

## **CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **UNIDADES**

### **DEFINIÇÕES**

#### **INTRODUÇÃO**

Os motores de combustão podem ser classificados como do tipo de COMBUSTÃO EXTERNA, no qual o fluido de trabalho está completamente separado da mistura ar/combustível, sendo o calor dos produtos da combustão transferido através das paredes de um reservatório ou caldeira, e do tipo de COMBUSTÃO INTERNA, no qual o fluido de trabalho consiste nos produtos da combustão da mistura de ar/combustível propriamente.

Uma vantagem fundamental do motor alternativo de combustão interna, sobre as instalações de potência de outros tipos, consiste na ausência de trocadores de calor no circuito do fluido de trabalho, tal como a caldeira e condensador de uma instalação a vapor. A ausência dessas peças não apenas conduz à simplificação mecânica mas, também, elimina a perda inerente ao processo de transmissão de calor através de um trocador de área finita.

O motor alternativo de combustão interna possui outra vantagem fundamental importante sobre a instalação a vapor ou turbina a gás, a saber: todas as peças podem trabalhar a temperaturas bem abaixo da máxima temperatura cíclica. Este detalhe possibilita o uso de temperaturas cíclicas bastante altas e torna possível alta eficiência.

#### **VANTAGENS PARA O MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA ALTERNATIVO SOBRE INSTALAÇÕES DE TURBINAS DE VAPOR:**

1. Maior eficiência máxima;
2. Menor razão de peso e volume da instalação para a potência máxima (exceto, possivelmente, no caso de unidades maiores do que 7353 kW ou 10.000 c.v.);
3. Maior simplicidade mecânica;
4. O sistema de refrigeração de um motor de combustão interna transfere uma quantidade de calor muito menor do que o condensador de uma instalação a vapor de igual potência e, normalmente, é operada com temperaturas mais elevadas na superfície. O menor tamanho do trocador de calor é uma vantagem nos veículos de transporte e em outras aplicações, nas quais o resfriamento deve ser feito por meio de ar atmosférico.

#### **VANTAGENS PRÁTICAS DA INSTALAÇÃO A VAPOR SOBRE O MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTÃO INTERNA:**

1. A instalação a vapor pode usar maior variedade de combustíveis, incluindo os sólidos;
2. Menos suscetíveis a vibrar;
3. A turbina a vapor é prática nas unidades de grande potência (de 147000 kW ou mais) em um único eixo.

## UNIDADES FUNDAMENTAIS

A escolha das chamadas unidades fundamentais não passa de uma conveniência. Em vários campos da ciência pura, elas são em número de três: comprimento (L), tempo (t), e uma das duas, força (F) ou massa (M). Nas leis de Newton, Joule, etc., todas as demais quantidades podem ser definidas em termos de umas das três unidades acima.

DESIGNAÇÃO	UNIDADES	SÍMBOLOS	VALORES	UN. ANTIGAS
MASSA	quilograma grama tonelada	kg g t	1 kg 0.001 kg 1000 kg	idem
VOLUME	metro cúbico litro	m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> 0.001 m <sup>3</sup>	idem
TEMPO	segundo minuto hora dia	s min h d	1 s 60 s 3600 s 86400 s	idem
VELOCIDADE	metros por segundo quilômetros por hora	m/s km/h	1 m/s 1/3.6 m/s	idem $\frac{\text{km/h}}{3.6} = \text{m/s}$
FORÇA	newton	N	1 kg.1 m/s <sup>2</sup>	1 kgf = 10 N
TRABALHO	joule watt-hora	J Wh	1 N.1m 3600 J	1 kgm = 10 J
POTÊNCIA	watt quillowatt	W kW	1 J/s 1000 W	1 kgm/s = 10W
PRESSÃO	pascal bar hectobar	Pa bar	1 N/m <sup>2</sup> 100000 Pa 100 bar	1 kg/cm <sup>2</sup> = 1 bar 1 bar = 10 N/cm <sup>2</sup> 1 bar = 1 atm.
CALOR	joule caloria termia	J cal th	1 J 4.185 J 4185000 J	idem idem 1 kcal = 4185 J
TEMPERATURA	grau Kelvin	K	K ou zero absoluto	0° C = 273 K

