



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
IT – Departamento de Engenharia  
ÁREA DE MÁQUINAS E ENERGIA NA AGRICULTURA  
IT 154- MOTORES E TRATORES

## PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Carlos Alberto Alves Varella<sup>1</sup>

Nos primeiros motores de combustão interna a combustão era realizada em condições de pressão atmosférica. Em 1862, Beau de Rochas estabeleceu os princípios fundamentais de funcionamento dos motores de combustão interna. Segundo BARGER et. al (1966), os princípios de Beau de Rochas para máxima eficiência do ciclo são:

1. Relação superfície-volume do cilindro deve ser a menor possível;
2. Processo de expansão deve ser o mais rápido possível;
3. Expansão máxima possível;
4. Pressão máxima possível no início da expansão.

Os dois primeiros itens têm como objetivo reduzir a perda de calor através das paredes do cilindro; o terceiro item considera que maior expansão (curso) produz maior trabalho e o quarto item considera que quanto maior a pressão maior é o trabalho produzido na expansão.

Os motores de combustão interna são classificados em relação ao princípio de funcionamento em dois tipos: do ciclo OTTO e do ciclo DIESEL. O ciclo de funcionamento é o conjunto de transformações na massa gasosa no interior da câmara, desde a sua admissão, até a sua eliminação para o exterior. O ciclo OTTO foi descrito por NIKOLAUS A. OTTO (1876) e o ciclo DIESEL por RUDOLF DIESEL (1893). Ambos os ciclos podem ser completados em dois ou quatro cursos do pistão. Quando o motor completa o ciclo em dois cursos do pistão é chamado de motor de dois tempos e quando completa o ciclo em quatro tempos é chamado motor de quatro tempos.

---

<sup>1</sup> Professor. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, IT-Departamento de Engenharia, BR 465 km 7 - CEP 23890-000 – Seropédica – RJ. E-mail: [varella@ufrj.br](mailto:varella@ufrj.br).

## MOTORES DO CICLO OTTO

Os motores do ciclo otto ou de ignição por centelha utilizam a energia da centelha elétrica da vela de ignição para dar início a reação de combustão. Nos motores de quatro tempos é admitido a mistura de ar e combustível e no motores de dois tempos é admito a mistura de ar, combustível e óleo lubrificante. Nos motores de dois tempos no primeiro curso são realizadas as fases de admissão e compressão e no segundo curso as fases de expansão e descarga. Nos motores de quatro tempos cada fase do ciclo é realizada em um curso.

## MOTORES DO CICLO OTTO DE QUATRO TEMPOS

Os motores do ciclo otto de quatro tempos apresentam sistema de lubrificação sendo o cárter o depósito de óleo lubrificante do motor. Realiza o ciclo em quatro cursos, o que implica em duas voltas ( $720^\circ$ ) no virabrequim ou árvore de manivelas. A Figura 2 ilustra a constituição geral dos motores de quatro tempos do ciclo otto.

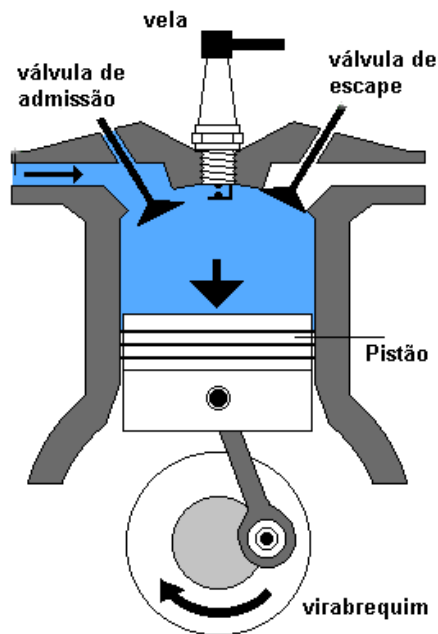


Figura 2. Constituição geral dos motores de quatro tempos do ciclo otto.

### **Primeiro curso: admissão**

O pistão se desloca do PMS para o PMI. Neste curso ocorre a admissão no cilindro da mistura ar-combustível. Durante a admissão a válvula de admissão está aberta e a válvula de descarga está fechada (Figura 3). O volume admitido é o volume de admissão ou cilindrada parcial do motor.

