

## Aula 6 - Motores de combustão interna – Parte II

Após o funcionamento dos motores de combustão interna, tanto do ciclo Otto quanto do Diesel, de 2 ou 4 tempos terem sido abordados no capítulo anterior, os chamados órgãos fundamentais serão abordados nesse capítulo. Esses órgãos, ou componentes, são chamados de fundamentais por estarem obrigatoriamente presentes em quaisquer tipos dos motores já vistos.

Para o funcionamento dos motores são necessários os sistemas complementares, cuja utilização varie em função do tipo de motor. Esses sistemas serão abordados no próximo capítulo.

### Parte II - Órgãos fundamentais

Abordaremos individualmente os 11 órgãos fundamentais existentes:

1. Bloco,
2. Carter,
3. Cilindro,
4. Cabeçote,
5. Êmbolo (ou Pistão),
6. Anéis de Segmento,
7. Pino do Êmbolo,
8. Casquilhos (ou Bronzina),
9. Biela,
10. Árvore de Manivelas (ou Virabrequim), e
11. Volante.

#### 1. Bloco

O bloco é suporte às demais partes constituintes do motor. Geralmente construídos em ferro fundido ou alumínio. Diversas configurações de motores por conta da disposição dos cilindros foram mostradas na Figura 8 do capítulo anterior. Essas configurações demandam diferentes blocos (Figura 1).

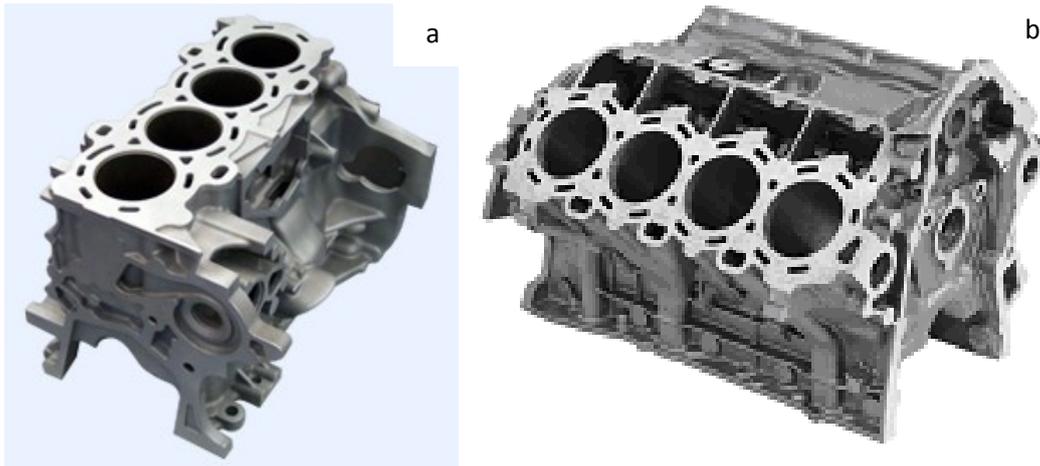


Figura 1 - Bloco de motores em linha (a) e em V (b)

O posicionamento dos cilindros em relação ao bloco determina o tipo de sistema de arrefecimento que ele fará uso. Assim, blocos com cilindros externos apresentam arrefecimento a ar e blocos com cilindros internos apresentam arrefecimento à água.

Os sistemas de arrefecimento são um dos sistemas complementares. Normalmente motores estacionários e de motos menores apresentam arrefecimento a ar, que empregam aletas ao redor da câmara de compressão permitindo uma troca de calor mais eficiente por conta da maior superfície de exposição à troca de calor entre motor e o ar. Comercialmente em larga escala, não são mais fabricados automóveis que possuem motor arrefecido a ar, porém alguns exemplos ainda podem ser encontrados em funcionamento (toda linha VW que usava o motor do Fusca).