## DEFINIÇÕES 1

### TIPOS BÁSICOS DE MOTORES ALTERNATIVOS:

**MOTORES DE IGNIÇÃO POR CENTELHA:** Um motor no qual a ignição é ordinariamente provocada por centelha elétrica (motores de ciclo Otto).

**MOTORES DE IGNIÇÃO POR COMPRESSÃO:** Um motor no qual a ignição tem lugar ordinariamente sem a necessidade de uma centelha elétrica ou superfície aquecida. A combustão se dá por compressão (motores de ciclo Diesel).

**MOTORES CARBURADOS:** Um motor no qual o combustível é combinado com o ar antes de fechar a válvula de admissão. Os motores com injeção de combustível nas janelas de admissão são motores carburados.

**MOTORES COM CARBURAÇÃO:** Um motor com carburação no qual o combustível é combinado com o ar por meio de um carburador.

**MOTORES COM INJEÇÃO:** Um motor no qual o combustível é injetado no cilindro após fechada a válvula de admissão.

**TURBINAS A GÁS:** Turbina do tipo de combustão interna, isto é, uma em que os produtos da combustão passam através dos expansores e palhetas da turbina.

## DEFINIÇÕES 2

**PONTO MORTO SUPERIOR:** (PMS) Posição extrema do pistão na parte superior do cilindro.

**PONTO MORTO INFERIOR:** (PMI) Posição extrema do pistão na parte inferior do cilindro.

**CURSO DO ÊMBOLO:** (c) É a distância entre o PMS e o PMI.

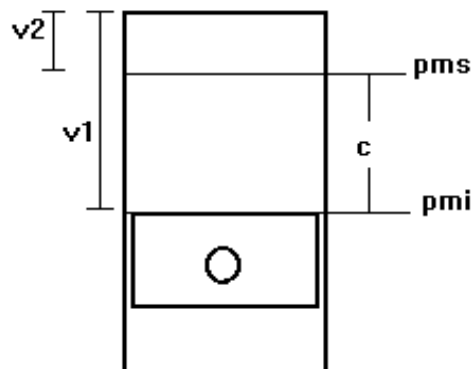
**TEMPO MOTOR:** É o deslocamento do êmbolo do PMS ao PMI decorrente da explosão e expansão dos gases na combustão.

**TAXA DE COMPRESSÃO:** É a relação volumétrica no cilindro antes e depois da compressão.

$$\Gamma = V1/V2$$

**CILINDRADA:** Um motor é caracterizado pelas cotas internas de seus cilindros e pelo curso dos pistões, isto é, pelo volume entre o PMS e o PMI. A cilindrada total de um motor é obtida pelo produto da cilindrada unitária pelo número de cilindros do motor. É medido em centímetros cúbicos.

$$\text{cilindrada} = \frac{\pi d^2 c}{4}$$



## CICLO OPERATIVO

É a sucessão de operações termodinâmicas que o fluido executa no interior do motor e repete com periodicidade.

## CICLO OPERATIVO OTTO 4 TEMPOS

O ciclo principia no PMS do pistão; compreende quatro cursos sucessivos necessitando de duas rotações do virabrequim. A entrada e saída dos gases são comandadas pelas válvulas.

**1º TEMPO. ADMISSÃO.** Acionado pela biela e pelo virabrequim, o pistão afasta-se do cabeçote e cria uma depressão provocando a aspiração de uma certa quantidade de mistura A/C. Esta mistura A/C penetra no cilindro graças à válvula de admissão que durante todo o curso do pistão se mantém aberta.

