

Introdução ao estudo dos motores alternativos

Conceitos fundamentais

Os **motores térmicos** são máquinas que têm por objetivo **transformar a energia calórica em energia mecânica utilizável**.

Pode-se dizer que os motores endotérmicos transformam em **energia mecânica**, ou seja, em trabalho útil, a **energia química** do combustível.

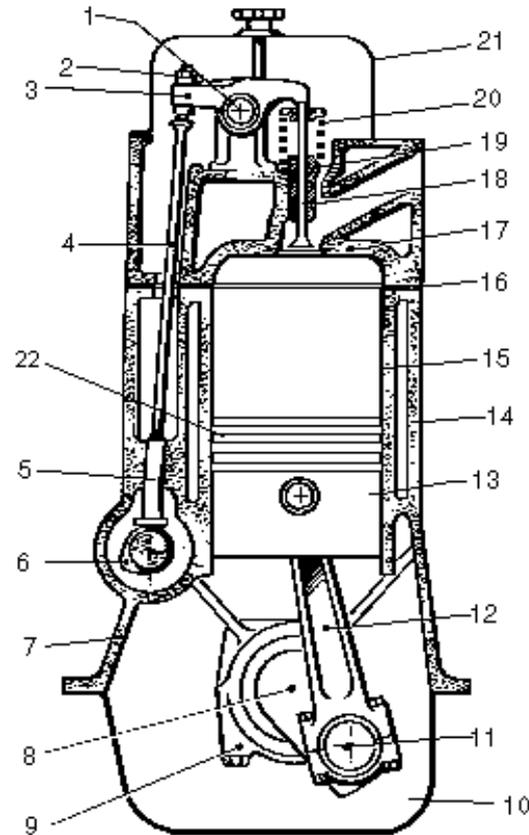
Os motores térmicos são de **combustão externa**, quando esta se realiza **fora do fluido ativo**, exemplo dos motores a vapor, ou de **combustão interna**, quando o combustível queimado é o **próprio fluido**, fazendo os produtos da combustão parte do próprio fluido.

Conceitos fundamentais (cont)

Nos motores de combustão interna o **comburente (oxigénio)** necessário para a combustão, é fornecido pelo ar da atmosfera, o qual tem a vantagem de não custar nada e não exigir armazenamento e transporte.

Nos motores de combustão interna **o ar entra no motor, participa como comburente na combustão**, recebe o calor desenvolvido, alcançando uma temperatura elevada e depois, como parte dos **gases de escape**, é **expulso para o exterior** a temperatura mais baixa.

Departamento de Agronomia



Esquema do motor alternativo

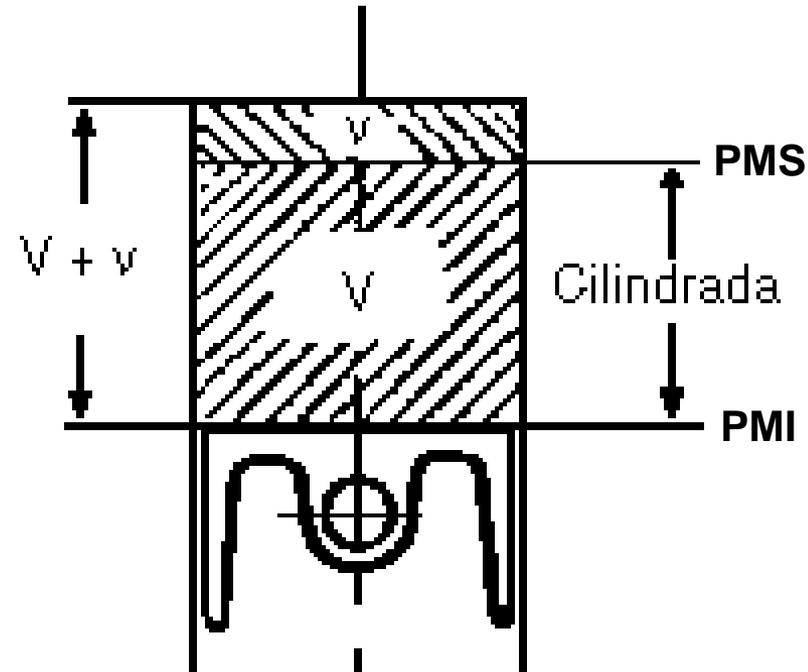
1- Eixo do balancero 2- Parafuso de afinação 3- Balancero 4- Vareta 5- Taco do balancero 6- Árvore de cames 7- Cárter 8- Cambota 9- Chumaceira 10- Cárter de óleo 11- Moentes 12- Biela 13- Êmbolo 14- Bloco do cilindro 15- Cilindro 16- Junta do motor 17- Culaça 18- Válvula 19- Guia da válvula 20- Mola 21- Tampa do motor 22- Segmentos

Departamento de Agronomia

Terminologia usada para caracterização dimensional do motor:

- **ponto morto superior (P.M.S.)** - posição do êmbolo mais próximo da culaça (cabeça do motor)
- **ponto morto inferior (P.M.I.)** - posição do êmbolo mais distante da culaça (cabeça do motor).
- **diâmetro**, diâmetro (mm) interior do cilindro,
- **curso do êmbolo**, distância (mm) entre o P.M.S. e o P.M.I.
- **cilindrada unitária (V)** - é o volume (cm³) gerado pelo êmbolo no seu movimento alternativo entre o P.M.S. e o P.M.I.;
- **volume da câmara de combustão (v)**, em cm³- é o espaço compreendido entre a culaça e o pistão quando este se encontra no P.M.S.;
- **volume total do cilindro (V + v)**, em cm³- é o espaço compreendido entre a culaça e o êmbolo quando este se encontra no P.M.I.;
- **relação volumétrica de compressão ou taxa de compressão (ρ)** - é a relação entre o volume total do cilindro (V + v) e o volume da câmara de compressão (v).

$$\rho = \frac{V + v}{v}$$



Representação esquemática de um cilindro com um êmbolo nas suas posições extremas (PMS e PMI)

