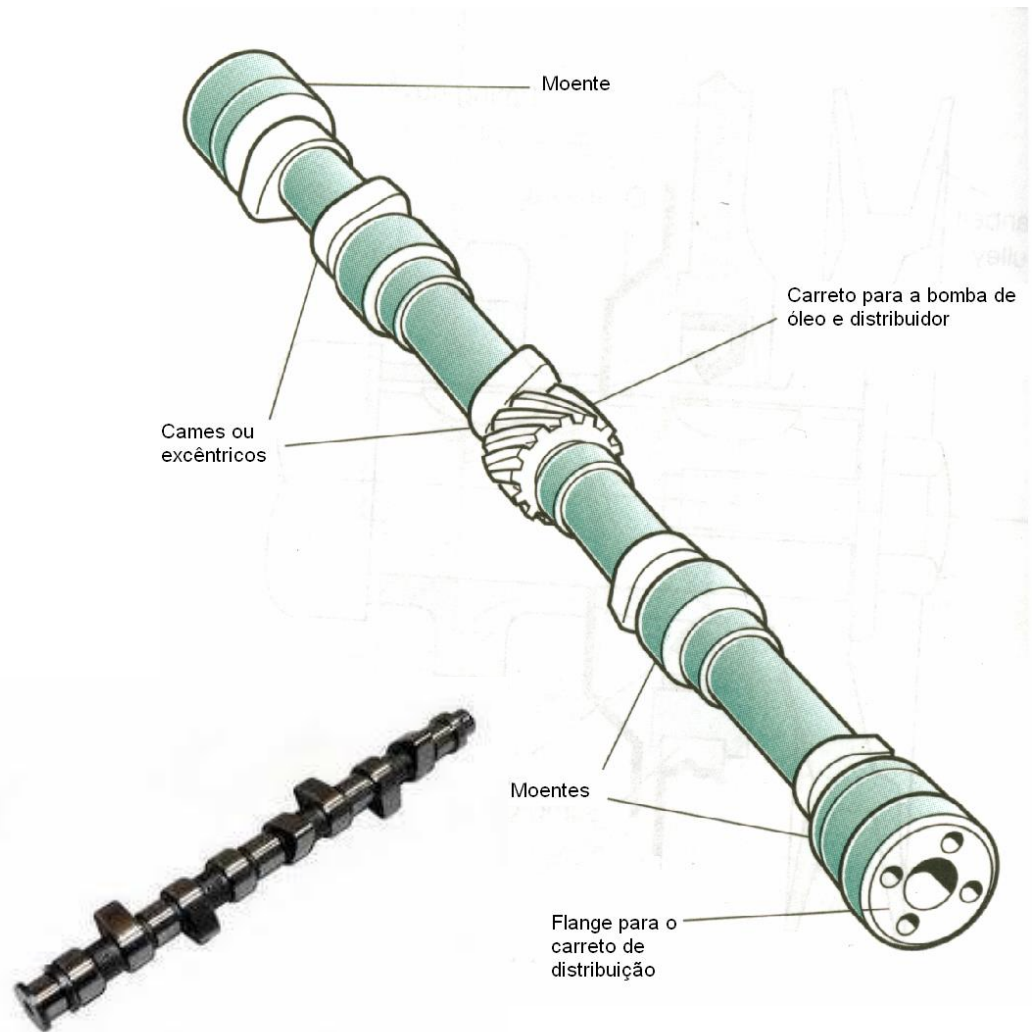


10.3.1.2 Transmissão por Correia



10.3.2 Árvore de Cames

A árvore de cames ou comando de válvulas - é um veio que tem solidário a ele ressaltos ou excêntricos, destinados a agir sobre os impulsadores das válvulas em tempos precisos. São fabricadas em aço forjado ou ferro fundido (ao níquel-cromo-molibdênio). Passa por tratamentos como cementação e tempera, de maneira a oferecer a máxima resistência ao desgaste dos excêntricos.



10.3.3 Tucha

- ▶ Tem a função de transmitir o movimento do came à vareta ou haste impulsora. São fabricadas em aço nitrado forjado ou de fundição temperada. Devem ter boa resistência a compressão.
- ▶ Quando o carregamento do came é alto, como nos motores que operam em longos períodos com elevadas velocidades do pistão, são necessárias tuchas de rolete feitas de aço com endurecimento superficial, operando com comes do mesmo material. As tuchas com roletes também são aconselháveis quando se deseja longa vida para o motor.



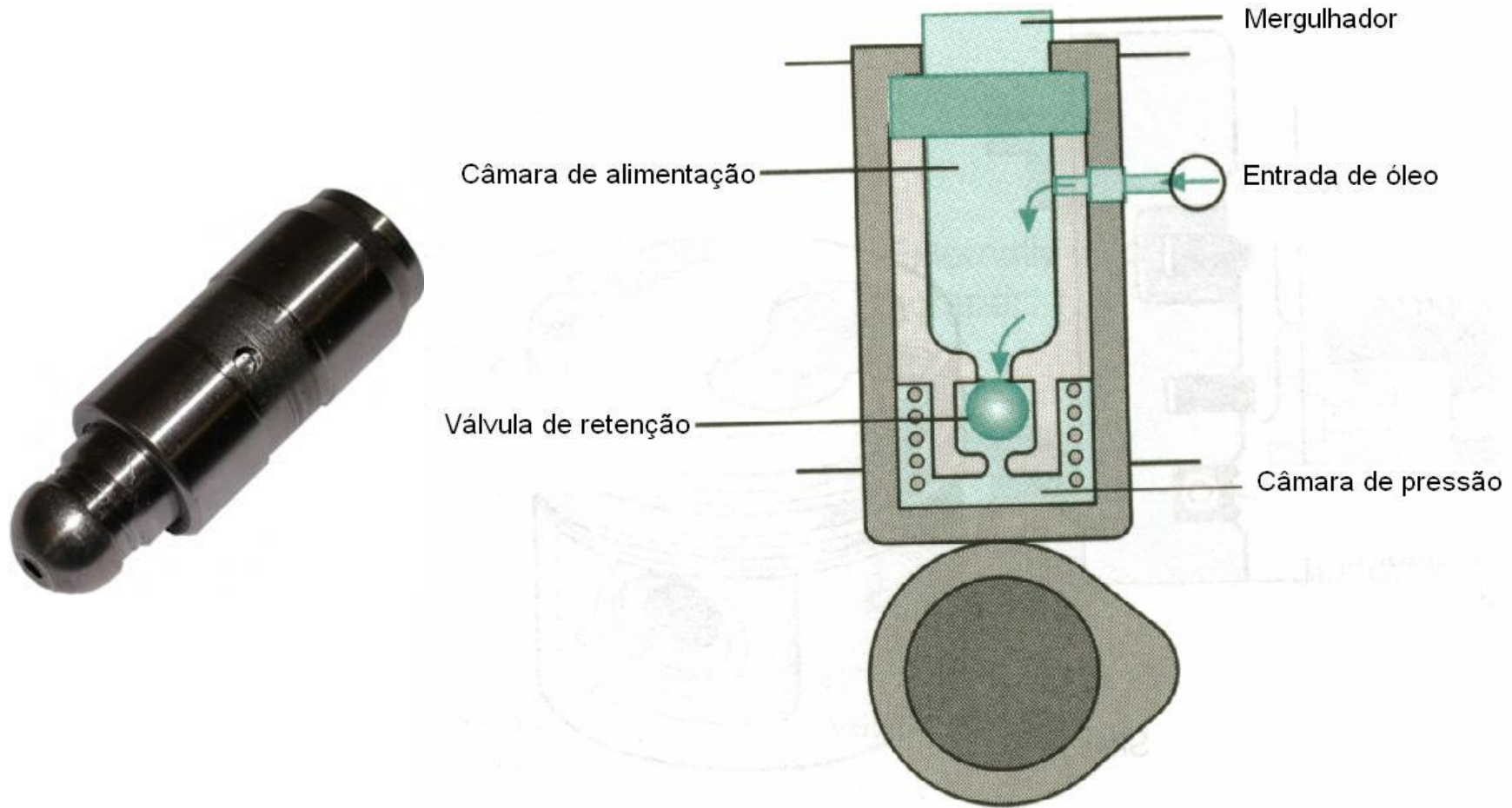
10.3.4 Tucha Hidráulica

O uso de tuchas hidráulicas é bastante geral para motores de automóveis, onde o baixo nível de ruído é considerado essencial. Como o sistema hidráulico amortece a folga, as rampas para uso deste tipo de tucha podem ter maiores velocidades do que aquelas de sistemas mecânicos.