## 2. Cárter

Cárter é o órgão que fecha a parte inferior do bloco (Figura 2a), ao qual é fixado por meio de uma junta. É um depósito de lubrificante (motores 4 tempos) e veda a parte inferior do motor, protegendo contra impacto e impurezas (motores 2 e 4 tempos).

Nos motores 2 tempos não há óleo contido no cárter, uma vez que o óleo é admitido misturado ao ar e combustível. Assim, motores 2 tempos não têm sistema de lubrificação.

Nos motores 4 tempos, a troca de óleo é feita retirando-se o bujão (um parafuso) presente sempre na parte mais inferior do cárter (Figura 2b). O bujão normalmente é imantado, o que possibilita a retenção de limalha metálica quando o óleo permanece no cárter e o motor não está em uso, evitando abrasão desnecessária justamente onde a lubrificação é demandada.

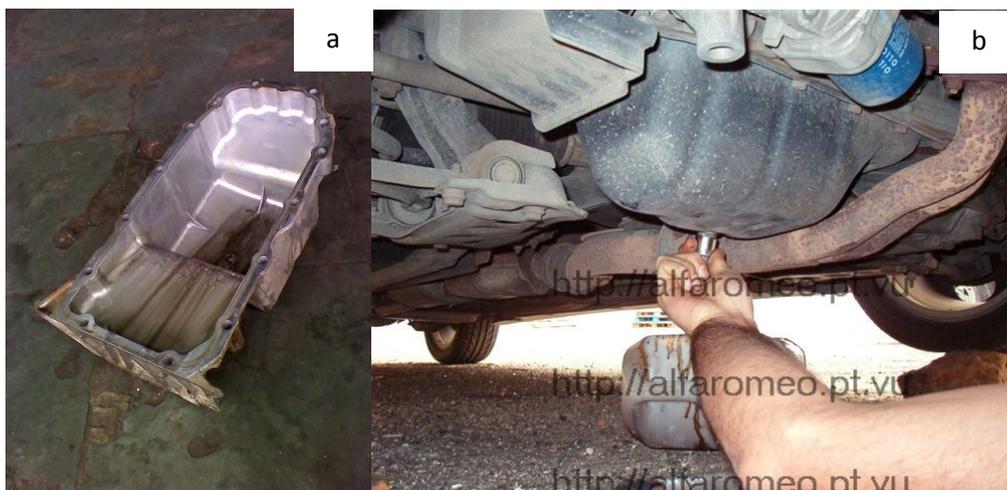


Figura 2 – Cárter (a) e o procedimento de troca de óleo (b).

Além da lubrificação, o óleo auxilia no arrefecimento, uma vez que recebe calor oriundo da combustão e ao circular, auxilia na dissipação do mesmo.

### 3. Cilindro

Cilindro tem esse nome por conta de sua forma. É nele onde ocorre a combustão sob altas pressões e temperaturas (Figura 3). Muitas pessoas se referem ao êmbolo ou pistão como cilindro, porém o êmbolo atua dentro do cilindro.

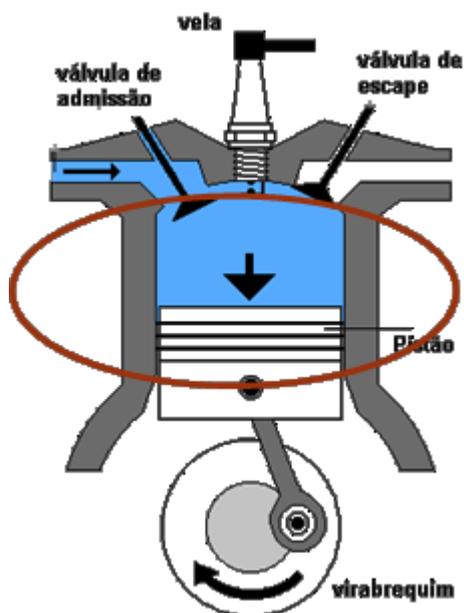


Figura 3 – Esquema do cilindro durante o tempo de admissão.

