



## 1. Motores a Pistão:

Aviões de pequeno porte

Semelhante aos motores automotivos

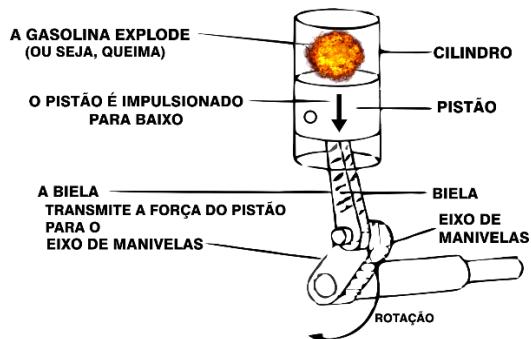
Diferenças necessárias ao uso meio aeronáutico

## 2. Princípio de Funcionamento:

Aproveita a energia da queima dos gases do combustível no interior de um cilindro. Os gases resultantes da combustão impulsionam um pistão em um movimento linear.

O pistão recebe a energia cinética da expansão dos gases queimados e por sua vez está ligado na Biela, peça que irá transformar o movimento em rotação por estar conectada com eixo de manivelas.

O motor funciona através de sucessão de impulsos sobre o pistão.



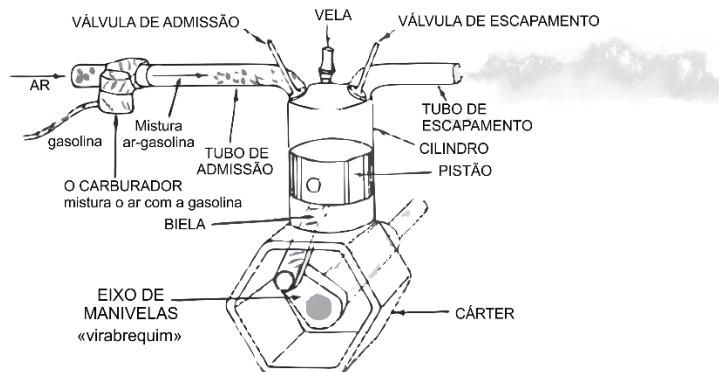
## 3. Os motores a pistão podem ser classificados em dois grupos:

Motores a Quatro Tempos

Motores a Dois Tempos.

## O MOTOR A QUARTO TEMPOS

### 1. As principais partes que compõem os motores a quatro tempos são:



## 2. Pontos Mortos e Curso:

O pistão se movimenta no interior do cilindro, ao se movimentar o pistão encontra duas extremidades conhecidas como, na extremidade superior Ponto Morto Alto (PMA) e na extremidade inferior Ponto Morto Baixo (PMB).

A distância entre estes dois pontos mortos é conhecida como Curso.

Desenhe a compreensão de ponto morto alto (PMA), ponto morto baixo (PMB) e Curso conforme explicado em aula.

## 3. O Funcionamento do Motor a Quatro Tempos

Esse tipo de motor não inicia o seu movimento sozinho; é preciso girá-lo algumas vezes até que ocorra a primeira combustão, para isso deve haver um cecanismo de partida ou a partida manual deve ser realizada.

O seu funcionamento está fundamentado na repetição de CICLOS

**1 CICLO = 4 ETAPAS ou 4 TEMPOS  
= 6 FASES**

### Primeiro Tempo: ADMISSÃO

O primeiro tempo chama-se ADMISSÃO.

Neste momento o pistão está se deslocando do PMA (ponto morto alto) para o PMB (ponto morto baixo) portanto esta numa trajetória descendente e a válvula de admissão está aberta.

Neste tempo ocorre a **PRIMEIRA FASE**, que chama-se também ADMISSÃO, porque o pistão aspira a mistura de ar e gasolina para dentro do cilindro.

O mecanismo que abre e fecha as válvulas é conhecido como Sistema de Comando de Válvulas e será estudado posteriormente.