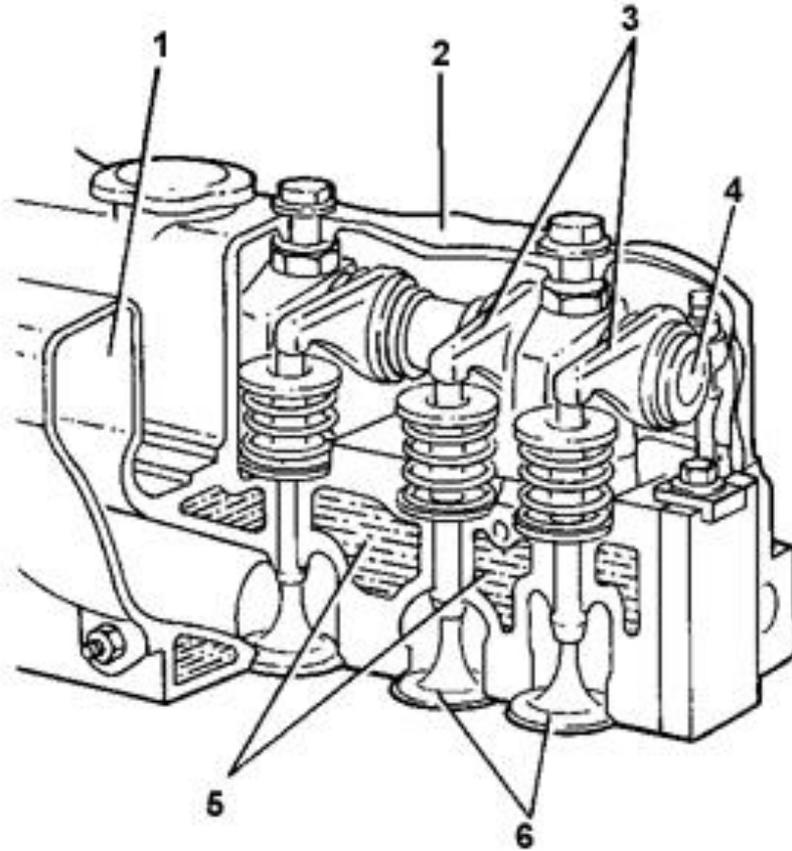
Constituição geral de um motor:

- cabeça motor;
- bloco motor;
- cárter.

Cabeça motor:

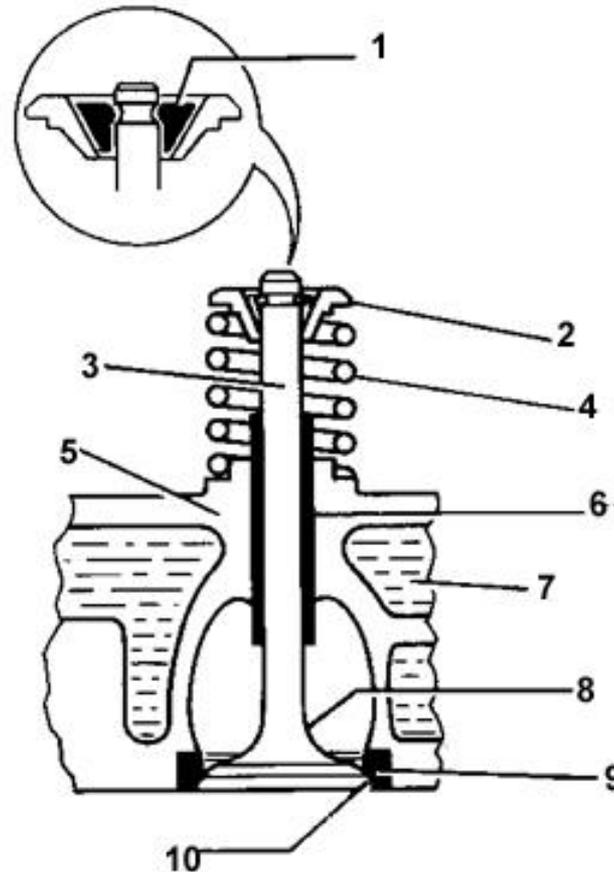
Fecha os cilindros na sua parte superior, formando a parede fixa da câmara de combustão.

Nos motores com as válvulas dispostas à cabeça, encontram-se aí as condutas para entrada do ar ou fluído (ar + combustível) e saída dos gases de escape, sendo a sua abertura ou fecho obtida através de válvulas de admissão ou escape.



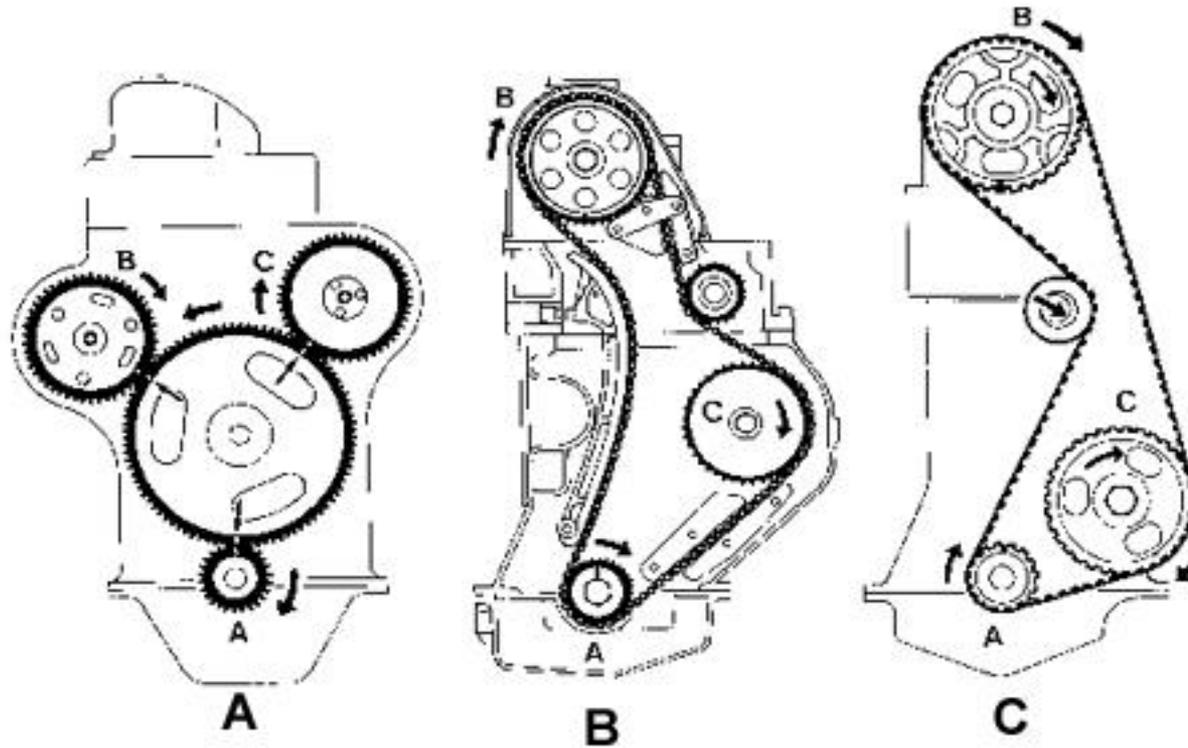
Acionamento das válvulas

- 1- Coletor de admissão 2- Tampa 3- Balanceiros 4- Eixo dos balanceiros
5- Cavidades de refrigeração 6- Válvulas