Os cilindros, em geral, possuem tubos removíveis, denominados “camisas” (Figura 4). Para que a pressão desloque o êmbolo, o sistema deve ser vedado, o que é obtido através dos anéis de segmentos (item 6 desse capítulo). Por conta das condições de temperatura, pressão e atrito, os

cilindros são projetados para possuírem alta resistência ao desgaste além do mínimo atrito possível.

Os cilindros também participam da troca de calor, por meio do contato com o meio arrefecedor (água/ar) que estão nas câmaras de arrefecimento.



Figura 4 – Camisas de um cilindro.

#### 4. Cabeçote

Como o nome sugere, é o órgão que fecha o bloco e os cilindros na sua parte superior. Na parte interna do cabeçote existem depressões chamadas câmaras de compressão (Figura 5). Nessas câmaras é que o ar (Diesel), o ar + combustível (Otto 4 tempos), ou ar + combustível + lubrificante (Otto 2 tempos) serão comprimidos para que a combustão propicie o melhor aproveitamento da liberação de calor e conseqüentemente expansão dos gases, propelindo o êmbolo. O cabeçote está sujeito às mesmas condições de temperatura e pressão do cilindro.



Figura 5 – Câmaras de compressão presentes no cabeçote.

Entre cabeçote e bloco, está a junta de cabeçote. As juntas (já citada no item Cárter) servem para preencher eventuais espaços micrométricos que existam por alguma falha da usinagem (processo de produção) das peças. Elas são de materiais mais flexíveis para se moldarem e

devem apresentar resistência compatível com o meio que vedam. Por exemplo, ligas metálicas (Figura 6) são usadas nas juntas de cabeçote e celulose nas do cárter.

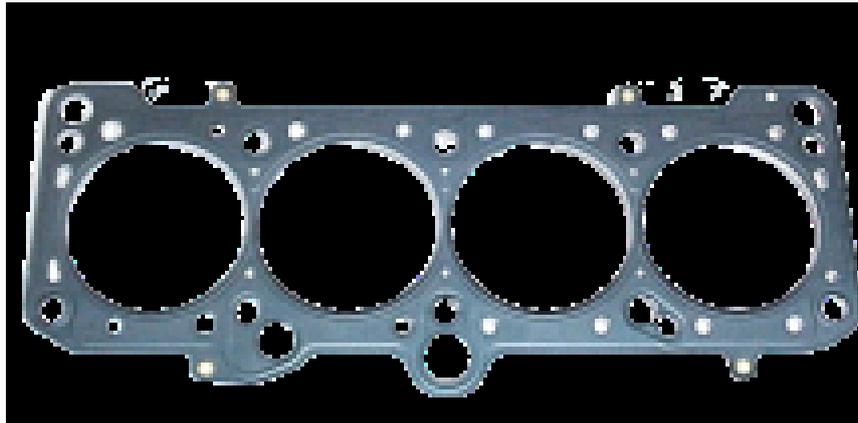


Figura 6 – Junta de cabeçote.

Os cabeçotes podem ainda trazer o sistema de válvulas (Figura 7), componente do sistema de alimentação (Sistema Complementar – próximo capítulo)



Figura 7 – Sistema de válvulas no cabeçote.

## 5. Êmbolo

Êmbolo ou pistão é a parte que se movimenta devido à explosão e expansão dos gases oriundos da combustão (Figura 8). O êmbolo é impulsionado pela expansão dos gases, gerada pela liberação de calor na combustão, e esse movimento (energia mecânica cinética) é transmitido pelos órgãos pino de êmbolo e biela ao movimento à árvore de manivelas (ADM). Vale ressaltar que o êmbolo tem movimento alternativo e linear, enquanto a ADM tem movimento circular. Veremos nos itens 7 e 8 desse capítulo como essa transmissão é realizada continuamente.