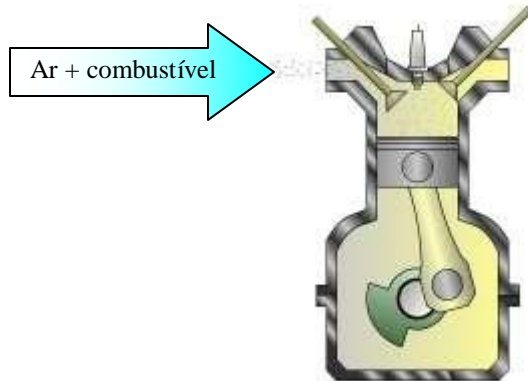


Figura 3. Posição das válvulas durante o primeiro curso do pistão na fase de admissão.

### ***Segundo curso: compressão***

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Neste curso ocorre a compressão, isto é, a redução do volume de admissão para volume da câmara de combustão. Durante a compressão as válvulas de admissão e descarga estão fechadas.



Figura 4. Posição das válvulas durante o segundo curso do pistão na fase de compressão.

### ***Terceiro curso: expansão***

O pistão se desloca do PMS para o PMI. Neste curso ocorre a expansão, isto é, ocorre a combustão e a força produzida desloca o pistão realizando trabalho. Durante a expansão as válvulas de admissão e descarga estão fechadas (Figura 5).

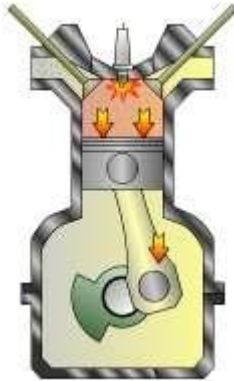


Figura 5. Posição das válvulas durante o terceiro curso do pistão na fase de expansão.

#### ***Quarto curso: descarga***

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Neste curso ocorre a descarga, isto é, são eliminados os resíduos da combustão. Durante a descarga a válvula de descarga está aberta e a válvula de admissão está fechada (Figura 6).

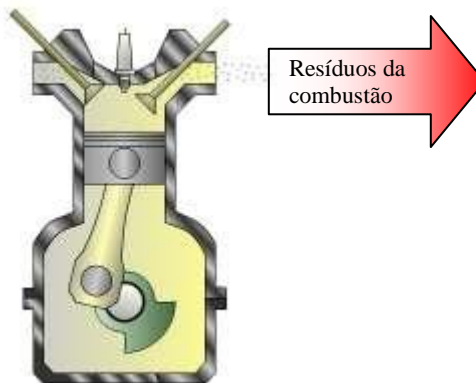


Figura 6. Posição das válvulas durante o quarto curso do pistão na fase de descarga.

### **MOTORES DO CICLO OTTO DE DOIS TEMPOS**

Os motores de dois tempos recebem esta denominação porque realizam o ciclo de funcionamento em dois cursos do pistão, isto é, em uma volta ( $360^\circ$ ) da árvore de manivelas. A lubrificação do motor é feita através da mistura de óleo lubrificante no combustível. Não possuem sistema de válvulas sendo a admissão feita em duas etapas: primeiro no cárter e depois no cilindro. A Figura 1 ilustra as principais partes dos motores do ciclo otto de dois tempos.

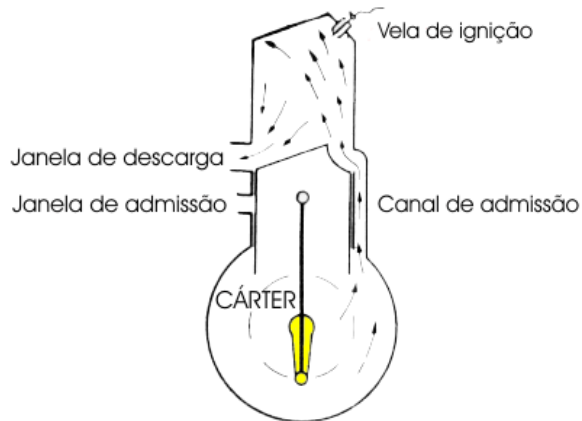


Figura 1. Principais partes dos motores do ciclo otto de dois tempos.