## Segundo Tempo: COMPRESSÃO

O segundo tempo chama-se COMPRESSÃO.

Neste momento o pistão esta se deslocando do PMB (ponto morto baixo) para o PMA( ponto morto alto) portanto esta numa trajetória ascendente e as duas válvulas estão fechadas.

Neste tempo ocorre a **SEGUNDA FASE**, que se chama também COMPRESSÃO, porque o pistão esta comprimindo a mistura ar combustível que fico presa no interior do cilindro. Aparentemente parece ser um desperdício de trabalho , porém se a mesma a combustão produziria pouca potência mecânica e a energia do combustível seria perdida em forma de calor.

## Terceiro Tempo: TEMPO MOTOR

No terceiro tempo ocorre a **TERCEIRA FASE** denominada como **IGNIÇÃO**, ocorre quando a vela produz a faísca, dando então inicio a **QUARTA FASE** denominada **COMBUSTÃO** .

No terceiro tempo ( TEMPO MOTOR) o pistão esta se deslocando do PMA (ponto morto alto)para o PMB ( ponto morto baixo) portanto numa trajetória descendente , essa descida foi provocada pela forte pressão do gases queimados que se expandem ( Transforma a energia calorifica do gases em energia cinética = expansão) na cabeça do pistão, esta é a **QUINTA FASE** denominada **EXPANSÃO**.

A partir deste momento o motor já pode funcionar sozinho porque o impulso dado à hélice é suficiente para mantê-lo girando até a próxima combustão. Este é o único tempo produtor de energia mecânica, os outros três tempos são denominados tempos preparatórios ou de inércia.

## Quarto Tempo: ESCAPAMENTO

O quarto tempo chama-se ESCAPAMENTO, ESCAPE ou EXAUSTÃO.

Neste momento o pistão está se deslocando do PMB (ponto morto baixo) para o PMA (ponto morto alto) portanto numa trajetória ascendente e com a válvula de escapamento aberta .

Neste tempo ocorre a **SEXTA FASE** que chama-se também ESCAPAMENTO, porque os gases resultantes da queima são expulsos do cilindro pelo pistão.

Quando o pistão chega no PMA a válvula de escapamento fecha-se , encerrando o primeiro **CICLO** , então tudo se repete na mesma sequência.

**Após este estudo podemos dizer que o TEMPO é o conjunto de fases que ocorrem quando o pistão percorre um curso.**

Em homenagem ao seu idealizador este ciclo de quatro tempos é denominado **CICLO DE OTTO** (ou ciclo de Otto-Beau de Rochas).

O Ciclo de Otto é completado em quatro tempos ( seis fases) ou duas voltas do eixo de manivelas (giro de **720º**), sendo que o pistão recebe apenas um impulso motor.

O motor permanece girando devido a inercia das peças girantes, principalmente a hélice.

Geralmente, os motores possuem quatro ou mais cilindros, e as combustões ocorrem em instantes diferentes em cada cilindro de modo a se auxiliarem mutuamente.

Na prática as seis fases não correspondem exatamente aos quatro tempos do ciclo teórico, pois o ciclo teórico sofre modificações que levam em consideração os seguintes fatos:

### A REALIDADE...

- Combustão real não é instantânea;
- Válvulas não se abrem e nem se fecham instantaneamente;
- Válvulas e tubulações oferecem resistência à passagem dos gases/mistura;
- A mistura e os gases queimados possuem inércia, havendo portanto um retardo no início e do término do fluxo dos mesmos.

### MODIFICAÇÕES...

- Devido as diferenças teórico x real, foram previstos ajustes determinados experimentalmente pelo fabricante do motor, com o objetivo de se obter a máxima eficiência durante o funcionamento do motor.