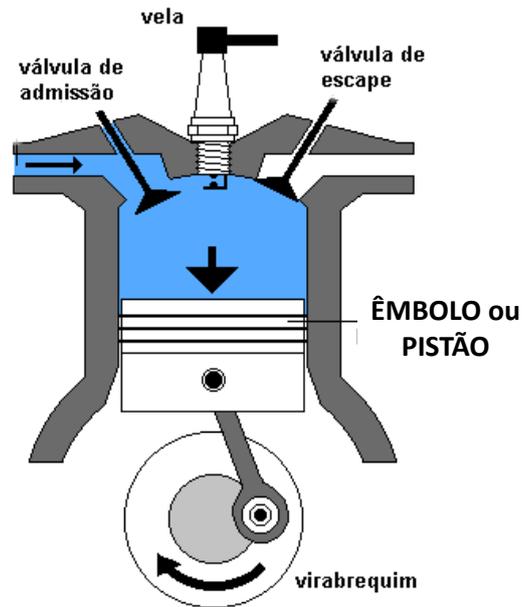


Figura 8 – Esquema da atuação do êmbolo na admissão.

## 6. Anéis de segmento

Os anéis de segmento são localizados nas ranhuras circulares existentes na cabeça do êmbolo (Figura 9).

Suas funções são : a) vedar a câmara do cilindro, retendo a compressão; b) reduzir a área de contato direto entre as paredes do êmbolo e do cilindro; c) controlar o fluxo de óleo nas paredes do cilindro; e d) dissipar o calor do êmbolo pelas paredes do cilindro.

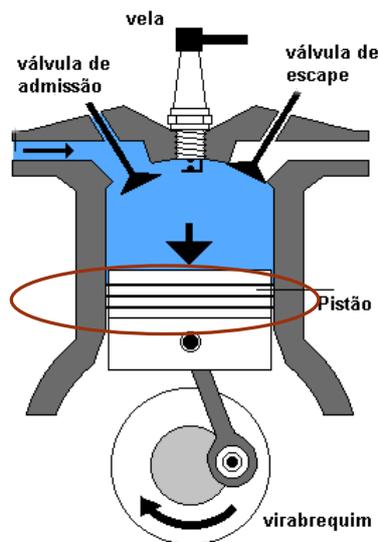


Figura 9 – Esquema do posicionamento dos anéis de segmento no êmbolo.

Assim, pelas distinções das funções se faz necessário que existam dois tipos fundamentais de anéis:

- a) De compressão – responsável pela vedação do cilindro; são maciços e colocados nas canaletas próximas ao topo do êmbolo (Figura 10a).
- b) De lubrificação – responsáveis pelo controle de fluxo de óleo entre as paredes do êmbolo e cilindro; são providos de canaletas ou rasgos, interrompidos ao longo do perímetro (Figura 10b).



Figura 10 – Anéis de segmento de compressão (a) e de lubrificação (b).

## 7. Pino do êmbolo

O pino do êmbolo tem uma função simples e proporciona uma ligação articulada entre biela e êmbolo (Figura 11).

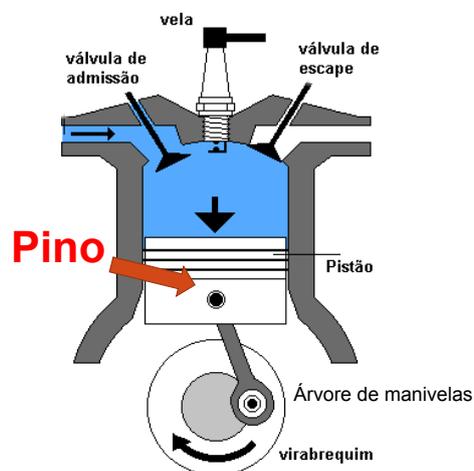


Figura 11 – Pino do êmbolo proporcionando a ligação entre o êmbolo e a biela.