Outra vantagem prática das tuchas hidráulicos é a de ajustamento automática para o desgaste do mecanismo de válvula, eliminando desta forma a necessidade de ajustamento periódica da folga.



10.3.4 Tucha Hidráulica



10.3.5 Balanceiro ou Martelos

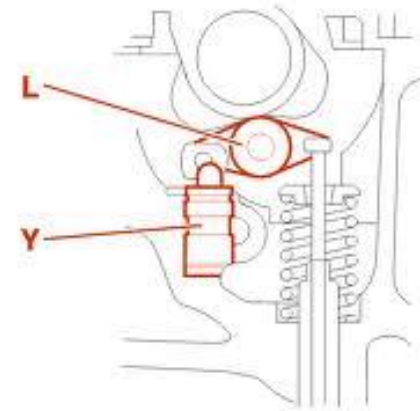
Balanceiros ou martélos.

Os balanceiros tem a função de inverter o sentido do movimento gerado pelo came.

Podem ser de fundição, aço estampado ou mesmo de alumínio.

L- balanceiro

Y - tucha



10.3.4 Mola da Válvula

Tem como função fechar a válvula mantendo-a pressionada contra a sua sede.

A mínima carga, isto é, com a válvula fechada, deveria ser alta o suficiente para manter a válvula firmemente em sua sede durante o período em que permanece fechada. Nos motores carburados, a válvula de escape deve ficar fechada no maior vácuo do colector e, nos motores sobrealimentados, a válvula de admissão não deve ser aberta pela mais elevada pressão do colector.



10.3.5 Flutuação da Válvula

Está sempre presente uma vibração inter-espira, chamada de onda, de maior ou menor intensidade. Com a vibração inter-espira, a máxima tensão será maior do que a tensão calculada na razão da deflexão actual para a admitida das espiras. É obviamente desejável reduzir a amplitude da vibração inter-espira a um mínimo.

Diz-se que há flutuação de válvulas, quando a mola que é um sistema oscilante, recebe uma excitação com frequência igual a uma das suas frequências naturais.

Tais vibrações podem ser reduzidas por meio de amortecedores de atrito, por ângulos de hélice não uniformes, duas molas com diâmetros distintos e sentido das hélices opostos.



10.3.5 Válvula

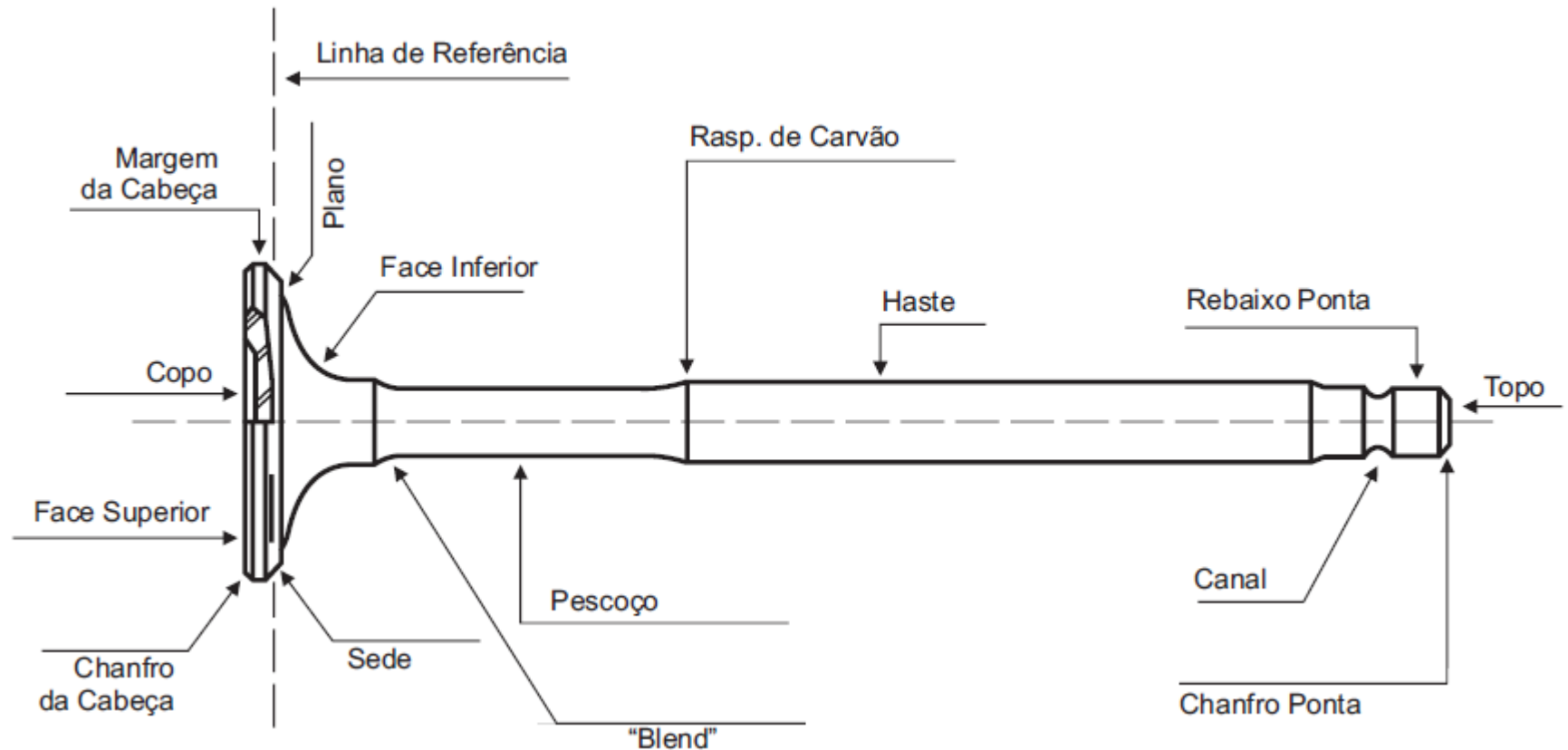
A válvula de haste é hoje universalmente usada nos motores de quatro tempos. São elas que regulam a entrada e saída de gases no cilindro.

As válvulas de admissão são de aço, de aço ao níquel ou cromo-níquel. A passagem da mistura fresca mantém a sua temperatura a cerca de 523 a 573°K (250 a 300°C).

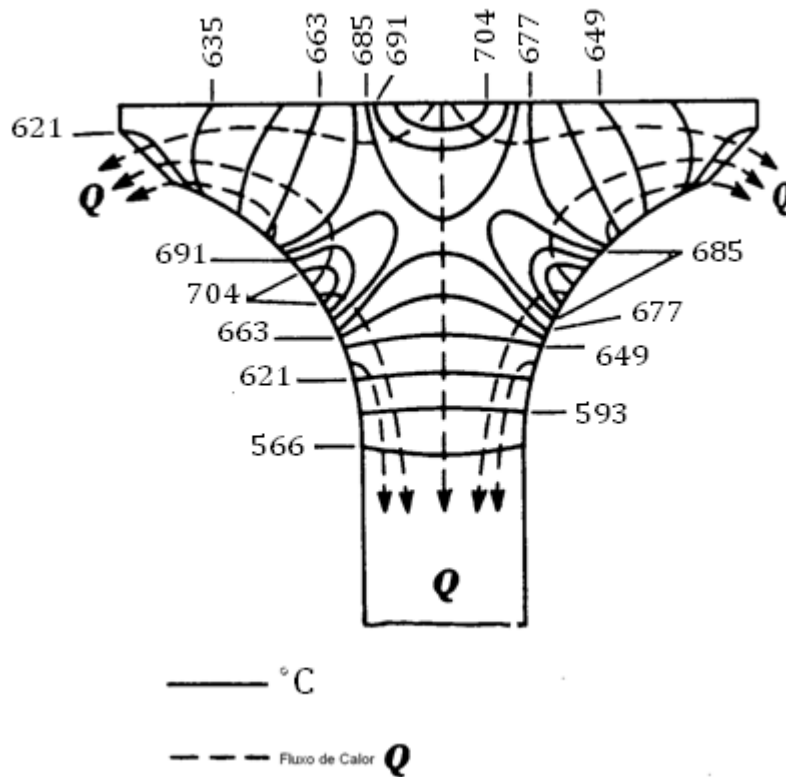
As válvulas de escape são de uma liga de aço, de forte teor de níquel, de cromo e de tungstênio. O cromo torna o aço inoxidável; o tungstênio mantém uma forte resistência mecânica à temperatura elevada; o níquel melhora a resistência.