Montagem de uma válvula

- 1- Meios cones 2- Anilha de fixação 3- Haste da válvula 4- Mola 5- culaça
6- Guia 7- Cavidade de refrigeração 8- Cabeça da válvula 9- Sede
10- Suporte cónico



Transmissão do movimento à árvore de cames

A- Transmissão por carretos B- Transmissão por corrente de elos

C- Transmissão por correia dentada

Bloco motor

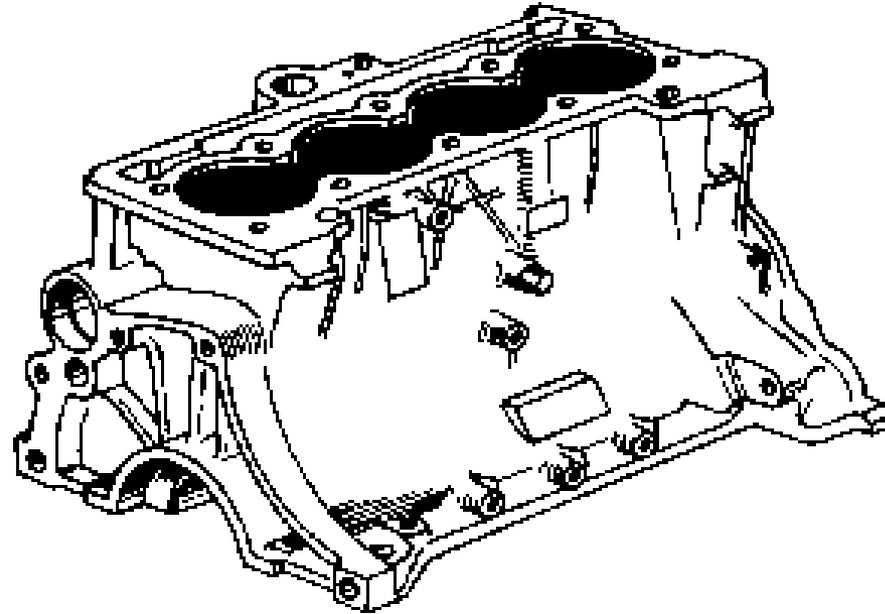
É uma das **peça fundamental do motor** pois é nela que se encontram os **cilindros** e se **montam uma grande parte dos restantes elementos**.

É feito, geralmente, em **ferro fundido** pois, embora este material apresente um desgaste bastante grande, trabalha-se facilmente.

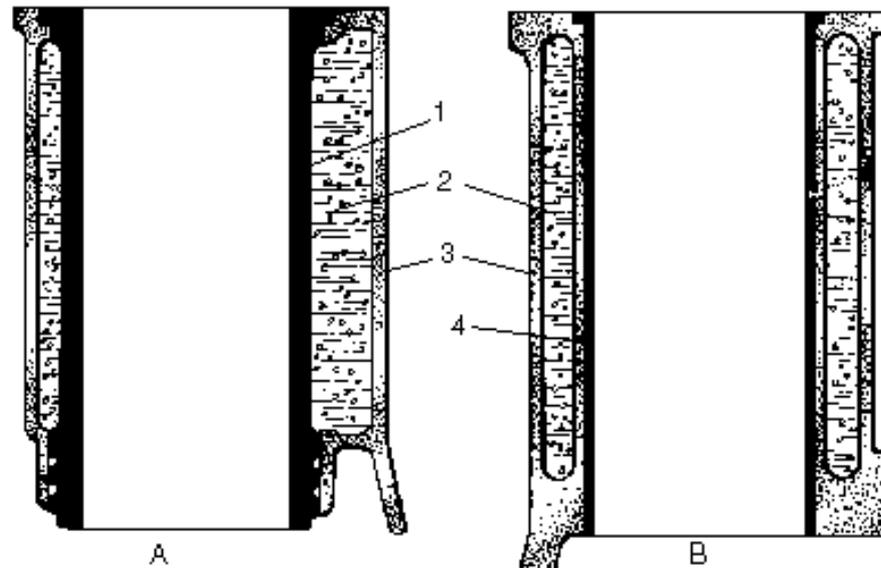
A diminuição dos encargos resultantes do desgaste provocado pelo atrito dos êmbolos nos cilindros, é efetuado pela utilização de **camisas secas ou húmidas**, que são facilmente substituídas e têm um custo muito inferior ao que resultaria da retificação dos cilindros do bloco.

As **camisas secas**, que são a solução mais cara, devem ser colocadas para **manter o contacto com o bloco**, para assegurarem a transferência de calor do cilindro para o circuito de refrigeração.

As **camisas húmidas**, utilizadas nos motores de potência mais elevada, permitem a transferência direta de calor para a água.

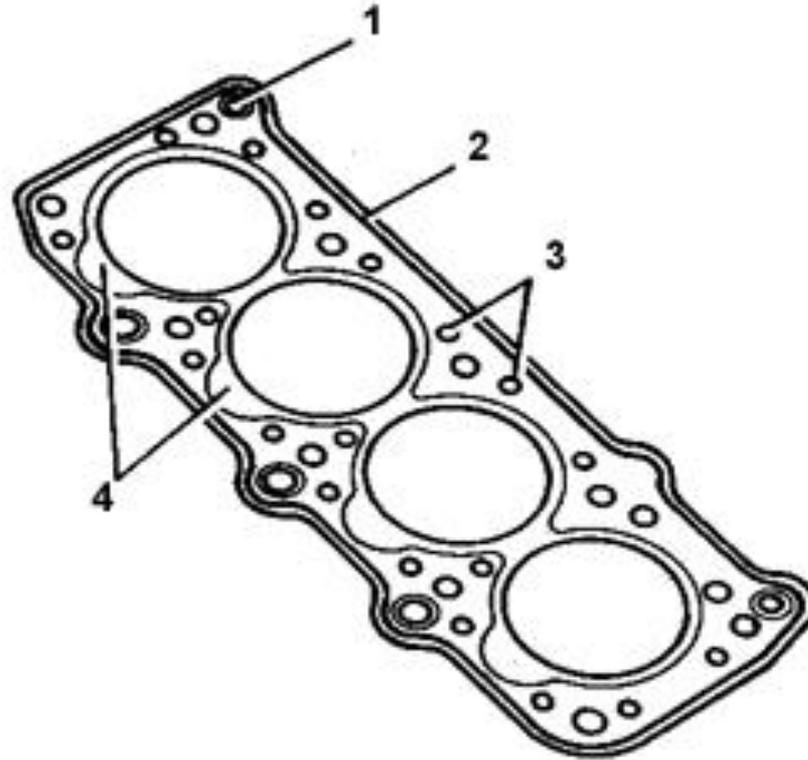


Esquema de um bloco motor



Representação de uma camisa **húmida (A)** e uma camisa **seca (B)**.