Apenas recapitulando o que já vimos no capítulo anterior, o movimento alternativo do êmbolo no interior do cilindro transmite, por meio da biela, um movimento circular à árvore de manivelas. Simplificando o exemplo, é como os movimentos do joelho (papal do pino do êmbolo) e do tornozelo (ligação da biela à árvore de manivelas) ao pedalar uma bicicleta (Figura 12). Embora ligado fisicamente, o joelho tem um movimento de “sobe-e-desce”, ou seja, alternativo, ao passo que o tornozelo tem movimento circular, pois está ligado aos pés que impulsionam os pedais (árvore de manivelas).

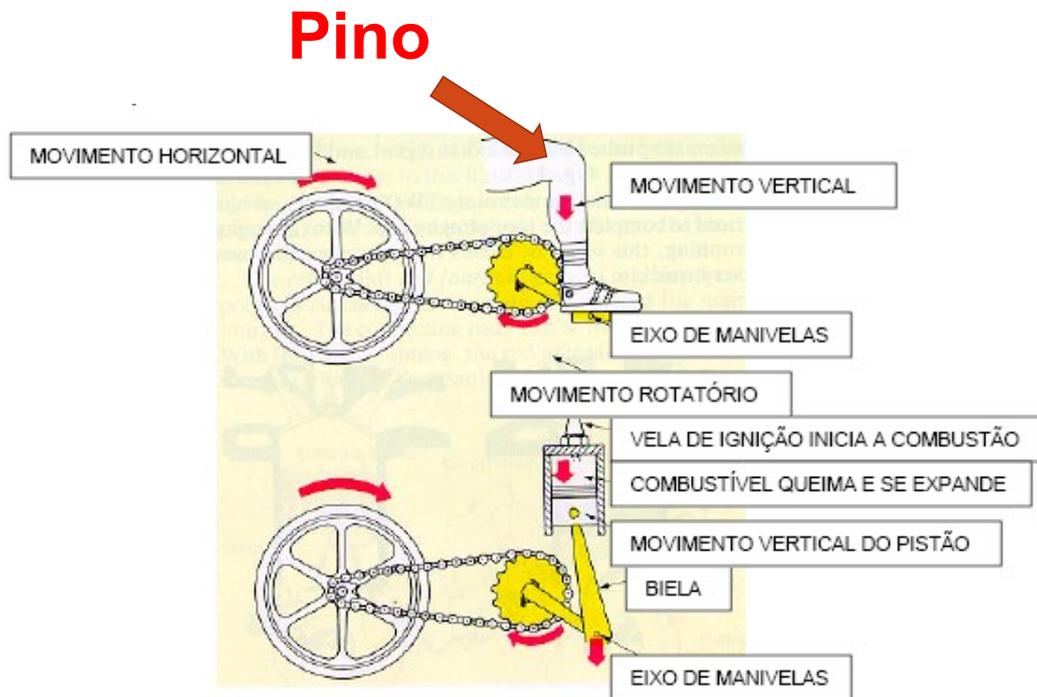


Figura 12 – Representação do funcionamento do mecanismo biela manivela, transformando movimento alternativo em circular.

## 8. Biela

A biela é o órgão que estabelece a conexão entre o êmbolo e a árvore de manivelas (ADM). É um dos órgãos responsáveis por transformar o movimento retilíneo do êmbolo em movimento circular junto ao volante do motor. A biela é composta de: a) Cabeça: parte que se prende aos moentes da ADM; b) Pé: parte que se acopla ao êmbolo, por intermédio do pino, e c) Corpo: viga entre o pé e a cabeça que lhe confere o comprimento (Figura 13).



Figura 13 – Composição da biela.

### 9. Casquilhos

Os Casquilhos ou bronzinas são os elementos que estabelecem o contato, sob condições especiais, entre a cabeça da biela e os moentes da ADM.

Os casquilhos são compostos por duas cápsulas semi-cilíndricas recobertas de liga antifricção (Figura 14), cujas características são o baixo coeficiente de atrito, apresentam ponto de fusão relativamente baixo e resistência à corrosão.