As válvulas de escape suportam a passagem de gases a temperaturas elevadas (973 a 1023°K - 700 a 750°C). À plena potência elas funcionam geralmente na cor vermelha escura.

10.3.5 Válvula



10.3.5 Válvula



10.3.5 Válvula

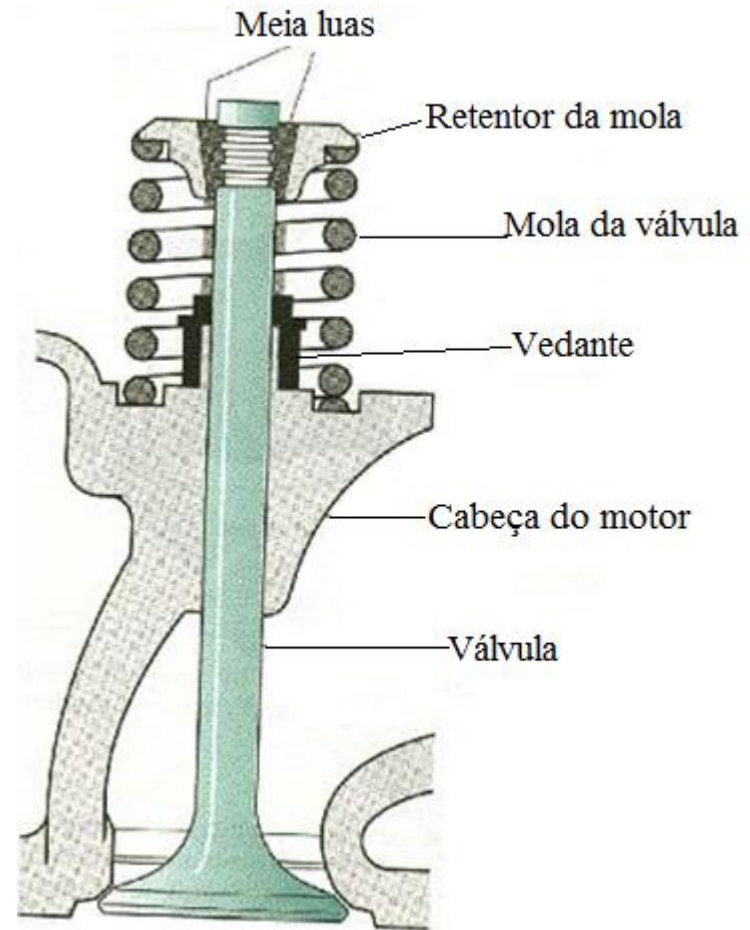
A válvula é arrefecida por contacto com o assento e com a guia. Nos motores muito potentes, as válvulas de escape são interiormente guarnecidas com sais de sódio ou potássio destinados a melhorar a refrigeração por condutibilidade.

A cabeça da válvula comporta uma superfície de apoio rectificada cujo o ângulo pode ser de 45° ou 60° . Um ângulo de 45° permite uma melhor centragem da válvula sobre o seu assento cada vez que se dá o encaixe, mas, para uma dada subida, a secção de passagem dos gases é melhor do que o assento de 60° . Estas particularidades fazem com que se dê preferência ao ângulo de 45° para as válvulas de escape, mais facilmente deformáveis a alta temperatura, e o ângulo de 60° às válvulas de admissão, que devem sobretudo favorecer a entrada dos gases novos no cilindro.

10.3.5 Válvula

- ▶ Os motores com válvulas suspensas possuem válvulas colocadas sobre os cilindros.

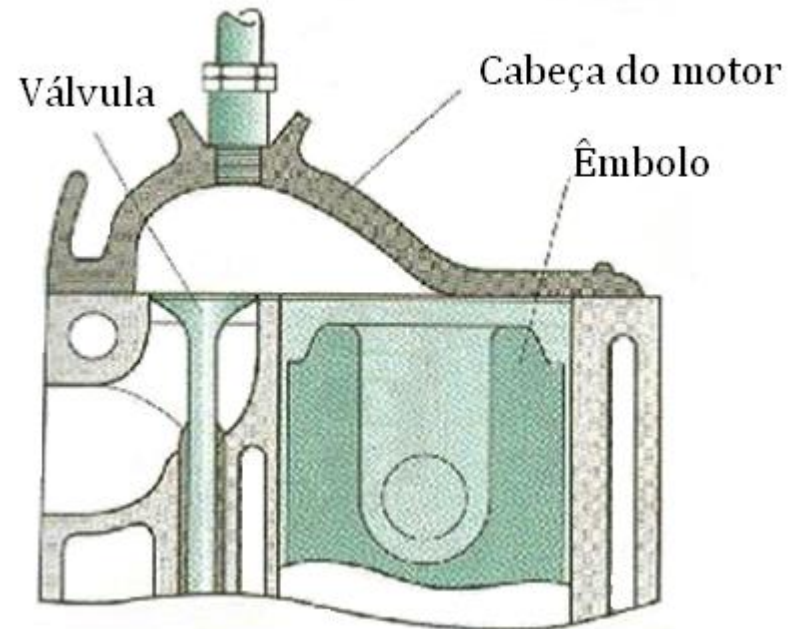
Esta disposição permite uma forma mais racional da câmara de combustão, favorece a potência do motor e um rendimento térmico superior. A posição das válvulas suspensas determina melhor rendimento em altos regimes e convém aos motores potentes de relação volumétrica elevada.



10.3.5 Válvula

Os motores de válvulas laterais possuem válvulas dispostas ao lados dos cilindros.

Esta disposição clássica assegura um funcionamento silencioso, assim como uma marcha suave.

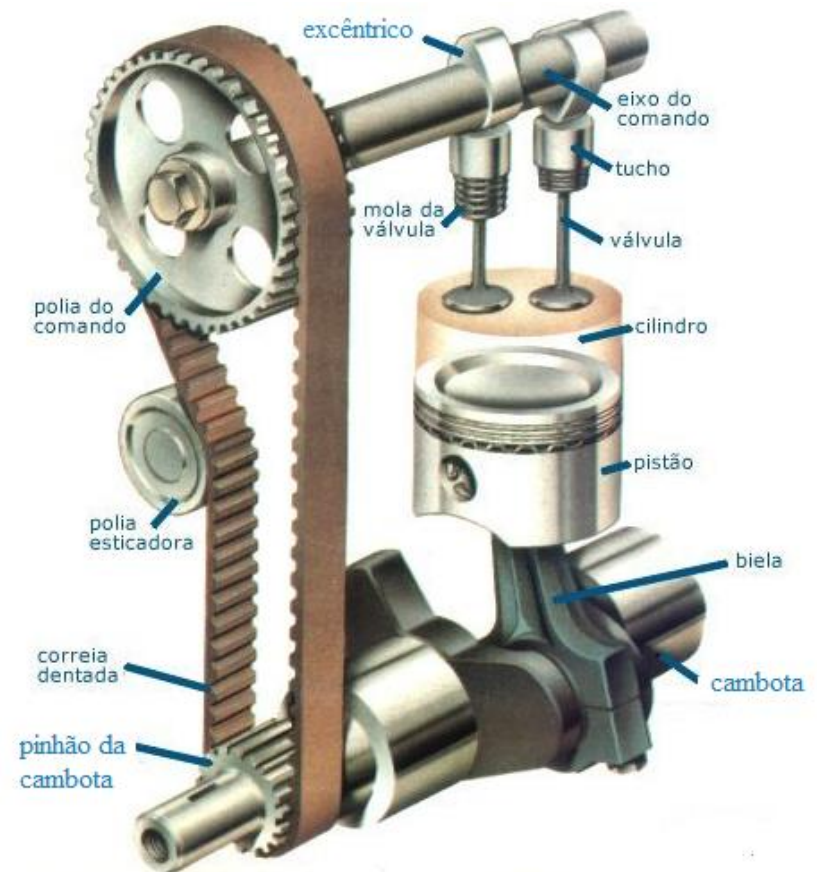


10.4 Classificação dos Motores

- ▶ Em relação ao número de árvores de came existem três situações principais e básicas possíveis:
 - ▶ motor **SOHC** (Single Over Head Camshaft) ou
 - ▶ motor **DOHC** (Double Over Head Camshaft);
 - ▶ motor **OHV** (Over Head Valve).