**2º TEMPO. COMPRESSÃO.** Partindo do PMI o pistão sobe até o PMS. Ao iniciar este movimento, a válvula de admissão se fecha e os gases no cilindro sofrem então uma forte compressão.

No final do 2º TEMPO, o virabrequim efetuou uma rotação completa; o pistão encontra-se novamente no PMS. As válvulas são hermeticamente fechadas e os gases ficam comprimidos num determinado espaço a que se chama câmara de compressão ou câmara de explosão.

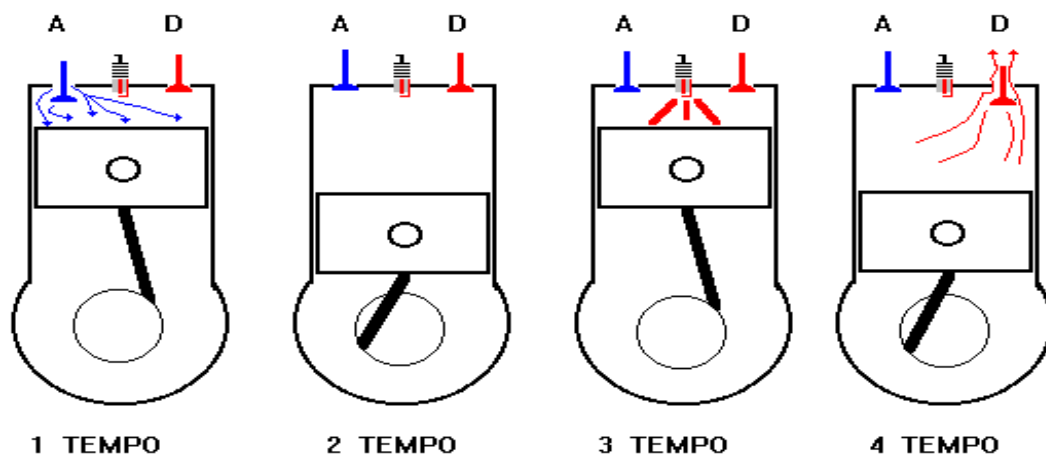
**3º TEMPO. EXPLOSÃO.** A inflamação da mistura A/C na câmara de compressão efetua-se no final do 2º TEMPO, alguns instantes antes do pistão ter atingido o PMS. A inflamação de toda a massa de gás provoca uma considerável elevação da temperatura, o que vai dar origem a um grande aumento de pressão. Esta pressão comprime violentamente o pistão do PMS ao PMI, transmitindo deste modo ao virabrequim uma força motriz favorável à rotação. É o tempo motor.

**4º TEMPO. DESCARGA.** A poucos instantes antes do pistão atingir o PMI no final do 3º TEMPO, a válvula de descarga começa a abrir-se e os gases queimados podem escapar para o exterior do motor. A expulsão completa realiza-se durante todo o espaço de tempo em que o pistão faz o seu retorno ao PMS. Neste momento a válvula de descarga fecha-se, e a de admissão abre-se e logo em seguida começa um novo ciclo.

O ciclo 4 tempos tem as seguintes particularidades;

Exige duas rotações do virabrequim (720°) e só fornece uma força motriz ao 3º TEMPO, pelo que há necessidade de acionar o motor por meio de uma força exterior.

O 1º, 2º, e 3º TEMPOS absorvem energia mecânica, o que obriga o emprego de um volante ligado ao virabrequim.



## CICLO OPERATIVO A 2 TEMPOS

O ciclo a 2 tempos principia no PMI. Necessita de uma rotação do virabrequim e permite obter uma explosão cada vez que o pistão atinge o PMS. Os gases são previamente comprimidos, quer no cárter do motor, quer pelo pistão especial ou pelo compressor. A entrada e a saída dos gases efetuam-se por canais que desembocam nas paredes do cilindro e são abertos pelo pistão no seu PMI. Alguns tipos de motores são munidos de válvulas de escape comandadas por cames.