Figura 14 – Casquilhos e o local de atuação na cabeça da biela.

O desgaste de algumas peças, e o conseqüente excesso de folga, faz com a lubrificação seja prejudicada. Havendo excesso de óleo lubrificante chegando aos anéis, esses podem não conseguir retirar o excesso, e esse óleo excedente indo parar na câmara de combustão, serão queimados.

O excessivo escape de óleo ou extravasamento não uniforme gera a lubrificação deficiente e superaquecimento, ocorrendo a fusão do casquilho. O termo “Motor fundido” se dá pelos casquilhos fundidos. Ao se fundirem não é possível que o êmbolo nem a ADM se movimentem, o que originou o termo “motor travado”.

Já o termo “Motor batendo” se dá pelo ruído das batidas do mancal da biela contra o moente da ADM, pelo excesso de folga, principalmente no início do funcionamento do motor, onde a lubrificação ainda não está em plena atividade.

## 10. Árvore de manivelas

A árvore de manivelas ou virabrequim é uma árvore de transmissão de movimento que apresenta tantas manivelas quantos forem os cilindros do motor. Apresentando uma configuração muito similar às dos pedais de uma bicicleta.

Na extremidade de cada manivela localiza-se um moente, ao qual se acopla o mancal da cabeça da biela. Numa extremidade da ADM se acopla o volante do motor. Na outra a engrenagem ou a roda dentada de acionamento do comando de válvulas. Os munhões das ADM estão em contato com o bloco do motor (Figura 15).

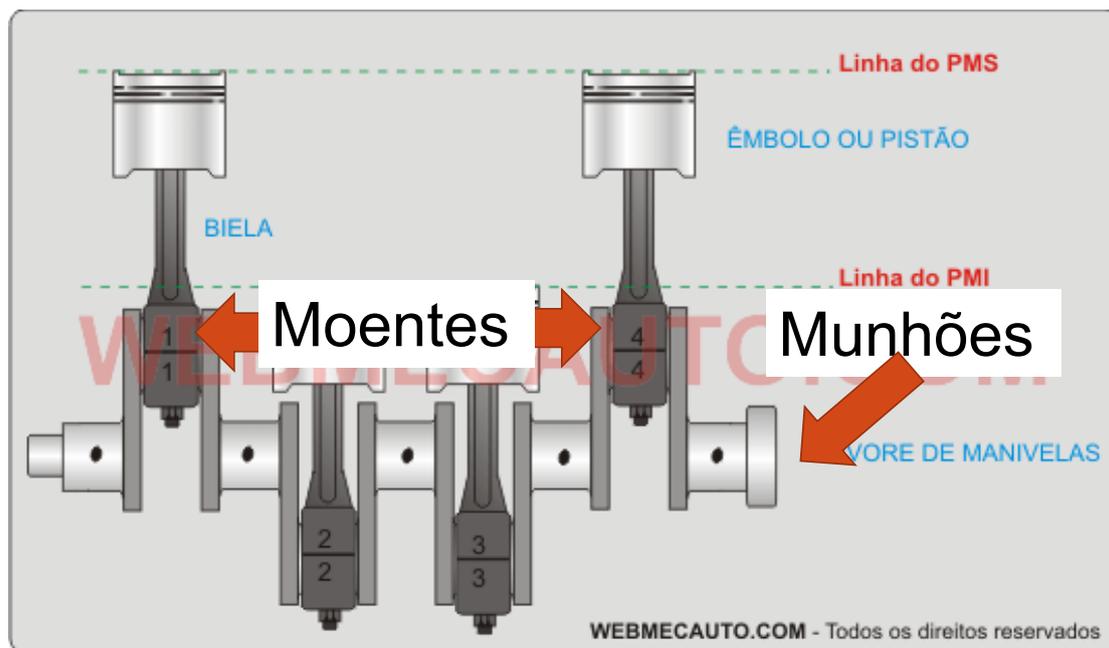


Figura 15 – Representação da árvore de manivelas.