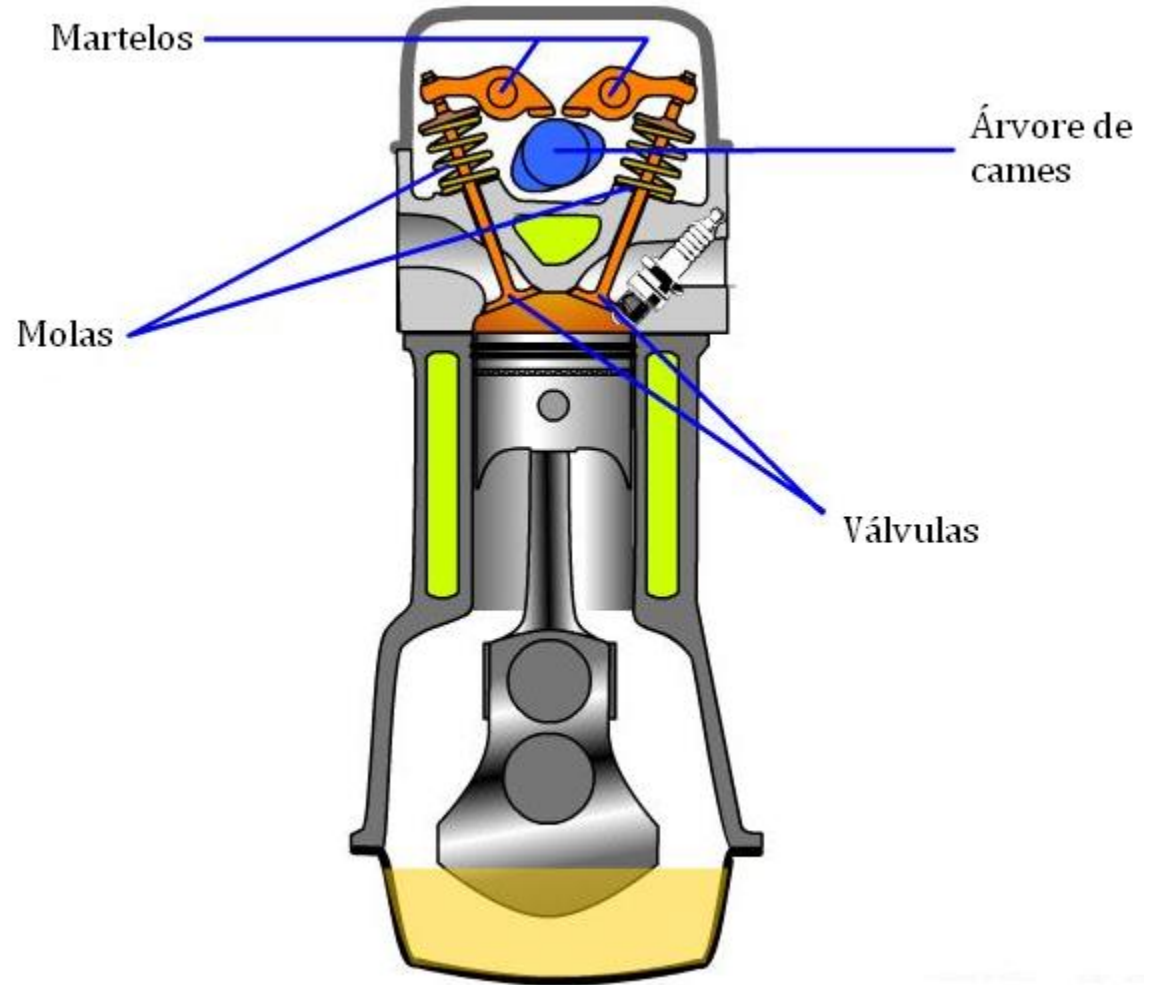
10.4.1 Motores SOHC

Motores SOHC - Nesse motor há apenas um comando (e, portanto, uma polia) que controla as válvulas de admissão e de escape, simultaneamente. Essa é a opção mais simples e com o menor número de variáveis, mas que, por outro lado, é a que oferece menos possibilidades de ajustes e ganhos.



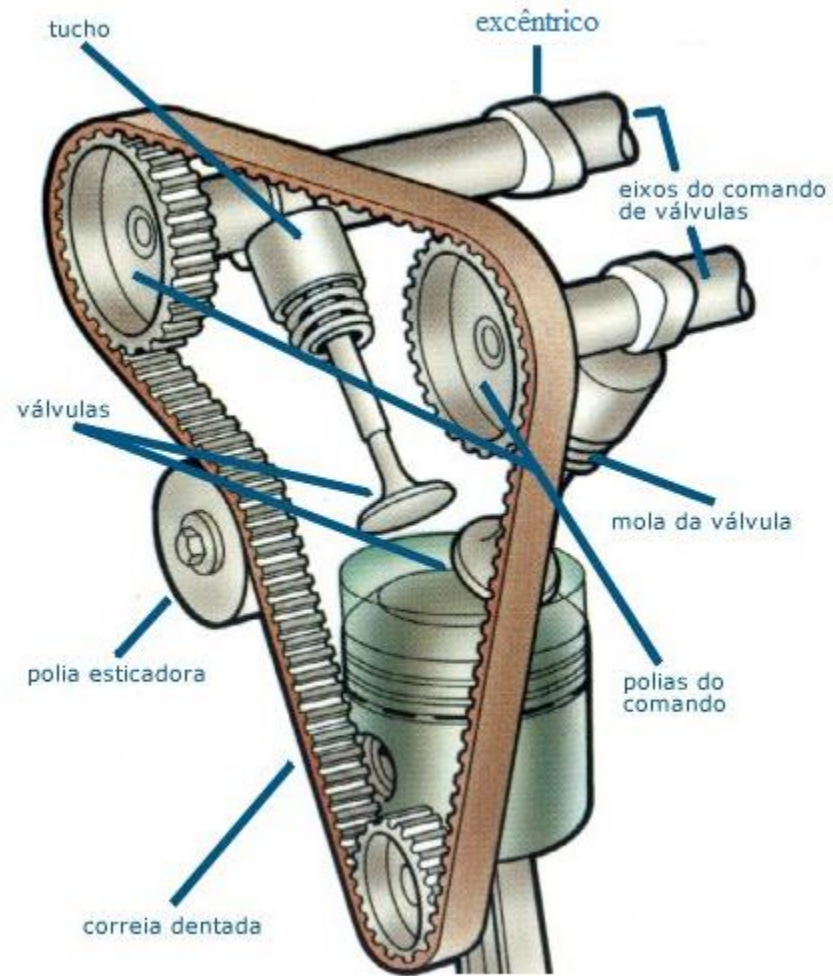
10.4.1 Motores SOHC

As limitações nos casos de comandos SOHC são determinadas pelas alterações no timing de abertura das válvulas, que afectam tanto as de admissão quanto as de escape, devido ao controle único