1- Camisa húmida 2- Câmara de água 3- Bloco motor 4- Camisa seca

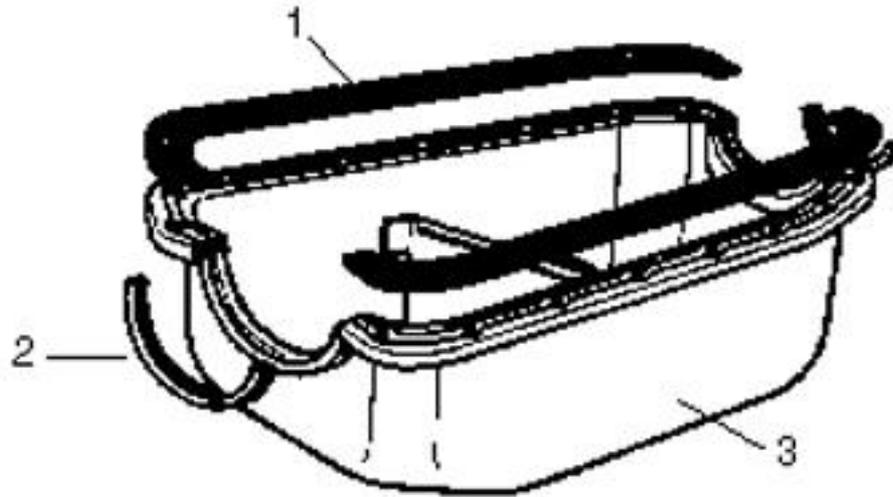


Junta da culaça

- 1- Passagem de óleo sob pressão
- 2- Cordões de estanquicidade
- 3- Passagem da refrigeração
- 4- Juntas metálicas

Cárter

É um reservatório, feito em chapa de ferro que, para além de ser utilizado como **recipiente do óleo motor, protege a parte inferior deste;**



Esquema de um cárter

1- Junta 2- Casquilho 3- Cárter

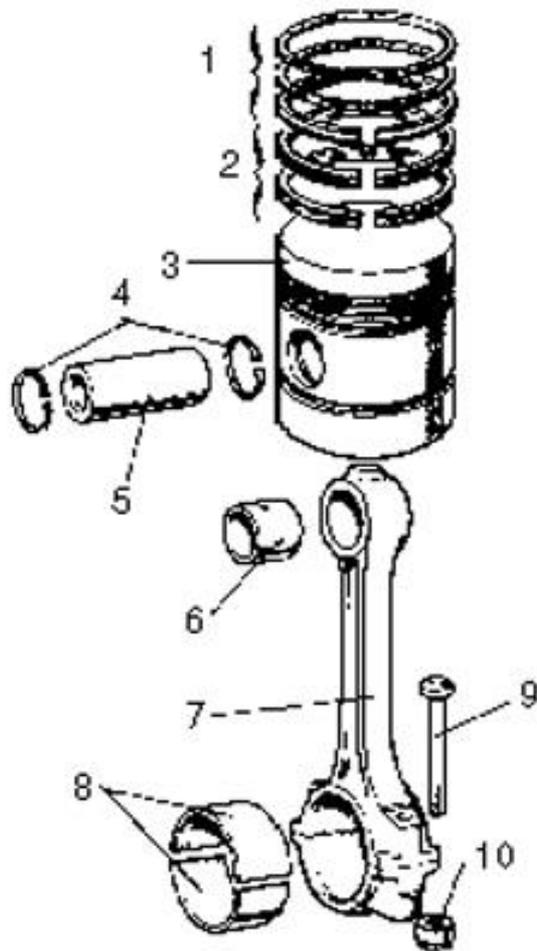
O sistema êmbolo - biela

Os êmbolos, através da biela, transmitem o movimento à cambota.

Os êmbolos funcionam como se fossem uma bomba pois provocam a aspiração de um fluido (ar ou ar + combustível) e a expulsão dos gases resultantes da combustão daquele.

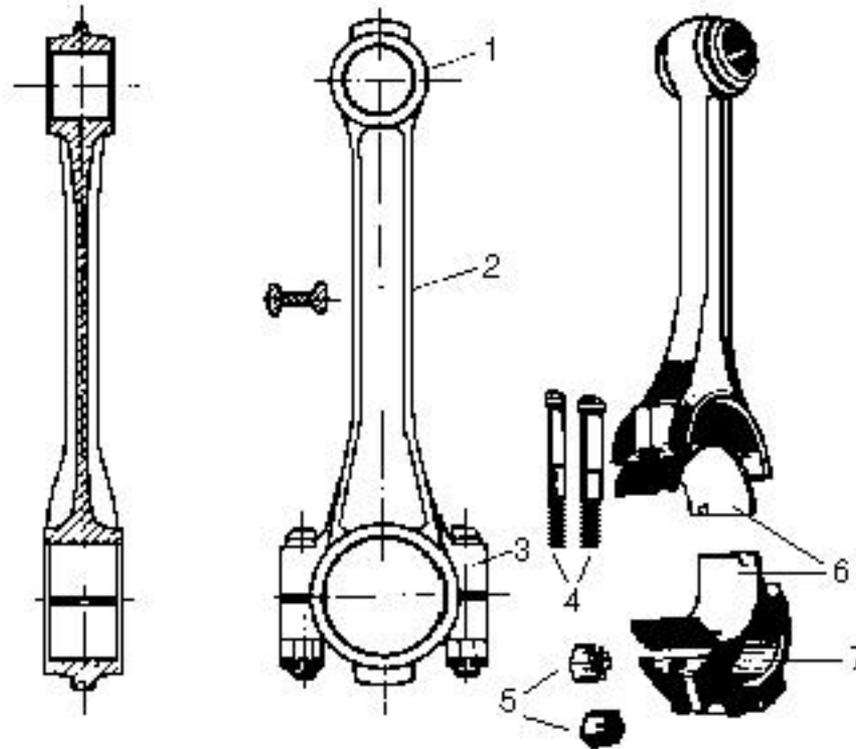
A transformação do movimento alternativo do êmbolo em movimento de rotação é assegurado pela biela e cambota.