O ângulo formado entre moentes da ADM se dá pelo número de cilindros (n) e de tempos do motor, pelo número de voltas necessário para que um ciclo completo ocorra. Conforme visto na

aula anterior, duas voltas da árvore ( $720^\circ$ ) para os motores 4 tempos ou uma volta ( $360^\circ$ ) para os motores 2 tempos. Assim, o ângulo entre moentes para que haja distribuição homogênea de potência à ADM se dá pelas equações:

a) Motor de 4 tempos :  $720^\circ/n$

b) Motor de 2 tempos :  $360^\circ/n$

Por exemplo: um motor de 3 cilindros de 4 tempos (Figura 16) teria ângulo entre moentes determinados por:

$720^\circ/n$ , sendo  $n=3$ , então :  $720^\circ/3 = 240^\circ$  entre moentes.

Já um motor de 5 cilindros de 4 tempos (Figura 17) teria ângulo entre moentes determinados por:

$720^\circ/n$ , sendo  $n=5$ , então :  $720^\circ/5 = 144^\circ$  entre moentes.

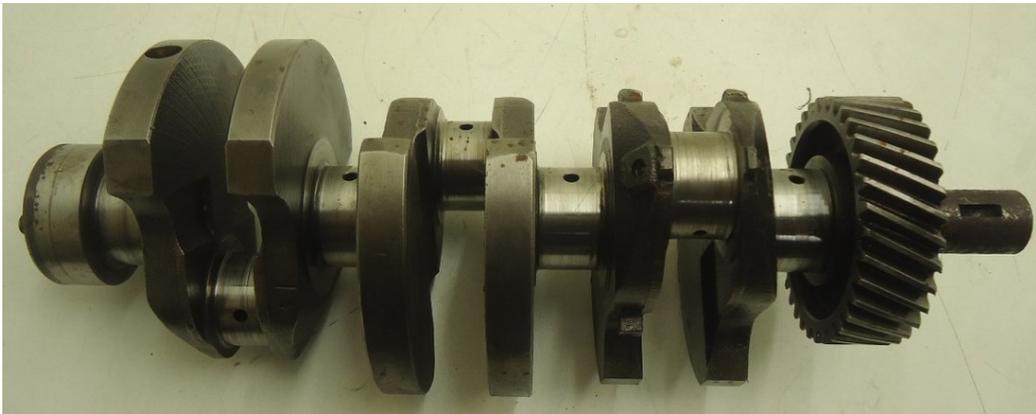


Figura 16 – Árvore de manivelas de um motor 3 cilindros 4 tempos.



Figura 17 – Árvore de manivelas de um motor 5 cilindros 4 tempos.

## 11. Volante do motor

O volante do motor é uma massa de ferro fundido que tem por função manter uniforme a velocidade angular da ADM (Figura 18), absorvendo a energia cinética durante os tempos de explosão para cedê-la de volta durante os outros tempos. Devemos lembrar que, num motor 4 tempos, apenas a explosão-expansão transmite energia. Principalmente em motores monocilíndricos o volante atua na manutenção da rotação do motor.

O volante também atua na interface com o sistema de transmissão, pois a embreagem atua como um interruptor de transmissão de potência entre o volante do motor e a caixa de mudança de marchas.

Para iniciar o funcionamento do motor é por meio do volante que acionamos os mecanismos para “dar a partida”. Isto pode ser realizado com acionamento manual com manivela como em motores de automóveis antigos, pedais em motocicletas, cordas em motores de popa, motosserras e motores estacionários ou com acionamento de um motor elétrico, como se faz na maior parte dos motores de maior porte. O sistema de partida faz parte do sistema elétrico que é um sistema complementar. Ao acionar o volante, todas as peças interligadas funcionam fazendo com que haja uma primeira explosão no motor que passa a funcionar sem a necessidade de auxílio.