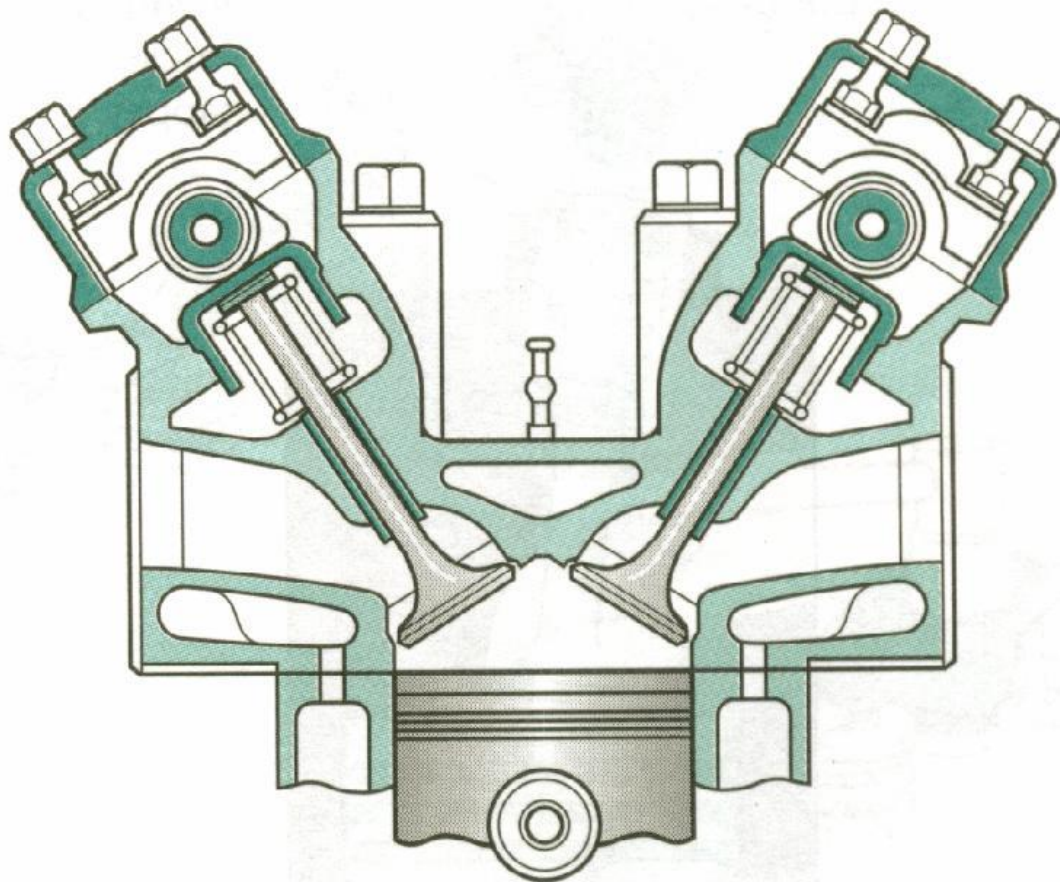
10.4.2 Motores DOHC

Motores DOHC - Esse é o caso em que existem mais possibilidades de regulação, proporcionando maiores ganhos e mais benefícios. Porém, justamente por isso requer mais cuidados na sua aplicação.



10.4.2 Motores DOHC

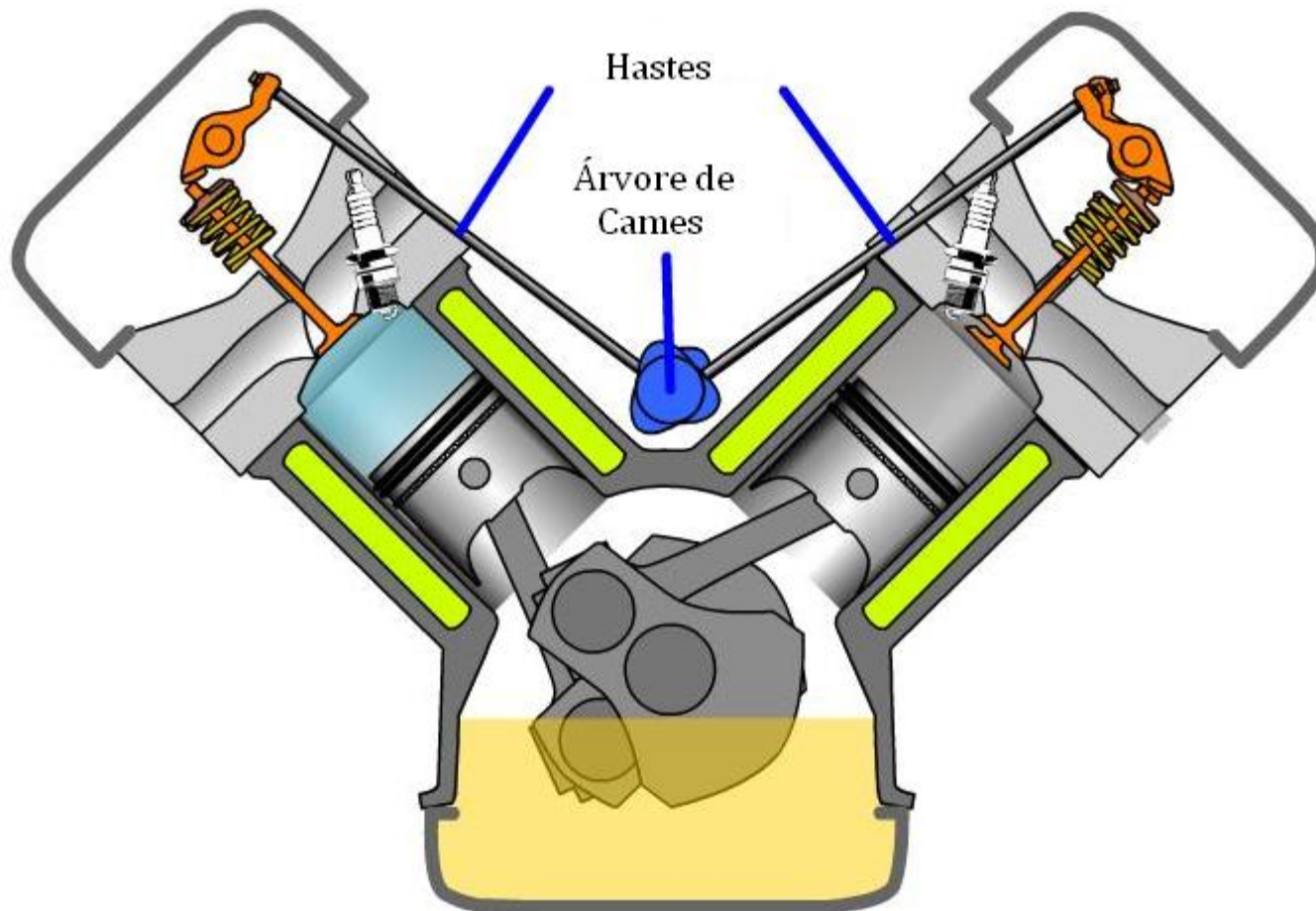
Note-se que nem todo motor multivalvulado (mais do que uma válvula de admissão e uma de escape por cilindro) é DOHC, e nem todo motor de duas válvulas por cilindro é SOHC



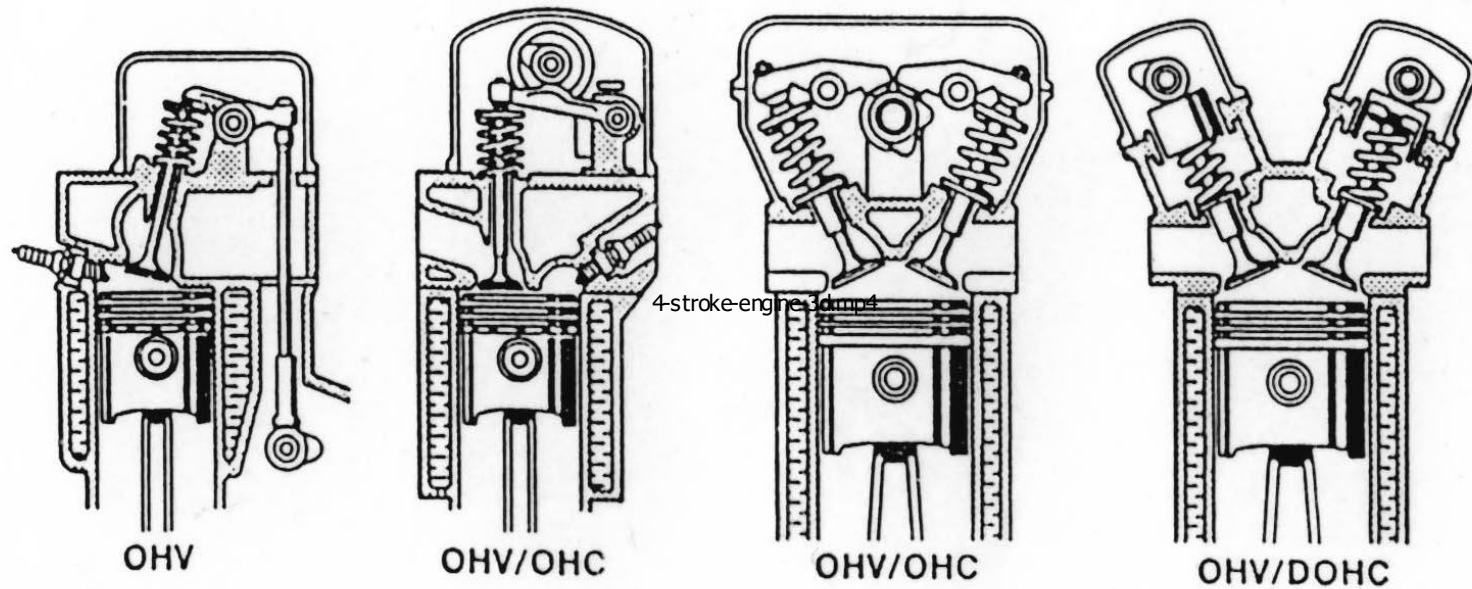
10.4.3 Motores OHV

- ▶ A árvore de cames no bloco está presente nos motores de combustão interna que possuem o comando das válvulas instalado no bloco do motor. O accionamento das válvulas faz-se com o uso de varetas, tuchas que podem ser hidráulicas e balanceiros, ou seja, é um accionamento de válvulas indirecto.
- ▶ Este sistema apresenta algumas desvantagens em comparação com o sistema OHC, como maiores perdas mecânicas e menor resistência a altos regimes de rotação.