### MODIFICAÇÕES SÃO FEITAS PARAGARANTIR QUE ENTRE O MÁXIMO DE MISTURA E SAIA O MÁXIMO DOS GASES QUEIMADOS:

- Avanço na abertura da válvula de admissão.
- Atraso no fechamento da válvula de admissão.
- Avanço de ignição
- Avanço na abertura da válvula de escapamento.
- Atraso no fechamento da válvula de escapamento.



# AULA 07 – MOTORES A PISTÃO



- São feitas baseadas nas condições de **voo em cruzeiro**, já que essa constituía a fase mais longa do voo, sendo as outras fases (marcha lenta, decolagem, aproximação...) transitórias, e por esse fato, admite-se uma eficiência não “tão ideal” nesses casos.

## MODIFICAÇÕES DA ADMISSÃO...

### • OBJETIVO:

Aumentar a carga de combustível admitida no cilindro.

Compensar os efeitos de resistência que a mistura sofre ao longo das tubulações.

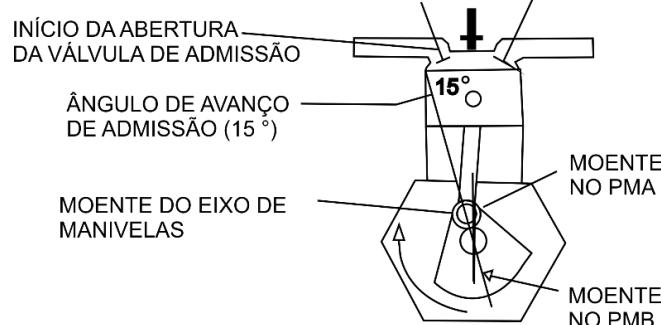
Compensar os efeitos de inércia

### Anvôno na abertura da válvula de admissão (AvAA)

Este avanço é a antecipação do início da abertura da válvula de admissão, para que esteja totalmente aberta quando o pistão atingir o PMA.

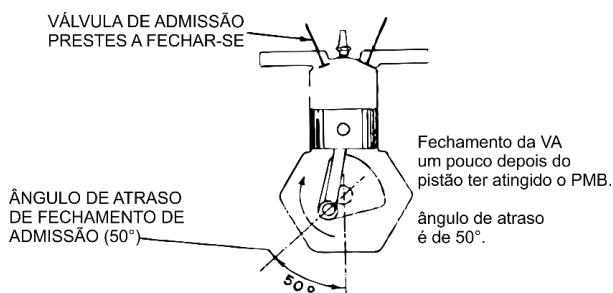
### **ESTE AVANÇO É MEDIDO EM GRAUS EM RELAÇÃO AO MOENTE DO EIXO DE MANIVELAS.**

No exemplo, o avanço é de 15. (estas modificações iram variar de motor para motor).



### Atraso no Fechamento da Válvula de Admissão (AtFA)

Este atraso no fechamento da válvula de admissão, acontece um pouco depois do pistão atingir o PMB, é muito vantajoso, porque permite com que a mistura continue sendo admitida, ou seja, permite com que a mistura que estava parada devido a inércia no tubo admissão seja admitida.



## OBSERVAÇÕES

- REAL → A fase de admissão terá inicio no final do escapamento do ciclo anterior e acabará no terceiro tempo de compressão do ciclo atual (quando a válvula de admissão se fecha)

- REAL → O tempo de admissão não se altera, pois está vinculado ao curso do pistão.

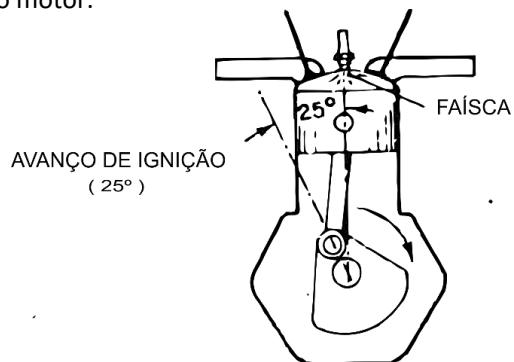
- Tempo e Fase são diferentes, embora as vezes possam estar juntas (caso teórico).