**Primeiro curso**

O pistão se desloca do ponto morto inferior (PMI) para o ponto morto superior (PMS). No primeiro curso ocorre a compressão e a admissão no cárter através da janela de admissão (Figura 2).

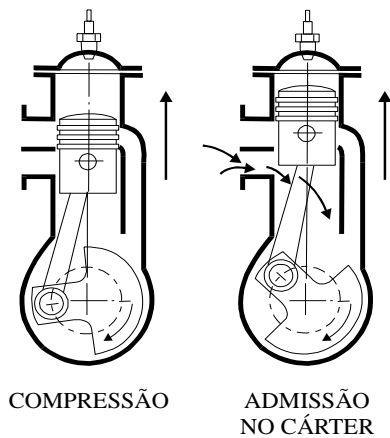


Figura 2. Primeiro curso nos motores otto de dois tempos: compressão e admissão no cárter.

**Segundo curso**

O pistão se desloca do PMS para o PMI. Neste curso ocorre a expansão, a admissão da mistura no cilindro e a descarga dos resíduos da combustão (Figura 3). A renovação da mistura é chamada de lavagem do cilindro, ou seja, a mistura nova que estava no cárter é admitida no cilindro e expulsa os resíduos da combustão.

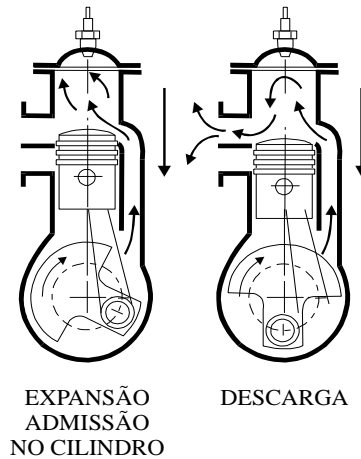


Figura 3. Segundo curso nos motores otto de dois tempos: expansão, a admissão da mistura no cilindro e descarga dos resíduos da combustão.

### MOTORES DO CICLO DIESEL

Os motores do ciclo diesel ou motores de ignição por compressão utilizam o aumento da temperatura devido a compressão de uma massa de ar para dar início a reação de combustão. Somente ar é admitido. Após a compressão, o combustível é pulverizado na massa de ar quente dando início a combustão.

### MOTORES DO CICLO DIESEL DE QUATRO TEMPOS

Os motores do ciclo diesel de quatro tempos apresentam sistema de lubrificação sendo o cárter o depósito de óleo lubrificante do motor. Realiza o ciclo em quatro cursos, o que implica em duas voltas ( $720^\circ$ ) no eixo de manivelas. Os quatro cursos são os seguintes:

#### **Primeiro curso: admissão**

O pistão se desloca do PMS para o PMI. Neste curso ocorre a admissão no cilindro de somente ar (Figura 7). Durante a admissão a válvula de admissão está aberta e a válvula de descarga está fechada. O volume admitido é o volume de admissão ou cilindrada parcial do motor. Nos motores diesel o volume de ar aspirado é sempre o mesmo. A variação da potência é obtida pela variação do volume de combustível injetado de acordo com a posição do acelerador.

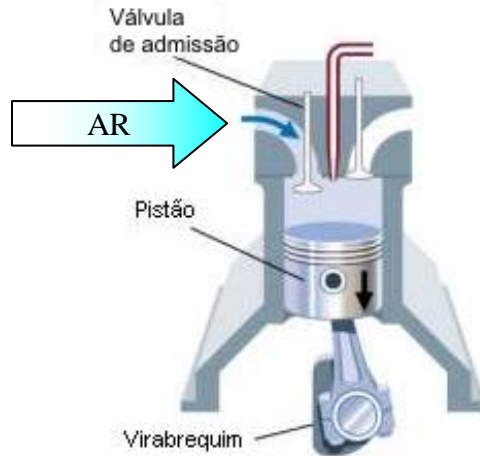


Figura 7. Admissão de ar durante o primeiro curso nos motores diesel de quatro tempos.