Relativamente à estanquicidade do êmbolo esta é assegurada por vários segmentos de compressão pois, devido à dilatação que aquele sofre, tem de ter um diâmetro ligeiramente inferior ao do cilindro.



Conjunto êmbolo - biela

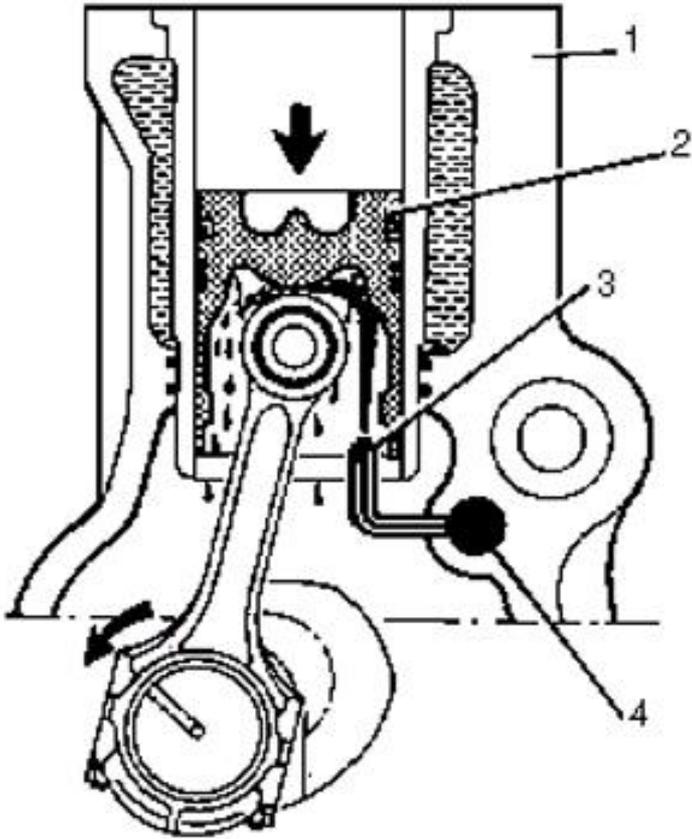
- 1- Segmentos de compressão
- 2- Segmentos de lubrificação
- 3- Êmbolo
- 4- Freios de fixação do cavilhão
- 5- Cavilhão ou eixo do êmbolo
- 6- Casquilho do pé da biela
- 7- Biela
- 8- Meios casquilhos da cabeça da biela (bronzes)
- 9- Parafuso
- 10- Porca



Esquema de uma biela

1- Pé 2- Corpo 3- Cabeça 4- Parafusos 5- Porcas 6- Casquilhos 7- Chapéu

A **refrigeração do êmbolo** é assegurada pelo contacto deste com a parede do cilindro e pela projeção de um jato de óleo proveniente de um bico geralmente colocado na cabeça da biela ou no bloco motor.

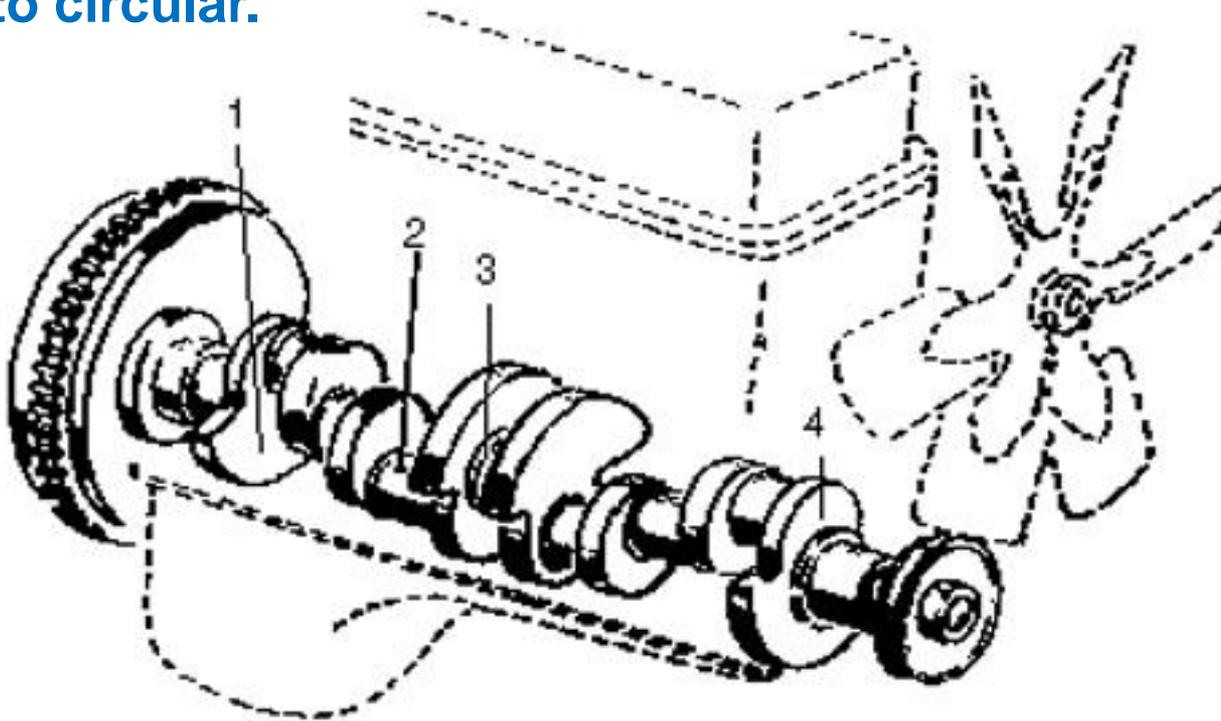


Sistema de refrigeração do êmbolo por injeção de óleo.