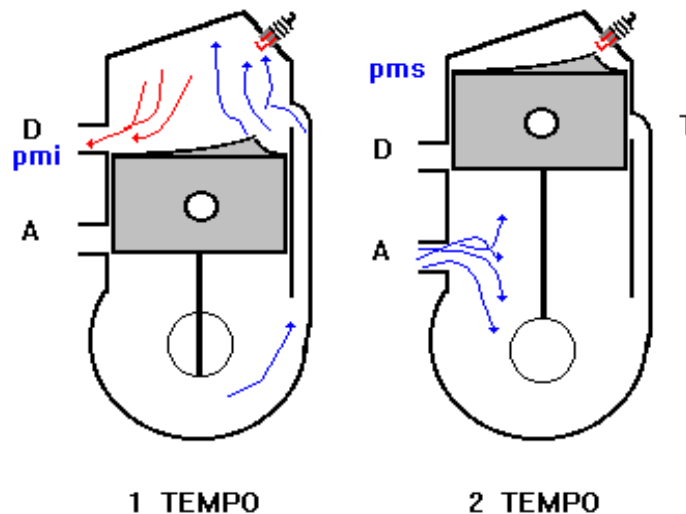
**1º TEMPO.** Quando o pistão está no PMI, os canais são abertos e os gases queimados escapam do cilindro enquanto os novos gases entram no cilindro sob pressão pelo canal de transvasamento. Estes novos gases são dirigidos ao cabeçote a fim de evitar que se misturem com os gases queimados e que saiam prematuramente.

Quando o pistão se desloca do PMI ao PMS, fecha primeiro o canal de transvasamento, depois o canal de descarga comprime a nova carga de gás.

**2º TEMPO.** No final da compressão, os gases são inflamados e a alta pressão obtida comprime o pistão para o ponto morto oposto; é o tempo motor. Instantes antes de atingir o PMI, o pistão abre primeiramente o canal de descarga e em seguida o de transvasamento. Os gases queimados escapam do cilindro enquanto que uma nova carga de mistura penetra nele. Começa um novo ciclo.

O ciclo 2 tempos tem as seguintes particularidades;

Este ciclo efetua-se sobre uma rotação do virabrequim (360°) e fornece uma força motriz ao 2º TEMPO. Portanto, o motor deve ser acionado por meio de uma força exterior.



## CICLO OPERATIVO DIESEL 4 TEMPOS

O ciclo operativo DIESEL 4 tempos inicia com o pistão no PMS e descreve as seguintes etapas:

**1º TEMPO. ADMISSÃO.** O ciclo DIESEL caracteriza-se por admitir no 1º TEMPO unicamente AR.

**2º TEMPO. COMPRESSÃO.** O pistão que encontra-se agora no PMI, desloca-se para o PMS comprimindo a massa de ar, fazendo com que este atinja elevada pressão e temperatura. Instantes antes do pistão atingir o PMS é injetado o combustível. As válvulas encontram-se hermeticamente fechadas.

**3º TEMPO. EXPLOSÃO.** O combustível inflama em contato com o ar fortemente aquecido. Neste instante o pistão, que se encontra no PMS, é impulsionado em direção ao PMI. É o tempo motor.

**4º TEMPO. DESCARGA.** O pistão encontra-se no PMI, a válvula de descarga aberta permite o escape dos gases queimados.

OBS.: O combustível é injetado no cilindro através de uma bomba injetora, calibrada com uma pressão superior a encontrada no interior da câmara de compressão.