10.4.3 Motores OHV



10.4.4 Motores OHV/OHC/DOHC



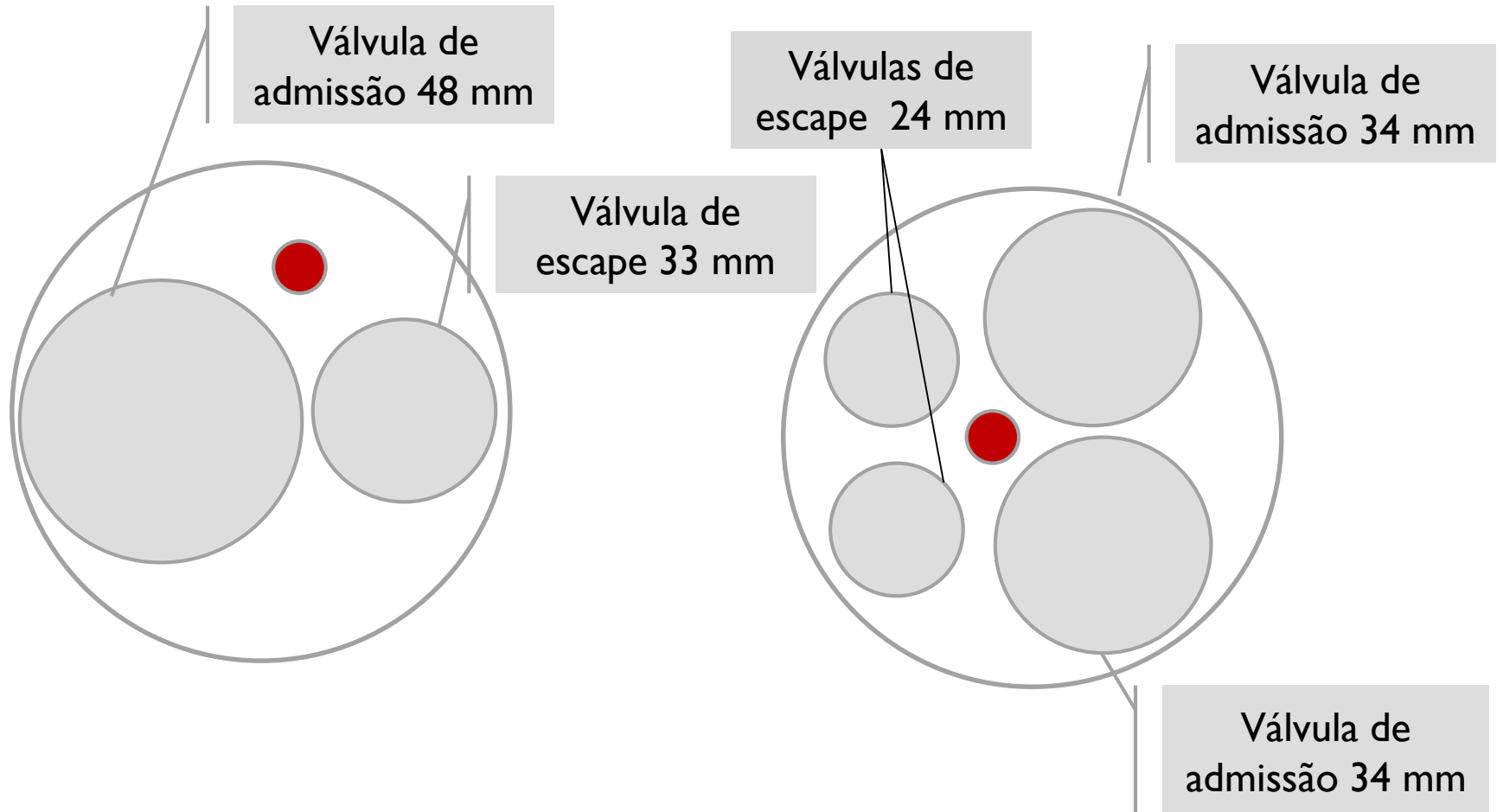
10.5 Motores Multiválvulas

A utilização de motores multiválvulas (motores com mais de duas válvulas por cilindro) é uma das soluções adoptadas para se obter motores com potências elevadas.

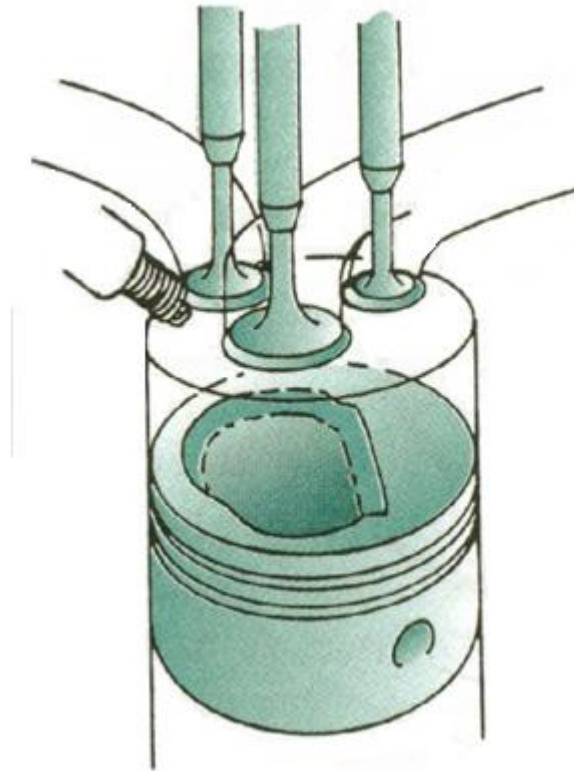
Os motores multiválvulas têm entre outras, as seguintes vantagens em relação aos motores de apenas duas válvulas por cilindro:

1. Aumento da capacidade de enchimento do cilindro (maior rendimento volumétrico), o que se traduz num aumento apreciável da potência;
2. Bom rendimento e potência a altos regimes de rotação do motor;
3. Possibilidade de funcionar com maiores relações de compressão.