1- Bloco motor 2- Êmbolo 3- Injetor de óleo 4- Conduta de óleo

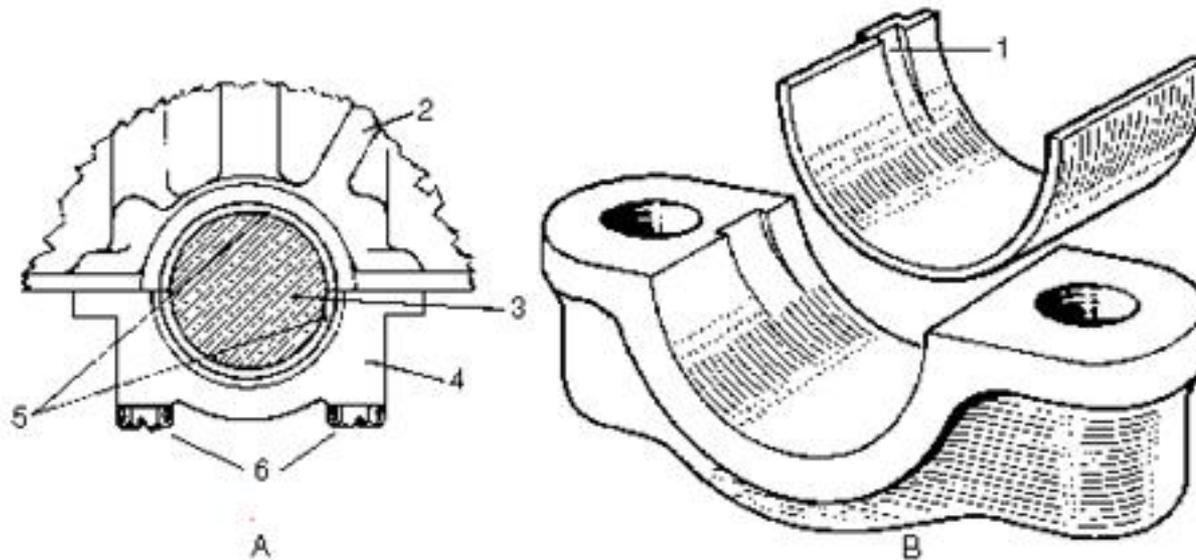
A cambota.

A **cambota** ou **veio de manivelas** é a peça do motor que, juntamente com a **biela**, permite **converter o movimento alternativo dos êmbolos em movimento circular**.



Representação de uma cambota de um motor de quatro cilindros.

1- Contrapeso 2- Munhão 3- Apoio 4- Braço



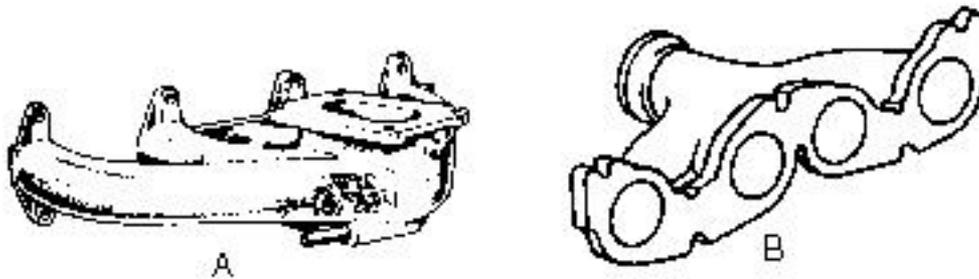
Esquema de uma chumaceira (A) e de um casquilho com a metade inferior da chumaceira (B). 1- Entalhe de fixação do casquilho 2- Parte superior da chumaceira 3- Cambota 4- Parte inferior da chumaceira 5- Casquilhos 6- Parafusos de fixação

Departamento de Agronomia

As condutas (coletores) de admissão e escape.

As condutas de admissão, ou **coletor de admissão**, conduzem o ar ou ar + combustível até aos diferentes cilindros.

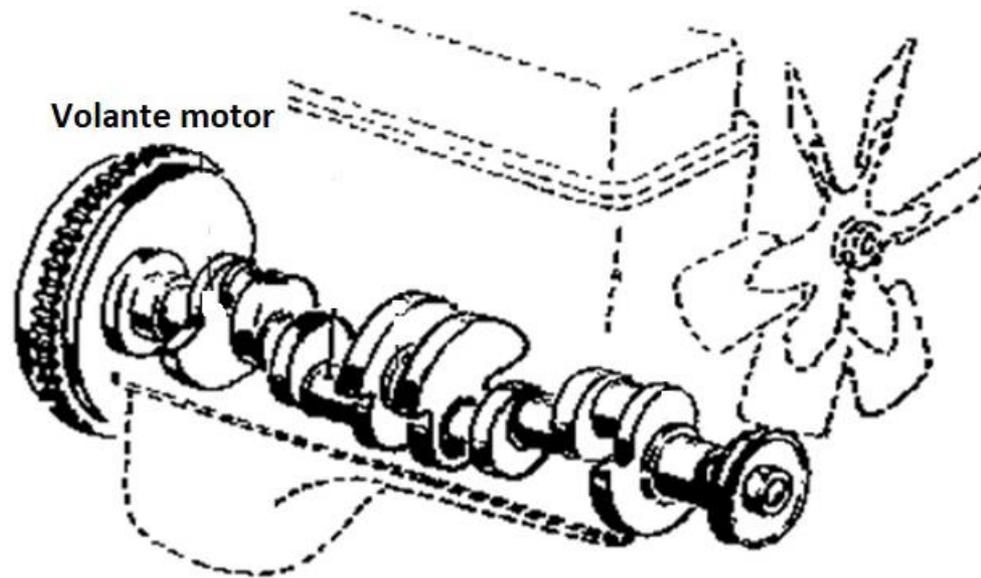
As condutas de escape, ou **coletor de escape**, permitem a saída dos gases resultantes da combustão conduzindo-os até ao silenciador para serem evacuados para o exterior.



Coletor de admissão (A) e escape (B) de um motor de ciclo Otto

O volante motor.

É uma peça fundamental para **regularização do movimento de rotação**, pois armazena a energia resultante dos tempos motor, que é utilizada para rotação da cambota durante os outros tempos; sem volante o êmbolo deslocava-se para o seu PMI onde tenderia a parar.