**Segundo curso: compressão**

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Neste curso ocorre a compressão do ar. As válvulas de admissão e descarga estão fechadas. A compressão do ar na câmara de combustão produz elevação da temperatura. No fim da compressão para a relação volumétrica de 18:1, a pressão é de 40-45  $\text{kgf.cm}^{-2}$  e a temperatura é de aproximadamente 800 °C. No final da compressão, o combustível é dosado e injetado na câmara de combustão. A medida exata do combustível e o momento da injeção são fatores muito importantes para o bom funcionamento dos motores diesel. A injeção do combustível na câmara de combustão é feita pelo bico injetor (Figura 8). Imediatamente após a injeção, o combustível se inflama devido ao contato com o ar aquecido, iniciando-se a combustão.

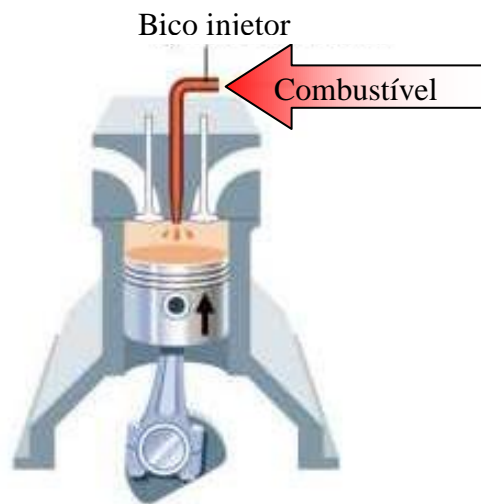


Figura 8. Injeção de combustível na massa de ar quente nos motores diesel de quatro tempos.

### ***Terceiro curso: expansão***

O pistão se desloca do PMS para o PMI. Neste curso ocorre a expansão do ar. As válvulas de admissão e descarga estão fechadas. A medida que o combustível é injetado, vai se inflamando, aumentando a temperatura dos gases que tendem a se dilatar cada vez mais. Durante a expansão o pistão é acionado pela força de expansão dos gases transformando a energia térmica em mecânica (Figura 9). A força vinda da expansão dos gases é transmitida para o virabrequim através da biela, promovendo assim o movimento de rotação do motor. A expansão é o único curso que transforma energia. Parte da energia transformada é armazenada no virabrequim e no volante do motor que será consumida durante os outros três cursos

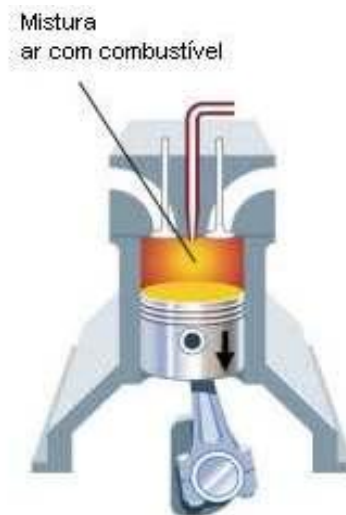


Figura 9. Deslocamento do pistão pela força de expansão dos gases transformando a energia térmica em mecânica.

### ***Quarto curso: descarga***

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Neste curso ocorre a descarga dos resíduos da combustão. A válvula de admissão está fechada e a de descarga está aberta. O movimento ascendente do pistão expulsa do cilindro os resíduos da combustão através da válvula de descarga (Figura 10)..



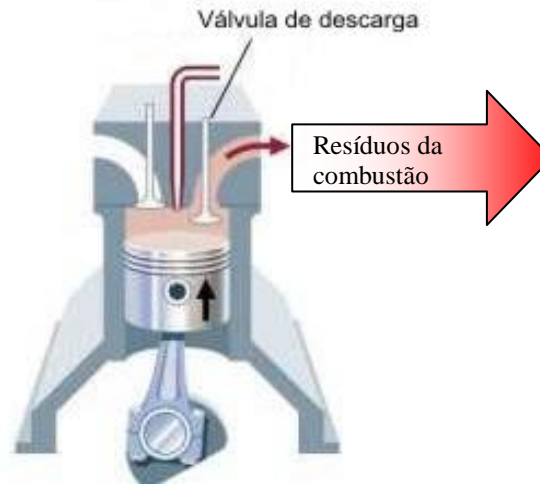


Figura 10. Resíduos da combustão são eliminados através da válvula de descarga.

### **BIBLIOGRAFIA**

BARGER, E.L.; LILGEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; McKIBBEN, E.G. Tratores e seus Motores. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, Brasil, 1966.