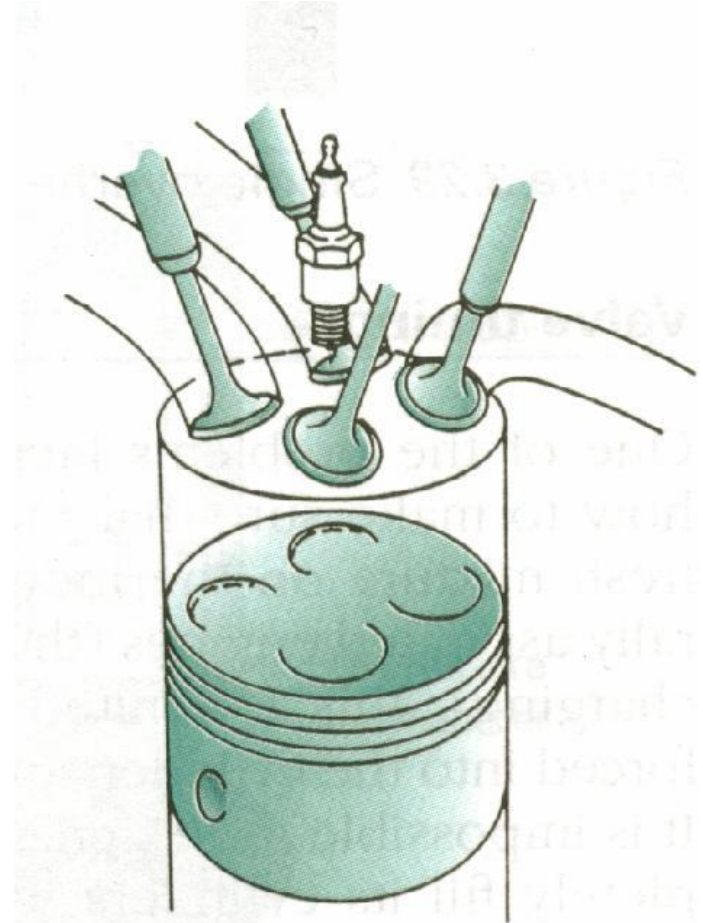
10.5 Motores Multiválvulas



10.5.1 Motores com 3 Válvulas/Cilindro

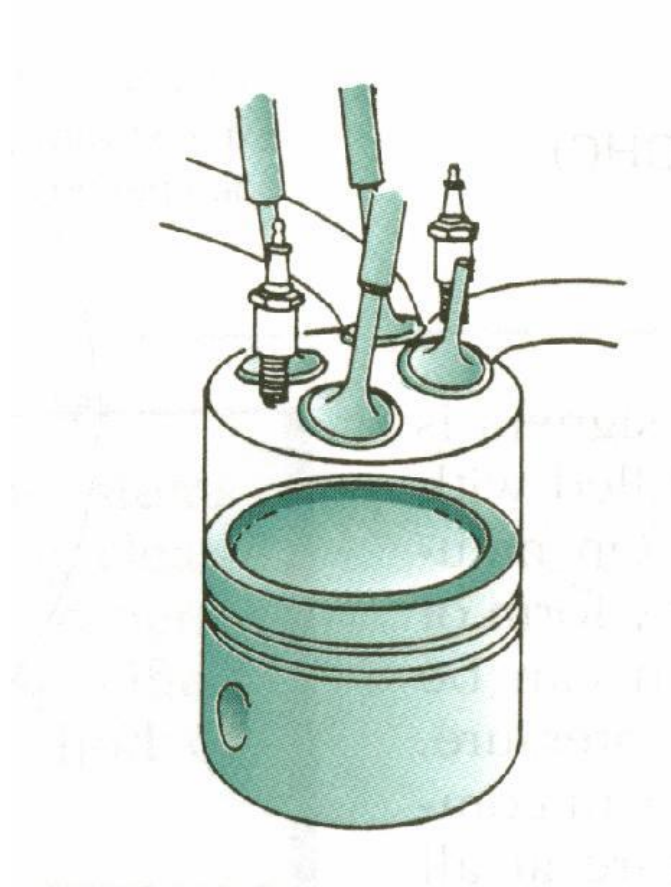


10.5.2 Motores com 4 Válvulas/Cilindro



10.5.2 Motores com 4 Válvulas/Cilindro

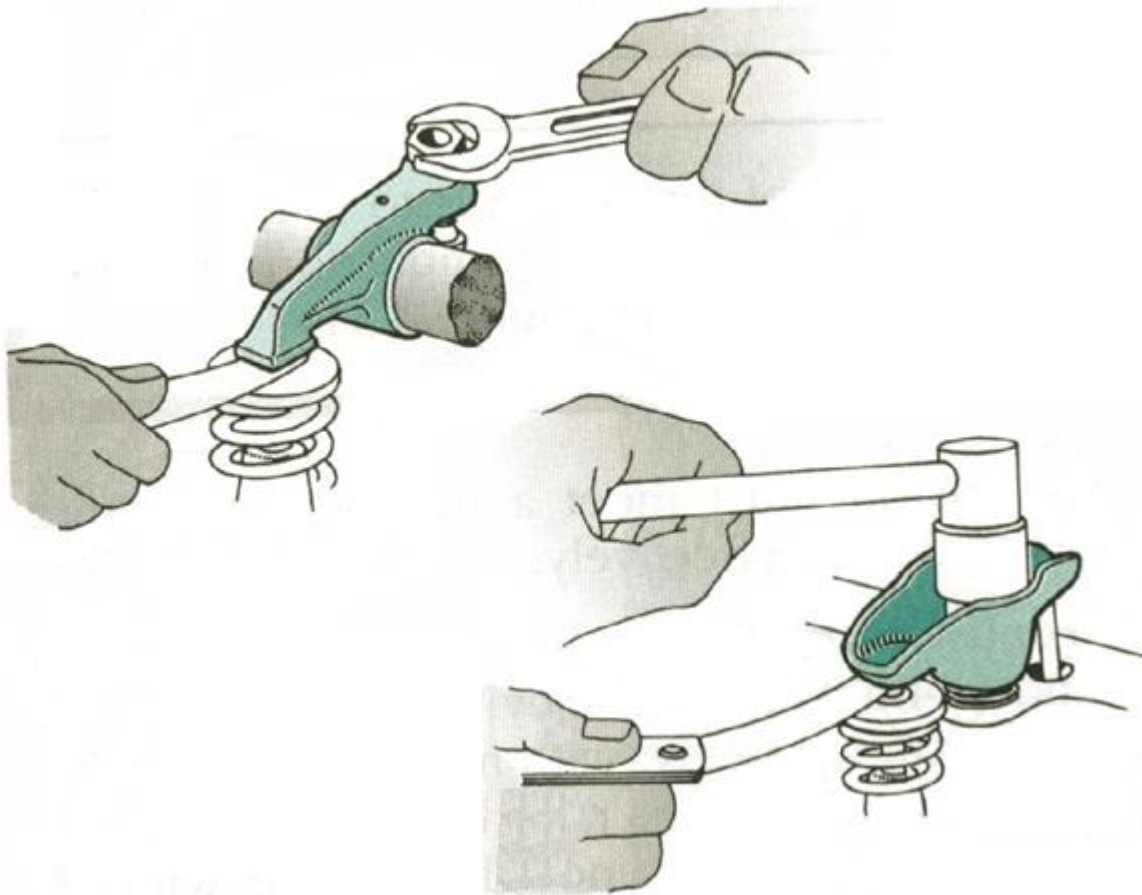
Sistema de distribuição de 4 válvulas por cilindro e duas velas de ignição



10.6 Regulação da Válvulas

- ▶ Considerando que as válvulas estão sujeitas a importantes variações de temperatura, especialmente as de escape, é fundamental que exista uma folga entre o pé da válvula e o elemento que o pressiona, pois, caso contrário, quando da sua dilatação poderiam não se fechar completamente. A folga excessiva implica também um mau funcionamento do motor pois conduz a um atraso na abertura e a uma antecipação no fecho.
- ▶ As folgas entre os pés das válvulas e os balanceiros (tacos) dos motores são fixadas pelos construtores, pois de acordo com a construção o efeito da dilatação é variável; a folga é maior nas válvulas de escape do que nas de admissão. Salvo indicações em contrário, as folgas preconizadas referem-se ao motor a frio (parado pelo menos 6 a 10 horas) e são da ordem de 0,20 a 0,30 mm para as de escape e 0,10 a 0,20 mm para as de admissão.