Ciclos operativos dos motores de combustão interna

Ciclos operativos de 4 e 2 tempos

Chama-se ciclo operativo à **sucessão de operações que o fluído ativo executa no cilindro durante o funcionamento normal do motor.**

A duração do ciclo operativo é medida pelo **número de cursos efetuados pelo êmbolo para o realizar.**

Diz-se que os motores alternativos são de **4 tempos quando o ciclo se realiza em 4 cursos do êmbolo e, de 2 tempos, quando o ciclo se realiza em 2 cursos.**

Os motores de **4 tempos realizam 1 ciclo completo em cada duas voltas da cambota e os de 2 tempos numa volta.**

Ciclos operativos de 4 tempos

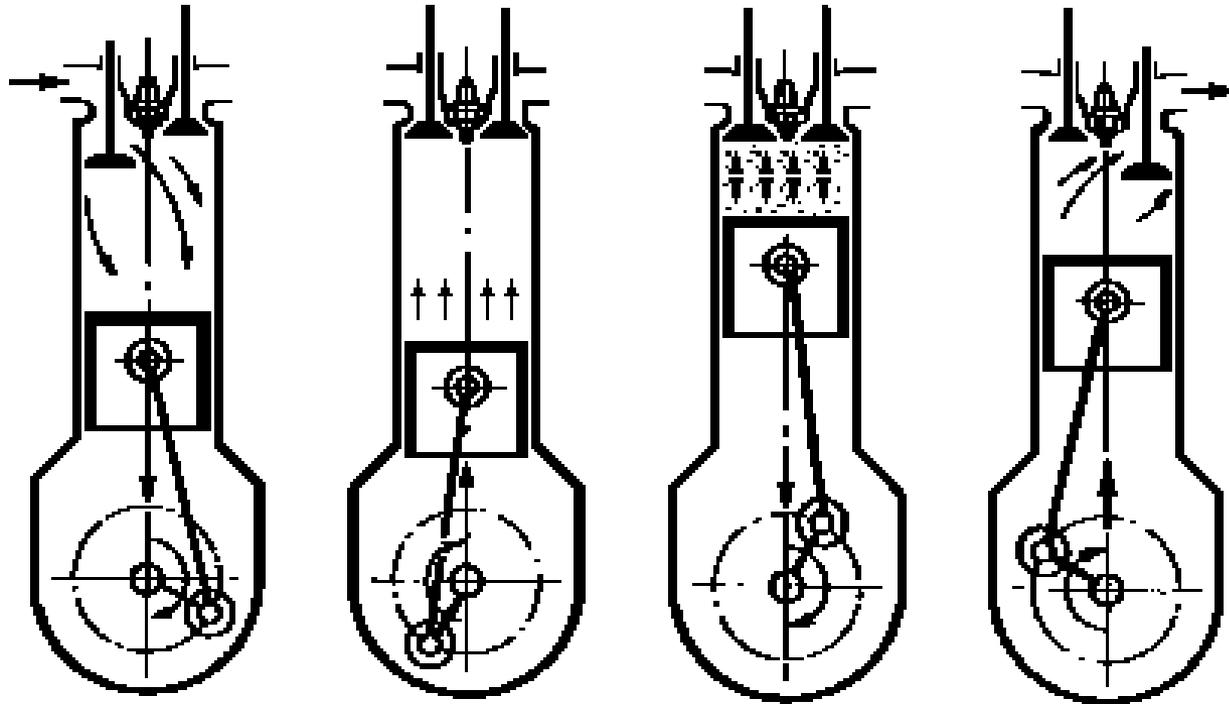
O ciclo de 4 tempos compreende as **4 seguintes fases**:

- **admissão** do fluído no cilindro
- **compressão**
- **combustão e expansão**
- **expulsão** ou **escape** dos produtos da combustão

Cada fase corresponde aproximadamente a um curso do pistão.

Departamento de Agronomia

Fases do ciclo de 4 tempos (Ciclo Otto)



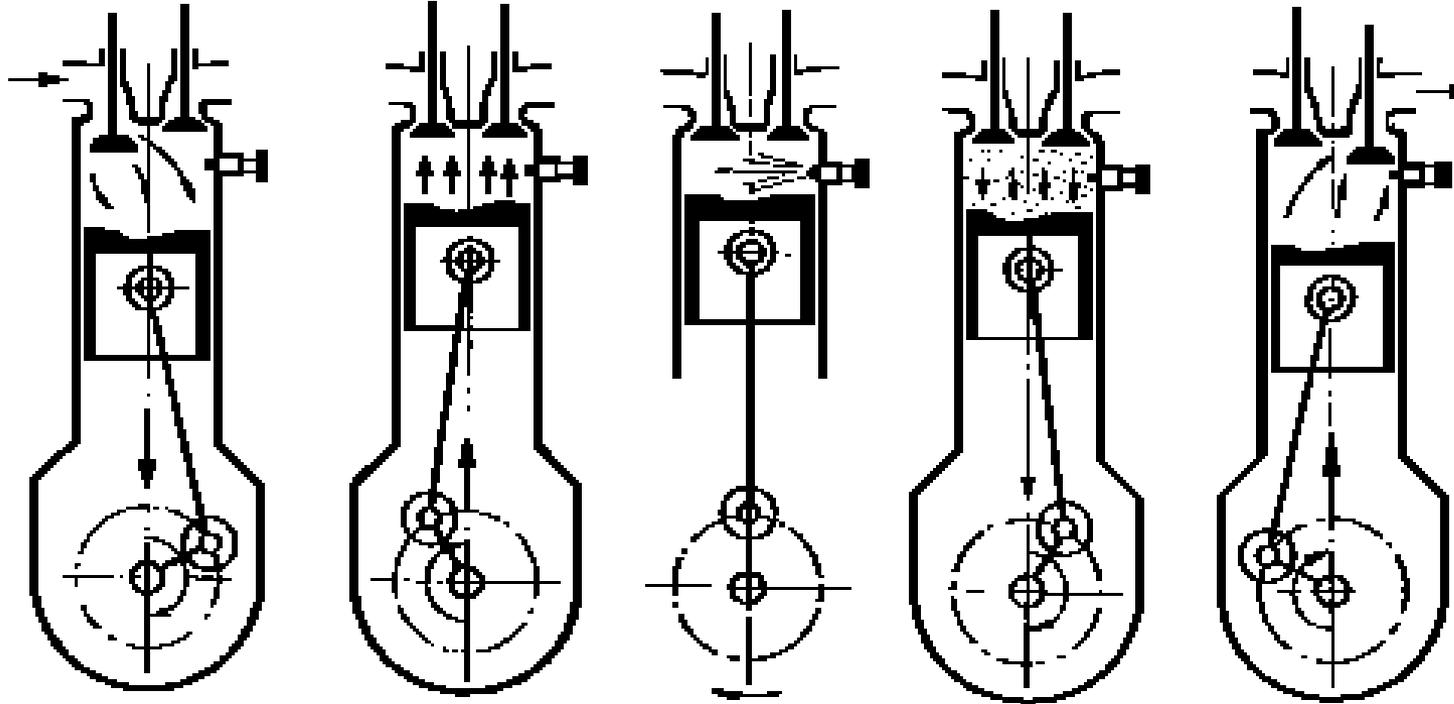
Aspiração

Compressão

Combustão

Escape

Fases do ciclo de 4 tempos (Ciclo Diesel)



Aspiração

Compressão

injeção

Combustão

Escape

Ciclos operativos de 2 tempos

O ciclo operativo a 2 tempos processa-se em **uma volta completa da cambota** correspondendo a dois cursos do êmbolo: **a combustão e a compressão.**

Não há um curso independente para o escape nem para a admissão, pois estas duas operações efetuam-se no fim da combustão e no principio da compressão.