### **OUTRAS CLASSIFICAÇÕES:**

Pode-se classificar os motores de combustão interna segundo os vários sistemas que os compõem, por exemplo:

- **ADMISSÃO DE COMBUSTÍVEL**
  - .. Motores com carburação (Otto)
  - .. Motores com injeção (Diesel, Otto)
  
- **REFRIGERAÇÃO**
  - .. Ar (natural ou forçada)
  - .. Água (termo-sifão, forçada)
  
- **IGNIÇÃO**
  - .. Magneto
  - .. Bateria
  
- **DISPOSIÇÃO DOS CILINDROS**
  - .. em linha
  - .. em V
  - .. radiais
  - .. horizontais (opostos, contrapostos)
  - .. em H
  
- **DISPOSIÇÃO DAS VÁLVULAS**
  - .. em I, L, T, F
  
- **DISPOSIÇÃO DO COMANDO DE VÁLVULAS**
  - .. no bloco
  - .. no cabeçote (OHC, DOHC)

## COMPARAÇÃO ENTRE MOTOR OTTO E MOTOR DIESEL

	<b>MOTOR OTTO</b>	<b>MOTOR DIESEL</b>
ADMISSÃO DE COMBUSTÍVEL	CARBURAÇÃO INJEÇÃO	INJEÇÃO
ALTERAÇÃO DA ROTAÇÃO	MISTURA A/C	COMBUSTÍVEL
IGNIÇÃO	FONTE EXTERNA	AUTO IGNIÇÃO
TAXA DE COMPRESSÃO	6 a 9 gasolina 9 a 14 álcool	14 a 22
DESPERDÍCIO DE COMBUSTÍVEL	HÁ DESPERDÍCIO (lavagem de anéis)	NÃO HÁ
TIPO DE COMBUSTÍVEL	LEVES	PESADOS

## MOTORES ROTATIVO DE DESLOCAMENTO - MOTOR WANKEL

São motores nos quais um membro rotativo é disposto de forma a variar o volume de trabalho de maneira análoga ao de um compressor do tipo palheta, ou por meio de alguma espécie de movimento excêntrico de um rotor em um espaço cilíndrico (usualmente não circular).

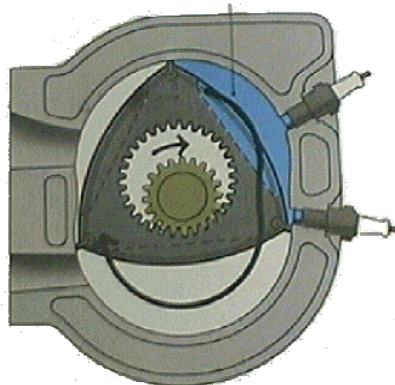
O problema mais difícil em tais motores é a selagem da câmara de combustão contra vazamento sem excessivo atrito e desgaste. Esse problema é bem mais difícil do que o de anéis de segmento convencionais, devido às seguintes razões:

1. "contato de linha" em lugar de contato de superfície;
2. as superfícies a selar são descontínuas, com arestas vivas;
3. a velocidade do selo é elevada durante parte do ciclo de alta pressão, em contraste com anéis de segmento, cuja velocidade é próxima de zero na máxima pressão do cilindro.

O motor WANKEL é um motor deste tipo. Ele ainda se encontra sob intenso desenvolvimento. Embora se diga que o problema de selagem esteja resolvido, não parece razoável aceitar que a solução seja tão satisfatória quanto a do moderno anel de segmento.

Em geral, o objetivo dos projetos de motores rotativos de deslocamento foi de evitar vibração, redução de tamanho, peso e redução de custo em comparação com os tipos convencionais.

A única vantagem básica desse tipo de motor está no fato de ser alta a relação volume de deslocamento para volume total do motor, obtendo-se assim, maiores potências.



## TURBINAS A GÁS

O conceito de turbina a gás é antigo, mas ele não se concretizou como fonte prática de potência até após a II. Guerra Mundial. Seu desenvolvimento comercial foi estimulado pela introdução bem sucedida dos motores turbojatos em aviões ingleses e alemães, próximo ao final da guerra.

Na maior parte das realizações atuais, o conjunto é formado por várias câmaras de combustão (de 2 a 6), possuindo cada uma delas de seu injetor. Esta disposição assegura uma melhor utilização do combustível e permite maior flexibilidade de funcionamento.