Quando empurramos um veículo visando que “pegue no tranco”, a fonte do movimento são as rodas que transmitem por meio do sistema de transmissão (caixa de mudança de marchas e embreagem) até o volante do motor. Assim se dá um processo similar ao descrito para o acionamento convencional.

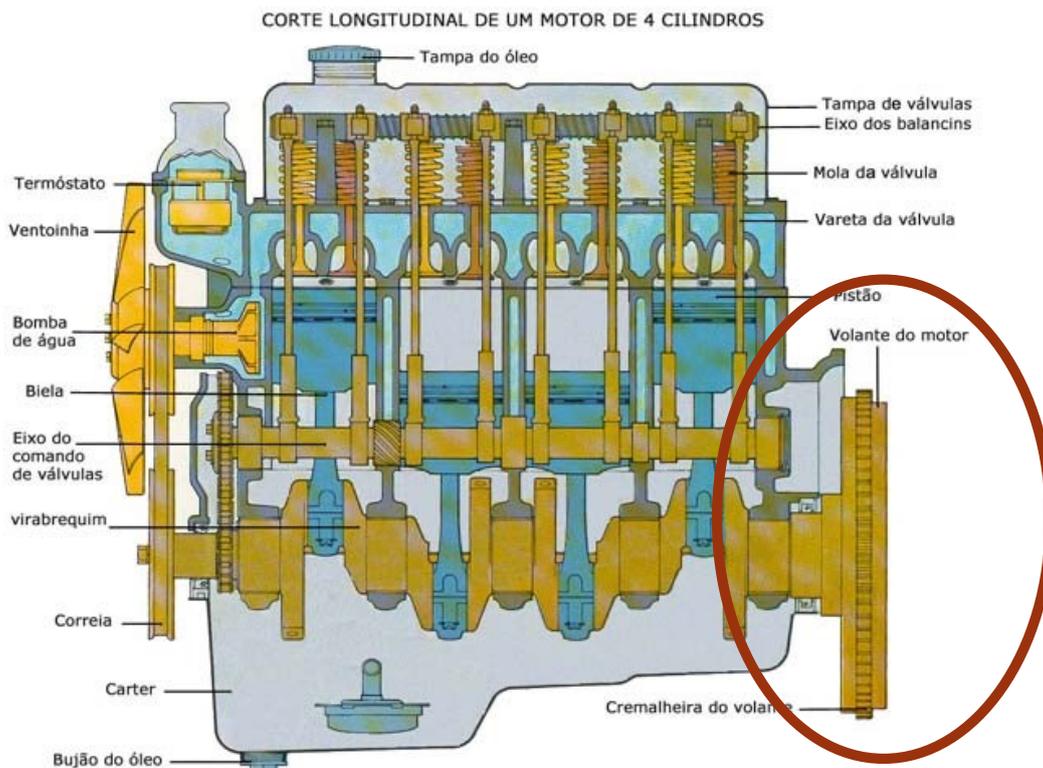


Figura 18 – Motor de combustão interna com seu volante destacado.

## Referências

ATARES, P.V.A.; BLANCA, A.L. Tractores e Motores Agrícolas. 2ª ed. Madri: Ediciones Mundi. Prensa, 1993. 429 p.

BARGER, E.L. et ali. Tratores e seus Motores. St. Joseph. Ed. Edgard Blucher Ltda. SP. 398p.

DEBEIR, J. C., DELÉAGE, J. P.; HÉMERY, D. Uma história da energia. Editora da Universidade de Brasília, 1993. 447p.

MIALHE, L.G. Máquinas motoras na Agricultura. Vol. I e II. EDUSP, 1980, 289 e 367p., respectivamente.

ORTIZ CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J.L. Técnica de la mecanización agraria. 2ª ed. Madri: Ediciones Mundi. Prensa, 1989. 641p.