A distribuição do fluído faz-se sem necessidade de válvulas, pois é êmbolo que abre e fecha, durante o seu curso, as janelas de aspiração e de escape.

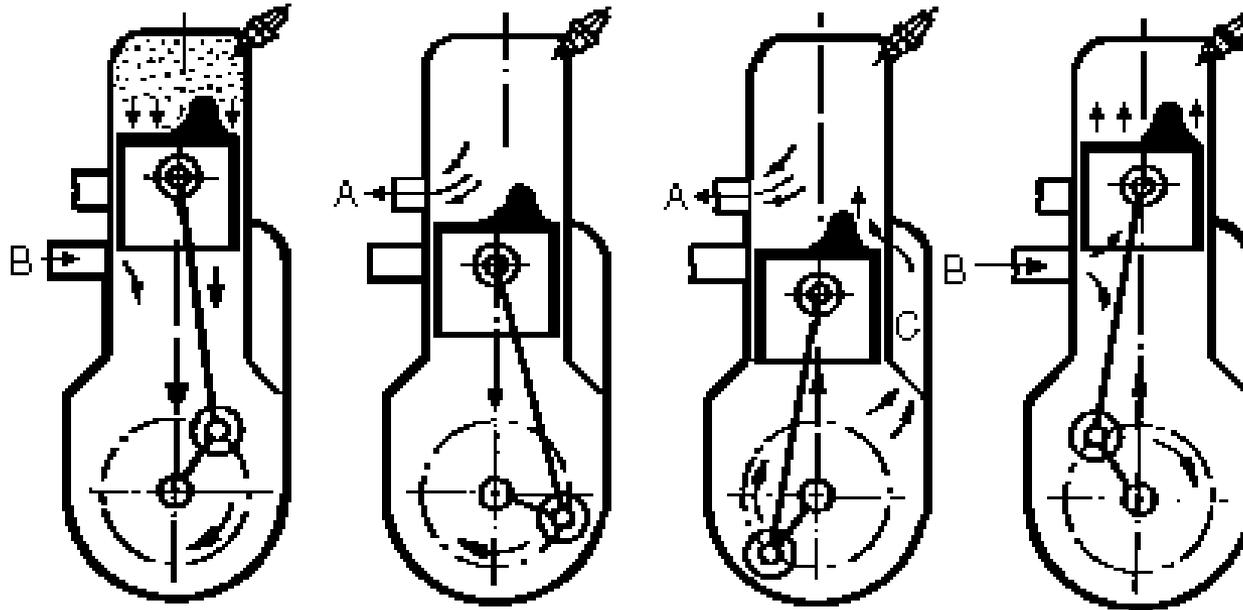
Ciclos operativos de 2 tempos (cont)

O **1º tempo** corresponde ao **curso motor** (que produz trabalho), que se **inicia com a combustão**, da qual resulta a expansão, até ao momento em que o êmbolo **abre as janelas de escape**, iniciando-se então a fase de escape e logo a seguir a admissão.

O **2º tempo** corresponde ao curso de retorno ao P.M.S., sendo a primeira parte a **continuação da fase de escape e admissão**, iniciando-se a **compressão** quando a janela de admissão é fechada.

Antes do percurso ascendente estar terminado, o bordo inferior do êmbolo deixa livre a janela de admissão do fluido para o cárter, criando-se aí uma depressão responsável pela admissão prévia do fluido.

Fases do ciclo de 2 tempos



1º Tempo Combustão-Escape

2º Tempo Aspiração-Compressão

Classificação dos motores alternativos

Os motores alternativos podem ser classificados de vários modos, segundo a base que se tome para esta finalidade.

- segundo o sistema de **inflamação do combustível**.

- motores de inflamação por chispa
- motores de inflamação por compressão

- segundo o **ciclo operativo**.

- motores de 4 tempos
- motores de 2 tempos

- segundo o **sistema de admissão de combustível**.

- motores de carburação
- motores de injeção

Principais diferenças entre os motores de ciclo Otto e Diesel.

Introdução do combustível. Na maior parte dos motores do ciclo Otto, o ar e o combustível são introduzidos na câmara de combustão sob a forma de mistura gasosa, que se efetua no carburador, sendo a regulação da quantidade introduzida obtida por meio de uma válvula de borboleta.

Nos motores de ciclo Diesel (inflamação por compressão), o ar é introduzido na câmara de combustão através do coletor que o conduz até à válvula de admissão, sendo o combustível introduzido diretamente por meio de um injetor. A mistura ar - combustível realiza-se na câmara de combustão, não havendo regulação de quantidade de ar, fazendo-se somente a regulação da quantidade de combustível.

Principais diferenças entre os motores de ciclo Otto e Diesel (cont).

Inflamação. O motor de **inflamação por chispa**, requer um **sistema de ignição** para gerar na câmara de combustão uma chispa entre os elétrodos de um inflamador (vela).

O motor de **inflamação por compressão**, utiliza a alta temperatura e pressão obtidas ao comprimir o ar no cilindro para dar início à combustão quando o combustível é injetado.

Principais diferenças entre os motores de ciclo Otto e Diesel (cont).

Taxa de compressão. O valor da taxa de compressão nos motores de ciclo **Otto é de ± 10** , salvo casos excepcionais, enquanto que nos motores de ciclo **Diesel é de ± 20** .

Taxas de compressão mais elevadas significam maior eficiência do motor, o que implica que, para iguais regimes, os motores Diesel tenham sempre binários mais elevados.

Nos motores a gasolina o limite superior da relação de compressão é condicionada, essencialmente, pela qualidade antidetonante do combustível.

Nos motores diesel a taxa de compressão é determinada, sobretudo, pelo peso da estrutura do motor que aumenta com o aumento da relação de compressão, de um modo especial nas grandes cilindradas.

Principais diferenças entre os motores de ciclo Otto e Diesel (cont).

Peso. O motor Diesel é, em geral, mais pesado que um motor a gasolina de igual cilindrada.

Regime. O motor Diesel é menos rotativo que os Otto, pois nestes a mistura do fluído já vem vaporizada quando entra nos cilindros, enquanto que nos Diesel é necessário dispor de tempo suficiente para que a injeção, mistura, evaporação e combustão se realizem.