## MODIFICAÇÕES NO TEMPO DE IGNIÇÃO

Deve ocorrer antes do ponto morto alto, porque a mistura leve um certo tempo para queimar.

Combustão real → Inicia-se no segundo tempo (compressão) e termina no terceiro tempo (tempo motor).

Velocidade da combustão é constante, o avanço da ignição deve ser tanto maior quanto maior a rotação do motor.

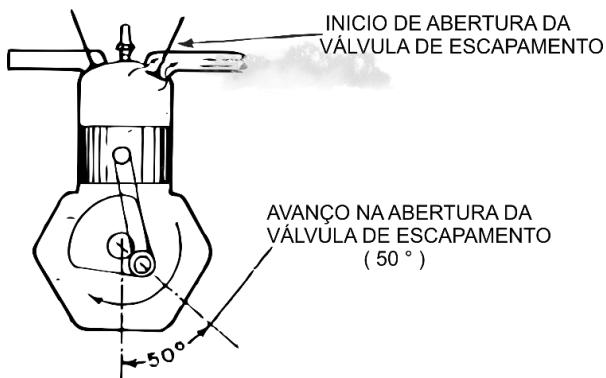


## MODIFICAÇÕES NO TEMPO DE ESCAPAMENTO...

- Finalidade principal de eliminar os gases queimados de maneira mais completa possível.
- Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente para não contaminar a próxima mistura de ar-combustível.
- Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente porque gás queimado ocupa espaço e não produz energia.

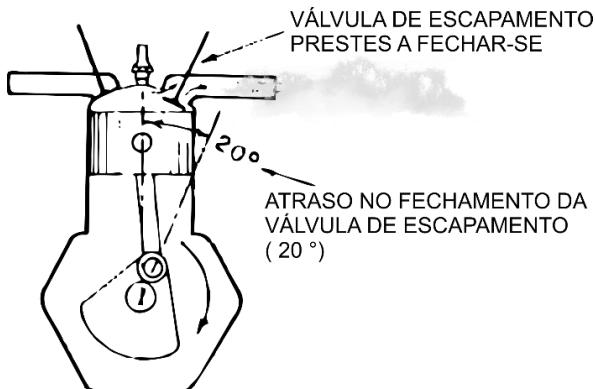
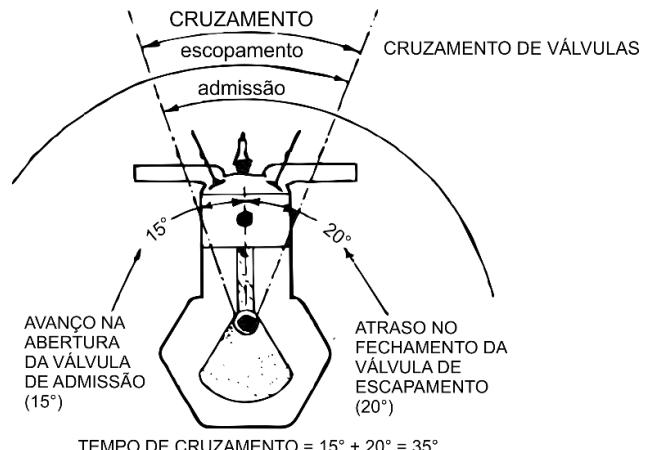
### Anvôno na Abertura da Válvula de Escapamento (AvAE)

Este avanço da abertura da válvula de escapamento antes do pistão atingir o PMB, para que os gases começem logo a escapar e não exerçam muita oposição quando o pistão iniciar o curso ascendente logo a seguir.



### Atraso no Fechamento da Válvula de Escapamento (AtFE)

Este atraso do fechamento da válvula de escapamento é feito para que no final do escapamento, os gases queimados continuam a sair mesmo quando o pistão atingir o PMA, devido a inércia. O atraso no fechamento da válvula tem a finalidade de aproveitar esse fato, para melhorar a expulsão dos gases resultante da queima.