10.6 Regulação da Válvulas

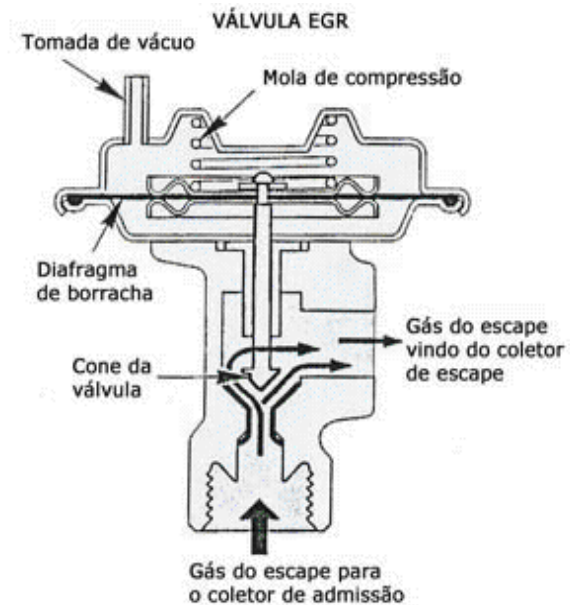
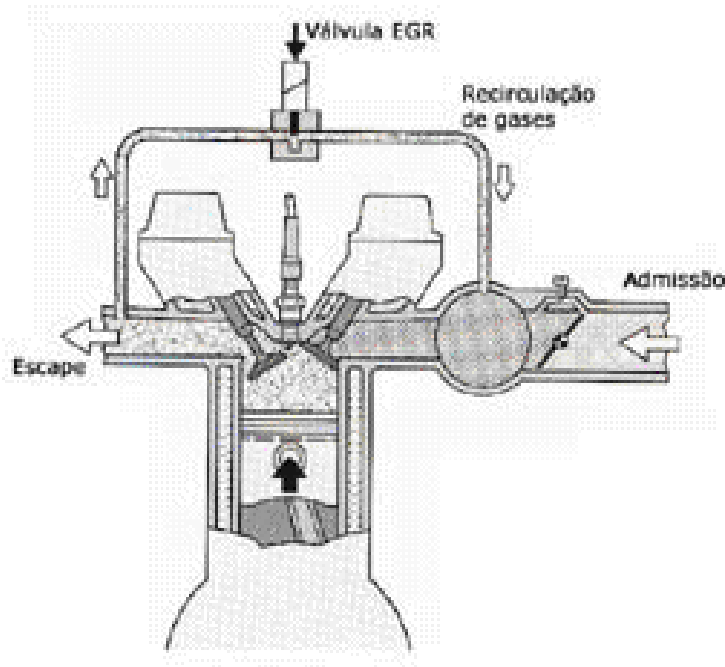


10.7 Recirculação de Gases de Escape

A recirculação de gases de escape é um sistema que é utilizado para reduzir a emissão de NO_x (óxidos de azoto) nos gases de escape durante o funcionamento do motor. Consiste em fazer recircular uma parte dos gases de escape para o colector de admissão, para serem introduzidos juntamente com os gases frescos de admissão na câmara de combustão. A mistura (ar/combustível) assim formada fica mais pobre, o que provoca uma ligeira diminuição da velocidade de combustão e consequente diminuição das temperatura e pressão máximas.

Como os NO_x só se formam com temperaturas elevadas (cerca de 1600 °C), consegue-se deste modo a diminuição da emissão destes gases no escape. Isto é conseguido através das chamadas **válvulas EGR (Exhaust Gas Recirculation)**

10.7 Recirculação de Gases de Escape



10.7 Recirculação de Gases de Escape

- ▶ Uma temperatura de combustão excessivamente alta também é prejudicial para o motor, pois pode causar a detonação, que por sua vez podem resultar na queima da junta da cabeça e em pistões quebrados. Nem todos os veículos são equipados com um sistema EGR; muitos motores mais recentes utilizam um comando de válvulas variável e outros meios para controlar as emissões de NO_x.

10.8 Comando de Válvulas Regulável

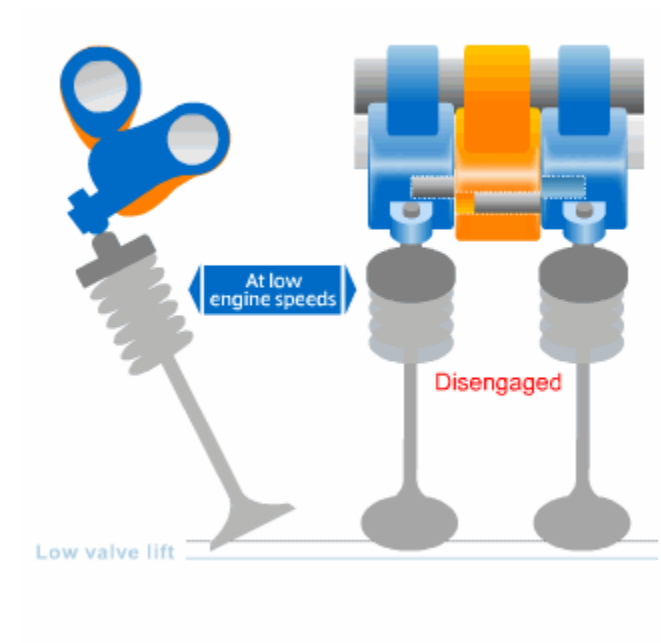
O sistema VVT (comando variável de válvulas) permite variação do curso e do tempo de abertura e fecho das válvulas, de acordo com a necessidade. Com base nas rotações do motor, o sistema opta por uma configuração económica ou de potência.

O sistema de comando variável de válvulas foi desenvolvido por diversos fabricantes, o que possibilitou cada uma adoptar um nome diferente:

- ▶ A Honda utiliza VTEC;
- ▶ A BMW usa Valvetronic;
- ▶ A Toyota, JAC; e
- ▶ A Hyundai e outras utilizam VVT.

Com o passar do tempo esse sistema foi aprimorado e algumas opções recebem o “i” no nome (i-VTEC, VVTi). Estes últimos sistema possuem uma unidade electrónica de controle.

10.8 Comando de Válvulas Regulável

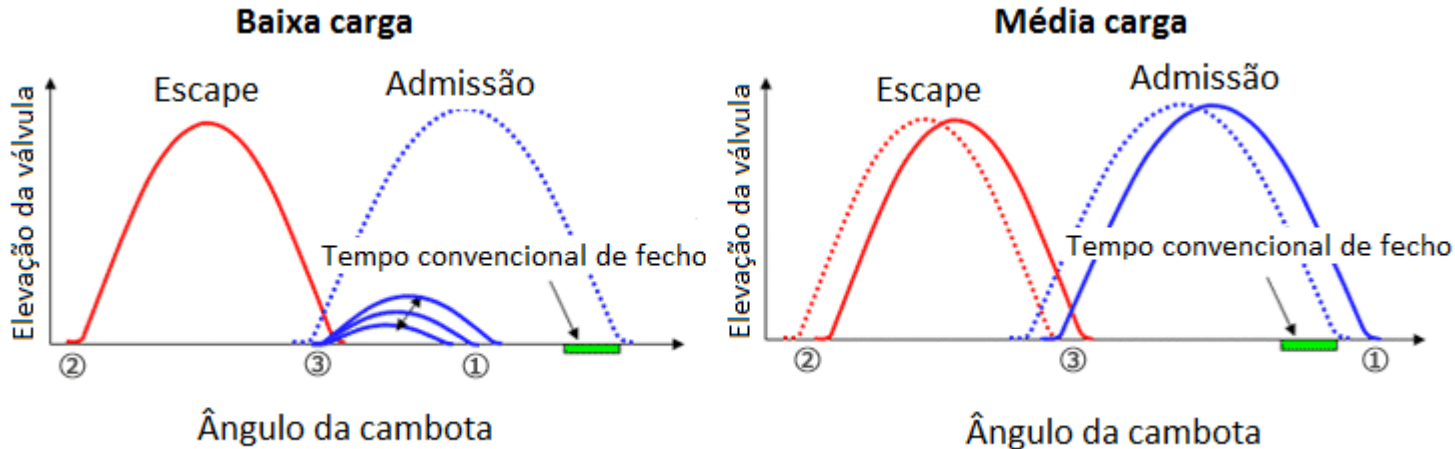


10.8 Comando de Válvulas Regulável

Alguns dos benefícios que um comando de válvulas variável pode trazer para um motor de ciclo Otto são:

- ▶ A eliminação das perdas na eficiência volumétrica na admissão e o aumento do aproveitamento do combustível;
- ▶ O aumento do torque;
- ▶ Maior eficiência na operação sem ou com pequena carga;
- ▶ A diminuição da quantidade de monóxido de nitrogênio e dióxido de nitrogênio durante a combustão;
- ▶ Melhoria no efeito RAM;
- ▶ Melhor rendimento volumétrico através das ondas de rarefação no colector de admissão.

10.8 Comando de Válvulas Regulável



- 1. Avanço do tempo de fecho da válvula de admissão**
(reduz as perdas de enchimento)
- 2. Avanço do tempo de abertura da válvula de escape**
(reduz as perdas de exaustão)
- 3. Redução do tempo de cruzamento das válvulas**
(Reduz a circulação interna e estabiliza a combustão)

- 1. Retardamento no tempo de fecho da válvula de admissão**
(reduz as perdas de enchimento)
- 2. Retardamento no tempo de abertura da válvula de escape**
(utiliza melhor a energia de expansão)
- 3. Extensão do tempo de cruzamento das válvulas**
(Aumenta a circulação interna e reduz as perdas de bombagem)