### CRUZAMENTO DE VÁLVULAS

- Nome dado a situação que ocorre no início da admissão.
- Duas válvulas ficam simultaneamente abertas
- Ciclo teórico isto não ocorreria
- Devido ao atraso e adiantamento das válvulas no real ocorre o cruzamento de válvulas.
- AVANÇO NA ABERTURA DA VÁLVULA DE ADMISSÃO E ATRASO NO FECHAMENTO DA VÁLVULA DE ESCAPAMENTO.

### MODIFICAÇÕES NO TEMPO DE ESCAPAMENTO...

- Finalidade principal de eliminar os gases queimados de maneira mais completa possível.
- Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente para não contaminar a próxima mistura de ar – combustível.
- Limpeza/eliminação dos gases seja mais eficiente porque gás queimado ocupa espaço e não produz energia.

### Avanço na Abertura da Válvula de Escapamento (AvAE)

Este avanço da abertura da válvula de escapamento antes do pistão atingir o PMB, para que os gases comecem logo a escapar e não exerçam muita oposição quando o pistão iniciar o curso ascendente logo a seguir.

O cruzamento de válvulas é consequência das modificações (ciclo teórico x ciclo real), por isso favorece o funcionamento do motor na fase de cruzeiro, embora possa prejudicá-lo em outras condições.

## O MOTOR A DOIS TEMPOS

Recebe este nome porque o seu ciclo é constituído por apenas dois tempos.

Mecanicamente é bastante simples e tem poucas peças moveis.

**O próprio pistão funciona como válvula deslizante,** abrindo e fechando as **janelas ou luzes**, por onde a mistura é admitida e os gases residuais da queima são expulsos, dessa forma não existem válvulas de admissão ou de escapamento.





## Primeiro Tempo

Admitindo que o motor já esteja em funcionamento, o pistão sobe, comprimindo a mistura no cilindro e produz uma rarefação no cartér (parte inferior). O pistão ao estar próximo do PMA dá-se a ignição e a combustão da mistura. Ao mesmo tempo, dá-se a admissão da mistura nova no cartér, devido a rarefação que se formou durante a subida do pistão.

Desenhe a compreensão segundo a explicação do primeiro tempo:

## **IMPORTANTE**

**Durante o ciclo dois tempos ocorrem também as seis fases, sendo:**

No primeiro tempo → (admissão, compressão, ignição e combustão)

No segundo tempo → (expansão e escapamento).

## **VANTAGENS DO MOTOR A DOIS TEMPOS :**

-Mais simples

-Mais leve

-Mais potente, porque produz um tempo motor em cada volta do eixo manivelas.

-Custo menor, sendo por este motivo um motor muito utilizado em aviões “ultraleves” e autogiros.

Contudo, não é usado nos aviões em geral devido às seguintes desvantagens.

## **DESVANTAGENS DO MOTOR A DOIS TEMPOS:**

-Pouco econômico, porque uma parte da mistura admitida no cilindro foge juntamente com os gases queimados.

-Após o escapamento, uma parte dos gases queimados permanecem no cilindro e acaba contaminando a nova mistura.

-Se aquece mais, devido a combustão que acontecem com maior frequência.

-A lubrificação é imperfeita, porque é necessário diluir o óleo lubrificante no combustível.

-O motor é menos flexível, sua eficiência diminui mais acentuadamente quando variam as condições de rotação, altitude, temperatura e etc.

## Segundo Tempo

Neste tempo, os gases da combustão se expandem, então o pistão desce, comprimindo a mistura no cárter. Quando o pistão está próximo ao PMB, o próprio pistão abre a janela de escapamento, permitindo a saída dos gases resultantes da queima. A seguir abre-se a janela de transferência, e a mistura comprimida no cárter invade o cilindro, expulsando os gases queimados.

Desenhe a compreensão segundo a explicação do segundo tempo:

