

Piloto Privado

Conhecimentos Técnicos Aeronáuticos

Instrutor

Adriano R. Alves



AERONAVES

Conceituação: Todo veículo capaz de se sustentar e navegar no ar.

Classificação: CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES

Aeróstatos
Aeródinos

AERÓSTATOS

São aeronaves baseadas no Princípio de Arquimedes Vulgarmente conhecidos como “veículos mais leves que o ar”

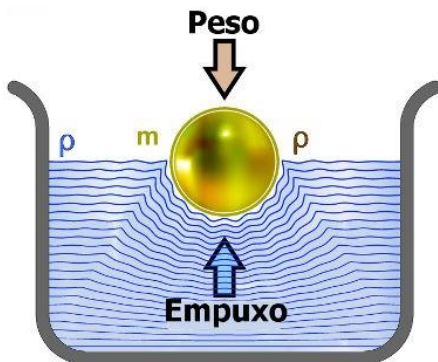
Princípio de Arquimedes

“todo corpo mergulhado em um fluido recebe um empuxo (força) para cima igual ao peso do fluido deslocado”

Parece ser estranha tal sensação, mas já percebeu que enquanto retiramos algo de dentro de um vasilhame cheio de água ou até mesmo quando estamos brincando dentro de uma piscina, temos a incrível sensação de que o que está mergulhado na água está mais leve? Por que tal fato ocorre? Será mágica?

Tal fato ocorre devido à ação de uma força vertical dirigida para cima. Essa força é denominada de **empuxo**.

Quando um objeto é mergulhado em um fluido está sujeito a duas coisas: o seu próprio peso e o empuxo



PESO DO OBJ. > DENSIDADE DO FLUIDO = Afunda
PESO DO OBJ = EMPUXO = SUBMERSO (ficar parado na posição que foi abandonado)
PESO OBJ < EMPUXO = FLUTUA (sobe e pode boiar na superfície)

TUDO ISSO ACONTECE NA HIDRODINÂMICA, COMO A AERODINÂMICA SURTIU APARTIR DA HIDRODINÂMICA VAMOS ENTENDER ISTO NA AERODINÂMICA

Conceito Importante para essa compreensão

$$D = m / v$$

D – densidade

M = massa

V = volume

Sabe-se que com o aumento da temperatura, o volume aumenta e a densidade por sua vez diminui, assim como outras modificações que ocorrem quando altera-se a pressão e a temperatura do gás. (ver aula 2 de teoria de voo)

Para aplicar isso nos aeróstatos, imagine que o ar de dentro do balão foi aquecido, isso automaticamente faz com que o o volume do balão aumente, tornando a densidade no interior do nosso balão menor do que a atmosfera.

DESIDADE DO OBJ < DESIDADE DO FLUIDO = VOA
(no caso dos Aeróstatos)

ASSIM O EMPUXO SE TORNA MAIOR QUE O PESO FAZENDO COM QUE O BALÃO VOE.

Por isso que os aeróstatos são conhecidos também como “veículos mais leves que o ar”

Balões e dirigíveis são Aeróstatos

Neste veículos o empuxo é controlado pelo piloto e pode ser igual , maior ou menor que o peso . A direção do voo é controlável somente no dirigível, o qual possui lemes para esse fim.

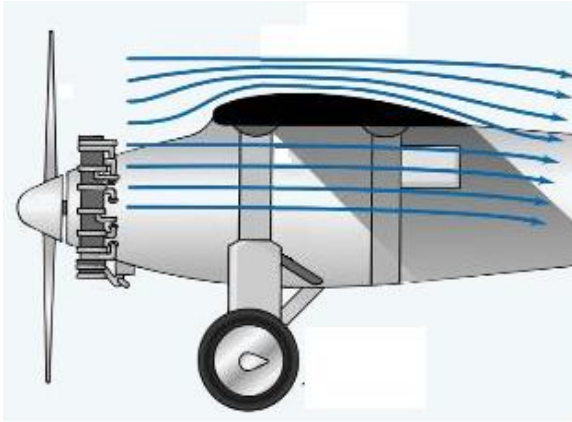
AERÓDINOS:

São aeronaves baseadas na Lei da **Ação e Reação** (3ª Lei de Newton)

Conhecidos como “veículos mais pesados que o ar”
Para toda ação (força) sobre um objeto, em resposta à interação com outro objeto, existirá uma reação (força) de mesmo valor e direção, mas com sentido oposto.

A partir desse enunciado, podemos entender que **as forças sempre atuam em pares. Nunca existirá ação sem reação.**

O avião e o planador são aeródinos de asa fixa .As asas desviam o ar para baixo criando uma reação aerodinâmica para cima, denominada sustentação.



** Esses conceitos serão abordados em mais detalhes nas aulas de teoria de voo em conjunto com a compreensão do Teorema de Bernoulli.

O helicóptero e o autogiro são aeródinos de asa rotativa. As pás do rotor giram criando sustentação da mesma forma como as asas do avião.

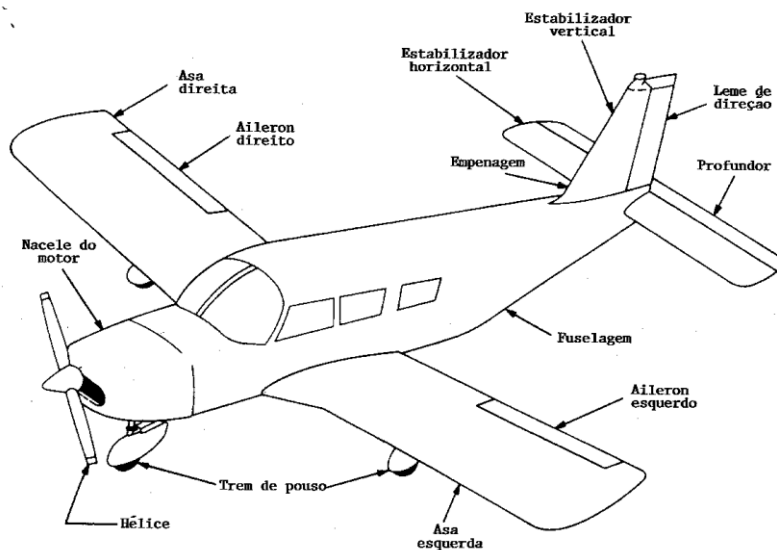
O avião e seus componentes:

Os componentes do avião podem ser divididos em três grandes grupos

Estrutura: é a carcaça ou corpo que dá forma ao avião, aloja os ocupantes e a carga, e fixa os demais componentes.

Grupo Moto-propulsor: Fornece a propulsão ou a força responsável pelo deslocamento do avião no ar

Sistemas: São conjuntos de diferentes partes destinadas a cumprir uma determinada função. Exemplos: sistema elétrico, sistema de combustível, sistema de ar condicionado, piloto automático e etc.





1. Principais Partes:

- Asas
- Fuselagem
- Empenagem
- Superfícies de controle

2. Esforços Estruturais:

O avião está sujeito a vários esforços a todos instantes, esteja em solo ou em voo e a sua estrutura precisa ser robusta e ao mesmo tempo flexível para resistir tais esforços; os principais são:

Tração
Compressão
Torção
Cisalhamento
Flexão

É importante compreender os tipos de esforços e as suas principais características.

TRAÇÃO:

- Sempre relacionada com fios, cabos, cordas que sejam sustentadas a uma determinada altura.
- Tração é sempre perpendicular a superfície.
- Provoca o alongamento e o afinamento da superfície sustentadora.
- “Ato de puxar”

COMPRESSÃO:

- Força com sentido dirigido para o interior do objeto
- Resulta redução do volume
- Provoca deformação gradativa do material
- “Ato de empurrar/ apertar”

FLEXÃO:

Quando parte do objeto ou elemento sofre uma compressão ao mesmo tempo que uma tração.

*** Flexibilidade:

Capacidade de combinar tração e compressão, ou seja, flexão, sem provocar danos.

CISALHAMENTO:

- Força aplicada em sentidos opostos, mas em direções semelhantes no material analisado.
- Efeito é como se as forças tentassem separar/partir o objeto.
- Grande potencial para provocar rachaduras.

TORÇÃO:

- Peça sofre torque e existe uma força resistente atuando cria-se o efeito da torção.

→ Efeitos na peça aparecem como deslocamento angular entre as seções da peça

ESFORÇOS EM SOLO X ESFORÇOS EM VOO

Principal esforço que a estrutura do avião sofre é a flexão nas asas da aeronave e elas precisam ter um determinado grau de flexibilidade para que possam de fato suportar esses efeitos.

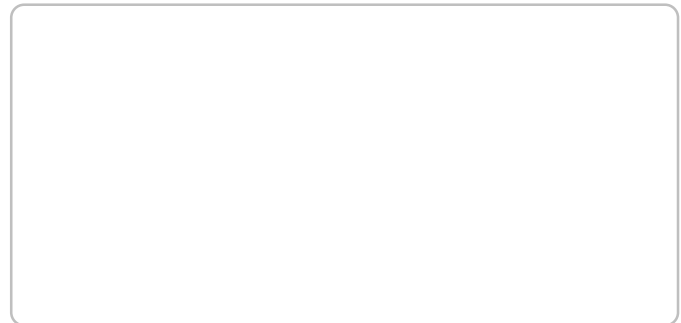
Os esforços em voo e em solo são diferentes, porque a força predominante tem sentido diferente.

→ **EM SOLO:** Predomina o peso (para baixo)

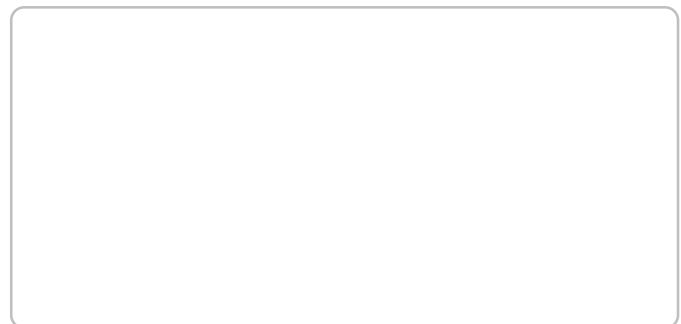
→ **EM VOO:** Predomina a sustentação (para cima)

Desenhe como ocorre em cada situação, conforme exemplificado na aula

Em solo



Em Voo



3. Materiais

Características dos materiais aeronáuticos

- Leves
- Resistentes

Os mais utilizados são liga de alumínio, embora existam aviões feitos com tubos de aço soldados e recobertos com tela. Os materiais mais modernos são plásticos reforçados com fibra de vidro, fibra de carbono ou o Kevlar.

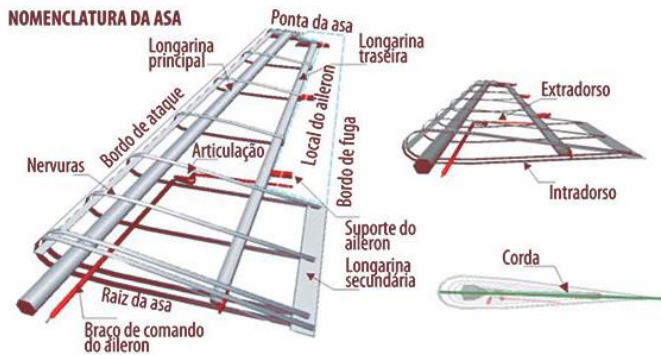




4. ASAS

Finalidade: Produzir sustentação ao voo

Aviões recobertos com tela tem uma estrutura interna composta por tubos e outros elementos estruturais que garantem a robustez da aeronave, uma vez que a tela não é resistente.



ELEMENTOS ESTRUTURAIS:

Elementos que ficam internamente na aeronave para suportar os esforços que a tela não é capaz de suportar.

Montantes, Tirantes, Suportes, Nervuras, Longarinas, Reforçadores e Revestimento

MONTANTES Ficam no meio da asa e suportam os esforços de COMPRESSÃO

TIRANTES Cabos de aço esticados na diagonal e suportam esforços de TRAÇÃO.

SUPORTES Membros estruturais que dão apoio a asa. Algumas aeronaves podem não ter esses suportes.

NERVURAS Responsáveis por prover o formato aerodinâmico (perfil da asa). Transmitem os esforços aerodinâmicos e estruturais para as longarinas. Esse elemento não é estrutural, e sim meramente aerodinâmico, ou seja, prove o formato da asa para que as reações aerodinâmicas ocorram.

LONGARINAS Principal elemento estrutural da asa. Uma espécie de vareta ou tubo interna à asa, em direção perpendicular às nervuras, com a função de dar resistência à asa e evitar que se dobre com o peso do avião.

OBS: Asas metálicas dispensam a presença de tirantes e montantes, os quais são desnecessário porque o revestimento metálico já é suficientemente resistente (o mesmo vale para revestimentos plásticos ou de madeira)

CLASSIFICAÇÃO DOS AVIÕES QUANTO AS ASAS

- Localização da asa
- Fixação da asa
- Número de asas
- Forma em planta da asa

Quanto a localização da asa na fuselagem, os aviões podem ser:

- Asa Baixa
- Asa Média
- Asa Alta
- Asa Parassol

Quanto a fixação, as asas podem ser do tipo **cantiléver** ou **semi-cantiléver**.

Cantiléver

Este tipo de fixação não faz o uso do suporte de asa

Semi-cantiléver

Este tipo de fixação faz o uso do suporte de asa.

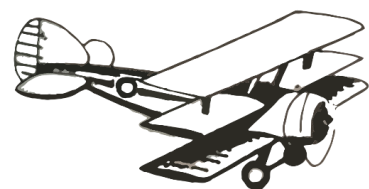
NÚMERO DE ASAS

Quanto ao número de asas, os aviões podem ser monoplanos ou biplanos; antigamente existiam também triplanos, quadriplanos e etc. Atualmente utilizam-se apenas aviões monoplanos.



MONOPLANO

BIPLANO



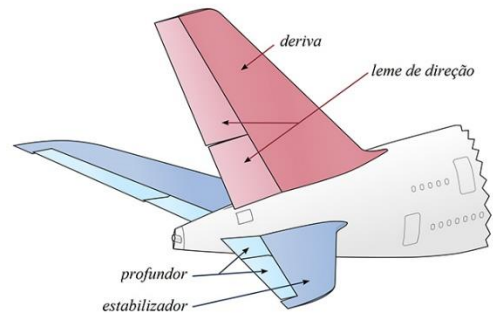
TRIPLANO



FORMA DA ASA

Quanto à forma e planta as asas podem ser retangulares, trapezoidais, elípticas, “em delta” e vários outros formatos.

Desenhe os formatos mostrados em aula



5. FUSELAGEM

A fuselagem é a parte do avião onde estão fixadas as asas e a empenagem. Ela também aloja os tripulantes, passageiros e carga; contém ainda os sistemas do avião e, em muitos casos, o trem de pouso, o motor e todos os sistemas da aeronave. Os três principais tipos de estruturas de fuselagem são:

ESTRUTURA TUBULAR

- Tubos de aço soldados
- Cabos de aço esticado de ponto a ponto
- Recoberto externamente de tela
- Tela apenas como revestimento

ESTRUTURA MONOCOQUE

Formato aerodinâmico

- cavernas Esforços suportados
- cavernas e revestimento (chapa metálica/ligas de alumínio/plástico reforçado)

ESTRUTURA SEMI-MONOCOQUE

- Cavernas, revestimento e longarinas
- Todos os elementos resistem aos esforços.
- Mais utilizado hoje em dia.
- Materiais utilizados: chapa metálica/ligas de alumínio/plástico reforçado

EMPENAGEM

- Localizada atrás do avião
- Conjunto de superfícies destinadas a estabilizar o voo.
- Geralmente é composta por duas partes: Horizontal e vertical.

SUPERFÍCIE HORIZONTAL

- Contrapõe a tendência que o avião teria de levantar o baixar a cauda sem a superfície.
- Parte fixa = Estabilizador
- Parte móvel = Profundor (comandada pelo manche do piloto)

SUPERFÍCIE VERTICAL

- Contrapõe a tendência que o avião teria de desviar para esquerda ou para a direita (guinar).
- Parte fixa: estabilizador vertical – deriva
- Parte móvel: leme de direção (comandada pelo pedal do piloto)

SUPERFÍCIES DE CONTROLE/COMANDO

- Fixação – dobradiças
- Finalidade – controlar o voo
- Classificação – Primárias/Principais e Secundárias

SUPERFÍCIES DE CONTROLE/COMANDO PRIMÁRIAS (Aileron, Profundor e Leme de Direção)

- São as partes móveis da asa e a da empenagem, geralmente localizadas no bordo de fuga das superfícies.

SUPERFÍCIES SECUNDÁRIAS (Compensadores em geral)

- Compensador do profundor ou leme de direção.
- Auxiliam as superfícies primárias.
- Aliviam cargas
- Quando a superfície primária sobe a secundária desce – espécie de contrapeso aerodinâmico.



FLAPS E SLATS

→ Dispositivos hypersustentadores. Não são superfícies de controle.

Permitem à asa produzir maior sustentação. São úteis no pouso ou mesmo na decolagem, pois tornam possível levantar voo ou aterrissar com menor velocidade.

Serão melhor abordados nas aulas de Teoria de Voo.

SPOILER - SPEED BRAKE

→ Freios aerodinâmicos (espécie de chapa que se abre na asa desorganizando o fluxo de ar e dessa forma reduzindo a sustentação)

→ Impedir que a velocidade do avião aumente excessivamente durante a descida

→ Usados em aviões de alta velocidade

→ Ficam no extradorso e quando se abrem, quebram a sustentação existente.

→ Complementam a ação do aileron em curvas





O que são?

Mecanismo que movimenta as superfícies de comando do avião de tal forma que modifica o formato aerodinâmico das superfícies, modificando as forças e a pressão entorno do aerofólio → posição do avião no ar!

Quais são as superfícies de comando?

Profundor

Ailerons

Leme

Compensadores

Como acioná-los?

Através do **MANCHE** e dos **PEDAIS**, os quais são conhecidos como **COMANDOS DE VOO**.

Manche acionado pelas mãos do piloto

Pedal acionado pelos pés do piloto



O manche é acionado pelas mãos do piloto, os dois tipos de manche mais comuns são:

Volante

Bastão

Tipo volante é o mais utilizado em aviões civis, enquanto que o tipo bastão, usado em aviões militares e aviões de treinamento. É uma alavanca fixada no assoalho da aeronave.

Existem também outros tipos de manche usados em sistemas de aviões de maior porte aonde o estudo do sistema de funcionamento não abrange este curso, mas é importante os aviadores o conheça-los denominados “Sidestick” e “manche volante”.

O manche é utilizado para cabrar e picar o avião.

CABRAR

significa erguer o nariz do avião (pitchup) e o movimento que o piloto deve fazer para comandar uma cabrada é puxar o manche.



Quando cabrado, o profundor provoca uma reação aerodinâmica do ar que escoa no profundor, baixando a cauda do avião e, conseqüentemente, erguendo o nariz.

PICAR

significa baixar o nariz do avião (pitchdown), empurrando o manche para frente.

Os movimentos de cabrar e picar são denominados movimentos de **ARFAGEM** ou **TANGAGEM** (do francês, “tangage”).

* O manche pode ser também girado (ou deslocado, se for do tipo “bastão”) para os lados, a fim de rolar ou inclinar o avião.

ROLAR

* Movimento de rolagem – inclinação lateral – bancagem (do inglês bank)

Utilizado para fazer curvas

* Pedais complementam a ação dos ailerons para evitar a derrapagem.

* Aileron da asa que sobe → desce

* Aileron da asa que desce → sobe

• Fluxo de ar é alterado provocando a ação de inclinar o avião.

O movimento de rolagem é também conhecido como **ROLAMENTO, INCLINAÇÃO LATERAL** ou **BANCAGEM** (do inglês, “to bank”).



PEDAIS

Os pedais servem para guinar o avião, isto é, desviar o nariz para esquerda ou para direita.

O mecanismo do sistema de controle (ou comandos) de voo é formado pelo manche, pedais, alavancas, cabos ,quadrantes, polias, esticadores , etc.

Nos aviões leves, as principais verificações e ajustes (a serem feitos pelo mecânico) são os seguintes:

ALINHAMENTO DOS COMANDOS

Superfícies estiverem na posição neutra, os comandos também devem estar.

AJUSTE DOS BATENTES

Devem ser ajustados para limitar o movimento das superfícies de comando, evitando que o piloto sobrecarregue a estrutura com movimentos exagerados.

Evitar sobrecarga.

AJUSTE DA TENSÃO DE CABOS

Ajuste → especificações do fabricante.

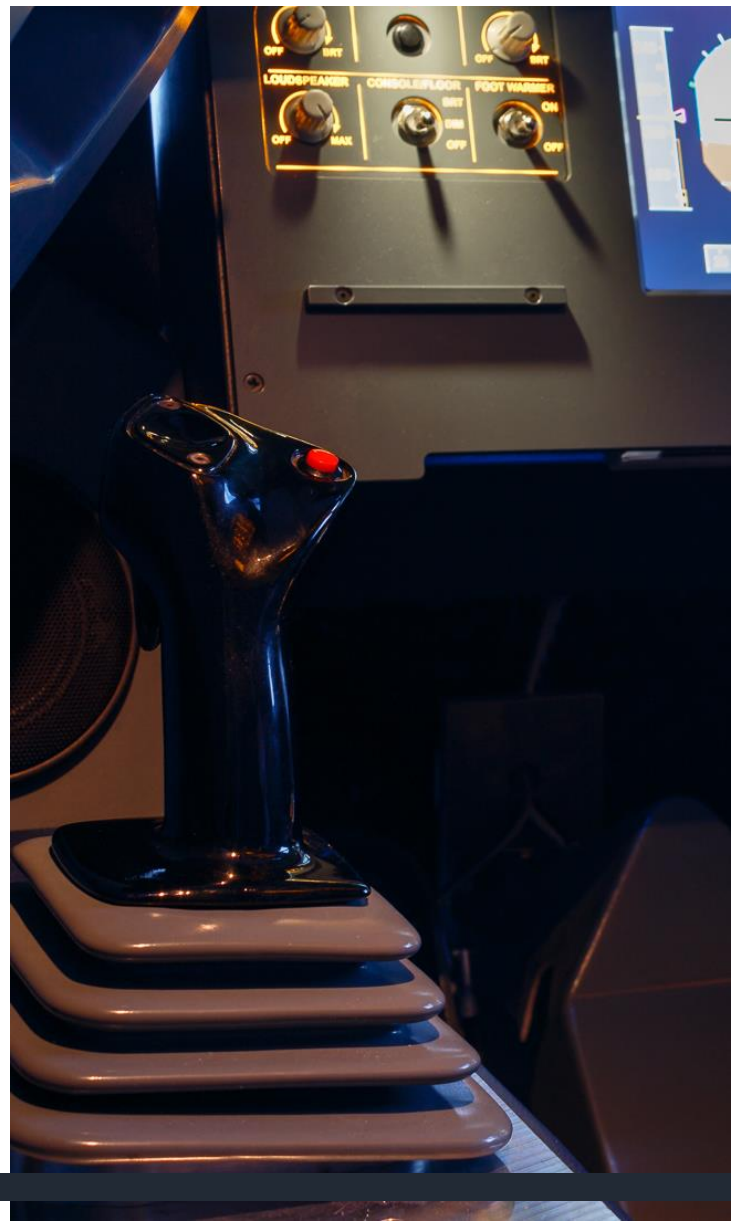
Cabos frouxos → reduzir ou eliminar as ações de comando.

Canos muito esticados → tornar os comandos duros e provocar desgaste nos componentes

BALANCEAMENTO DAS SUPERFÍCIES

Algumas superfícies são balanceadas para compensar o peso da aeronave.

Balanceamento deve ser verificado após a execução de reparos ou pintura na superfície de comando.



ATENÇÃO: Esse material contém as principais informações da aula; resumidas para leitura e acompanhamento da aula. Para ter um bom aproveitamento, assista a aula em conjunto com o material e faça anotações sempre que necessário 😊

1. CONCEITUAÇÃO

Conjunto das partes destinadas:

- Apoiar o avião no solo
- Amortecer impactos do pouso
- Frear o avião
- Controlar a direção no taxi ou manobras no solo

2. Classificação dos aviões quanto ao trem de pouso

→ Hidroaviões (Hidroplanos)

O seu trem de pouso é composto pelo sistema de amortecimento e os flutuadores que permitem este tipo de avião operar somente na água.

→ Terrestre

O seu trem de pouso é composto pelo sistema de amortecimento e as rodas que permitem este tipo de avião operar em superfícies terrestres como, por exemplo, o asfalto, grama, concreto e etc.

→ Anfíbio

O seu trem de pouso é composto pelo sistema de amortecimento, os flutuadores e rodas que permitem este tipo de avião operar tanto na água como no meio terrestre.

3. Classificação dos aviões quanto a distância de pouso e decolagem

VTOL(Vertical Take-off and landing ou decolagem e pouso verticais)

STOL(Short Take-off and landing ou decolagem e pouso curtos)

CTOL (Conventional Take-off and Landing ou decolagem e pouso convencionais)

4. Classificação dos aviões quanto a mobilidade do trem de pouso

Trem de pouso fixo

Neste sistema o trem de pouso não recolhe, ou seja, é fixo.

Trem de pouso retrátil

Neste sistema o trem é recolhido, porém ainda fica visível.



Trem de pouso escamoteável

Neste sistema o trem é recolhido e não fica aparente.

5. Classificação dos aviões quanto a disposição das rodas

Trem de pouso convencional

Este tipo de avião possui o trem de pouso principal e na parte de baixo da empenagem está fixada a bequilha.

Trem de pouso triciclo

Este tipo de avião possui o trem de pouso principal e o trem do nariz. São os formatos de trem de pouso mais modernos, pois oferecem mais segurança e estabilidade.

6. TIPOS DE AMORTECEDORES

Trem de pouso de mola

- Mais simples
- Lâmina ou tubo de aço flexível (mola)
- Tentativa de absorver o impacto do pouso
- Mola não absorve e não dissipa a energia residual do voo
- Devolve ao avião esta energia
- Solução à pouso suave e cuidadoso



Amortecedor com Aros de Borracha

- Estrutura do trem é rígida e articulada.
- Aros de borracha nos “suportes do trem”
- pouso – aros abrem-se para os lados – esticando os aros e absorvendo o impacto.
- Forma de disco ou corda (denominadas sandows) e estão se tornando obsoleto.

Amortecedores Hidráulicos

- Constituído por uma haste que desliza dentro de um cilindro contendo fluido oleoso.
- Fluido realiza o amortecimento do impacto
- Mola externa ao cilindro com fluido suporta o peso do avião.

Amortecedores Hidropneumáticos

- Também conhecido como amortecedor óleo-pneumático,

Como funciona?

O ar ou gás dentro do cilindro é comprimido a uma pressão suficientemente elevada para suportar o peso do avião, eliminando a mola com isso o funcionamento do conjunto fica mais eficaz e leve.

O amortecedor através do fluido é bastante eficaz e praticamente evita o salto do avião em pousos mal executados.

A tesoura serve para manter o alinhamento da roda enquanto a haste se recolhe, e o orifício e a agulha (ou tubo especial chamado tubo-orifício) no interior do amortecedor, restringe o movimento do fluido.

Como o impacto é absorvido nesse tipo de amortecedor?

TOQUE

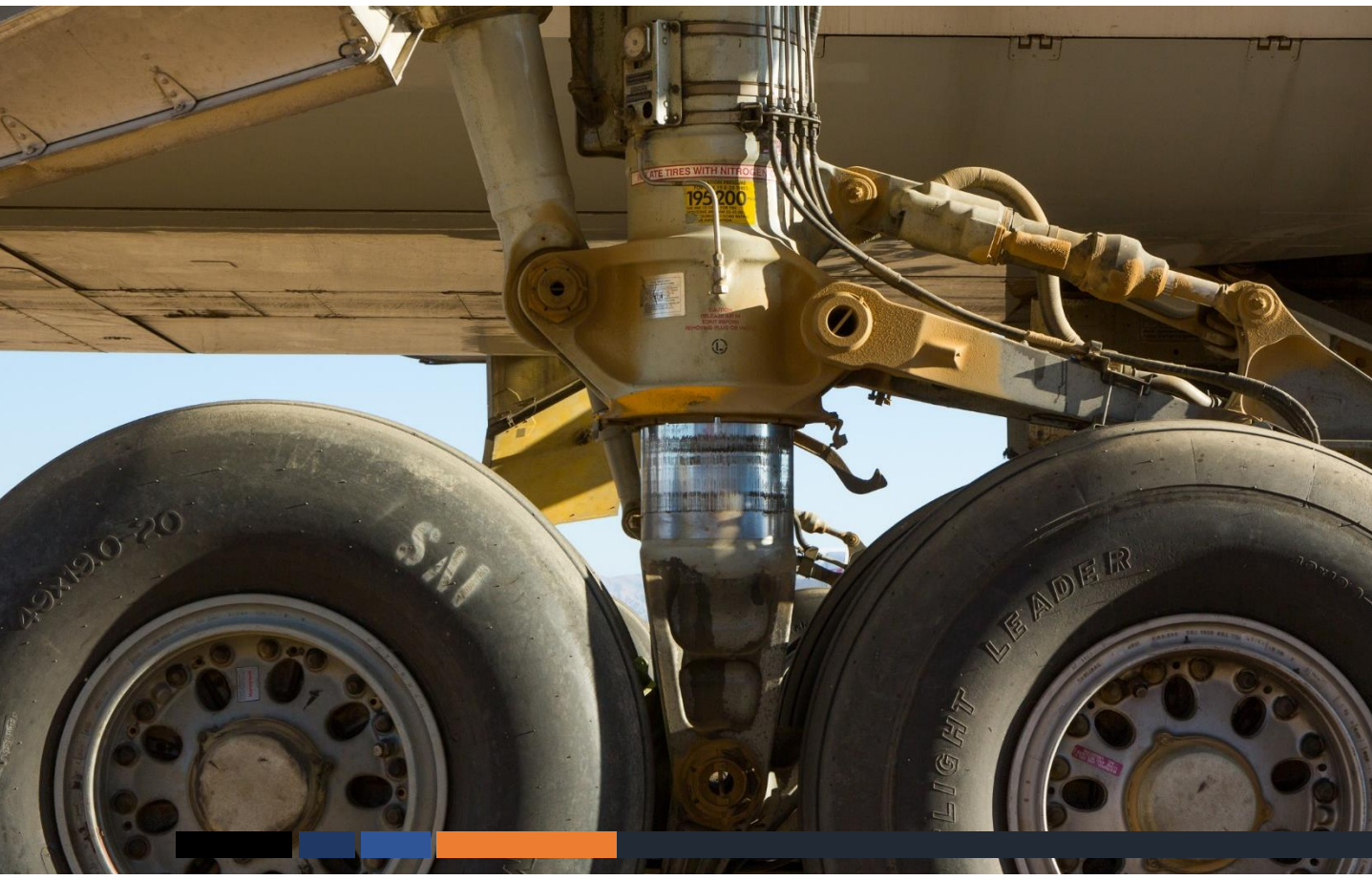
- Quando toca no chão o peso do avião faz com que a agulha seja gradativamente empurrada para cima juntamente com a haste.
- Conforme a haste vai passando pelo orifício este vai restringindo o fluxo de fluido porque a haste fica gradativamente mais espessa, amortecendo gradativamente o impacto

FIM DE CURSO

- Ar comprimido ao máximo, suportando o peso do avião e o impacto absorvido.
- No fim, o orifício estará totalmente fechado e o impacto totalmente absorvido.

RETORNO

- O ar comprimido provoca o retorno da haste e da agulha.
- Orifício restringe totalmente a passagem do fluido = evita “catrapos”





7. Conjunto das rodas

Permitir a rolagem do avião no solo e sua frenagem.

PNEU
RODA
FREIOS



PNEUS

- Semelhante aos pneus dos automóveis.
- Lonas formam a carcaça resistente.
- Banda de rodagem é a superfície desgastável
- Os sulcos permitem a fuga da água, evitando que o pneu deslize quando a pista estiver molhada.

CÂMARA DE AR

Fica dentro do pneu. Contêm o ar. Pressão do ar é suportada pelo pneu e não pela câmara. Pneu sem câmara à suficientemente vedados, para evitar a fuga de ar.

RODA MONTADA

- Liga de metal leve
- São desmontáveis para permitir a colocação e a retirada do pneu.
- Método específico para a remoção do pneu. Não podem ser removidos “à força” como os pneus de carros.

PNEUS DE BAIXA PRESSÃO

- Específica para pistas macias como grama e terra solta.
- Maior uso na aviação geral
- Velocidade máxima 120kt
- Inspeccionados visualmente no pré-voo em relação aos desgastes.

PNEUS DE ALTA PRESSÃO

- Específico para pistas pavimentadas ou duras.
- Muito utilizado pelos aviões a jato.
- Velocidade máxima de 250kt.

→ Pressão máxima 315PSI.

- Cheque da pressão deve ser feita com os pneus frios, devido a influência da temperatura na pressão.
- 2 a 3 horas após o pouso.

8. FREIOS

Os freios geralmente estão instalados no trem de pouso principal, isso porque se o freio fosse instalado na bequilha ele seria ineficiente, uma vez que essa roda suporta a menor parte do peso da aeronave.

Funções

- Frenagem
- Efetuar curvas fechadas (Frenagem Diferencial)

Frenagem Diferencial

→ Aplicar os freios apenas do lado da curva desejada em conjunto com a aplicação do pedal do leme deste mesmo lado – essa ação realiza uma curva fechada para o lado comandado, uma vez que a aplicação do pedal do freio, freia apenas a roda subsequente, deixando a outra livre para poder realizar a curva com sucesso. Aplicando apenas o leme é possível realizar curvas em solo, porém com um raio consideravelmente maior.

ACIONAMENTO DOS FREIOS

- Através dos mesmos pedais do leme de direção.
- Pedal à aciona o leme e a bequilha (trem do nariz/ trem direcional).
- Ponta do pedal à aciona o cilindro mestre do freio que envia fluido hidráulico ao freio da roda através de tubos.
- Pedal do freio esquerdo à Trem principal esquerdo
- Pedal do freio direito à Trem principal direito





Importante atentar para o fato de os freios serem independentes; ou seja, o acionamento do pedal do freio esquerdo não implica no acionamento do freio direito e vice-versa.

A configuração dos pedais do freio podem variar, dependendo da aeronave. Existem aviões, por exemplo, com quatro pedais, dois para a bequilha e o leme de direção e dois para os freios.

TIPOS DE FREIOS

- **Freio a Tambor**
- **Freio a Disco**

FREIO A TAMBOR

- Tambor que gira junto com a roda
- **FREIO APLICADO** à Duas sapatas ou lonas atiram-se contra o interior do tambor provocando a frenagem do tambor e consequentemente da roda.
- Fluido hidráulico que move as sapatas provocando o atrito.
- Cilindro mestre trás o fluido.
- Sem freio à sapatas afastadas do tambor por ação de mola
- Roda gira livremente
- Com freio à fluido hidráulico é injetado que comprimi as sapatas de encontro ao interior do cilindro.
- Roda é freada.

FREIO A DISCO

- Disco que gira junto com a roda.
- Fluido hidráulico faz com que as pastilhas de ambos os lados do disco façam pressão sobre este e freiem a roda.

SISTEMAS DE ACIONAMENTO

Hidráulico à fluido hidráulico transmite energia as peças e estas se movimentam.

Pneumático à Ar comprimido no lugar do fluido hidráulico.

Mecânico à Aciona mecanicamente através de cabos, hastes, polias, engrenagens, alavancas...

FREIO DE ESTACIONAMENTO

Existem duas formas de aparecerem na configuração das aeronaves:

- Freio normal +pedais travados no fundo por uma alavanca puxada pelo piloto.
- Freios de estacionamento independentes à geralmente mecânicos à Alavanca semelhante ao freio de mão dos carro

SISTEMA DE FREAGEM DE EMERGÊNCIA

Esse é um sistema muito importante e por esse motivo é duplicado, ou seja, são dois sistemas normais que funcionam de forma independente, de forma que a falha em um não ocasiona falha em outra.

Além disso, o sistema de emergência independente, ou seja, é um sistema separado do sistema principal e entra em funcionamento apenas com falha do principal.

OBS: Algumas situações podem servir como freio de estacionamento.

SISTEMA ANTI-DERRAPANTE

Na condição máxima de frenagem os pneus estão prestes a derrapar, para que isso não ocorra, entra em funcionamento o sistema anti-derrapante das aeronaves, também conhecido como anti-skid que liberta os freios quando a roda está prestes a para/derrapar e aplica os freios quando a rotação inicia novamente.

A atuação desse sistema consiste em uma ação rápida e repetida que equivale a frear continuamente no limite da derrapagem.

Este sistema precisa estar ligado e funcionando para que a ação seja automática

CONTROLE DIRECIONAL NO SOLO

É efetuado pelo trem do nariz ou trem da bequilha, dependendo do tipo de trem de pouso que a aeronave em questão possui. O movimento é controlado pelos pedais do leme, através de cabos e hastes que ligam os pedais até a roda direcional.





1. Conceituação: Conjunto de partes destinadas a acionar componentes através da pressão transmitida por um fluido, utilizando a Lei de Pascal.

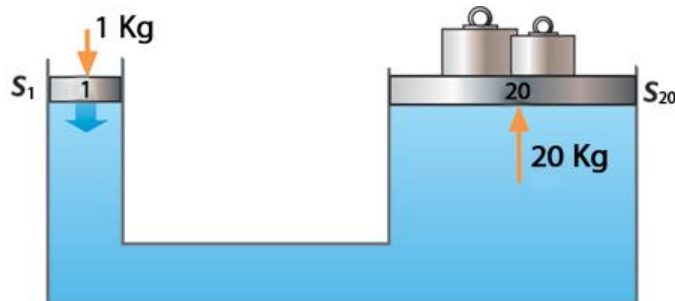
LEI DE PASCAL “A pressão aplicada em um ponto de fluido transmite-se igualmente para todas as partes deste fluido”

Além da força ser transmitida a todos os pontos ela é proporcional a área.

Aumentando a área → Aumenta-se a força
Essa propriedade, possibilita mover superfícies facilmente através do fluido as quais dificilmente seriam movidas mecanicamente.
Principal benefício do Sistema Hidráulico → maximizar as forças

Exemplo prático:

Esse sistema exemplifica uma possibilidade de erguer um peso de 20kg utilizando apenas a força de 1kg exercida no cilindro com menor área.



Obs: O exemplo citado é utilizado no sistema de freio que estudamos no capítulo anterior .

Cilindro primário (menor área) = cilindro mestre = acionado pelos pés do piloto

Cilindro atuador (área maior) = cilindros do freio = multiplicam as forças para enviar as sapatas/pastilhas dos freios e parar o avião.

2. Rendimento Mecânico

No sistema hidráulico exemplificado acima, a força foi multiplicada por 20 , utilizando uma área 20 vezes maior no cilindro atuador. Pode-se dizer que o **rendimento mecânico** desse sistema é igual a 20, pois rendimento é justamente quantas vezes a força primária foi multiplicada pelo aumento das áreas do sistema.

Calcula-se o rendimento mecânico através da fórmula

$$r = \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$$

r = Rendimento Mecânico

F = Força produzida pelo cilindro atuador

f = Força aplicada no cilindro primário

A = Área do pistão do cilindro atuador

a = Área do pistão do cilindro primário

FORÇA → MULTIPLICADA PELO RENDIMENTO
DESLOCAMENTO → DIVIDIDO PELO RENDIMENTO

OBS: Se for preciso deslocar um nível maior de fluido, para não se perder rendimento e tornar o sistema fraco podemos transformar o cilindro primário em uma BOMBA HIDRÁULICA , acrescentando válvulas e um reservatório para permitir o seu acionamento repetitivo.

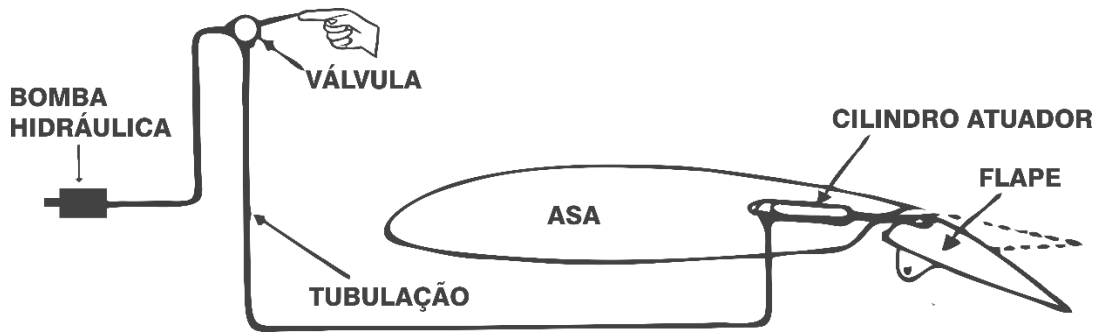
Embora não seja usual, pode-se construir um sistema hidráulico com rendimento mecânico menor que 1, mas estaríamos reduzindo a força do sistema e ampliando o movimento.

3. Aplicações do Sistema Hidráulico

O sistema hidráulico é usado em aviões quando precisamos de grandes forças sobre o componente a ser movimentado. Nos grandes aviões o sistema hidráulico é usado para movimentar o profundor, leme de direção, controle de direção do trem do nariz, os flaps, os slats, recolher o trem de pouso, etc.

Em aviões de pequeno porte movimentação das superfícies de controle é feito pela força muscular do piloto, através de cabos, roldanas e polias, pois nestes aviões a força muscular do piloto é capaz de realizar estes movimento, ficando o sistema hidráulico em aviões de pequeno porte apenas para acionar os freios.

Nesta imagem temos um esquema simplificado do sistema de acionamento hidráulico dos flaps de um avião de grande porte.



4. Vantagens do Sistema Hidráulico

O sistema ideal a ser usado em aviões é o mesmo sistema dos aviões de pequeno porte, conhecido como sistema mecânico, por ser um sistema barato, confiável, durável, de fácil manutenção e etc.

Como, entretanto, em aviões de grande porte não é possível usar exclusivamente o sistema mecânico porque depende da força muscular do piloto, precisamos estudar os sistemas que podem concorrer entre si para podermos entender as vantagens do Sistema Hidráulico.

Sistema Elétrico: É formado por motores elétricos, contatos, cabos e etc.

- Fácil instalação e fácil de controlar, além de ser preciso.
- Tende a ser pesado e requer cuidados especiais para não falhar, devido a mau contato ou superaquecimento.

Sistema Pneumático: Sistema muito similar ao sistema hidráulico, usa AR COMPRIMIDO no lugar do fluido hidráulico. Exemplo familiar é o sistema de freios dos caminhões e ônibus.

- Não necessita de linha de retorno para o reservatório (o ar comprimido após o uso, é expelido para a atmosfera).
- Embora haja aviões que utilizem como sistema principal, tende a ser impreciso e requer uma manutenção cuidadosa, porque é mais difícil a identificação de um vazamento no sistema, aviões operam com variações bruscas de temperatura e etc.

Sistema Hidráulico:

Mais utilizado devido a quantidade de benefícios:

- Ampliação das forças - utilizando o princípio da Lei de Pascal – cilindros com diâmetros diferentes.
- Confiabilidade – devido as poucas partes móveis, as quais funcionam muito bem lubrificadas.
- Falhas visíveis – São geralmente graduais e se manifestam através de vazamentos.
- Sistema leve – porque tem seus componentes pequenos.
- Fácil instalação - porque possui todos os componentes pequenos e simples, de forma que podem ser carregados e instalados facilmente em qualquer lugar.
- Controlado com facilidade – abrindo ou interrompendo a passagem do fluido através de válvulas simples.

FREIO DE ESTACIONAMENTO

Existem duas formas de aparecerem na configuração das aeronaves:

- Freio normal + pedais travados no fundo por uma alavanca puxada pelo piloto.
- Freios de estacionamento independentes à geralmente mecânicos à Alavanca semelhante ao freio de mão dos carros



1. Conceituação:

Toda máquina que produz energia mecânica a partir de outros tipos de energia são denominados motores.

Exemplos:

- Motor elétrico transforma energia elétrica em energia mecânica.
- Motor de avião (pistão) transforma a energia calorífica da queima do combustível em energia mecânica (movimento de rotação da hélice).
- Motor a reação de um avião transforma a energia calorífica do combustível em energia mecânica (movimento do avião)

2. Motores térmicos:

São todos os motores que transformam energia calorífica da queima do combustível em energia mecânica.

Os motores térmicos podem ser classificados em:

- Motores de combustão interna
- Motores de combustão externa

a) Motor térmico de combustão externa.

- Combustível é queimado fora do motor
- Vantagem de aceitar qualquer tipo de combustível
- Desvantagem de ser excessivamente pesado não podendo ser utilizado em aviões.

b) Motor térmico de combustão interna.

- Combustível queimado no interior do motor.
- Desvantagem de ter que usar um combustível apropriado
- Vantagem de desenvolver elevada potência e ser ao mesmo tempo leve, que torna-o vantajoso para o uso aeronáutico.

3. O sistema de propulsão os aviões podem ser classificados em:

- * Aviões a Hélice
- * Aviões a Reação.

a) Aviões a Hélice

- Neste avião o motor produz diretamente a tração utilizando a hélice
- Lei da Ação e Reação
- Impulsionam **grandes massas de ar**, **velocidades relativamente pequena**.
- os motores utilizados para girar a hélice podem ser: motor a pistão ou os motores turboélices.

b) Aviões a Reação.

- Neste avião usa um motor que impulsiona o ar diretamente
- Lei da Ação e Reação
- Impulsiona **massas de ar relativamente pequenas em grandes velocidades**.
- Os principais tipos são, Motores turbojato e os motores Turbofan.

4. Generalidades dos motores

a) Motores dos aviões a hélice

Motores a Pistão

- Semelhantes aos motores de automóveis, mas porem atendem a exigências aeronáuticas de leveza, confiabilidade alta eficiência e etc.
 - Econômico e eficiente em baixas altitudes e velocidades.
 - Vantagem de ser de baixo custo, sendo por isso muito utilizado em aviões de pequeno porte.
- Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:

Motores Turboélice

- Motor Turbojato modificado.
 - Quase toda energia do jato é utilizada para girar uma turbina que por sua vez aciona a hélice através de uma caixa de engrenagem de redução.
 - Ideal para velocidades intermediárias entre os dos motores a pistão e os motores turbofan.
- Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:



b) Motores dos aviões a reação.

Motores Turbofan

-Turbojato acrescido de um “Fan” (Ventilador em Inglês)

-Fan funciona como uma hélice de características especiais que cria um fluxo de ar frio que mistura-se com o ar quente dos gases queimados do jato principal.

- Vantagens, elevada tração, baixo ruído e grande economia de combustível , por isso se tornou o motor mais amplamente utilizado nos aviões de alta velocidade atuais.

Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:

Motor Turbojato

-O ar é admitido e impulsionado num fluxo de alta velocidade, utiliza energia expansiva dos gases aquecidos pela combustão.

-Em baixas velocidades e altitudes se torna antieconômico e ineficiente

-Motor mais apropriado para aeronaves supersônicas.

Desenhe de acordo com a compreensão do motor da aula:

Pelo que vimos até agora, cada tipo de motor é indicado para uma determinada faixa de velocidade e altitude, sendo a ordem crescente.

Em baixas velocidades e baixas altitudes, o mais indicado é o motor a pistão, conforme se sobe e deseja-se aumentar a velocidade do voo turboélice, turbofan e turbojato respectivamente.



5. Qualidade dos motores aeronáuticos -

Dentre as qualidades de um motor aeronáutico destaca-se:

- Segurança de Funcionamento
- Durabilidade
- Ausência de vibrações
- Economia
- Facilidade de manutenção
- Compacidade
- Eficiência térmica
- Leveza

Eficiência térmica:

É a relação entre a potência mecânica produzida e a potência térmica liberada pelo combustível.

Na prática a eficiência térmica dos motores aeronáuticos é de **25% a 30%**, o que é muito pouco se compararmos com os motores elétricos de alta potência, a sua eficiência superam facilmente os 90%.

Leveza:

Em termos técnicos, a leveza é indicada pela relação massa potência, que é igual a razão entre a massa do motor e a sua potência .

Evidentemente esta relação tem que ser a menos possível

Abaixo temos a comparação da leveza de dois motores típicos:

**** Desenhe e escreva a comparação dos motores conforme mostrado em aula.**



Motor Elétrico

Motor Aeronáutico

Facilidade de Manutenção e durabilidade:

Depende de uma cuidadosa manutenção, que compreende duas partes

Inspecções Periódicas – Os motores devem ser inspecionados em determinados intervalos (25 horas de voo, 50 horas de vôo e etc.), onde são feitas também as trocas de óleo, limpeza ou substituição de filtros e etc. A facilidade de manutenção é muito importante para facilitar este trabalho .

Revisões Gerais – Após determinados números de horas de funcionamento (Conhecido como Durabilidade), o motor sofre revisões gerais ,onde é totalmente desmontado para fazer verificações e substituições de peças desgastadas ou danificadas .

A Durabilidade é referida através das iniciais “TBO” (Time BetweenOverhauls- Tempo entre revisões gerais).

O período entre as inspecções e o numero de horas para a revisão geral “TBO” são determinado pelo fabricante do moto não do avião.

Economia:

O s motores aeronáuticos devem ter baixo consumo de combustível, sendo duas definições:

a)Consumo horário – É a quantidade de combustível consumido por hora de funcionamento.(Ex: 70 litros/ hora , 8 Galões/ hora e etc.)

b)Consumo específico – Leve em consideração a potência do motor .(Ex:0,2 litro/HP/hora , ou seja , consome 0,2 litros de combustível por HP produzido em cada hora de funcionamento.)

O consumo horário é utilizado para cálculos de navegação e o consumo específico é utilizado para compara eficiência de motores .

Equilíbrio e Regularidade do Conjugado Motor:

-Indica a suavidade de funcionamento

-“Equilíbrio” indica que as forças internas do motor devem se equilibrar, evitando vibrações no sentido transversal (para cima , para baixo e ou para os lados).

-“Regularidade do conjugado motor” indica ausência de vibrações no sentido da rotação.

-Nestes sentidos os motores a reação superam os motores a pistão.

Conjugado= momento=torque – é o esforço que faz o eixo do motor girar.

Excesso de potencia na decolagem:

Os motores aeronáuticos devem ser capazes de manter por curto espaço de tempo (1 minuto) uma potencia superior a do projeto, sendo usada para decolagem.

Pequena área frontal:

Preferivelmente, os motores aeronáuticos devem ter pequena área frontal, para serem instalados em aviões de fuselagem estreita e aerodinâmica, oferecendo assim uma menor resistência ao avanço. Este não é um critério absoluto , existem motores com grande área frontal mas que geram muita potência e são compactos (motores radiais .)





1. Motores a Pistão:

Aviões de pequeno porte

Semelhante aos motores automotivos

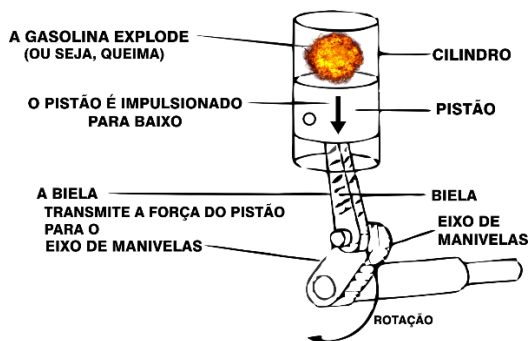
Diferenças necessárias ao uso meio aeronáutico

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.



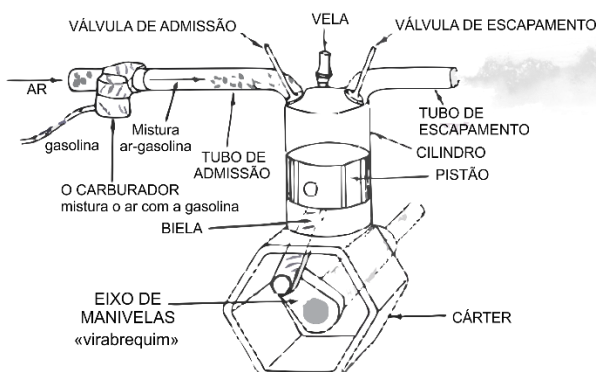
3. Os motores a pistão podem ser classificados em dois grupos:

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

Neste tempo ocorre a **SEGUNDA FASE**, que se chama também COMPRESSÃO, porque o pistão está comprimindo a mistura ar combustível que ficou 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 início a **QUARTA FASE** denominada COMBUSTÃO.

No terceiro tempo (TEMPO MOTOR) o pistão está se deslocando do PMA (ponto morto alto) para o PMB (ponto morto baixo) portanto numa trajetória descendente, essa descida foi provocada pela forte pressão dos gases queimados que se expandem (Transforma a energia calorífica dos 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 **720°**), sendo que o pistão recebe apenas um impulso motor.

O motor permanece girando devido à inércia 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 às 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 PARA GARANTIR 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.



•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.

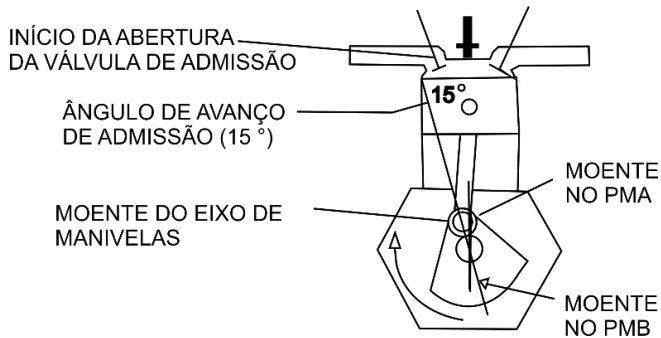
Compensar os efeitos de inércia

Avanço 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.

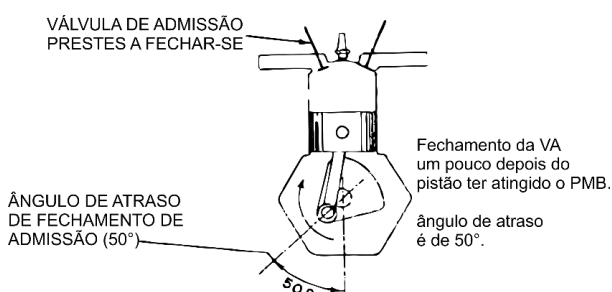
ESTE AVANÇO É MEDIDO EM GRAUS EM RELAÇÃO AO MOENTE DO EIXO DE MANIVELAS.

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 inercia no tubo admissão seja admitida.



OBSERVAÇÕES

•REAL → A fase de admissão terá início 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.

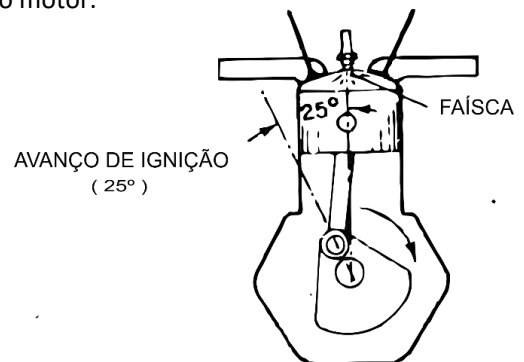
•Tempo e Fase são diferentes, embora as vezes possam estar juntas (caso teórico).

MODIFICAÇÕES NO TEMPO DE IGNIÇÃO

Deve ocorrer antes do ponto morto alto, porque a mistura leva 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...

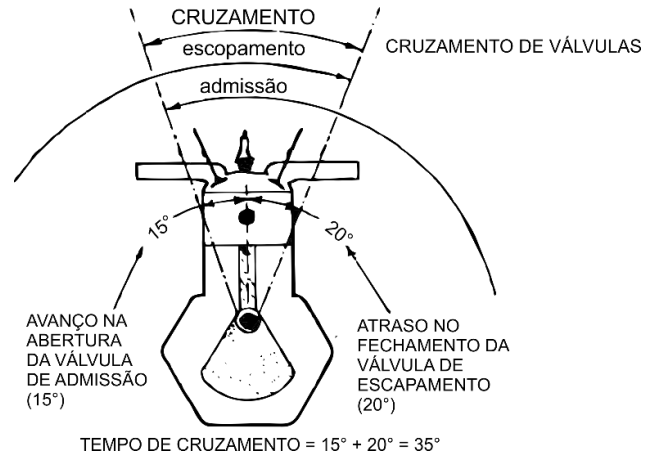
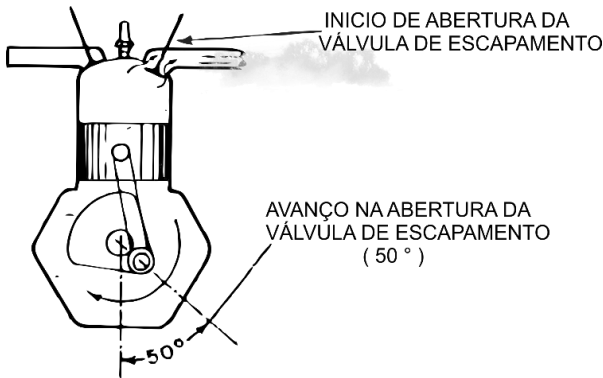
•Finalidade principal de eliminar os gases queimados de maneira mais completa possível.

•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.

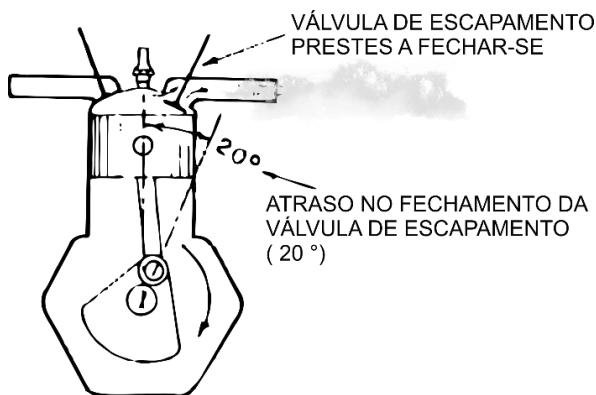
Avanço na Abertura da Válvula de Escapamento (AvAE)

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.



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 móveis.

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 cárter (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 cárter, devido a rarefação que se formou durante a subida do pistão.

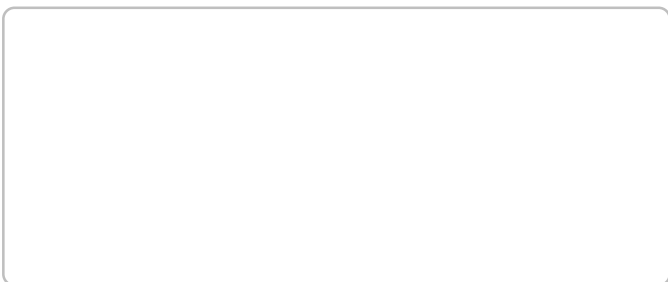
Desenhe a compreensão segundo a explicação do primeiro tempo:



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 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).

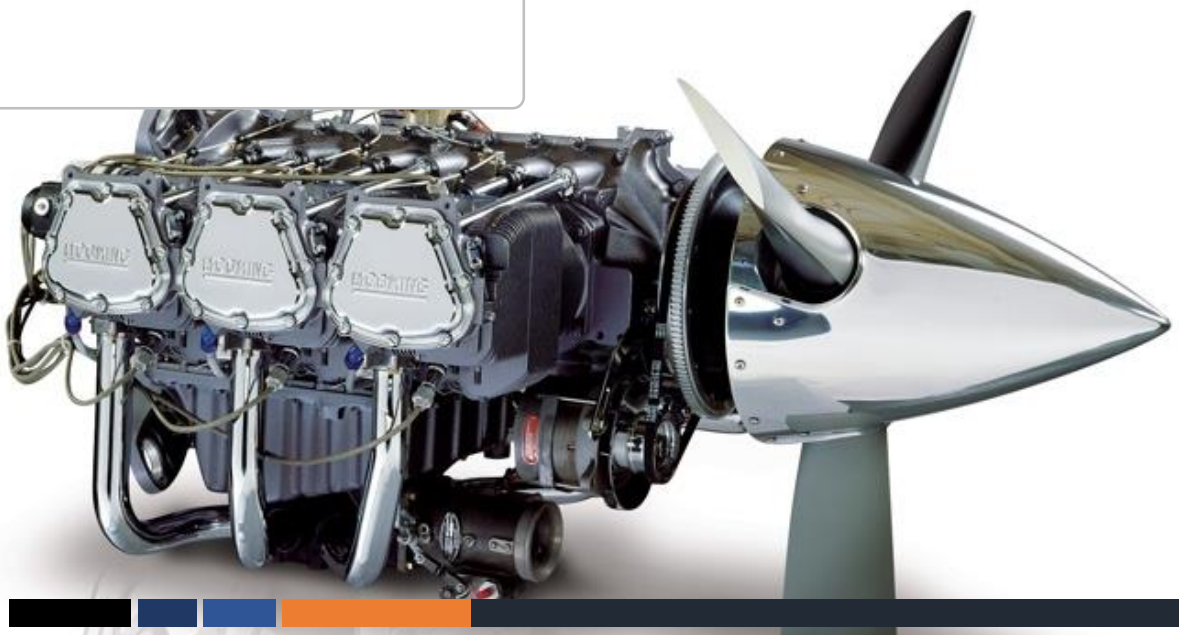
VANTAGENS DO MOTOR A DOIS TEMPOS :

- 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 as seguintes desvantagens.

DESVANTAGENS DO MOTOR A DOIS TEMPOS:

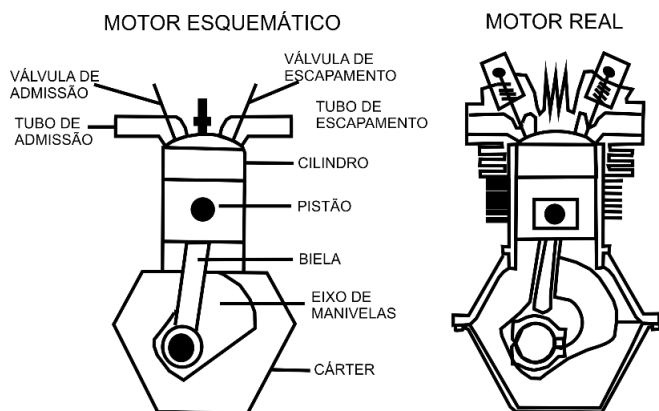
- Pouco econômico, porque uma parte da mistura admitida no cilindro foge juntamente com os gases queimados.
- Após o escapamento, uma parte dos gases queimados permanecem no cilindro e acaba contaminando a nova mistura.
- Se aquece mais, devido a combustão que acontece com maior frequência.
- A lubrificação 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.





Neste capítulo estudaremos mais detalhadamente os componentes do motor.

Nesta imagem conseguimos notar as diferenças entre o motor esquemático e o motor real, que é mais complexo que o motor esquemático.

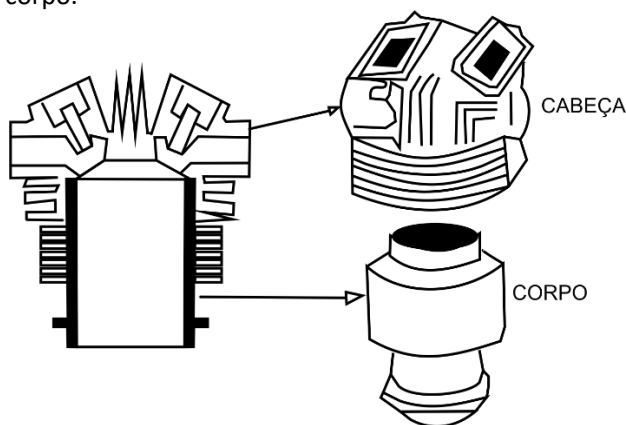


1. CILINDRO

É a parte do motor onde a carga combustível é admitida, comprimida e queimada

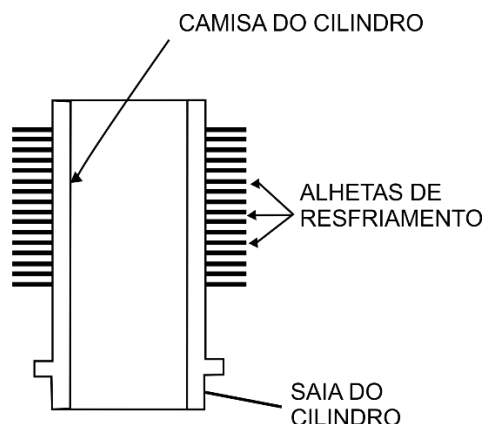
É constituído de material resistente, leve e bom condutor de calor.

Constituído basicamente por duas partes: Cabeça e corpo.



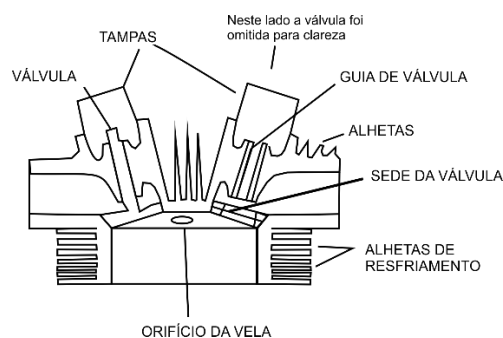
Características Gerais - Corpo do Cilindro:

- O melhor material é o Al (Alumínio) e no seu interior pode possuir uma espécie de camisa do cilindro para proteger contra desgaste provocado pelo movimento do pistão.
- Geralmente é feito de aço, sendo que o interior é feito de material endurecido para resistir o desgaste provocado pelo movimento do pistão, caso não possua camisa interna.
- Possui externamente alhetas de resfriamento as quais aumentam a área de contato do cilindro com o ar, facilitando a eliminação do calor.



Características Gerais – Cabeça do Cilindro

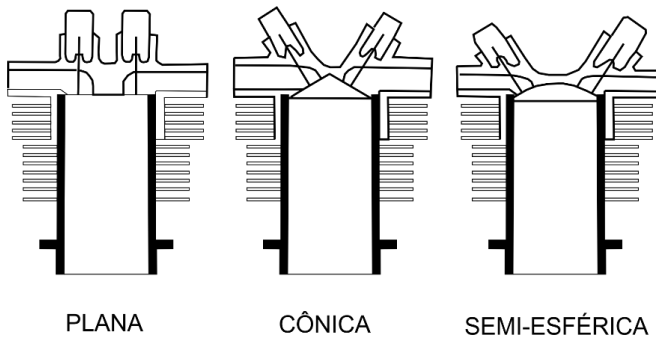
- Na cabeça são instaladas as válvulas e as velas de ignição.
- Válvulas à instaladas dentro de **guias de válvulas**.
- Cabeça das válvulas à assentam-se sobre anéis de metal resistentes denominados **sede de válvulas**.
- É uma estrutura única e apropriada para receber as válvulas de admissão e escapamento e a vela.
- Externamente à cabeça existem alhetas de resfriamento.
- Alguns motores à Apenas no lado do escapamento (por estar sujeito a alta temperatura)
- Lado da admissão é resfriado pelo combustível que é admitido, e alguns motores também pode apresentar alhetas para facilitar a dissipação do calor.



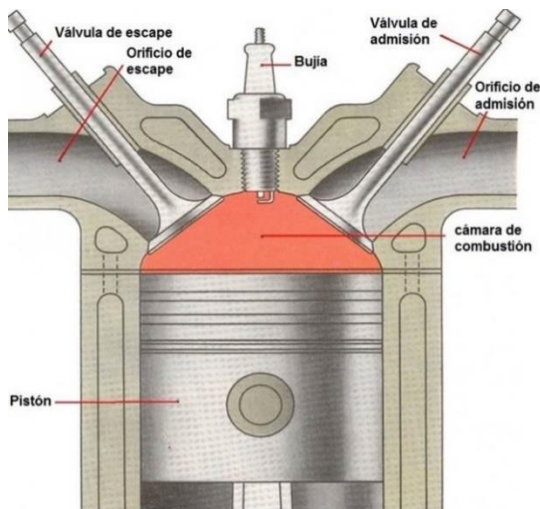
Câmara de Combustão

- Espaço no interior do cilindro onde a mistura é queimada.
- Vários tipos de câmara de combustão.
- Principais tipos de câmara de combustão.

PLANA
CÔNICA
SEMI-ESFÉRICA



Semi esférica (HEMIESFÉRICA): Melhor robustez e favorece o melhor escoamento dos gases de escapamento. Melhor limpeza do cilindro. Mais utilizada.



2. Pistão ou Êmbolo

• Peça em forma cilíndrica que desliza no interior do cilindro.

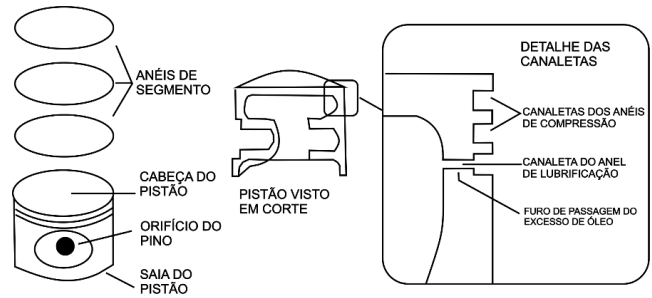
Pistão

Responsável por aspirar, comprimir e expulsar os gases queimados, além de transmitir a força expansiva à biela.

• Geralmente é feito de Liga de Alumínio por ser leve e bom condutora de calor.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS

Baixo peso
Boa condutividade térmica
Resistência física e química
Resistência a dilatação
(...)



3. Anéis de segmento

* Anéis de compressão e lubrificação

- Vedam a folga entre o pistão e o cilindro.
- Impedem a fuga dos gases da queima.
- Causam maior compressão possível na queima.
- Aproveitam melhor a reação química da queima.

ANÉIS DE COMPRESSÃO

- Devem exercer pressão constante.
- Geralmente são feitos de aço, ferro ou aço cromado.
- Localizados na parte superior do pistão.
- Geralmente são dois ou três anéis para este fim.

ANÉIS DE LUBRIFICAÇÃO

Eliminam o excesso de óleo das paredes do cilindro, deixando apenas uma pequena película lubrificadora.

- Instalados na parte inferior do pistão.
- Possuem pequenos furos para a passagem do óleo.

• Ambos servem para VEDAR as folgas.

em cima ◊ C ◊ • Compressão

em baixo ◊ L ◊ • Lubrificação

(princípio da ordem alfabética para memorização)

SEM OS ANÉIS •

Excesso de óleo permaneceria no cilindro

- Haveria queima de óleo durante a combustão.
- Haveriam resíduos desta queima misturando-se com a mistura e os gases da queima, prejudicando a produção de energia.

• Para evitar o desgaste:

Anéis de lubrificação são feitos de materiais menos rígidos.

São facilmente substituídos em revisões geralmente antes dos demais anéis, pois, por serem menos rígidos se desgastam antes e por terem um custo baixo em relação as demais partes do motor são preferencialmente substituíveis do que as demais partes do motor que possuem um custo mais elevado.



FUNIONAMENTO DO ANÉL:

O óleo entra no cilindro → Subindo

O excesso de óleo é raspado → Descendo



4. BIELA

Responsável por transformar MOVIMENTO LINEAR – MOVIMENTO ROTACIONAL

- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS
- Forte → Suportar esforços de compressão.
- Robusta → não aumentar o peso do motor e do avião.
- Leve → Contribuir o mínimo na geração da inércia
- Geralmente é feita de aço-cromo-níquel.
- Constituída por várias partes menores
- Corpo da biela pode ser no formato das letras I ou H, pois esse formato contribui para máxima resistência e mínima massa.



• PEÇAS QUE INTEGRAM O EIXO DE MANIEVELAS

Moente ou Munhão – onde se prende a biela através dos casquilhos.

Suporte – eixo sobre o qual é efetuada a rotação

Braço – é a parte que liga o moente aos suportes

Contrapeso – é a parte que contrabalança a massa do pistão e da biela, reduzindo a vibração e contribuindo para uma rotação mais regular.

6. MANCAIS

- São as peças que apoiam e permitem o movimento das peças móveis com o mínimo atrito. Também conhecidos como rolamentos popularmente.

Exemplo: Eixo de manivelas se apoia no cárter através de mancais denominados bronzinas ou casquilhos.

5. EIXO MANIVELAS OU VIRABREQUIM

- Peça que recebe a energia dos gases através da transmissão feita pela biela.
- O eixo transmite essa força para rotacionar a hélice.
- ◇ Pistões movem-se mais rápido → Mais potência → Eixo rotaciona mais rápido aumenta a rotação da hélice





7. Válvulas

As válvulas abrem e fecham, possibilitando a entrada de uma nova mistura para o cilindro ou interrompendo essa entrada, assim como possibilitam a saída ou não da mistura queimada.

- Válvula de admissão → Cabeça em forma de tulipa

- Válvula de escapamento → Cabeça em forma de cogumelo

Os formatos são puramente aerodinâmicos para facilitar que o fluxo dos gases flua da melhor maneira possível.

- As faces das válvulas que assentam-se nas SEDES: São cônicas para melhor ajuste. São endurecidas para diminuir o desgaste.

RESFRIAMENTO DAS VÁLVULAS:

Válvula de admissão

- Não está sujeita a uma temperatura muito elevada.
- A alta temperatura é proveniente da queima que aquece o motor como um todo.
- Resfriada através da admissão da mistura.

Válvula de escapamento

- Está sujeita a alta temperatura não só da queima que aquece o motor como um todo, mas também dos gases de escape que saem contendo grande parte da energia calorífica através desta válvula, aquecendo-a.
- Feita de materiais especiais
- Interior lizo, contendo Sódio.

POR QUE SÓDIO?

- Sódio funde-se a aproximadamente 90°C, movimentando-se dentro da válvula. Transfere calor da cabeça para a haste
- Movimento distribuindo melhor este calor que antes ficava concentrado.

SISTEMA DE COMANDO DE VÁLVULAS

- Mecanismo que efetua a abertura e fechamento das válvulas de forma coordenada.
- Parte mais importante: EIXO DE RESSALTOS

IMPORTANTE: Gira a metade da rotação do eixo manivelas

Abertura da válvula

Encontra o ressalto

Movimenta o rolete para cima

Move a haste para cima

Movimenta o Balancim

Abre a válvula

- Fechamento da válvula

Molas quando o eixo de ressalto permitir.

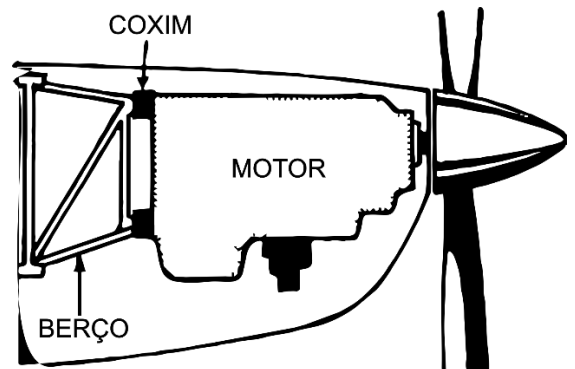
- POR SEGURANÇA: Motores possuem duas ou três molas em cada válvula enroladas em sentidos opostos para não se embaralharem.

8. CÁRTER

- Carcaça do motor
- Envolve a estrutura do motor
- Onde estão fixados o cilindro, o eixo de manivelas e os acessórios.
- Motor fixado ao avião através do cárter.
- Suportar a si mesmo e suportar os acessórios do motor e os esforços do motor
- Servir de depósito e oferecer caminhos para o óleo lubrificante (em caso de cárter úmido)

9. BERÇO DO MOTOR

- Estrutura que serve para fixar o motor ao avião.
- Geralmente é feito de tubos de aço na diagonal, para suportar os esforços, principalmente TORQUE TRAÇÃO
- Pontos de fixação do berço do motor ao avião → possuem COXINS de borracha que servem para absorver parte da vibração do motor.



10. MATERIAIS RESISTENTES AO DESGASTE

Processos destinados a aumentar a resistência das partes feitas de aço:

CEMENTAÇÃO NITRETAÇÃO

CEMENTAÇÃO

- Tratamento a alta temperatura.
- Superfície do metal é enriquecida com carbono.

NITRETAÇÃO

- Tratamento em alta temperatura.
- Superfície do metal é enriquecida com Nitrogênio.

PARTES QUE PASSAM PELO PROCESSO

- Superfícies internas dos cilindros



- Moentes
- Suportes do eixo de manivelas
 - Ressaltos e suporte do eixo de comando de válvulas
- Superfícies cônicas nas cabeças das válvulas

OBSERVAÇÕES IMPORTANTE → Não é conveniente endurecer duas partes que trabalhem em contato. Na peça de menor custo macia + propriedades lubrificantes

As peças de menor custo adquiridas através de ligas especiais.

LIGAS ESPECIAIS

- Ligas antifricção
- Ligas antiatrito

Apesar de serem ligas macias = Vida longa (desde que sejam bem lubrificadas e protegidas contra impurezas abrasivas, excesso de carga e superaquecimento).

11. MOTORES MULTICILÍNDRICOS

Motores de grande potência = aumenta-se o número de cilindros e não o tamanho dos mesmos.

Cilindros pequenos ciclos = acontecem de forma mais rápida

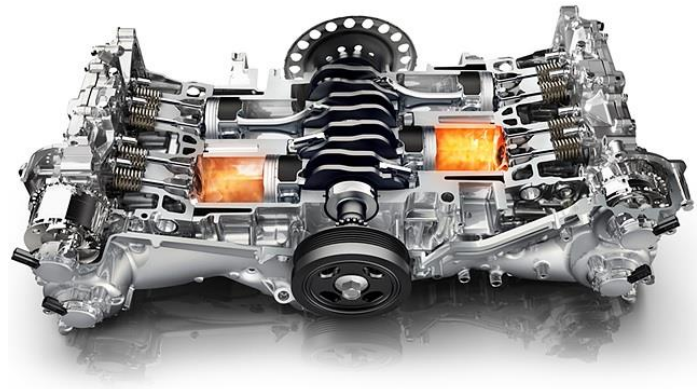
Multicilíndricos = vários pistões pequenos = mais suavidade porque os impulsos criados na combustão são menores e distribuem-se com maior uniformidade → Melhora a regularidade do conjugado motor.

Os cilindros dos motores já foram dispostos de várias formas diferentes ao longo da história; sendo os mais usuais e mais úteis:

- Cilindros horizontais opostos
- Cilindros radiais
- Cilindros em linha

CILINDROS HORIZONTAIS OPOSTOS

Este é a configuração de cilindros mais usada atualmente. O motor possui área frontal relativamente pequena, é compacto, leve e barato. Todos os cilindros ficam na posição horizontal, permanecendo limpos, sem acúmulo de óleo na câmara de combustão e velas. São geralmente fabricados com quatro ou seis cilindros - estes funcionam mais suavemente que os de quatro.



CILINDROS RADIAIS

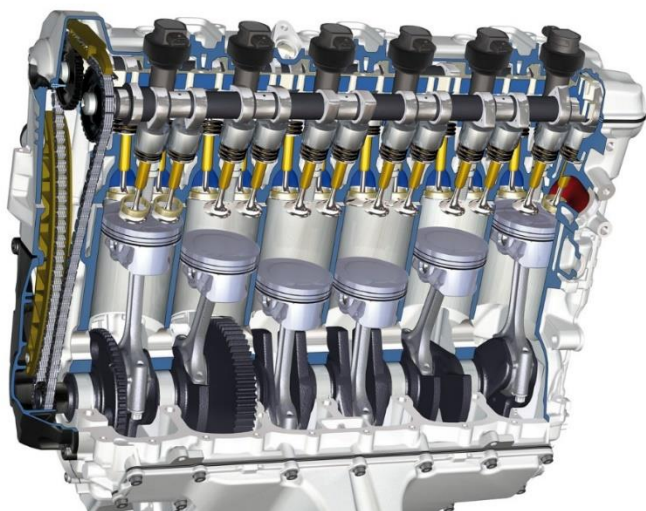
Os cilindros são dispostos radialmente em torno do eixo de manivelas, e formam um agrupamento em estrela. Neste motor, somente uma das bielas (chamada biela-mestra), prende-se ao moente do eixo de manivelas, e as demais (chamadas de bielas articuladas) prendem-se à cabeça da biela mestra. Apesar da área frontal excepcionalmente grande, esta é a configuração que acomoda melhor grande número de cilindros, sem prejuízo a leveza, da compactidade e sem aumentar de forma significativa a vibração. Todavia, os motores radiais estão sendo abandonados porque os motores turboélice os substituem com vantagem.





CILINDROS EM LINHA

Os cilindros em linha são dispostos em fila, tornando a área frontal muito pequena. Na prática, essa vantagem é apenas aparente, pois só pode ser aproveitada em aviões de fuselagem muito estreita. Além disso, o eixo manivelas torna-se muito longo, perdendo rigidez e propiciando o aparecimento de vibrações. Para um mesmo número de cilindros, o motor em linha é mais pesado que os horizontais opostos. Por todos esses motivos, a disposição de cilindros em linha é pouco usada em aviação.





1. Conceituação :

Performance é o desempenho do motor, avaliado principalmente pela potência que ele desenvolve em diversas situações.

2. Torque e Potência

a) Torque

É a capacidade de uma força de produzir rotação. Chave girando o parafuso à Parafuso recebe um torque que será tanto maior quanto maior a força aplicada ou o comprimento da chave utilizada. No avião à Torque indica o esforço rotacional do eixo sobre a hélice.

b) Potência

Trabalho que o motor executa por unidade de tempo. Medida de potência à HP (horsepower)

1 HP à capacidade de um cavalo robusto de erguer 76kg a altura de 1metro por segundo.

1 CV (cavalo vapor) à capacidade de um cavalo robusto de erguer 75kg a altura de 1metro por segundo.

NO MOTOR

Potencia = Torque x Velocidade de rotação

Relações

Aumento do torque à Potência _____

Aumento da RPM à Potência _____

Fatores importantes na determinação da potência

- Cilindrada
- Eficiência/Rendimento
- Velocidade de rotação

3. Cilindrada

Volume deslocado pelo pistão durante o seu curso.

Volume definido pelo movimento do pistão.

Volume compreendido entre os dois pontos mortos.

ATENÇÃO: Em motores multicilíndricos este valor é o valor deslocado por todos os pistões.

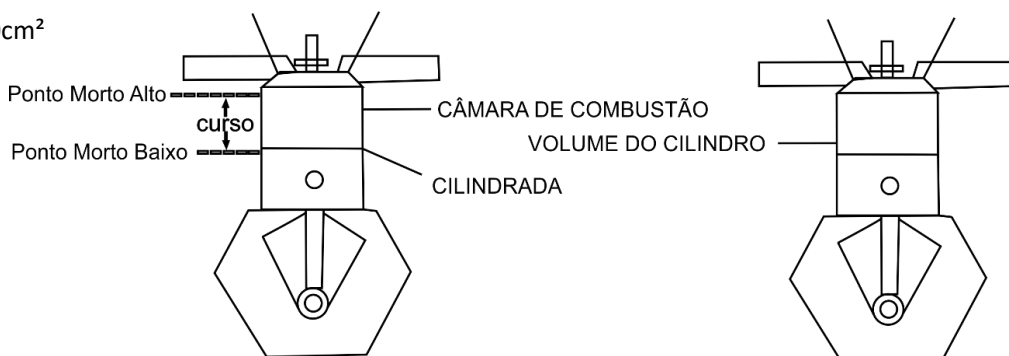
Ex:

Um motor de 4 cilindros

Cilindrada do motor de 1600cm²

Em cada cilindro o volume deslocado é 400cm²

Cilindrada x Volume do Cilindro



> Volume do cilindro

Volume de todo o cilindro, não apenas do curso. INCLUI A CÂMARA DE COMBUSTÃO.

> Cilindrada

Volume existente entre o PMA e o PMB, cuja distância é denominada CURSO.

4. Eficiência/Rendimento

Energia calorífera → à energia mecânica

Nesse processo de transformação; parte é perdida e parte é aproveitada; a parte aproveitada é denominada eficiência ou rendimento.

EFICIÊNCIA/RENDIMENTO

- Indica a parcela de energia calorífera do combustível aproveitada pelo motor para produzir energia mecânica.
- Parcela da energia do combustível que realmente faz o motor funcionar.

Outra Definição

Energia calorífera disponível na mistura

Trabalho térmico indicado e útil obtido em cada ciclo

Energia calorífera à Energia mecânica

Eficiência é 25% 30% nos motores aeronáuticos.

Eficiência/Rendimento depende de:

Melhor construção do motor
Elevada taxa de compressão

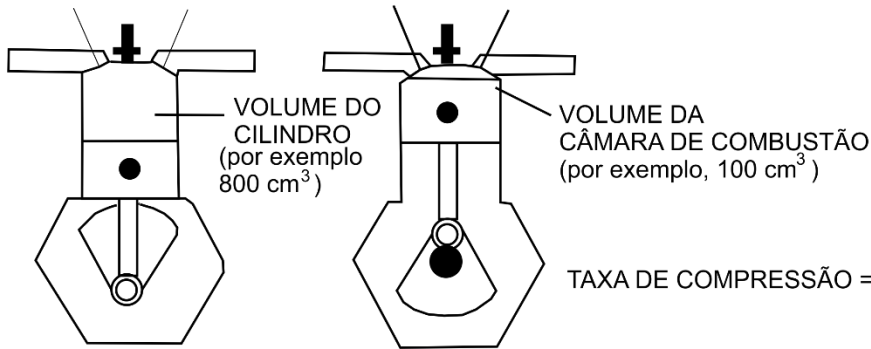
Taxa ou Razão de Compressão

É o quociente entre o volume do cilindro e o volume da câmara de combustão.

$$\text{Taxa de compressão} = \frac{\text{volume do cilindro}}{\text{volume da câmara de combustão}}$$



ANTES DA COMPRESSÃO DEPOIS DA COMPRESSÃO



$$\text{TAXA DE COMPRESSÃO} = \frac{800}{100} = 8 \text{ ou } 8:1$$

- Aumentar a eficiência do motor à ideal se fosse possível aumentar a taxa de compressão.
- Na prática não se consegue adotar taxas de compressão superiores a 8:1 devido ao fenômeno da detonação ou batida de pinos – o qual será estudado nos capítulos subsequentes.

5. Limitações de Rotação da Hélice

- Quando as pontas da hélice atingem velocidades próximas a velocidade do som à queda acentuada da eficiência.
- Para evitar que a hélice atinja estas velocidades os motores aeronáuticos são construídos com as seguintes características:
 - Baixa rotação
 - Torque elevado (**Obtido através de grandes cilindradas**)
 - Existem aviões de alta rotação → à Mecanismo de engrenagens de redução antes da energia ser transmitida para a hélice.

6. Tipos de Potência

A medida que a energia flui ao longo do motor, desde a queima do combustível até o aproveitamento real da energia para mover o avião, grande parte é perdida; portanto, dependendo do ponto onde se mede a potência, ela terá valores diferentes; portanto, é preciso definir cada potência:

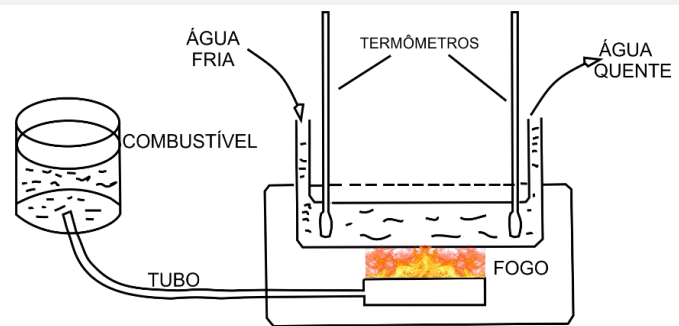
- Potência Teórica
- Potência Indicada
- Potência Efetiva
- Potência Máxima
- Potência Nominal
- Potência de Atrito
- Potência Útil

Potência Teórica

Potência liberada pela queima do combustível.

- Representa quase que a totalidade da energia contida no combustível

- Determinada através de um instrumento de laboratório denominado CALORÍMETRO

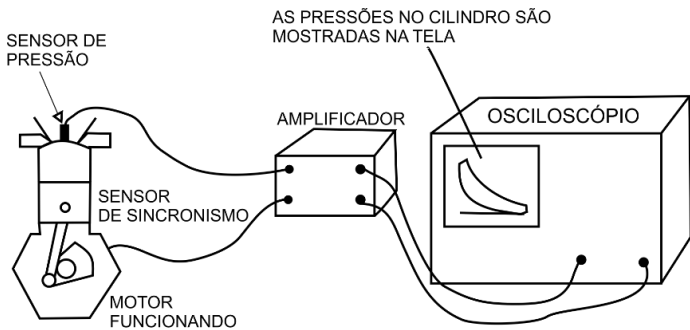


Calorímetro

Potência Indicada

- É a potência desenvolvida pelas gases queimados sobre o pistão.
- Calculada através de aparelhos chamados indicadores, os quais medem diretamente as pressões dentro dos cilindros.
- A limitação da taxa de compressão reduz a potência indicada para menos de 60% da potência teórica.

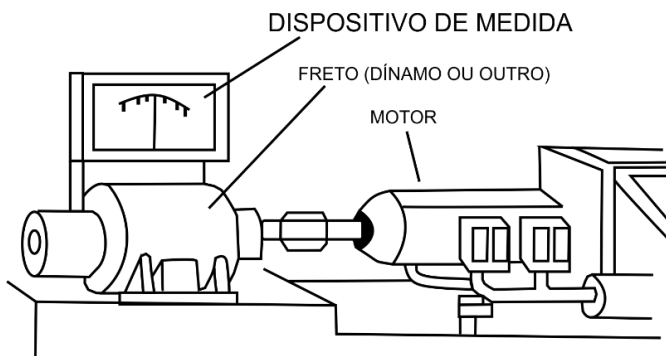
Se fosse possível comprimir mais a mistura, a energia do combustível seria melhor aproveitada, porém a taxa de compressão possui limitações para que não ocorra “batida de pinos” – que será estudada em capítulos subsequentes.



INDICADOR

Potência Efetiva

- É a potência que o motor fornece ao EIXO da hélice.
- É a potência indicada menos as perdas que ocorrem devido ao atrito nas peças internas do motor.
- É medida em aparelhos denominados DINAMÔMETROS
- Motores aeronáuticos medem através dos MOLINETES, os quais simulam carga imposta pela hélice.
- Potência efetiva também é chamada de potência ao freio
- Potência efetiva não é fixa. Ela varia de acordo com o regime de potência do motor.



DINAMÔMETRO

Potência Máxima

- É a potência efetiva máxima.
- A potência máxima que pode ser desenvolvida no eixo da hélice.
- A potência máxima que o grupo moto-propulsor pode fornecer.
- Geralmente em números essa potência supera a potência de projeto do motor.
- Utilizada durante intervalos de tempo curtos – Decolagem ou emergência

Potência Nominal

- Potência efetiva máxima para qual o motor foi projetado e construído.
- Ao contrário da potência máxima, a potência nominal pode ser utilizada por tempo indeterminado.
- “Potência máxima com tempo indeterminado”
- Também é denominada POTENCIA MÁXIMA CONTÍNUA

EXEMPLO: AVIAO COM 140HP DE POTENCIA NOMINAL

- Potência nominal = Potência máxima para qual o motor foi projetado.

Potência de Atrito

- Potência perdida por atrito nas partes internas do motor.
- Por mais bem lubrificado que o motor seja, sempre haverá atrito.
- Varia conforme a rotação da hélice.
- Pode ser determinada pelo dinamômetro. (girando o motor sem alimentação e ignição por meios externos)

Potência Útil

- Também denominada potência tratora ou potência de tração.
- É a potência desenvolvida pelo grupo moto-propulsor sobre o avião.
- Potência que o avião realmente desenvolve.

AVIÕES A HÉLICE

- Potência útil = potência efetiva x eficiência da hélice

Ex.

- Motor desenvolve 120HP no eixo
- Rendimento da hélice 90%
- $120 \times 0,90 = 108 \text{ HP}$





Abreviaturas em Inglês

São muito usadas em publicações aeronáuticas.

- IHP à Indicated Horse Power ----- Potência Indicada
- BHP à Brake Horse Power ----- Potência efetiva
- FHP à Friction Horse Power ----- Potência de atrito
- THP à Thrust Horse Power ----- Potência Útil

Ordem sequencial de grandeza

Na ordem decrescente

Outras potencias relacionadas a performance do avião :
(Serão melhor estudadas em Teoria de Voo)

Potência Necessária

- Potência que um avião necessita para manter voo horizontal nivelado em uma determinada velocidade.

Potência Disponível

- É a potência útil máxima que o grupo moto-propulsor pode fornecer ao avião.
- Voo de cruzeiro à Usa-se apenas parte da potência disponível – economia de combustível.

Exemplo potência de cruzeiro igual 75% da potência disponível.

AULA 10 - OPERAÇÃO DO MOTOR



OPERAÇÃO DO MOTOR

1. A imagem mostra o painel de instrumentos, destacando os instrumentos e os controles necessários para a operação do motor.

2. Mistura Ar-Combustível

É importante compreender a mistura para entender o funcionamento do motor nas diversas fases de voo.

- AR = mistura de oxigênio, nitrogênio e outros gases – mas na combustão apenas o oxigênio interage de forma a contribuir para a reação.

- COMBUSTÍVEL = Específico para a aviação

COMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO

As propriedades são controladas com muito rigor.

Não pode ser instável.

Deve ser estável mesmo com variação da temperatura, densidade e pressão. SEGURANÇA EFICIÊNCIA ECONOMIA CONFORTO.

Mistura Ar-Combustível

- MISTURA = ar + combustível (ambos devem estar vaporizados para poderem interagir e a partir da faísca gerar combustão)

- Proporção de Ar x Proporção de Combustível → Define se a mistura é rica ou pobre!

Muito ar e pouco combustível → Mistura pobre

Pouco ar e muito combustível → Mistura rica

“Equilíbrio” entre ar e combustível → Mistura quimicamente correta

- “Equilíbrio” → Partes não são iguais em números, mas equilibram-se de modo que haja a quantidade perfeita de combustível para uma dada quantidade de ar.

CLASSIFICAÇÃO DA MISTURA

- RICA
- POBRE
- QUIMICAMENTE CORRETA

Termo “MISTURA” também serve para indicar a relação entre as massas de ar e de combustível de três maneiras diferentes:

10:1 → Dez partes de ar para uma de combustível

1:10 → Uma parte de ar para dez de combustível

0,1:1 → 0,1 parte de combustível para uma de ar

NOTE QUE O NUMERO MAIOR INDICA SEMPRE A MASSA DE AR

Variação dessas proporções **NÃO** pode ser a vontade, porque:

Mistura for muito pobre (pouco combustível)

Não haverá queima por falta de combustível

Mistura for muito rica (muito combustível)

Não haverá queima por falta de ar

IMPORTANTE

Misturas Incombustíveis Misturas que não entram mais em combustão devido a desproporção entre os agentes da combustão (ar e combustível).



Mais pobre que **25:1** – não queima por falta de gasolina.

Mais rica que **5,55:1** – não queima por falta de ar

3. Potência x Eficiência

POTÊNCIA

Sempre relacionada com o regime do motor e com a mistura

Maior o regime (fluxo de ar) e mais rica a mistura

→ Maior a potência

Menor o regime (fluxo de ar) e mais pobre a mistura

→ Menor a potência

Potência x Eficiência

EFICIÊNCIA

Relacionado com a economia máxima para aquele determinado regime do motor.

Queimar BEM a mistura, mas sem desperdiçar combustível.

Melhor a eficiência → Melhor combinação entre os agentes da combustão.

MISTURA RICA

Motor funciona com maior potência

Motor funciona com menor eficiência

Por que menor eficiência?

Porque ele utiliza muita mistura para queimar uma dada quantidade de ar, sendo que não precisaria de tudo isto e parte da mistura não é queimada é expelida juntamente com os gases de escape.

MISTURA POBRE

Motor funciona com menor potência

Motor funciona com maior eficiência

Por que maior eficiência?

Porque não há desperdício de combustível.

Combustível mínimo para queimar aquela quantidade de ar.

Mistura Quimicamente Correta

• Mistura quimicamente correta → Teórica

Na prática não é utilizada porque:

- Queima não é perfeita
- Queima não é completa

- Haverão resíduos inaproveitáveis de combustível
- Não haverá potência máxima
- Não haverá eficiência máxima
- Não há vantagem de utilizá-la na prática

4. Fases Operacionais do Motor

• Existem várias condições em que o motor funciona durante o voo:

- **Marcha Lenta**
- **Decolagem**
- **Subida**
- **Cruzeiro**
- **Aceleração**
- **Parada**

OBS: Não confundir **fases operacionais** com **fases de funcionamento**

Fases Operacionais do Motor

• Fases operacionais estão diretamente ligadas com

A posição na manete de potência

A posição da Borboleta do carburador

O fluxo de ar

O fluxo de combustível

Marcha Lenta

O motor funciona:

- Sem solicitação de esforço
- Com velocidade apenas suficiente para não parar
- Manete de potência reduzida (puxada para trás)
- Borboleta do carburador restringindo a passagem de ar
- Pouco ar e pouco combustível

IMPORTANTE: A mistura deve ser RICA, porque o fluxo de ar já é pouco o que limita a aspiração da gasolina no carburador.

• Além disto, parte da mistura pode ser perdida misturando-se com os gases do escape durante o cruzamento das válvulas que ocorre devido as modificações do Ciclo Otto

Ajuste de marcha lenta  Mecânico em solo!

Decolagem

- Fase em que se exige máxima potência do motor.
- Manete de potência plena (máxima/fullpower)
- Borboleta do carburador totalmente aberta
- Fluxo de ar máximo
- Fluxo de combustível máximo



• Temperatura pode aumentar, mas isto não será problema porque após a decolagem o motor terá a potência novamente reduzida assim que possuir altura para suficiente.

ALTURA → MENOR DENSIDADE → “MENOS AR” → REDUÇÃO DA MISTURA PARA COMPENSAR A “DIMINUIÇÃO DE AR”.

MAIOR ALTURA → MAIS POBRE A MISTURA → GRANDE BENEFÍCIO DE VOAR ALTO – ECONOMIA!

Subida

- Após adquirir um pouco de altura/altitude
- Piloto reduz a rotação do motor ajustando a potência para máxima contínua.
- **Potência Máxima x Potência Máxima**

Contínua

Observação:

Em aviões de pequena performance não será reduzida a potência durante a subida.

IMPORTANTE: Mistura ideal para subida

Moderadamente RICA (12,5:1)

• **Durante a subida**

Empobrecimento gradativo da mistura, motor trabalhará de uma forma mais suave, porque estará com a quantidade de ar equalizada com a quantidade de combustível. Esse pequeno “empobrecimento” da mistura, melhora a eficiência!

TÉCNICA DE CORREÇÃO ALTIMÉTRICA

- Achar o ponto da mistura correto tendo como sinais a rotação da hélice.
- Empobrecer a mistura até uma queda abrupta da rotação, quando esta ocorrer enriquecer um pouco mais.

“Feeling”

Cruzeiro

- Fase mais longa do voo
 - Viagem até o destino
 - Potência reduzida e mistura pobre – ECONOMIA
 - Manete ajustada para a rotação recomendada de acordo com o manual da aeronave.
- Ex: 2200 RPM
- Deve-se verificar constantemente a rotação da hélice no tacômetro.

Aceleração

• Em caso de emergência → Aceleração Rápida → Levar a manete rapidamente a frente faz com que entre em atuação a bomba de aceleração rápida, que injeta uma quantidade adicional de combustível rapidamente, para que a aceleração imediata ocorra.

• **Exemplo:**

Surge um obstáculo inesperado na pista e é necessário arremeter imediatamente.

Fluxo de ar → Aumenta assim que a borboleta se abre

Fluxo de combustível → Existe uma certa demora devido a inércia do fluído, tubulações, válvulas...

Sem um sistema de aceleração rápida a inércia atrapalharia a arremetida, podendo até mesmo evitá-la dependendo das condições (operacionais/meteorológicas)

Para arremeter rápido

Sistema de aceleração injeta uma quantidade de combustível extra, tornando a mistura rica e diminuindo a inércia do fluxo de combustível

Acionamento do sistema

Automaticamente quando o piloto leva a manete a frente rapidamente.

Parada do Motor

Desligando-se a chave...

Parte da mistura permanece nas linhas de combustíveis e nos cilindros do avião o que provoca diluição do óleo lubrificante.

Cortando-se a mistura...

Procedimento correto porque o motor continuara funcionando até eliminar toda a mistura existente nos cilindros e nas linhas de combustíveis do avião.





1. Conceituação

Fornecer a mistura ar combustível ao motor, na pressão e temperatura adequada e livre de impurezas.

O sistema de alimentação completo é englobado por três partes

Sistema de Indução- Conjunto que admite, filtra e aquece o ar (se necessário)

Sistema de Superalimentação – é o conjunto que aumenta a pressão do ar admitido. (Os aviões mais simples não possuem este sistema)

Sistema de formação de Mistura – é o conjunto que mistura o combustível com o ar.

SISTEMA DE INDUÇÃO

Tem a função de admitir, filtrar e aquecer o ar se necessário.

Composto pelas seguintes partes:

Bocal de admissão - admitir

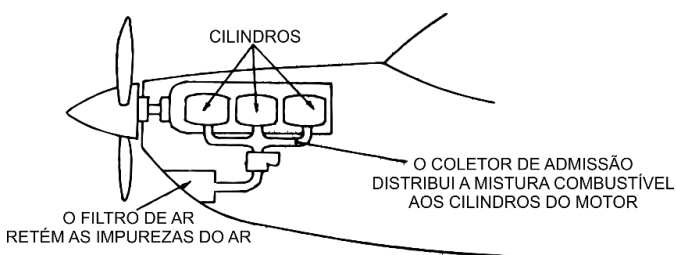
Filtro de ar - filtrar

Aquecedor de ar - aquecer

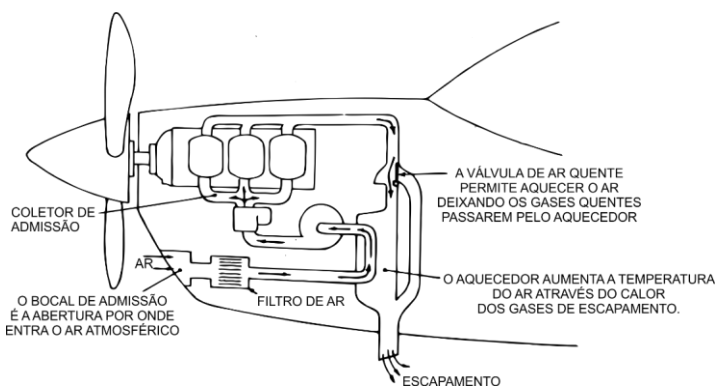
Válvula de ar quente – abrir caminho

Coletor de admissão – distribuir

Sistema mais simples de admissão é formado apenas por um filtro de ar e o coletor de admissão



Na imagem abaixo é possível ver o mesmo sistema porém com mais detalhes;



SISTEMA DE SUPERALIMENTAÇÃO

MOTOR NÃO SUPERALIMENTADO

→ Pistão aspira ar através da rarefação (redução de pressão interna) à admissão

→ Pressão maior à pressão menor

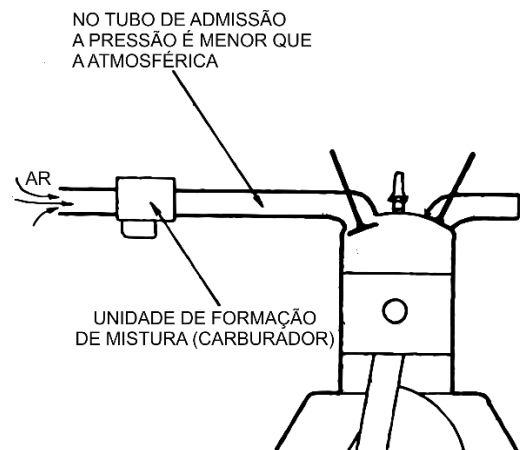
→ Pressão no cilindro é sempre MENOR do que a atmosférica

→ Aumento da altitude à diminuição da pressão atmosférica à Diminuição da pressão no cilindro à Perda de eficiência

PRESSÃO MENOR QUE A PRESSÃO ATMOSFÉRICA
PRESSÃO ATMOSFÉRICA PADRÃO:

760mmHg

29,92polHg



MOTOR SUPERALIMENTADO

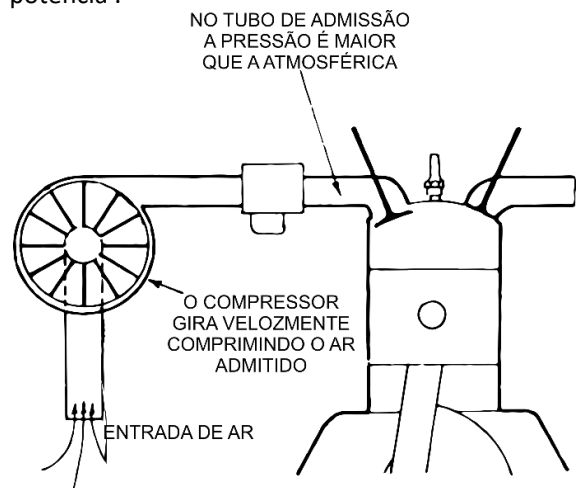
→ Compressor aspira o ar e o comprime.

→ Ar chega nos cilindros pressurizado.

→ Pressão o cilindro é sempre maior que a pressão atmosférica.

→ Funciona em maiores altitudes como estivesse no nível médio do mar.

→ Altitude crítica , começa também a perder potência .

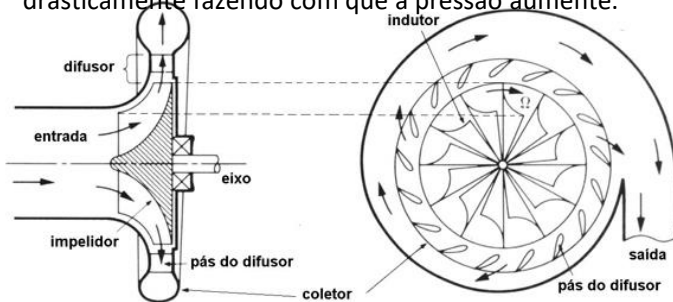




Importante saber que em um motor superalimentado a admissão é controlada pelo piloto através de um manômetro calibrado geralmente em milímetros ou polegadas de mercúrio. Quando o avião está em solo, com o motor desligado o manômetro indicará a pressão atmosférica local.

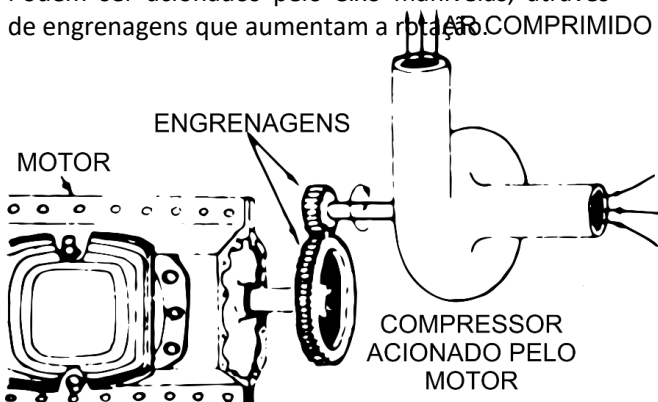


COMPRESSORES – Os mais usados na superalimentação são os do tipo centrífugo. Possui uma ventoinha que gira em altíssimas velocidades, arremessando o ar por efeito centrífugo contra os difusores, dispostos em seu entorno. Nos difusores a velocidade do ar diminui drasticamente fazendo com que a pressão aumente.



ACIONAMENTO DOS COMPRESSORES

Podem ser acionados pelo eixo manivelas, através de engrenagens que aumentam a rotação.



Nos motores turbo-alimentados ou turbo-ventoinha, o compressor não é acionado por engrenagens e sim por uma turbina que aproveita a energia dos gases de escape, girando em velocidades que chegam a 70000 RPM

A turbina tem o funcionamento inverso do compressor. Possui também uma roda com palhetas, que é acionada pela pressão ou “sopro” dos gases de escape.

CUIDADOS E LIMITAÇÕES

Vigiar constantemente

- Tacômetro e termômetro de óleo
- Termômetro da cabeça do cilindro
- Manômetro de admissão
- Se os valores limites forem ultrapassados pode haver superaquecimento, ocasionando pré-ignição e detonação, redução do tempo entre as manutenções.
- Pode ser proibido abaixo de uma determinada altitude, tendo em vista que em baixas altitudes a densidade do ar é elevada.

SISTEMA DE FORMAÇÃO DE MISTURA

O sistema de formação de mistura tem a finalidade de vaporizar a gasolina e misturá-la ao ar.

Existe três tipos básicos de sistema de formação de mistura :

- 1- Carburação
- 2- Injeção indireta
- 3- Injeção direta

1- CARBURAÇÃO

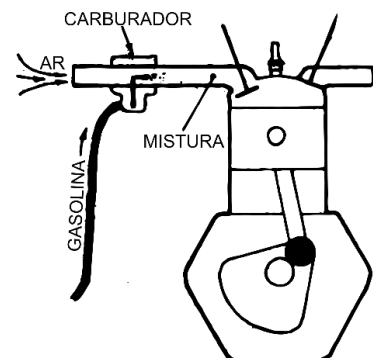
PRINCÍPIO BÁSICO

Ar passa por um dispositivo denominado CARBURADOR onde se mistura com a gasolina

TIPOS DE CARBURADOR

• Sucção/pressão diferencial Gasolina é aspirada pelo fluxo de ar.

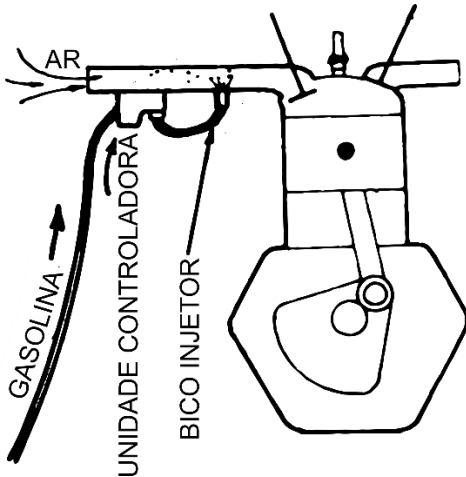
• Injeção Gasolina é injeta dentro do fluxo de ar sob pressão





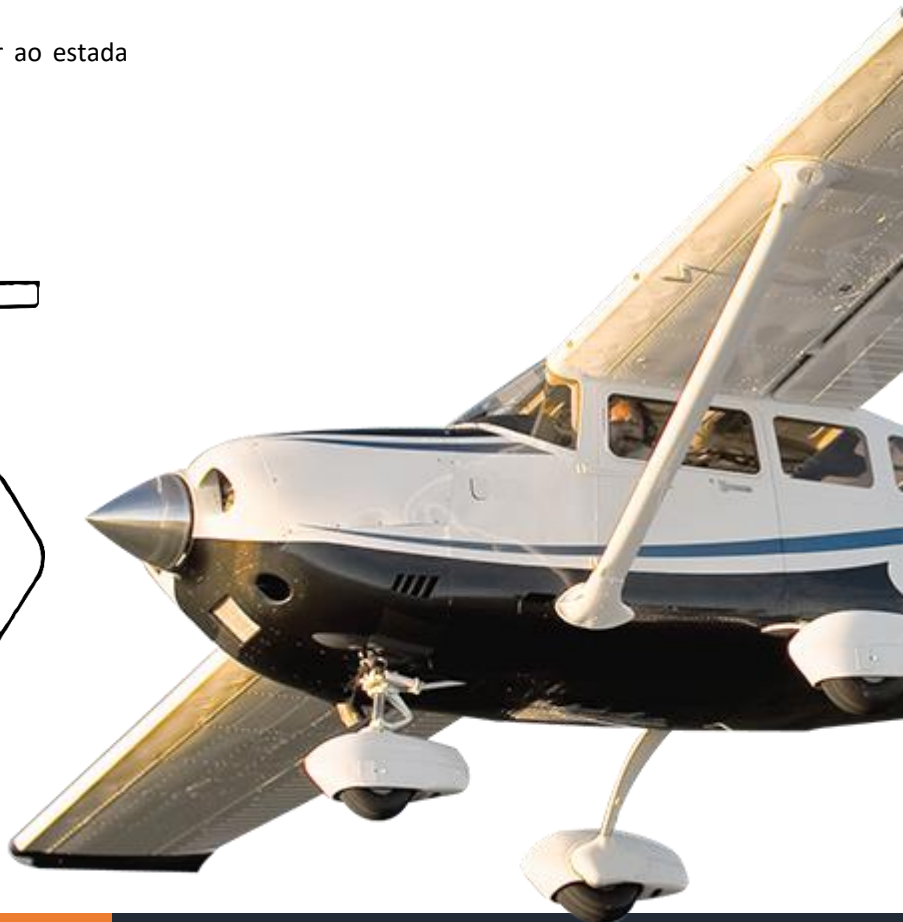
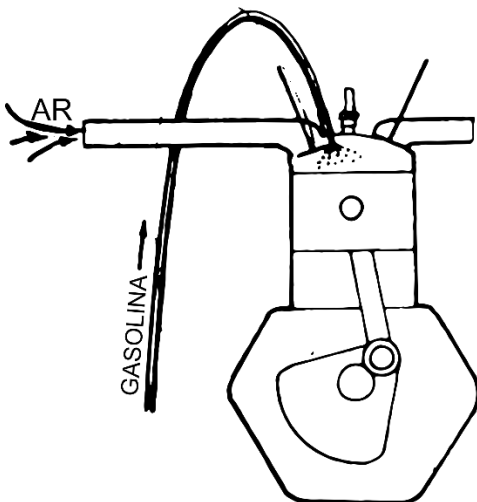
2- INJEÇÃO INDIRETA

- Gasolina injetada no fluxo de ar por uma bomba
- Injetada antes do cilindro
- Não há carburador para dosar a mistura
- Unidade controladora/reguladora de combustível (dosagem)
- Bico injetor (pulveriza a gasolina)



3- INJEÇÃO DIRETA

- Os cilindros aspiram ar puro.
- Combustível é injetado dentro dos cilindros.
- Mais eficiente
- Respostas mais rápidas
- Menor possibilidade a gasolina voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura.





1. Carburador:

O carburador é a mais simples das unidades de formação de mistura.

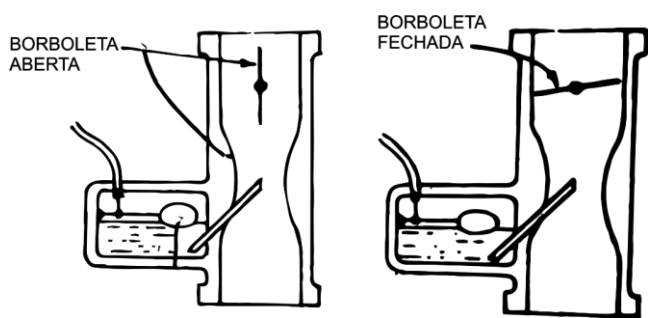
Controla a quantidade de ar e dosa a gasolina na proporção correta, selecionando assim as fases operacionais (marcha lenta, decolagem e etc) que o piloto comanda através da manete de potência. Se a mistura formada não for adequada, o motor pode parar de funcionar por falta de gasolina ou por afogamento, isto é, por excesso de gasolina.

2. Controle de potência:

A manete de potência está ligada diretamente na borboleta do carburador, que controla diretamente a quantidade de ar e indiretamente a quantidade de combustível, pois se há mais ar fluindo, irá “puxar” mais combustível.

Quando o piloto aciona potência total (manete toda a frente) a borboleta do carburador estará totalmente aberta, permitindo com que o motor aspire a máxima quantidade de ar.

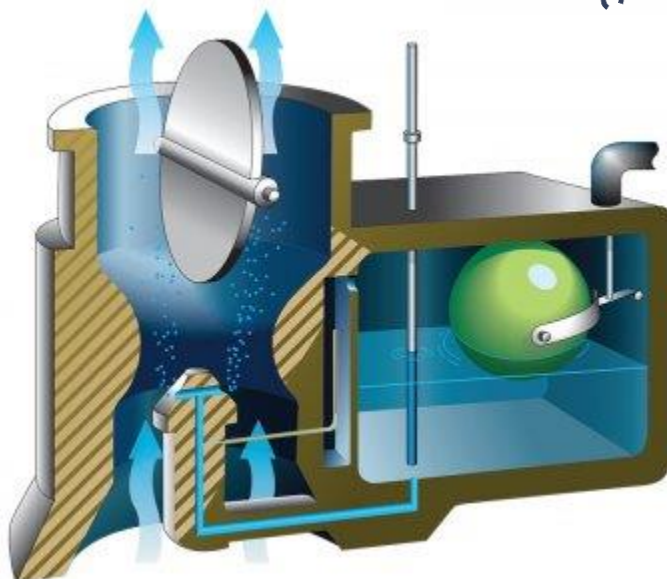
Quando o piloto seleciona a manete em marcha lenta (manete toda para trás) a borboleta estrangulará ao máximo a passagem do ar, fazendo com que o motor funcione em marcha lenta. A borboleta fica quase fechada, aberta apenas o suficiente para entrar uma pequena quantidade de ar e succiona uma pequena quantidade de combustível – o que ocasiona o mínimo de potência ao motor.



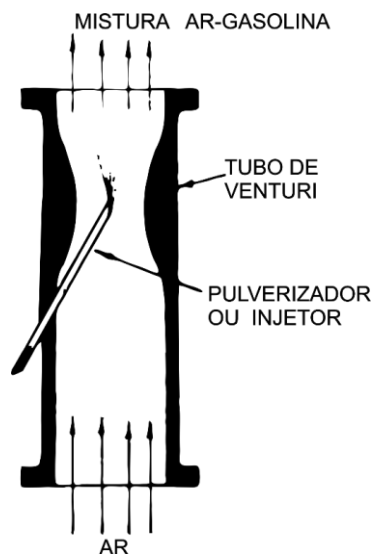
IMPORTANTE : Este mecanismo de borboleta é utilizado para controlar o fluxo de ar de admissão em todos os sistemas de formação de mistura, seja carburação, injeção direta ou indireta. O controle de fluxo de gasolina, porém, varia conforme o sistema, que serão vistos na sequência.

3. Princípio de funcionamento do carburador:

O elemento básico do carburador é o **tubo de venturi**, o qual possui um estrangulamento onde o fluxo de ar se acelera, princípio que é estudado em



detalhes em Teoria de Voo. Esse formato do Tubo de Venturi, acelera o ar e consequentemente aumenta a energia (pressão) dinâmica e diminui a energia (pressão) estática.



A sucção resultante do tubo de venturi, faz a gasolina subir pelo pulverizador ou injetor, misturando-se com o ar sob forma pulverizada, esta gasolina deve chegar ao cilindro sob forma gasosa.

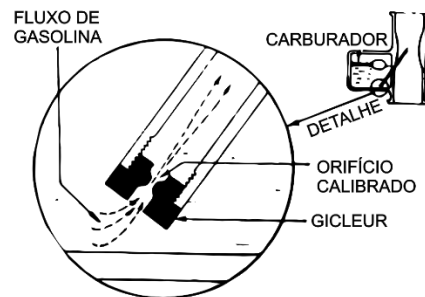
O nível de gasolina dentro da cuba é mantido constante através de um sistema de bóia semelhante ao das caixas de água residenciais.

Portanto o funcionamento deste carburador baseia-se na diferença de pressão existente entre a cuba de nível constante e o tubo de venturi.



4. Gicleur ou giglê:

É um orifício calibrado que serve para dosar a quantidade de combustível que sai do pulverizador principal, quanto menor o diâmetro do orifício, mais pobre será a mistura. Este diâmetro é fixo e determinado pelo fabricante do motor.

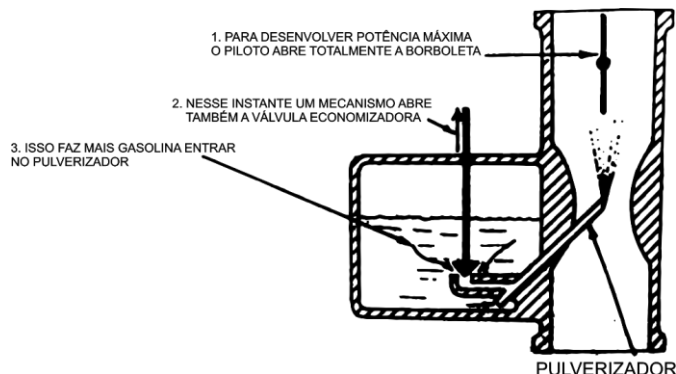


5. Marcha lenta:

Quando o piloto posiciona a manete de potência em marcha lenta, ele está estrangulando ao máximo a passagem de ar através da borboleta.

Neste momento a gasolina deixa de ser aspirada pelo pulverizador principal e passa a ser aspirada pelo **pulverizador de marcha lenta**, o qual aproveita a sucção formada entre a borboleta e a parede do tubo.

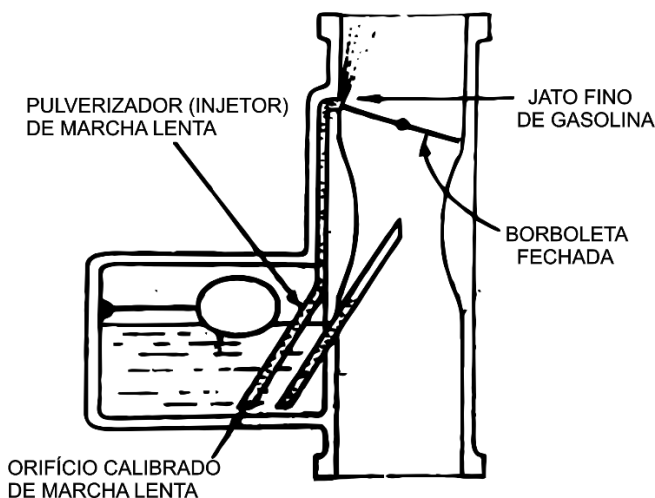
A abertura da borboleta e o orifício de dosagem de gasolina podem ser ajustados pelo mecânico em solo. Este ajuste faz parte do serviço de regulagem do motor.



7. Válvula economizadora:

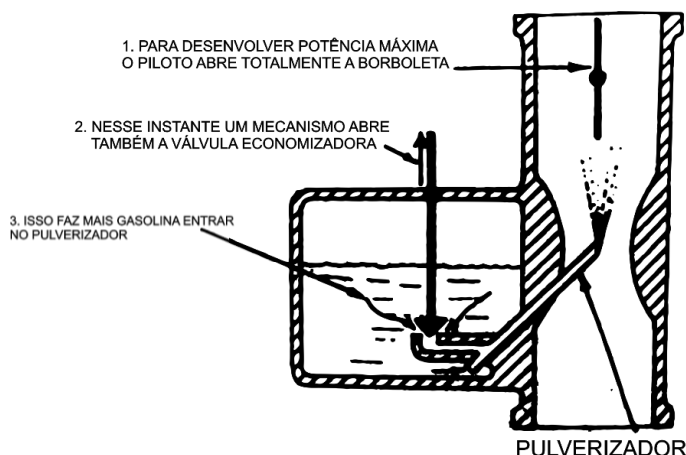
Quando a borboleta está na posição de potência máxima, além do dispositivo mencionado no item 6, abre-se uma **válvula economizadora**, fazendo passar mais gasolina para o pulverizador, a mistura torna-se rica (10:1)

Reduzindo a potência para máxima contínua, a válvula fecha-se um pouco, e a mistura empobrece um pouco para 12,5:1. Se a potência for reduzida para cruzeiro, a válvula economizadora fecha-se totalmente, tornando a mistura pobre 16:1.



6. Aceleração:

Quando o piloto coloca toda a manete a frente ele está acelerando o fluxo de ar imediatamente, mas a gasolina sofre um retardo ao subir pelo pulverizador para chegar no tubo de venturi do carburador. Para compensar esse retardo, o carburador possui uma bomba de aceleração, cuja o pistão injeta uma pequena quantidade adicional de gasolina no instante em que a borboleta é aberta.





8. Influência da atmosfera:

A mistura torna-se rica quando a densidade do ar diminui. Podendo ser consequência das seguintes variações:

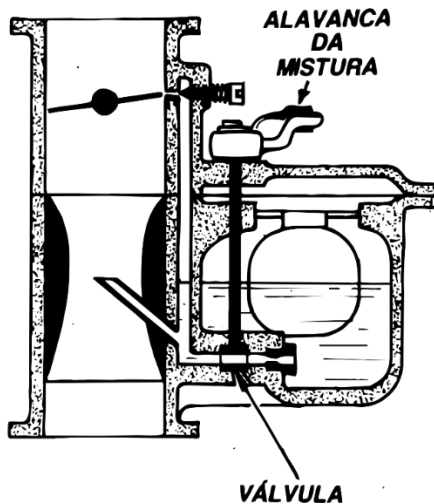
Redução da pressão atmosférica devido à altitude ou por razões meteorológicas.

Aumento da temperatura do ar.

Aumento da umidade do ar.

9. Corretor altimétrico:

Já sabemos que conforme o avião vai ganhando altitude precisamos empobrecer a nossa mistura pelo fato da queda da densidade. Isto é feito pelo **corretor altimétrico** (geralmente uma válvula), que é acionada pela manete de mistura e serve para corrigir a mistura e cortar o motor. Na imagem temos um exemplo típico, mas existem corretores altimétricos dos mais variados tipos, inclusive automáticos que dispensam a atenção do piloto.



10. DEFICIÊNCIAS DO CARBURADOR

* Distribuição desigual da mistura nos cilindros

- Possibilidade de formação de gelo no Tubo de Venturi (queda de temperatura na vaporização)
- Movimentos do avião provocam movimentos na cuba.
- Existe possibilidade da mistura voltar ao estado líquido no tubo de admissão – empobrece a mistura.

11. SINTOMAS DA FORMAÇÃO DE GELO

GELO NA BORBOLETA

Ocorre a queda da rotação do motor porque o gelo bloqueia a passagem da mistura como se a borboleta estivesse sendo fechada; assim como a queda na pressão de admissão pela mesma razão, facilmente percebido se o avião possuir um manômetro de admissão

GELO NO PULVERIZADOR

Provoca o funcionamento irregular do motor ou retorno de chama nesse último caso se o gelo bloquear a saída da gasolina do pulverizador, empobrecendo a mistura.

12. ELIMINAÇÃO DO GELO

* Aquecer o ar de admissão

* Dispositivo acionado por uma alavanca no painel

* Utiliza o calor dos gases de escape (Sistema de Indução)

13. CARBURADOR DE INJEÇÃO (É um carburador com melhorias a fim de reduzir as deficiências do carburador de sucção)

* Combustível sob pressão de uma bomba acionada pelo motor.

* Pressão ajustada pela unidade reguladora, de acordo com o fluxo de ar.

* Gasolina vai para a unidade de controle – orifício calibrado.

* Gasolina dosada segue para o pulverizador onde se mistura com o ar.

* Borboleta = carburador convencional

* Tubo de venturi = sinaliza aos diafragmas da unidade reguladora para controlar a pressão da gasolina.

OBS:

Sucção é a injeção feita pela pressão atmosférica. CARBURADORES PRESSURIZADOS OU NÃO FUNCIONAM POR PRESSÃO. Carburador Convencional (aspirado) → pressão do ar atmosférico Injeção (pressurizado) → Pressão criada por mecanismos internos

VANTAGENS DO CARBURADOR DE INJEÇÃO/PRESSURIZADO

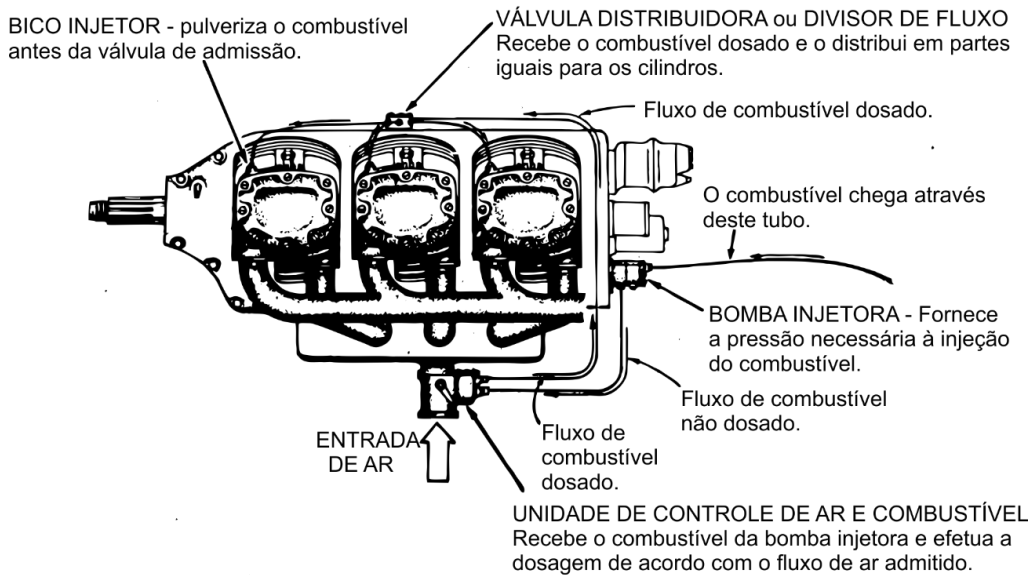
Evita acúmulo de gelo na borboleta, porque a pulverização é feita após esta.

Funciona em todas as posições do avião, não há espaço vazio onde o combustível possa balançar.

Vaporização mais perfeita do ar, porque a pressão quebra as partículas de gasolina em partículas ainda menores.

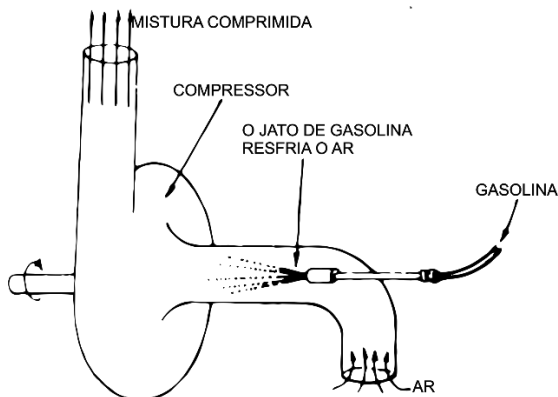
14. SISTEMA DE INJEÇÃO INDIRETA

Neste sistema, os cilindros recebem a mistura já formada. Na imagem podemos notar um sistema típico, onde o combustível é injetado na cabeça do cilindro, num fluxo contínuo imediatamente antes das válvulas de admissão.



Alguns sistemas de injeção indireta não possuem válvulas distribuidoras, porque o combustível é injetado no duto de admissão, antes de este se ramificar para vários cilindros do motor.

A injeção pode ser feita na entrada do compressor de superalimentação. A vaporização do combustível torna o ar mais frio e denso, aumentando a massa de ar admitida e portanto a potência do motor.



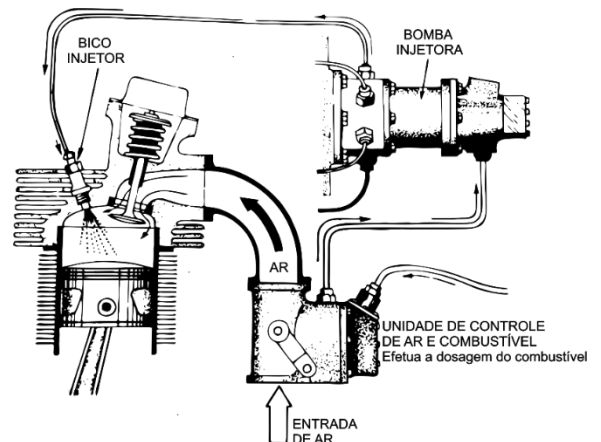
14. Sistema de Injeção Direta

Neste sistema de injeção direta, o combustível é pulverizado dentro dos cilindros, durante a fase de admissão, portanto o fluxo é descontínuo, já que o combustível não pode ser injetado a todo instante, apenas no momento correto.

O motor aspira ar puro e a mistura forma-se dentro dos cilindros, por isso leva o nome de injeção DIRETA, a mistura forma-se DIRETAMENTE nos cilindros.

Nesta imagem temos um exemplo de um sistema

típico de injeção direta. A bomba injetora desempenha um papel vital, pois ela serve não somente para bombear combustível, como também para distribuir e injetar o combustível nos cilindros, em sincronia com os tempos de admissão.



VANTAGENS DA INJEÇÃO DIRETA

Evita acúmulo de gelo na borboleta, porque a pulverização é feita após esta.

Funciona em todas as posições do avião, não há espaço vazio onde o combustível possa balançar.

Vaporização mais perfeita do ar, porque a pressão quebra as partículas de gasolina em partículas ainda menores. (mesmas vantagens do carburado de injeção/pressurizado, mas ainda mais notáveis.

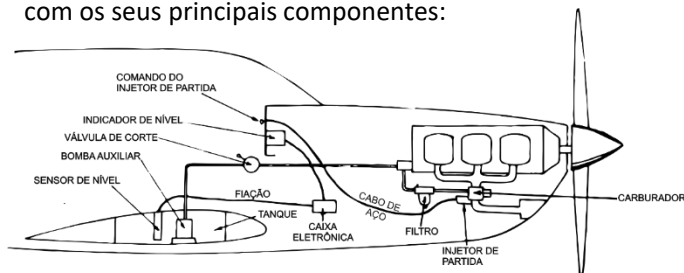
Em relação aos outros sistemas (carburado/carburado de injeção/injeção indireta) a injeção direta é:

- ✓ Mais eficiente
- ✓ Respostas mais rápida
- ✓ Menor possibilidade a gasolina voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura.



1. O Sistema de combustível tem a finalidade de armazenar o combustível e fornecê-lo ao motor, independente da rotação, altitude, umidade ou pressão.

A imagem abaixo ilustra um sistema de combustível com os seus principais componentes:

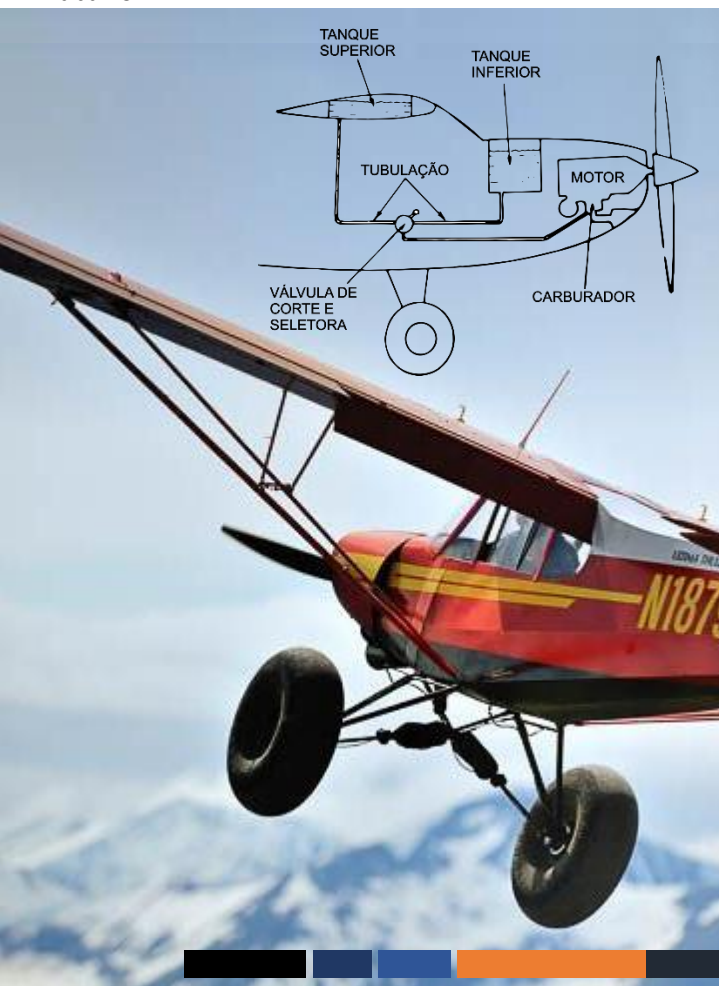


Basicamente existem dois sistemas de combustíveis possíveis nas aeronaves:

- ✓ Alimentação por gravidade
- ✓ Alimentação por pressão

2. Alimentação por gravidade:

Neste tipo de sistema, os tanques estão localizados em posições mais elevadas e o combustível escoar por gravidade, como pode ser observado na imagem abaixo:

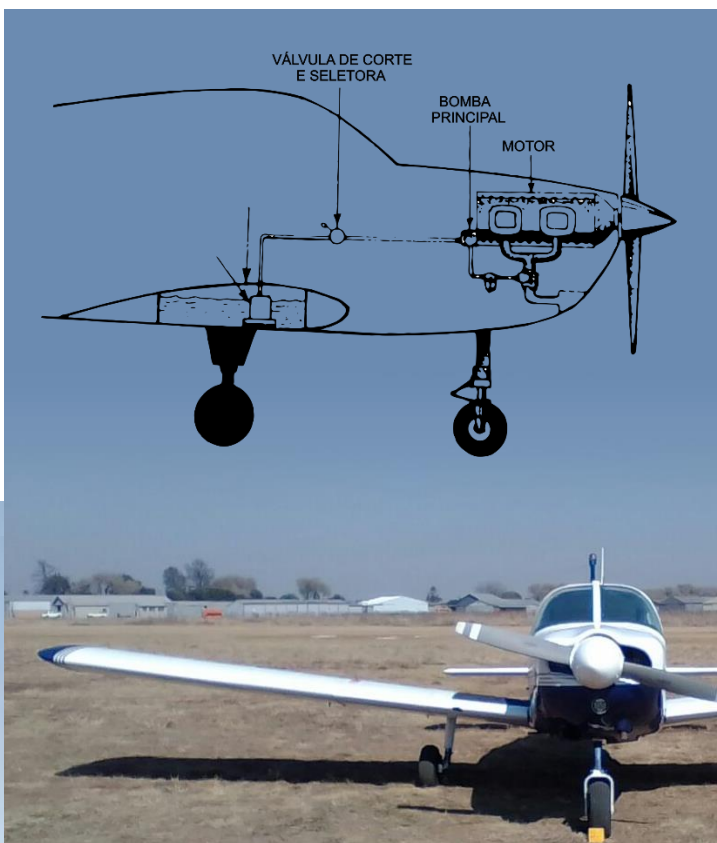


O piloto pode selecionar os tanques a serem usados (superior, inferior ou ambos/ asa direita, asa esquerda ou ambos) através de válvulas de corte e seletora, a qual serve para cortar a alimentação de combustível ao motor, localizada no interior da cabine de comando.

Os tanques possuem um furo de ventilação para que o ar possa entrar.

3. Alimentação por pressão:

Neste sistema, o combustível é enviado ao motor através de pressão de uma bomba.



Normalmente são usadas duas bombas:

Bomba principal, que é acionada pelo motor do avião

Bomba auxiliar, que é acionada por um motor elétrico, geralmente usada durante a partida do motor, decolagem e pouso ou em voos de altitudes elevadas, conforme recomendada pelo manual do avião. Esta bomba também pode alimentar o motor quando a bomba principal eventualmente estiver em pane.

Em muitos aviões ela está instalada no fundo do tanque de combustível.

4. Tanques de combustível:

O combustível é armazenado nos aviões em tanques localizados geralmente dentro das asas ou da fuselagem.



Sendo os principais tipos:

Tanque Rígido

É construído com material rígido como o alumínio, aço inoxidável, fibras e plásticos diversos, sendo fixado no avião através de tiras metálicas emborrachadas ou outro meio apropriado.

Tanque Flexível (“BladderCell” literalmente “célula bexiga”)

É feito de borracha sintética ou outro material flexível. Deve ser amarrado ou fixado por meio de presilhas e outros meios, em locais apropriados para suportar as cargas previstas em voo.

Tanque Integral:

Este tanque utiliza a própria estrutura do avião para armazenar o combustível, portanto não é removível. A selagem contra vazamento é feita durante a fabricação do avião.

5. Indicador de quantidade de combustível (Liquidômetro):



Marca a quantidade de combustível nos tanques de combustível. Geralmente é um instrumento elétrico que recebe um sinal de um transmissor localizado no tanque.

Em aviões mais simples é construído com uma boia com um haste de arame visível externamente, logo a frente do para-brisa.

6. Injetor de partida (“PRIMER”):

É uma pequena bomba manual ou elétrica que serve para injetar um pouco de combustível do tubo de admissão, para facilitar a partida; utilizado principalmente em dias frios, na primeira partida no motor.

O primer deve ser acionando conforme as recomendações do fabricante do motor.

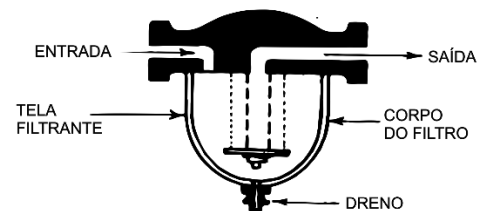
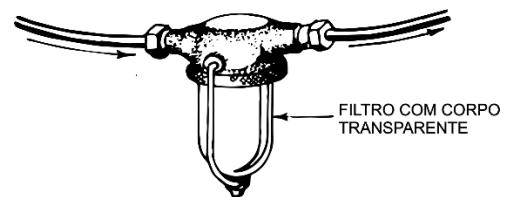
OBS: Em alguns aviões não existe a injetora de partida, tendo o piloto que acionar a manete de potencia algumas vezes (Seguindo a recomendação do fabricante). Este movimento aciona a bomba de aceleração do carburador, injetando assim um pouco mais de combustível.

7. Válvula de corte e seletora:

É usada pelo piloto para selecionar o tanque em uso ou cortar o suprimento de combustível.

O gerenciamento de tempo de uso vai varias de projeto para projeto, em aviões bimotores temos uma válvula chamada “CROSS FEED”, que serve para fazer a alimentação cruzada, ou seja, fazer com que o motor da esquerda seja alimentado pelo combustível do taque direito por exemplo.

8. Filtro:



Serve para reter impurezas sólidas, através de uma tela fina de metal ou papel filtrante, alguns filtros tem o corpo transparentes permitindo a verificação da presença de impurezas e água .

Nos aviões o filtro se encontra na parte mais baixa da fuselagem, próximo ao motor e possui uma pequena válvula para que o piloto possa retirar um pouco de combustível e verificar se este esta contaminado com água.

9. Prevenção contra água:

Durante o abastecimento a água pode ser eliminada com o uso do funil de camurça, que permite apenas a passagem do combustível. Em muitos aeródromos isso é desnecessário porque a própria bomba de combustível fornece o combustível livre de água.

Durante paradas prolongadas do avião, os tanques devem estar cheio de combustível, para diminuir a quantidade de ar em contato com o combustível, evitando a vapor d’água presente na atmosfera.



10. Obtenção

Os combustíveis de aviação são obtidos através da destilação do petróleo.

No processo de destilação do petróleo a medida que aumentamos a temperatura a nossa matéria prima (petróleo) começa a liberar vapores que podem ser recolhidos através do resfriamento deste vapor.

Inicialmente são recolhidos os produtos mais voláteis derivados do petróleo, sendo o éter, a gasolina de aviação, a gasolina automotiva, e depois os menos voláteis, como o querosene, o óleo diesel, os óleos lubrificantes e etc.

De um modo geral a gasolina é usada para motores a pistão, e o querosene nos motores a reação. Existem porém, exceções.

Os combustíveis obtidos do petróleo são denominados combustíveis minerais, em contraste com o álcool, por exemplo, que é um combustível vegetal.

11. Propriedades da gasolina

As propriedades mais importantes da gasolina são o poder calorífico, a volatilidade e o poder antidetonante.

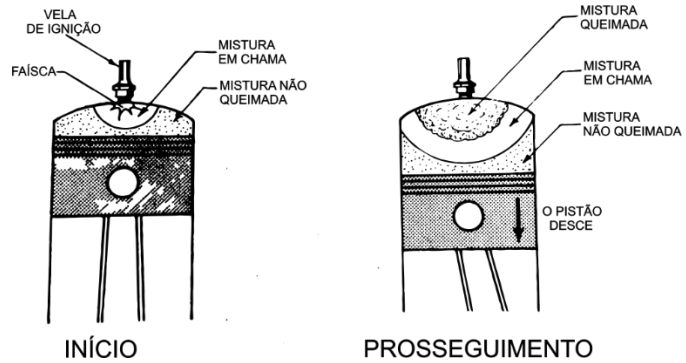
a) Poder calorífico: É a quantidade de calor liberada pela queima de uma determinada quantia (1Kg ou 1libra) de combustível. A gasolina é um dos combustíveis líquidos de mais alto poder calorífico.

b) Volatilidade: A gasolina é uma mistura de vários líquidos combustíveis denominados hidrocarbonetos. Alguns deles tem alta volatilidade e tornam possível dar partida no motor em baixas temperaturas.

c) Poder antidetonante: É a capacidade da gasolina resistir à detonação – fenômenos que será descrito nos próximos itens.

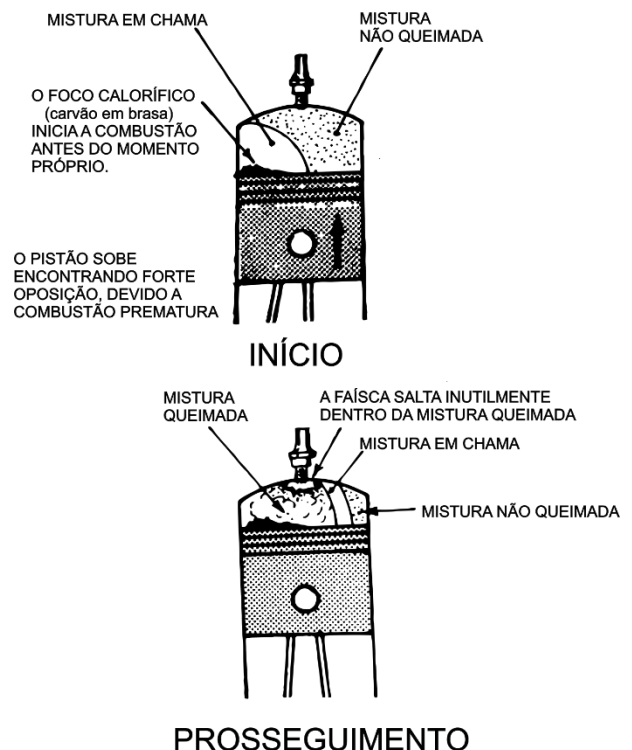
12. A queima da gasolina pode ocorrer de três diferentes maneiras num motor a pistão, a combustão normal, pré-ignição e detonação

a) Combustão normal: A queima começa quando se dá a faísca na vela. A chama irá se propagar dentro do cilindro com rapidez, mas progressivamente. A ignição deve ser produzida no instante adequado para aproveitar ao máximo a energia impulsiva dos gases.



b) Pré-ignição: A combustão neste caso ainda é rápida e suave, mas ocorre prematuramente, devido a existência de um ponto quente, podendo ser a vela superaquecida ou uma pequena quantidade de carvão incandescente acumulado na câmara de combustão ou na cabeça do êmbolo.

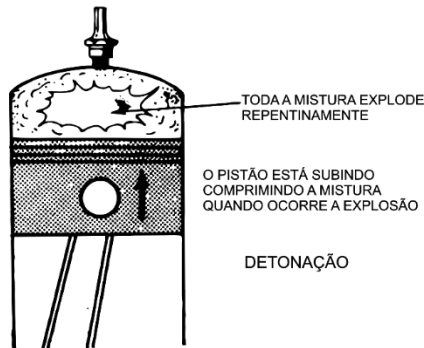
Como a combustão é antecipada, a energia impulsiva não fica sincronizada com o movimento do pistão, e o resultado é o superaquecimento e o mau rendimento mecânico.



c) Detonação: A combustão neste caso é praticamente instantânea, ou seja, explosiva. A energia da combustão é liberada instantaneamente, causando superaquecimento em vez de potência mecânica. Este fenômeno também é conhecido como "batida de pinos" devido ao ruído característico que produz (Tec- tec-tec-tec...), como se alguém estivesse golpeando a carcaça do moto com um martelo. As causas da detonação podem ser:



Combustível com baixo poder antidetonante
Mistura muito pobre
Cilindro muito quente
Compressão muito alta



As principais consequências da detonação no motor são:

- Danos nos anéis de segmento , pistões e válvulas
- Perda de potência e superaquecimento do motor
- Queima de óleo lubrificante e inutilização do motor (popularmente dito como “motor funde”).

13. Índice de octano (IO)

É um número atribuído a cada tipo de gasolina, servindo para indicar o seu poder antidetonante. O índice de octano (ou índice octânico ou octanagem) é determinado através do **motor CFR (CooperativeFuelResearch)**, que possui compressão variável. Este teste é feito em duas etapas, pelo processo de comparação:

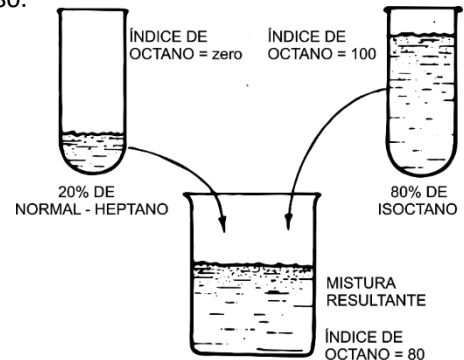
- O motor CFR é posto em funcionamento com a gasolina a ser testada . Durante o funcionamento a taxa de compressão é aumentada, até que o motor comece a “bater pinos”.
- Fixada essa taxa de compressão, o motor CFR é alimentado com misturas de isoctano e heptano (dois tipos de hidrocarbonetos), em diversas proporções, até que comece a “bater pinos”. A porcentagem de octano presente nessa mistura é o índice de octano da gasolina testada.

14. Justificativa do método

O isoctano é um hidrocarboneto (líquido inflamável formado por carbono e hidrogênio) muito resistente a detonação. O heptano(ou normal-heptano) é um outro tipo de hidrocarboneto , porém facilmente detonável que torna o funcionamento do motor impossível . Por convenção, atribui-se o índice de octano “100” para o isoctano e para o heptano “zero”.

Se misturarmos os dois hidrocarbonetos, por exemplo, 80% de isoctano e o restante de heptano, teremos uma mistura cujo índice de octano será

intermediário, no caso igual a 80. Portanto qualquer gasolina que se com portar no motor de forma semelhante a essa mistura terá o índice de octano igual a 80.



15. Para aumentar o índice de octano, a gasolina recebe um aditivo chamado **chumbo tetraetila (ou tetraetil chumbo)**. Com isso, obtêm-se índices octânicos melhores que o próprio isoctano , ou seja , superiores a 100

Definição de **Índice de Desempenho (ID)**: aplicável a octanagens maiores que 100, calculado pela formula

$$ID=3(IO-100)$$

Ex:

Octanagem igual a 115

$$ID=3(115-100)$$

ID=45.

16. Efeito da mistura no poder antidetonante

A mistura pobre é menos antidetonante que a mistura rica. Por isso, o índice de octano é designado através de um duplo índice.

Ex: A gasolina 100/130 possui índice de octano igual a 101 (aproximadamente 100) para mistura pobre e 131 (aproximadamente 130) para mistura rica.

17. Classificação da gasolina de aviação

A gasolina de aviação é classificada em dois tipos, de acordo com a sua octanagem.

Ambos os tipos possuem a mesma coloração: AZUL

18. O uso de gasolina com octanagem incorreta pode ser permissível em alguns casos, mas porém, tem que ser respeitado os critérios :

a) **Octanagem baixa:** Nunca deve ser usada, devido à detonação, superaquecimento e demais consequências já estudadas .

b) **Octanagem alta:** Pode ser usada por tempo limitado, em emergências . Uso prolongado pode causar acúmulo de depósito de chumbo nas velas e consequente falha de ignição, além da corrosão em partes metálicas.



1. Princípio de Lubrificação

Duas superfícies metálicas, por mais polidas que sejam sempre apresentam atrito e este fato acontece porque é impossível eliminar as asperezas microscópicas. Quando utilizamos óleo lubrificante entre as superfícies, forma-se uma fina camada de óleo que reduz o atrito entre elas, consequentemente, através da lubrificação, reduzimos o desgaste das peças e o funcionamento do motor como um todo melhora, porque o atrito interno com óleo é pequeno.

2. Funções do óleo lubrificantes

A função **primária** do óleo lubrificante é a lubrificação das peças em atrito e como função **secundária** auxiliar o resfriamento do motor.

A lubrificação falha, coloca as peças em atrito provocando desgaste e calor (resultante do atrito). O calor por sua vez pode queimar o óleo, transformando-o em uma borra pegajosa que acabará impedindo o funcionamento correto.

As principais propriedades do óleo lubrificante são:

Viscosidade

Ponto de congelamento

Ponto de fulgor

3. Viscosidade

A viscosidade é a resistência que o óleo oferece ao escoamento.

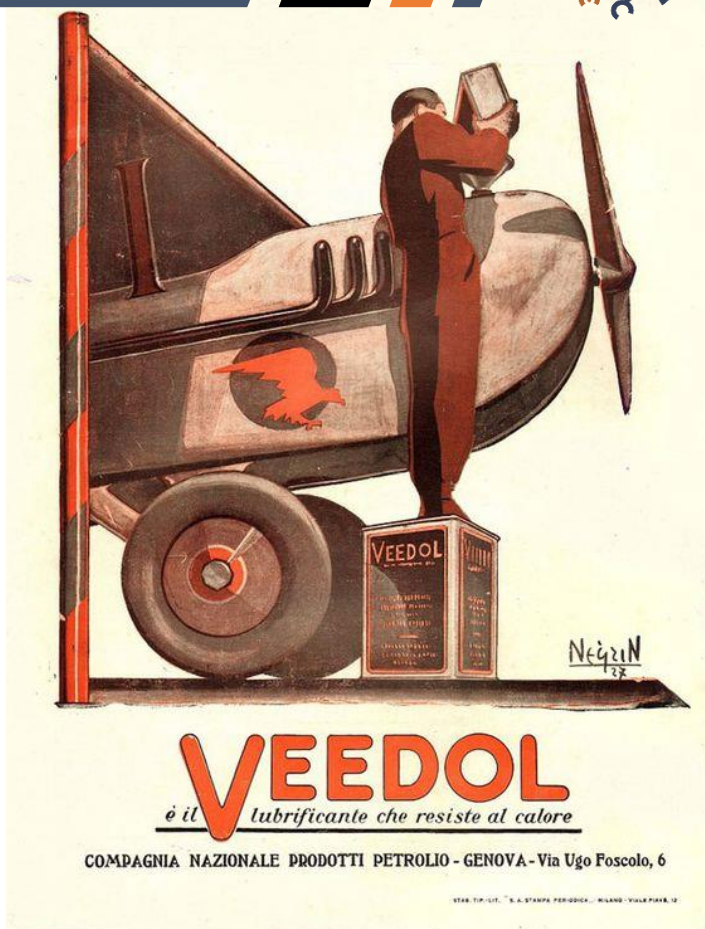
O frio excessivo aumenta a viscosidade, tornando difícil o movimento das peças. Já o calor excessivo, por sua vez, diminui a viscosidade - tornando o óleo muito fluido e incapaz de manter a película lubrificante entre as peças. Por estes motivos a temperatura do óleo deve ser mantida dentro de determinados limites, pois tanto o excesso de frio quanto o excesso de calor serão maléficos as propriedades do óleo.

4. Determinação da Viscosidade

A viscosidade de um óleo lubrificante é determinada por meio de um instrumento chamado viscosímetro. Um dos viscosímetros existentes e mais conhecido é o **Viscosímetro de Saybolt**, que mede o tempo que 60cm³ do óleo levam para escoar através de um orifício padrão.

Ex: Se o óleo levar 120 segundos para escoar de um viscosímetro de Saybolt à temperatura de 210 graus Fahrenheit, ele receberá a designação 120SSU210

Classificação SAE ("Society of Automotive Engineers") É um método muito utilizado, que



classifica os óleos em sete grupos : SAE10, SAE20, SAE30, SAE40, SAE50, SAE60 e SAE70, na ordem crescente de viscosidade .

Classificação para aviação - O óleo fornecido pelas empresas de petróleo, destinados a aviação, tem uma classificação comercial própria, através dos números :65,80,100,120 e 140 . Estes números correspondem ao dobro da classificação SAE, exceto o 65, com é possível verificar na tabela abaixo:

Óleos para Aviação	Classificação SAE
65	30
80	40
100	50
120	60
140	70

5. Ponto de Congelamento

É a temperatura em que o óleo deixa de escoar. Um bom óleo lubrificante tem baixo ponto de congelamento, permitindo que o motor possa partir e funcionar em baixas temperaturas.



6. Ponto de Fulgor

É a temperatura em que o óleo inflama-se momentaneamente quando em contato com uma chama. Um bom óleo lubrificante tem alto ponto de fulgor, para tornar possível a lubrificação em temperaturas elevadas.

7. Fluidez

Esta propriedade indica a fácil capacidade em fluir. O óleo deve ter elevada fluidez, para conseguir circular facilmente pelo motor. Nos óleos a fluidez está ligada à viscosidade. Infelizmente a fluidez não pode ser aumentada além de um certo limite sem prejudicar a viscosidade.

8. Estabilidade

O óleo lubrificante deve ser estável, isto é, não deve sofrer alterações químicas e físicas durante o uso, entretanto, como as alterações são inevitáveis, são estabelecidos tolerâncias através de normas específicas.

9. Neutralidade

Indica a ausência de acidez no óleo. Os ácidos, se presentes, atacam quimicamente as peças do motor, ocasionando a corrosão.

10. Oleosidade

É a tradução do termo “oiliness”, depende não apenas do óleo, como também da superfície a ser lubrificada.

Indica a capacidade do óleo a aderir a superfície. É uma propriedade muito importante, pois um óleo com boa viscosidade e boa formação de filme lubrificante seria inútil se não for capaz de aderir bem às superfícies a serem lubrificadas.

11. Aditivos

São substâncias químicas adicionadas ao óleo para melhorar suas qualidades.

Os principais são :

- ✓ Anti-oxidantes – Melhoram a estabilidade química do óleo, reduzindo a oxidação, que é a combinação do óleo com o oxigênio do ar, formando substâncias corrosivas, borras e outras substâncias nocivas.
- ✓ Detergentes – Servem para dissolver as impurezas que se depositam nas partes internas do motor.
- ✓ Anti-espumantes- Servem para evitar a formação de espuma, que provoca falta de óleo nas peças a serem lubrificadas.

O óleo deve ser trocado periodicamente porque os aditivos e o próprio óleo perdem suas propriedades com o uso.

12. Sistema de Lubrificação

Existem três sistemas de lubrificação

Lubrificação por Salpique

Lubrificação por pressão

Lubrificação Mista

Lubrificação por Salpique – Neste sistema de lubrificação o óleo espalha-se dentro do motor pelo impacto das peças móveis. A cabeça da biela por exemplo, choca-se com o óleo lubrificante no fundo do cárter, arremessando-o para todos os lados e lubrificando as peças internas do motor.

A vantagem da lubrificação por salpique é a simplicidade e o baixo peso. Porém, há peças de difícil acesso que este tipo de sistema de lubrificação torna impossível a sua lubrificação.

Lubrificação por Pressão - Neste sistema, o óleo lubrificante é impulsionado sob pressão para diversas partes do motor, através de uma bomba de óleo. O óleo entra no orifício de lubrificação das peças a serem lubrificadas, todas as partes do motor na trajetória do óleo são lubrificadas. Este é um sistema demasiadamente complexo e pesado, porém muito mais eficiente.

Lubrificação Mista – Este é o sistema empregado na prática, e consiste em lubrificação de algumas peças por salpique e as peças com acesso mais restritos são lubrificadas por pressão

13. Lubrificação dos cilindros

O óleo atinge as paredes internas dos cilindros, abaixo dos pistões por salpique. Conforme o que estudamos sobre os anéis de segmento, o excesso de óleo no cilindro durante a combustão é prejudicial, por este motivo o anel de lubrificação ou raspador elimina este excesso.

14. Componentes do Sistema de Lubrificação

Os principais componentes do sistema de lubrificação são o reservatório, radiador, bombas, filtros, decantador (se houver) e válvulas de diferentes tipos.

Reservatório:

Em muitos motores, o próprio cárter serve como reservatório, estes são conhecidos como “cárter molhado”. Por outro lado o “cárter seco” é aquele que tem um reservatório à parte.



O nível de óleo no reservatório deve ser examinado periodicamente, devido à perda que ocorre por vaporização, queima nos cilindros, vazamentos e etc.

Radiador de Óleo

Quando a temperatura do óleo lubrificante sobe acima de um determinado limite, abre-se um termostato (válvula que funciona com o calor), fazendo o óleo passar pelo radiador. O radiador recebe o vento da hélice e acaba baixando a temperatura do óleo que está passando pelo radiador. Além disso, o radiador possui alhetas que aumentam a área de contato com o ar e permitem que o resfriamento do óleo ocorra mais facilmente. O óleo lubrificante entra no radiador em alta temperatura e baixa viscosidade, e sai com temperatura mais baixa e alta viscosidade – ideal para lubrificar as partes integrantes do motor.

Bomba de Óleo

As bombas de óleo utilizadas nos sistemas de lubrificação são geralmente do tipo engrenagens (uma das engrenagens é acionada pelo motor e a outra gira engrenada na primeira). Eles recebem diferentes nomes conforme as suas utilidades e as principais são:

- Bomba de Pressão (de Recalque) – Retira o óleo do reservatório e envia sob pressão para o motor
- Bomba de Recuperação (ou de Retorno) – Retira o óleo que circulou pelo motor e o envia para o reservatório.



Filtro

O filtro tem o objetivo de reter as impurezas do óleo lubrificante, através de uma fina tela metálica, geralmente constituídos por discos ranhurados ou papelão especial corrugado .

Este filtro deve ser periodicamente limpo ou substituído antes que o elemento filtrante seja obstruído pelas impurezas.

Nos aviões leves o filtro normalmente utilizado é o descartável, semelhante aos dos automóveis .

O mecânico deve examinar os elementos filtrantes quando desmontar o filtro ou então substituí-lo se for descartável, afim de fazer a verificação de impurezas no elemento filtrante o que indica um desgaste anormal da peças ou iminente falha de alguma componente do motor.

Decantador

Em alguns aviões o óleo que circulou pelo motor escoa por efeito da gravidade até um pequeno tanque chamado decantador ou colhedor. Na sequência, este óleo passa por um filtro e uma bomba o envia para o reservatório. Na grande maioria dos projetos aeronáuticos este decantador não existe, pois o próprio reservatório desempenha esta função.

Válvulas

Existem muitos tipos de válvulas que controlam o fluxo do óleo em um sistema de lubrificação

As válvula mais importantes são:

a)Válvula reguladora de pressão – é colocada na linha para evitar que a pressão do óleo ultrapasse um determinado valor.

b)Válvula unidirecional – esta válvula dá livre passagem para o óleo lubrificante apenas num sentido e impede que o fluxo retorno .

c)Válvula de contorno ou “by-pass”- É uma válvula que abre-se acima de uma determinada pressão , com a finalidade de oferecer um caminho alternativo para o óleo. É muito usada nos filtros de óleo, a fim de permitir o fluxo do lubrificante quando o filtro ficar obstruído, isto se justifica porque é preferível que o motor funcione com um óleo não filtrado do que sem nenhuma lubrificação.

15. Instrumentos do sistema de Lubrificação

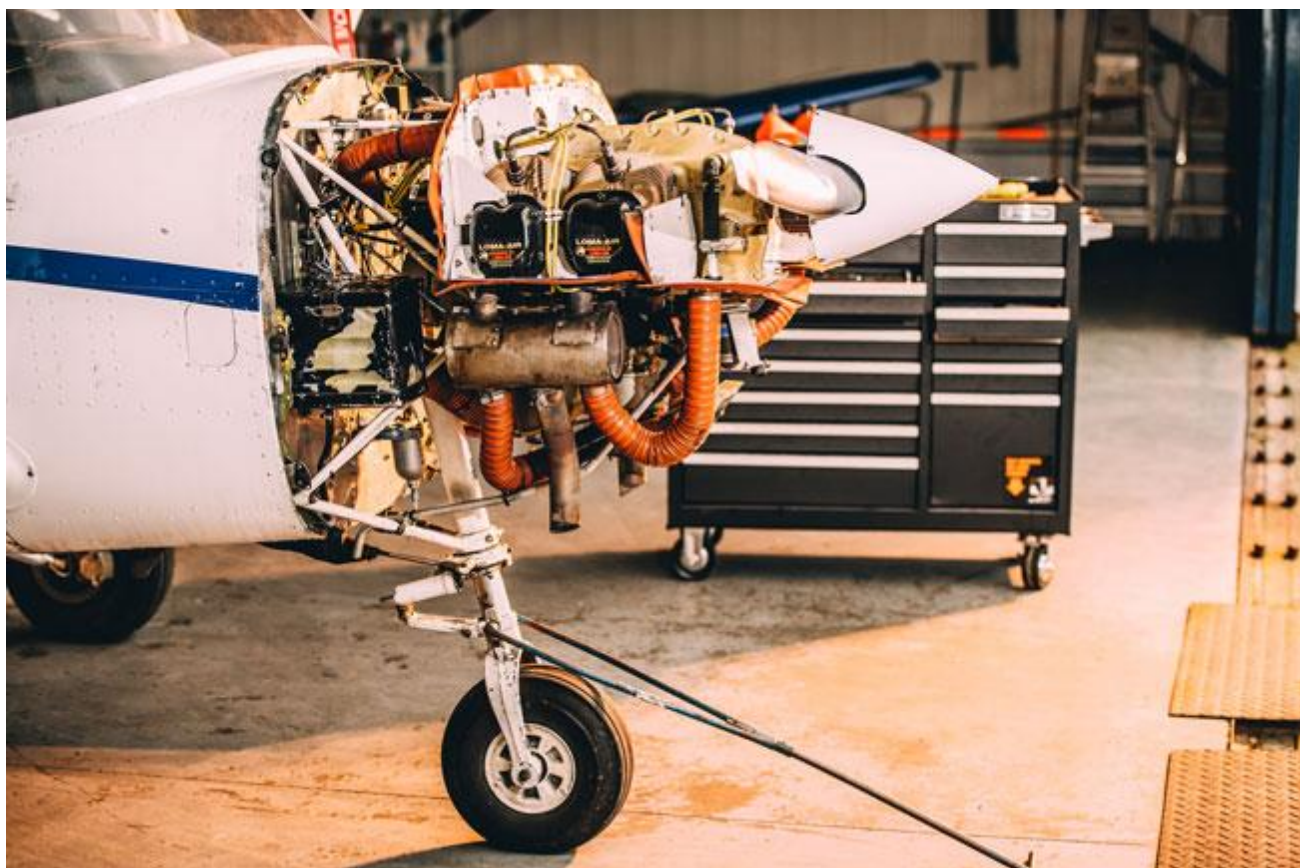
Serve para fazer a verificação do bom funcionamento do sistema de lubrificação e detectar eventuais falhas . Os principais instrumentos são o manômetro de óleo e termômetro de óleo .





Manômetro de óleo –Este é o primeiro instrumento a ser observado na partida do motor. Em um funcionamento normal do motor, o indicador do instrumento deverá estar dentro da faixa verde que indica o funcionamento normal , mas porém a partida com o motor frio a indicação poderá passar dos parâmetros normais por algum tempo limite devido a alta viscosidade do óleo . Se o indicador não der uma indicação de funcionamento normal em 30s (60s em dias muito frio) o motor deve ser cortado imediatamente, porque isto indica um funcionamento anormal do sistema de lubrificação . A medida que o motor se aquece o ponteiro deve entrar na faixa verde , porque o óleo está se aquecendo e sua viscosidade estará baixando consequentemente .

Termômetro do óleo – O aquecimento do óleo pode ser observado através deste instrumento. O piloto só poderá aplicar potencia máxima para decolagem se o termômetro estiver dentro do arco verde (indica a temperatura mínima e máxima de acordo com o fabricante do motor).





1. Necessidade do resfriamento

A eficiência de um motor térmico é tanto maior quanto maior temperatura da combustão, porém, o excesso de calor resultante da queima pode superaquecer o cilindro do motor, podendo prejudicar o funcionamento e causar danos. Por estes motivos, ainda que a temperatura seja necessária, o excesso dela pode ser maléfica ao desempenho do motor – e por isso os motores térmicos necessitam do resfriamento ou arrefecimento do motor.

2. A temperatura das peças metálicas, especialmente as de liga de alumínio devem ser mantidas em valores abaixo de 300°C. Temperaturas excessivas causam danos nocivos em diversas partes do motor. Por outro lado, a temperatura não deve descer abaixo de um determinado valor mínimo, porque os vapores da gasolina poderiam voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura e causando a parada do motor. Isto está sujeito a acontecer em descidas prolongadas com o motor lento, em dias muito frios.

3. Sistemas de Resfriamento

Existem basicamente dois tipos de sistema de resfriamento do motor, resfriamento a líquido (ou arrefecimento indireto) e resfriamento a ar (ou arrefecimento direto).

Obs: Lembrando que em ambos os casos, o óleo lubrificante ajuda a resfriar o motor, transferindo o calor através do radiador de óleo, embora essa não seja a função primária do óleo lubrificante.

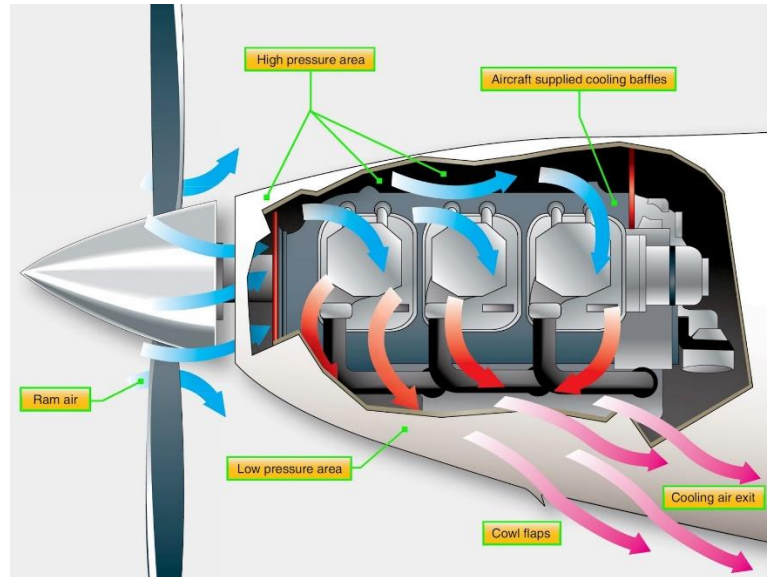
4. Resfriamento a líquido

Neste sistema, os cilindros são resfriados por um líquido, podendo ser água ou etileno-glicol. O etileno-glicol, apesar de ser muito mais caro e absorver menos calor que a água, tem a vantagem de não ferver ou congelar tão facilmente.

O sistema de resfriamento a líquido proporciona melhor transferência de calor e melhor controle e estabilização da temperatura.

Os motores arrefecidos por este tipo de sistema, podem ter maiores tolerâncias (“folgas menores”), ganhando em eficiência e potência, durabilidade e confiabilidade.

Suas desvantagens são: maiores custos, complexidade e peso. São fabricados até hoje em quantidade limitada, para usos especiais.



5. Resfriamento a ar

Este tipo de sistema de arrefecimento é o mais utilizado, porque é o mais simples, leve e barato – principalmente quando se trata de aeronaves de pequeno porte. Esse sistema funciona captando o ar externo e fazendo-o circular dentro do motor.

As desvantagens são: maior dificuldade do controle da temperatura e a tendência do superaquecimento.

Este tipo de sistema requer “folgas maiores” entre as peças, afim de comportar a maior dilatação provocada pelo calor, já que, inevitavelmente a temperatura irá aumentar, tendo em vista que o sistema é menos eficiente.

Estas folgas diminuem a potência e a eficiência.

O corpo do cilindro e a cabeça do cilindro (dependendo do projeto, apenas no lado do escapamento) possuem alhetas de resfriamento que aumentam a área de contato com o ar, ajudando assim a transferência de calor.

Podem ser usados os defletores e flaps de arrefecimento a fim de captar o ar para dentro do motor.

OBS: Nos motores com cilindros horizontais opostos, existem os defletores, que foram uma espécie de caixa que retém por mais tempo o ar acima dos cilindros, onde a pressão foi aumentada devido ao impacto do ar que entra na carenagem. Esta pressão faz com que o ar desça verticalmente, atravessando as alhetas dos cilindros.

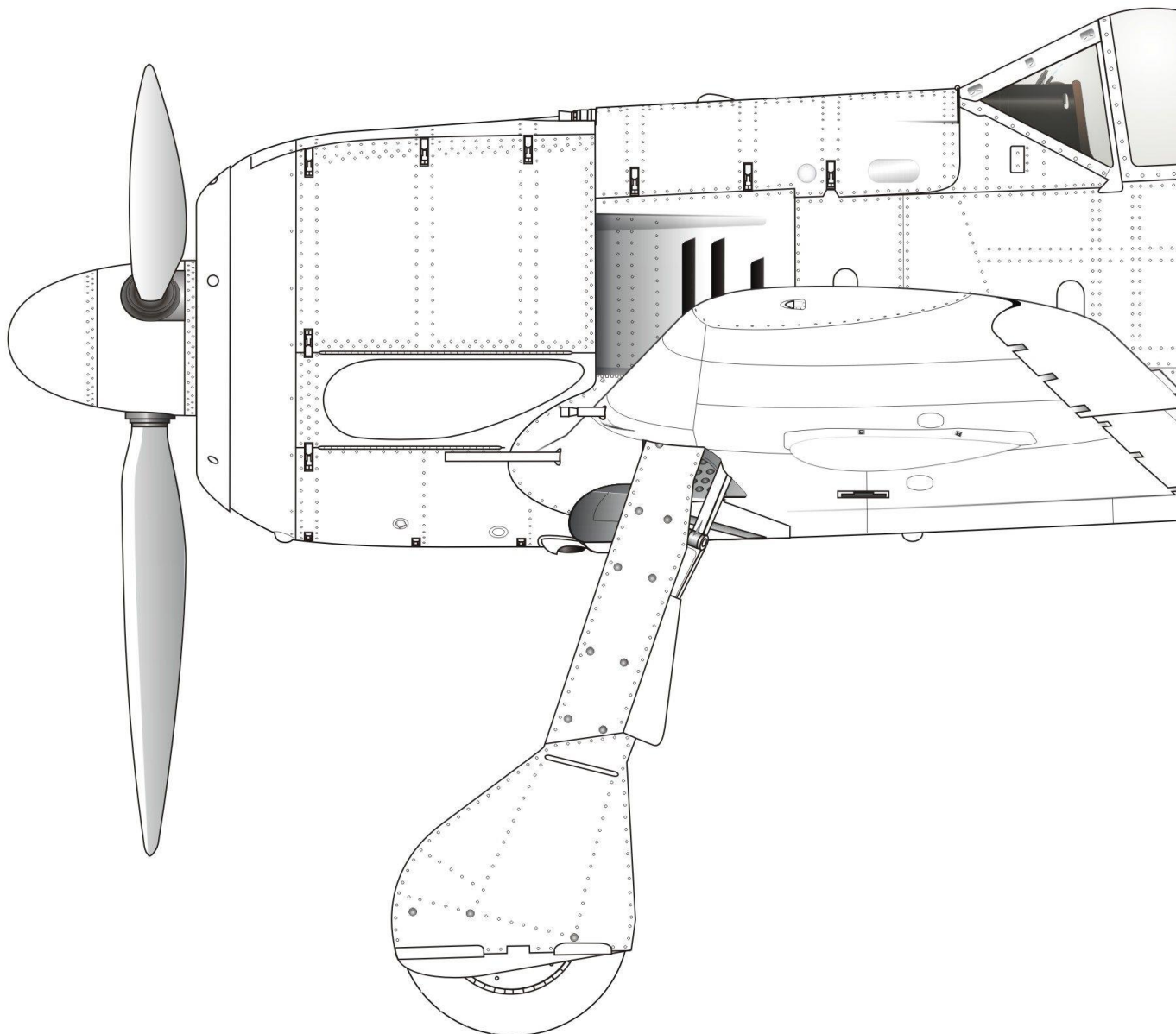
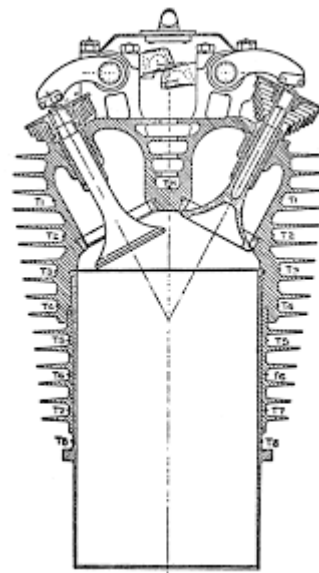


6. Controle de temperatura

As condições climáticas no Brasil fazem com que a maior parte dos problemas de temperatura sejam relacionadas ao superaquecimento.

Para reduzir este excesso de temperatura o piloto podem usar os seguintes recursos:

- ✓ Abrir os flaps de arrefecimento, se houver, para aumentar o fluxo de ar.
- ✓ Reduzir potência, reduzindo assim o calor gerado.
- ✓ Aumentar a velocidade do voo, afim de aumentar o fluxo de ar, logicamente apenas comandando uma picada sem aplicar motor.
- ✓ Usar mistura rica, se for possível, pois o excesso de combustível resfriará o motor, apesar de aumentar o consumo de combustível.





1. Generalidades:

A eletricidade em aviões é utilizada para várias finalidades; como a ignição, partida dos motores, iluminação, comunicação, navegação e acionamento de acessórios.

Nota do Professor: Nesse momento, estudaremos os fundamentos básicos para que no próximo capítulo possamos compreender de forma mais simples e completa as aplicações desses conceitos físicos no sistema elétrico do avião.

2. Átomos:

Toda matéria é constituída de átomo.

Todo átomo possui um núcleo formado por partículas, denominadas prótons e nêutrons. No estorno deste núcleo existe uma camada chamada eletrosfera, formada por elétrons que giram ao redor do núcleo.

O número de prótons presente no núcleo é igual ao número de elétrons que estão no estorno no núcleo, cada átomo vai ter um número específico de prótons e elétrons.

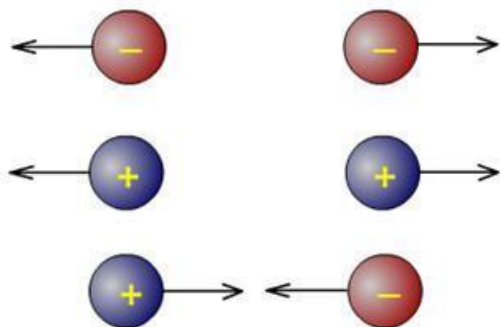
Ex: o átomo de carbono possui seis prótons, seis elétrons e vários nêutrons.

3. Cargas Elétricas

Os prótons (elementos que ficam no núcleo do átomo) possuem uma propriedade denominada carga elétrica positiva e os elétrons (girando na eletrosfera) possuem uma propriedade elétrica negativa.

As cargas iguais, tanto positiva quanto negativa se repelem, enquanto duas cargas diferentes, tanto uma positiva com uma negativa ou uma negativa com uma positiva, se atraem. Este é o fundamento básico da eletricidade.

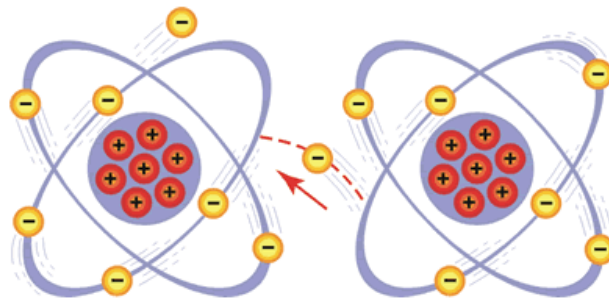
Os nêutrons não possuem carga elétrica, por este motivo não exercem atração e nem repulsão.



4. Corrente Elétrica:

É o fluxo de cargas elétricas num corpo. Nos materiais metálicos, a corrente é formada pelos elétrons da orbita externa dos átomos, que são por este motivo denominados elétrons livres. Em outros matérias podem existir cargas positivas e negativas fluindo em direções contrárias; por convenção, o sentido da corrente é aquele das cargas positivas.

Os corpos que permitem a passagem da corrente elétrica são denominados condutores elétricos, e os que não permitem a passagem são denominados isolantes elétricos.



5. Circuito Elétrico:

Para que haja a corrente elétrica é necessário que exista um caminho ou um circuito fechado. Não esquecendo que o sentido da corrente elétrica é sempre no sentido das cargas positivas, por convenção.

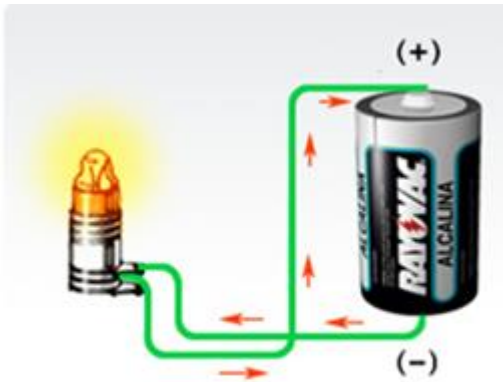
Essa convenção é respeitada, mesmo não havendo cargas positivas em circulação. Neste exemplo temos apenas elétrons livres circulando no sentido contrário ao da convenção. Neste caso eles estão sendo repelidos pelo polo negativo e atraído pelo polo positivo da pilha. Esta força de repulsão e atração, produzidas por reações químicas na pilha, são o que denominamos **Força Eletromotriz (FEM)** da pilha. A FEM é medida em volts(V). Uma pilha comum produz uma FEM 1,5V. Por exemplo a bateria de um automóvel produz uma FEM de 12V.

Por Convenção:





Elétrons Livres Circulando



6. Fontes e Cargas:

Fonte – Tudo aquilo que produz energia elétrica, tais como baterias e os geradores.

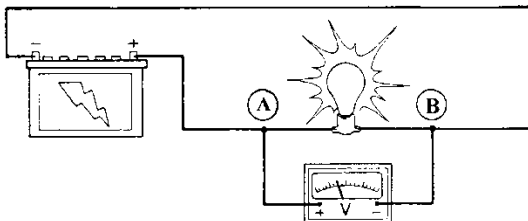
Carga- Tudo aquilo que consome eletricidade, como os motores, as lâmpadas, os rádios... Os elétrons circulam entre as fontes e as cargas através dos fios condutores.

7. Tensão, Voltagem, ou Diferença de Potencial

Um motor ou outro aparelho elétrico funciona quando há uma “força elétrica” que faça os elétrons se deslocarem através dele, formando uma corrente elétrica. Essa força elétrica é conhecida como Tensão, ou voltagem, ou diferença de potencial, que é medida em volts(V), por meio de um voltímetro.

Para medir a voltagem num motor, o voltímetro deve ser ligado em paralelo com ele.

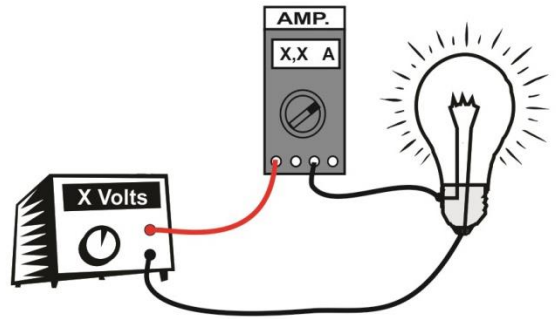
Podemos dizer que a FEM é a voltagem produzida por uma fonte, e a Tensão, Voltagem ou Diferença de Potencial é a voltagem que uma carga recebe de uma fonte.



8. A Medição de Corrente Elétrica:

A corrente elétrica é medida em ampères (A), por meio de um amperímetro.

O amperímetro deve ser ligado em série com a carga, para que a corrente em ambos seja a mesma.



9. Resistência Elétrica:

Todo corpo oferece resistência à passagem da corrente e esta resistência é medida em ohms (Ω), por meio de ohmímetros.

Para fios condutores, a resistência depende de três fatores:

Material do fio – ex: o cobre oferece menor resistência que o alumínio

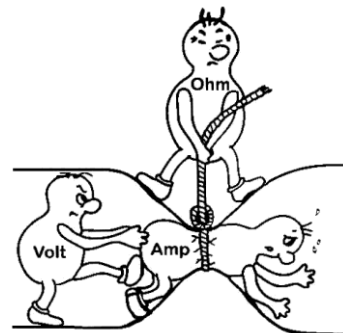
Comprimento do fio: quanto mais longo, maior a resistência

Seção (grossura) do fio: quanto mais grosso, menor a resistência

A **Lei de Ohm**: É uma lei da eletricidade, segundo a qual a corrente é igual à tensão dividida pela resistência.

Ex: Se ligarmos uma lâmpada de resistência igual a 6 Ω a uma bateria de 12V, teremos uma corrente de:

$$\text{Corrente} = \frac{\text{Tensão}}{\text{Resistência}} = \frac{12V}{6\Omega}$$

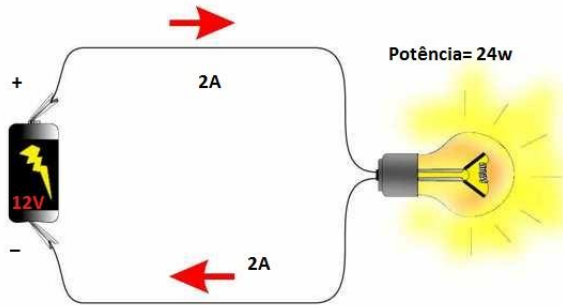


10. Potência Elétrica:

Complementando a Lei de Ohm, permite calcular a corrente elétrica num circuito, temos então, a seguinte fórmula para calcular a potência consumida por um acessório elétrico.

$$\text{POTÊNCIA} = \text{TENSÃO} \times \text{CORRENTE}$$

Ex: Potência = 12V x 2ª = 24W (watts)



11. Baterias:

A bateria é a fonte de eletricidade utilizada para dar a partida ao motor do avião e alimenta os dispositivos elétricos em situação de emergência ou com a para do motor.

A capacidade da bateria é especificada em ampères – horas (A.h).

Ex: Bateria de 60 A.h, é capaz de fornecer uma corrente de 60 ampères durante uma hora.



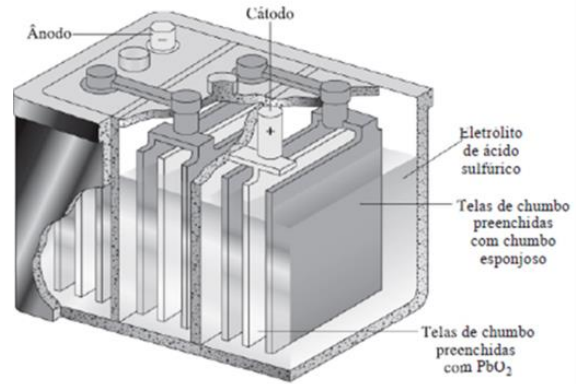
Os tipos de baterias mais comuns são as de chumbo e níquel-cádmio.

Baterias de Chumbo:

É formada por placas positivas e negativas feitas com grades de chumbo impregnadas de sais de chumbo e mergulhadas numa solução (eletrólito) de água e ácido sulfúrico. Por isto também são denominadas baterias de chumbo-ácido.

As placas são agrupadas em elementos ou células que fornecem uma tensão de 2 volts cada um. As baterias de 12 volts possuem seis elementos e as baterias de 24 volts possuem doze elementos.

Este tipo de bateria sofre uma deterioração química denominada sulfatação se permanecerem descarregadas.

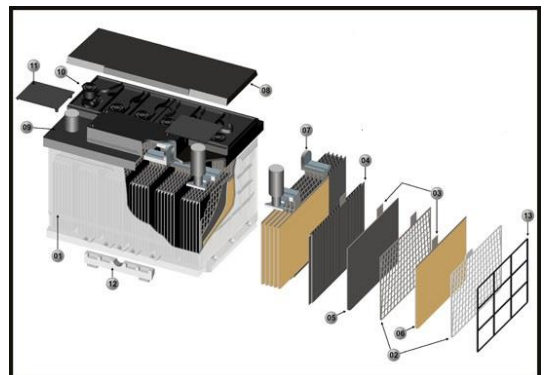


Baterias Alcalinas ou de Níquel- Cádmio

São baterias que usam um eletrólito com álcali (hidróxido de potássio) no lugar do ácido sulfúrico.

São utilizados sais de níquel para as placas positivas e sais de cádmio para as placas negativas.

Cada elemento fornece 1,2 volts, por tanto são necessário dez células para uma bateria de 12 volts e vinte elementos para uma bateria de 24 volts.



Para evitar deterioração

- Manter adequadamente carregadas com eletrólitos no nível correto
- Durante a carga, a voltagem e a corrente devem ser mantidas cuidadosamente abaixo dos limites, evitando a rápida diminuição da vida e capacidade.

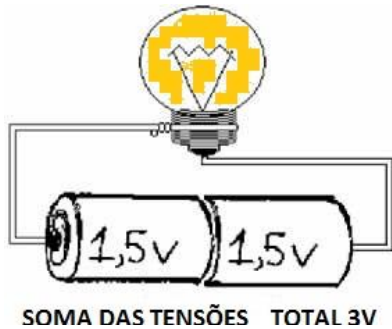
12. Ligação de fontes elétricas:

As fontes podem ser ligadas entre si em série e em paralelo, para aumentar a tensão ou a capacidade de fornecer corrente.

Fontes em Série

As tensões se somam, a corrente é a mesma

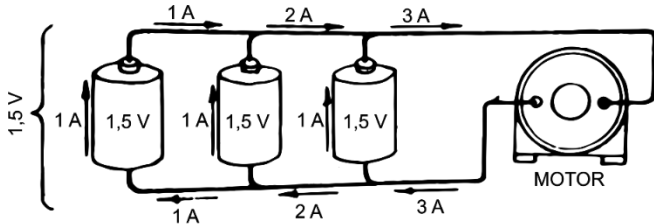
A ligação de fontes em série é muito usada para se obter voltagens maiores que a de uma fonte sozinha. Fontes de voltagens, tamanhos e tipos variados podem ser ligadas em série.



Fontes em Paralelo

As correntes se somam, a tensão é a mesma

A ligação de fontes em paralelo é usada para se obter um conjunto com maior capacidade de fornecer corrente. Todas as fontes deverão ter a mesma voltagem, caso contrário, as fontes de menor voltagem consumirão corrente em vez de fornecer-las.



13. Ligação de cargas:

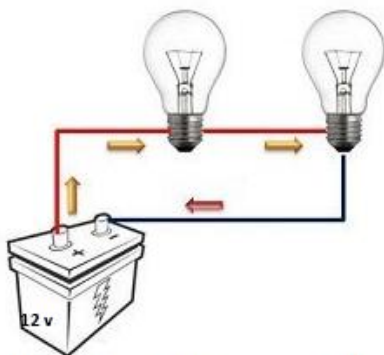
Assim como as fontes as cargas também podem ser ligadas em série ou em paralelo.

Cargas em Série

Na ligação em série, todas as cargas recebem a mesma corrente.

A voltagem da fonte é distribuída pelas cargas.

Circuito em série



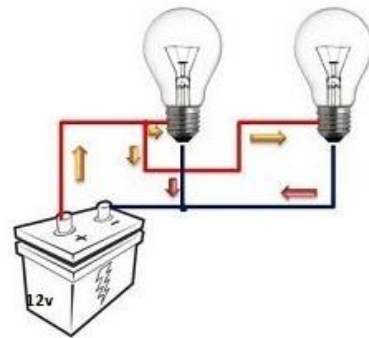
Os 12V da fonte são distribuídos pelas cargas e cada lâmpada recebe 6 volts.

Cargas em Paralelo

Está é a ligação mais comum.

Todas as cargas recebem a mesma voltagem, mas as correntes variam, pois dependem do consumo de cada carga.

Circuito em paralelo



A corrente fornecida pela fonte é a soma das correntes de todas as cargas.

14. Magnetismo

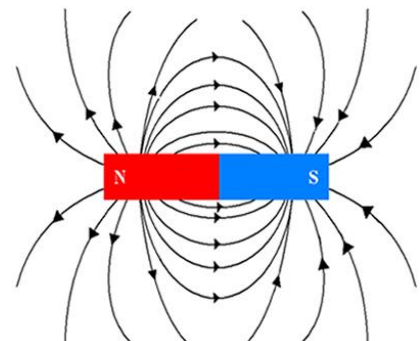
O fenômeno magnético mais conhecido é a propriedade dos ímãs, propriedade de atrair o ferro. Todos ímãs possuem dois polos denominados Polo Sul "S" e Polo Norte "N". Assim se um ímã for partido em dois pedaços, cada um deles será um novo ímã, com seus polos. Dois ímãs interagem de acordo com a Lei dos Polos, a lógica é a mesma das cargas que foram estudadas anteriormente.

"Polos iguais se repelem e polos opostos se atraem".

15. Campo Magnético

É o espaço em torno do ímã, onde atua o seu magnetismo.

O campo magnético é representado por linhas de indução imaginárias, que indicam a direção em que agem as forças magnéticas.

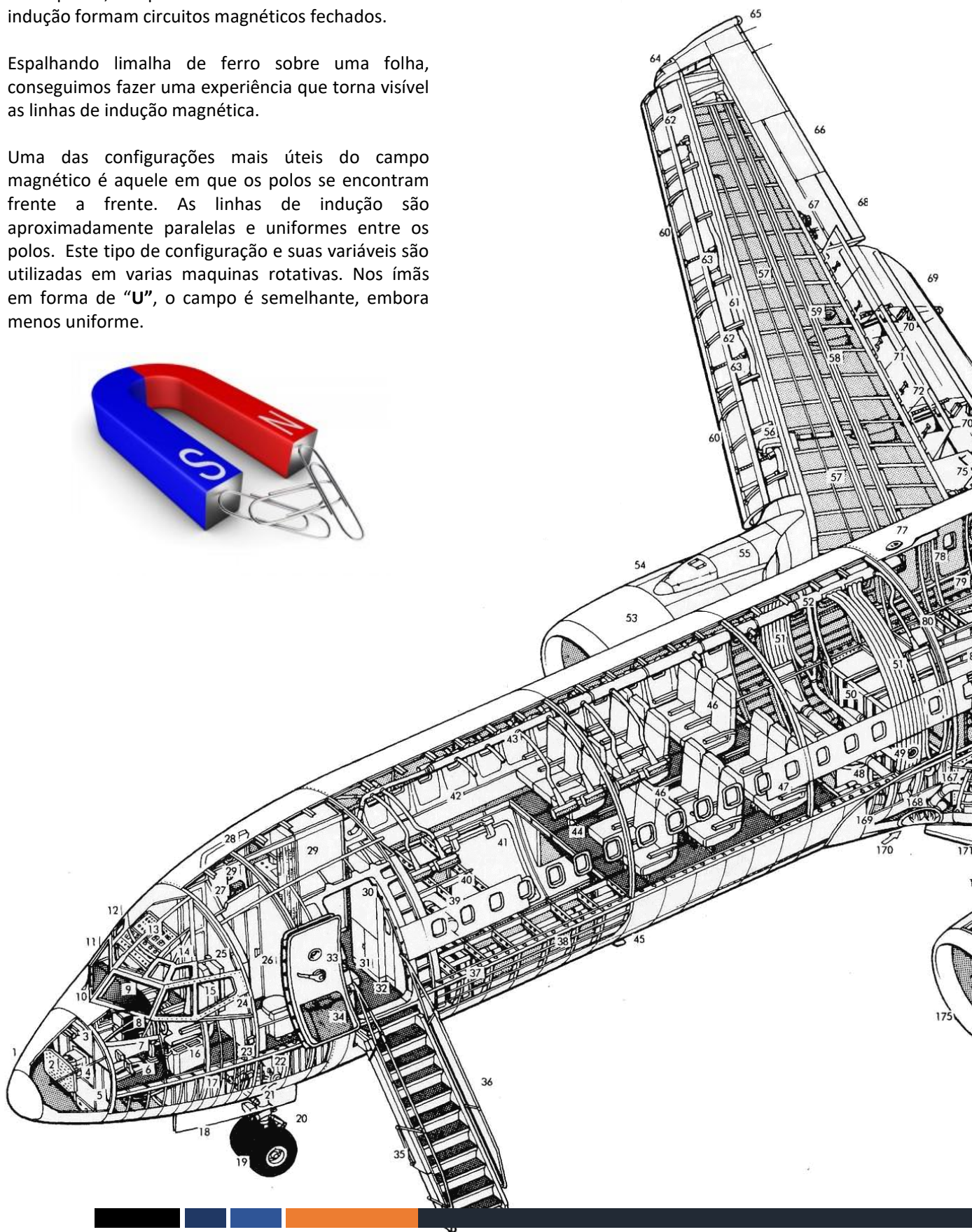




Toda linha de indução sai do polo norte e percorre um caminho no espaço, retornando para o polo sul, dentro do ímã, a linha prossegue até o ponto de onde partiu, no polo norte. Portanto as linhas de indução formam circuitos magnéticos fechados.

Espalhando limalha de ferro sobre uma folha, conseguimos fazer uma experiência que torna visível as linhas de indução magnética.

Uma das configurações mais úteis do campo magnético é aquele em que os polos se encontram frente a frente. As linhas de indução são aproximadamente paralelas e uniformes entre os polos. Este tipo de configuração e suas variáveis são utilizadas em varias maquinas rotativas. Nos ímãs em forma de "U", o campo é semelhante, embora menos uniforme.

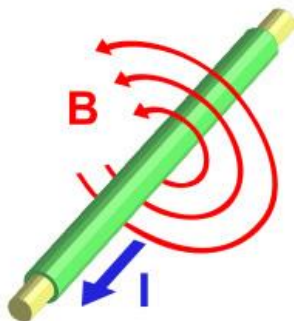




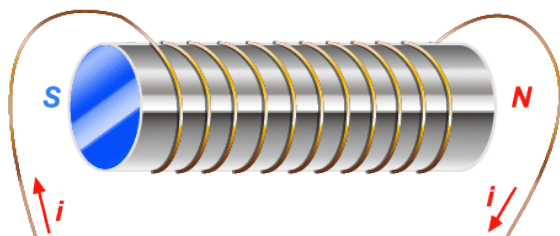
1. Eletromagnetismo

É o estudo da relação entre a eletricidade e o magnetismo. Esta relação permite a construção dos eletroímãs, que podem ser ligados e desligados, o que não é possível com os ímãs permanentes.

Ao redor de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica, forma-se um campo magnético circular ao redor da corrente, quando essa está ligada.



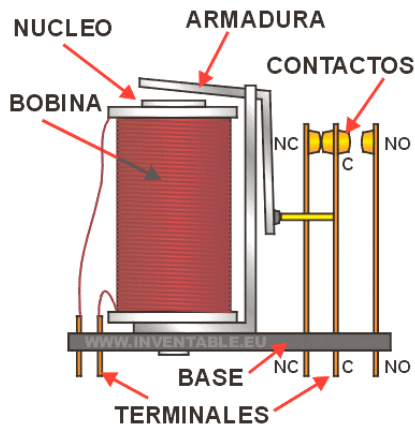
O **eletroímã** possui uma bobina com muitas espiras de fio condutor, para tornar o campo magnético mais forte. A bobina é enrolada sobre um núcleo de ferro concentrando e intensificando o campo magnético.



Aplicação do eletroímã (principais): o relé e o solenoide

Relé

É um interruptor acionado por um eletroímã, utilizado para ligar e desligar dispositivos elétricos. O eletroímã atrai uma lâmina móvel de ferro, a qual aciona os contatos elétricos.



Solenóide

É um eletroímã com força suficiente para acionar um dispositivo mecânico, através de um deslocamento. Basicamente ao ligar a corrente elétrica, aparece o campo magnético que força o deslocamento de uma peça que aciona então um dispositivo elétrico.

3. Indução eletromagnética e Lei de Faraday

A indução eletromagnética é um fenômeno físico utilizado para gerar Força Eletromotriz (FEM) e corrente elétrica através de um campo magnético.

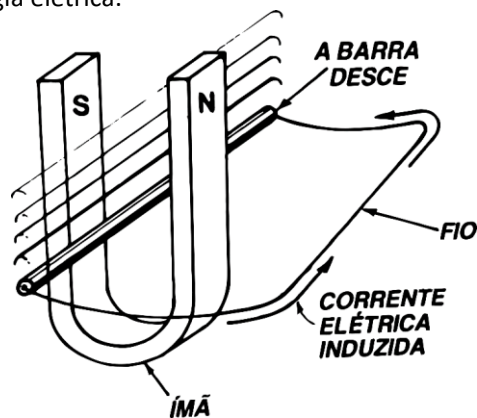
Indução Eletromagnética

Um condutor elétrico é movimentado dentro do campo magnético de um ímã.

Este movimento gera uma força eletromotriz no condutor, que acendera a lâmpada, se a corrente for suficiente.

Esse fenômeno é a indução eletromagnética, que é aproveitada para construir os geradores de eletricidade.

Os geradores transformam energia mecânica em energia elétrica.



A Lei de Faraday

A lei de indução magnética de Faraday afirma que a FEM e uma corrente elétrica surgem quando um fluxo magnético varia na área interna de um circuito elétrico.

Ex: O movimento do anel faz surgir a corrente elétrica porque o fluxo magnético está variando (aumentando) na área interna do anel. Se o anel parar a corrente cessará. Se o anel for abaixado, surgirá uma corrente no sentido contrário. Ainda, o movimento não é necessário. Se o anel permanecer parado o fluxo magnético variará por meio qualquer, será gerada uma FEM que será tanto maior quanto mais rápido for a variação do fluxo.

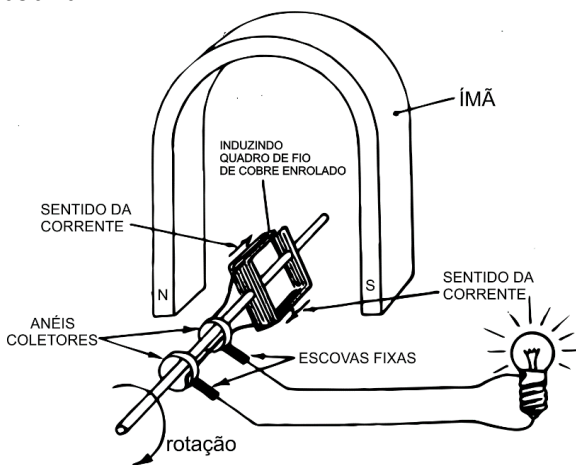


4. Alternador

É um gerador elétrico que produz corrente alternada. Seu funcionamento é baseado no princípio da indução eletromagnética de Faraday.

No alternador esquemático, a corrente é gerada numa bobina feita com um fio enrolado em forma de um quadrado retangular. O fluxo magnético através da bobina retangular varia devido a rotação gerando uma corrente elétrica alternada.

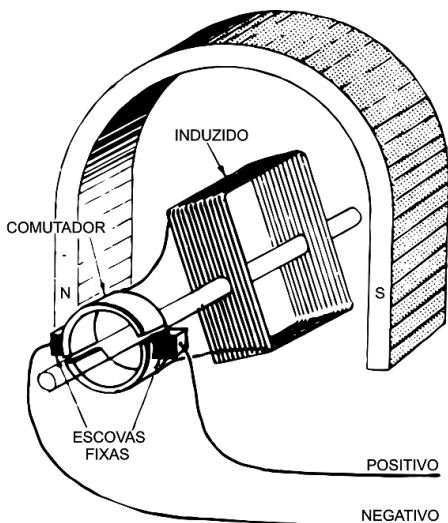
Esta corrente é coletada por duas escovas em contato com dois anéis que giram juntos com a bobina.



5. Dínamo

É um gerador que produz corrente contínua. Seu funcionamento é baseado na indução eletromagnética de Faraday. É construído de forma similar ao alternador, porém os anéis coletores são substituídos por comutadores ou coletores, cuja função é retificar a corrente alternada da bobina rotativa, tornando-a contínua.

No dínamo teórico, a corrente não é exatamente contínua, mas pulsante.



No dínamo real, o rotor possui várias bobinas em diferentes ângulos, para atenuar os pulsos e torna a corrente praticamente contínua.

Para evitar que o campo magnético se disperse no ar, os rotores e os polos dos dínamos reais são feitos de ferro, que é um material ferromagnético, que concentra e reforça o campo magnético.

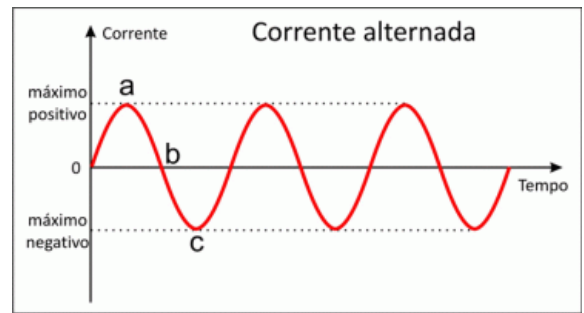
Os polos do dínamo real são eletroímãs e possuem enrolamentos de campo.

Gráficos das tensões no alternados e no dínamo.

• Corrente alternada

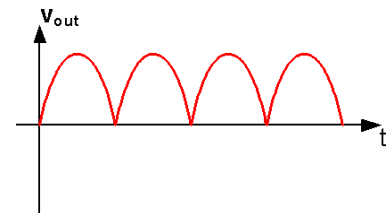
No alternador, a tensão varia mudando o sentido. A frequência é o número de variações por segundo.

Ex: uma frequência de 60 Hz (hertz) indica 60 variações por segundo.



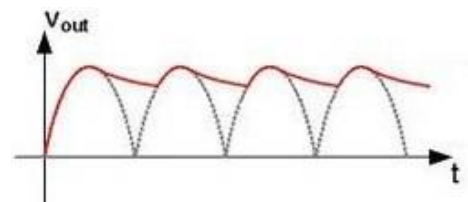
• Corrente pulsante

No dínamo teórico, os ciclos negativos da corrente alternada são invertidos pelo comutador e a corrente torna-se positiva pulsante.

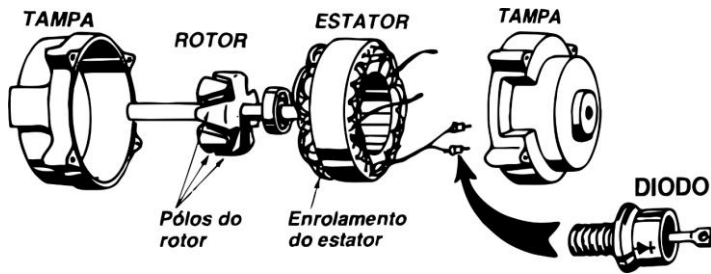


• Corrente (praticamente contínua)

No dínamo real, os pulsos são atenuados e a corrente torna-se praticamente contínua.



O alternador do tipo automotivo, muito usado em aviões leves, é na verdade um dínamo, porque possui diodos retificadores que fazem o mesmo papel de um comutador.



6. Reguladores de voltagem

Serve para manter constante a voltagem do gerador, em qualquer rotação do motor e também impede a geração de corrente excessiva. Imagine se durante a redução da rotação do motor, houvesse a redução da carga do sistema elétrico? Para evitar essa oscilação, existem os reguladores.

A voltagem fornecida pelos alternadores e dínamos variam com a rotação do motor, porém o Regulador de voltagem controla o gerador, evitando a variação da voltagem.

Para maior proteção do sistema usa-se também os disjuntores de corrente reversa (RCCB Reverse Current Circuit Break) para evitar com que a bateria se descarregue através do gerador, se estiver não estiver funcionando.

7. Sistema elétrico de corrente alternada

Os sistemas de corrente alternadas (CA) dos aviões, usam geralmente tensões de 115 ou 120 volts e uma frequência de 400 hertz.

Nos aviões de grande porte, usando sistema com CA reduz o peso dos condutores e dos acessórios elétricos. Nos aviões de pequeno porte esta vantagem não existe, usando somente sistema de corrente contínua (CC).

8. Transformadores

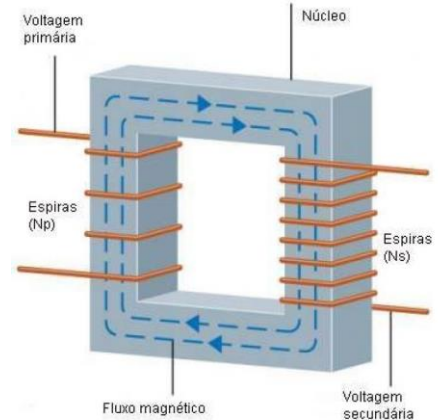
É um conversor CA-CA, usado para transformar voltagens. Seu funcionamento baseia-se na indução eletromagnética.

O transformador possui duas bobinas enroladas num mesmo núcleo, para que o fluxo magnético seja o mesmo em ambas.

O enrolamento primário recebe CA e produz um fluxo magnético.

De acordo com a lei de Faraday, este fluxo gerará CA no enrolamento secundário.

A tensão gerada no secundário depende da primeira espira, se for igual ao número de espira do primário a voltagem será igual, se for maior a voltagem também será maior e se for menor a voltagem também será menor.



9. Conversores:

São usados no sistema elétrico para mudar o tipo de corrente (CC ou CA), ou a voltagem, ou a frequência. Nos aviões, são mais comuns os seguintes tipos:

- Conversores CA – CA

São usados geralmente para aumentar ou diminuir a voltagem da corrente alternada. Ex: transformadores

- Conversores CA-CC

Convertem corrente alternada em corrente contínua, denominados como retificadores

- Conversores de CC-CC

Utilizados para mudar a voltagem da corrente contínua, são componentes formados por vários componentes como chaveadores, retificadores, transformadores e etc.

- Conversores CC-CA

Convertem CC em CA, conhecidos como inversores. Fazem parte dos “no breaks”, produzem corrente alternada a partir da corrente contínua de baterias.

10. Motores Elétricos:

Baseiam-se nas forças que surgem em condutores percorridos por uma corrente elétrica dentro de um campo magnético.

É praticamente um dínamo funcionando ao contrário, ou seja, transforma energia elétrica em energia mecânica.

Os motores elétricos podem ser usados para dar partida ao motor do avião, recolher trem de pouso, abaixar flaps e etc.



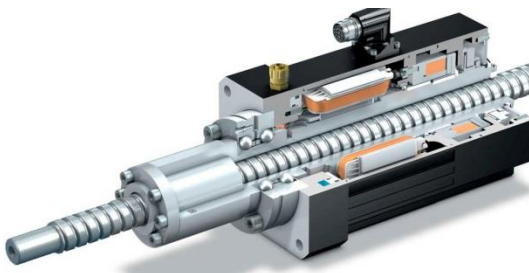
11. Atuador:

O atuador elétrico pode ser usado para recolher o trem de pouso, variar o passo da hélice e realizar outras funções (ações mecânicas). É basicamente formado por um motor elétrico e um mecanismo com engrenagens de redução, fusos, hastes, etc.



12. Servo:

O servo ou servomecanismo é um atuador especializado, capaz de parar em qualquer posição, obedecendo aos comandos de um computador ou outro dispositivo de controle que funcionam interligados, como músculos e cérebro. São muito utilizados em mecanismos de PA (piloto automático).



13. Motor de partida ("Starter")

Esta é uma outra aplicação do motor elétrico no avião. Funciona com a bateria do avião ou uma fonte externa. O acionamento deste motor é feito através da chave de ignição. Alguns motores de partida funcionam também como dínamos, sendo conhecidos como "starter-generators". Nos aviões sem sistema elétrico, a partida deve ser dada manualmente através da hélice, por uma pessoa treinada.



14. Dispositivos de proteção:

Os circuitos elétricos são protegidos contra fogo e danos provocados por excesso de corrente.

Os fusíveis são dispositivos descartáveis que possuem um condutor elétrico interno que se funde e desliga o circuito quando há uma corrente em excesso.



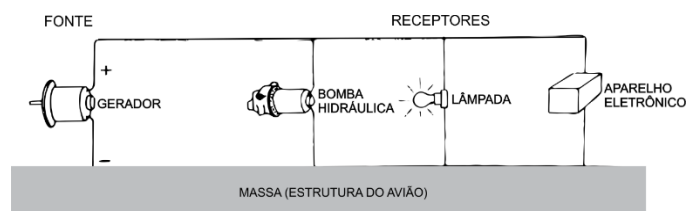
Os disjuntores ("circuitbreakers") desligam quando a corrente excessiva aciona um elemento sensível térmico ou magnético. Eles podem ser ligados e desligados a qualquer momento pelo piloto.



15. Distribuição da energia elétrica:

Os aviões possuem muitos acessórios elétricos, a corrente elétrica é distribuída por meio de terminais de ligação denominados barras ou barramentos ("bus bars") e retorna através da massa ou terra.

Nos aviões de grande porte, o sistema de barras é dividido, tendo a barra principal, barra de emergência, barra de avionics, etc. A massa é a própria estrutura da aeronave, formando um grande condutor negativo (negativo geral), que liga eletricamente todas as partes metálicas do avião, incluindo o motor, trem de pouso, as superfícies e hastes de comando, etc.



16. Controle do sistema elétrico:

O funcionamento geral do sistema elétrico pode ser monitorado através do voltímetro e do amperímetro.



O amperímetro indica a corrente da bateria. Se a corrente for negativa, a bateria está sendo descarregada. Essa situação é anormal se o motor estiver em funcionamento e deverá ser corrigida antes do voo. Algumas das possíveis causas são as falhas do gerador ou regulador de voltagem.



O voltímetro indica a tensão na barra principal. Tensões acima da faixa verde indicam sobrecarga de bateria, e tensões abaixo indicam carga baixa. Ambas as situações causam deterioração e inutilização da bateria, portanto exigem verificações dos sistemas elétricos.



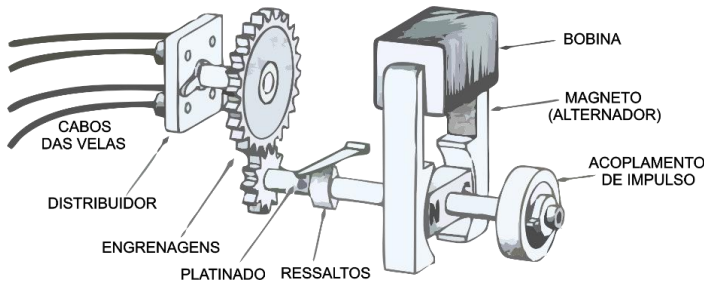


1. Sistema de Ignição:

Este sistema tem a finalidade de produzir as centelhas nas velas, para provocar a combustão da mistura nos cilindros.

É formado pelo magneto, chave de ignição e velas, sendo este sistema duplicado por segurança, havendo dois magnetos para o motor e duas velas para cada cilindro.

Começaremos estudando o magneto pela sua parte interna, que é formada por diversas partes. maior quanto mais rápido for a variação do fluxo.



2. O Princípio da geração da alta tensão: As velas exigem uma alta tensão para produzir a centelha, e esta alta tensão é gerada pela bobina de alta tensão do magneto.

A bobina possui um enrolamento primário com algumas centenas de espiras de fio grosso, para suportar a alta corrente. Há também um enrolamento secundário feito com muitos milhares de espiras de fio finos. Ambos estão enrolados em torno de um núcleo de ferro, que concentra e intensifica o fluxo magnético.

O funcionamento da bobina de alta tensão se dá em duas etapas:

Primeira etapa – A bobina é ligada a uma fonte elétrica, para criar um fluxo magnético no núcleo.

Segunda etapa- A corrente elétrica é desligada, para gerar a alta tensão no enrolamento secundário.

O aparecimento da faísca de alta voltagem ao desligar a bobina da fonte é explicado pela Lei da Indução Eletromagnética de Faraday:

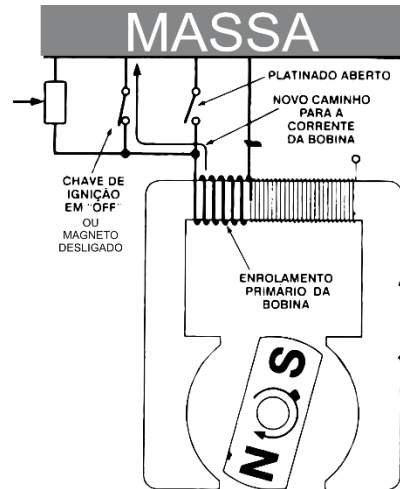
Quanto maior a variação do fluxo magnético, maior será a FEM gerada.

Ao abrir o platinado, a corrente elétrica desaparece quase instantaneamente, fazendo o fluxo magnético desaparecer junto. A alta voltagem é gerada nos dois enrolamentos; por isso haverá uma pequena faísca no platinado, e uma centelha muito maior no secundário, devido ao seu grande número de espiras.

3. O Magneto

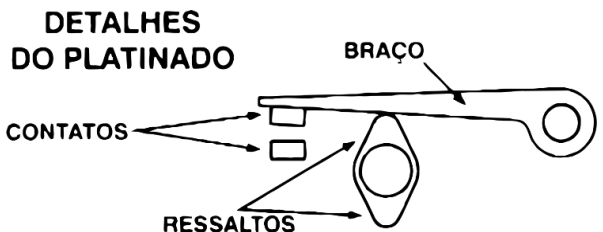
A bobina de ignição do magneto é enrolada no núcleo de ferro de um pequeno alternador.

Um ímã permanente gira entre os polos ou sapatas desse núcleo, fazendo o fluxo magnético variar ciclicamente e gerar uma corrente alternada no enrolamento primário. No momento apropriado, abre-se o platinado e a corrente é interrompida. O fluxo magnético varia bruscamente e gera uma tensão elevada no enrolamento secundário.



4. Platinado

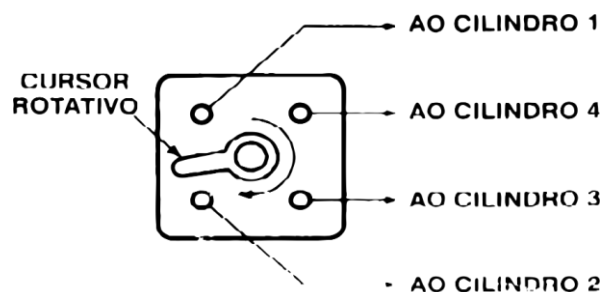
O platinado é acionado pelo mesmo eixo do magneto, através de ressaltos semelhantes aos do sistema de comando de válvulas.



5. O distribuidor

A alta tensão é distribuída para os cilindros na sequência correta (na fase de ignição), através do distribuidor que é uma chave rotativa. Nos motores a 4 tempos, o curso rotativo do distribuidor gira na metade da rotação do virabrequim.

O eixo do distribuidor é acionado por engrenagens.





6. O circuito do platinado e chave de ignição

A chave de ignição serve para desativar um magneto, anulando a ação do platinado.

Quando a chave de ignição está na posição OFF, o platinado não consegue interromper a corrente da bobina. Sem a interrupção da corrente, não há produção de faísca, portanto o magneto fica desativado.

Condensador ou capacitor:

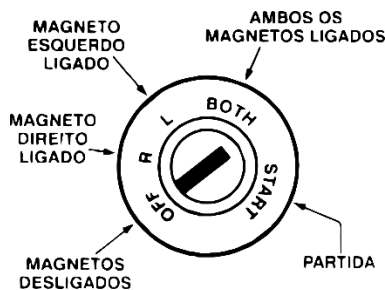
Este componente elétrico é inserido no circuito do platinado para eliminar pequenas faíscas que desgastam os contatos do platinado e enfraquecem a alta tensão no enrolamento secundário.

Chave de Ignição

É semelhante à dos automóveis, e permite ligar ou desligar um dos magnetos ou ambos, além de dar a partida ao motor.

Alguns aviões podem ter duas chaves de ignição tipo liga-desliga, uma para cada magneto.

Qualquer tipo de chave está sujeita a falhas, com mau contato. Se isso acontecer, o magneto permanecerá ativo e produzirá faísca se a hélice for girada inadvertidamente, dando uma partida accidental no motor.



7. “CHEQUE” de Magnetos

É um cheque realizado antes da decolagem, consiste em desligar um magneto por vez, se verifica a queda de rotação.

As possibilidades são:

a) Há pequena queda de rotação (ex. 50RPM)-

Situação normal, pois a combustão com uma vela só por cilindro é menos eficiente do que com duas velas ativas.

b) Há uma acentuada queda de rotação- Situação inaceitável, pois indica mau funcionamento do sistema de ignição ativo.

c) Não há queda de rotação – Situação inaceitável, com provável falha no circuito da chave de ignição, mantendo o magneto sempre ativo. Isso possibilita

testar o outro magneto e garantir o seu perfeito funcionamento.

d) O motor para de funcionar – Indica falha total do sistema de ignição que permanece ligado.

8. Ignição durante a partida

O magneto não funciona durante a partida do motor porque a variação do fluxo na bobina é muito lenta. A rotação mínima aceitável é da ordem de 100 a 200 RPM. Durante a partida dois recursos podem ser adotados para gerar a faísca:

a) **Unidade de Partida ou “ Vibrador”**- Este é um dispositivo especial, alimentado pela bateria. Tem como finalidade produzir uma corrente elétrica pulsativa que alimenta uma bobina de alta tensão.

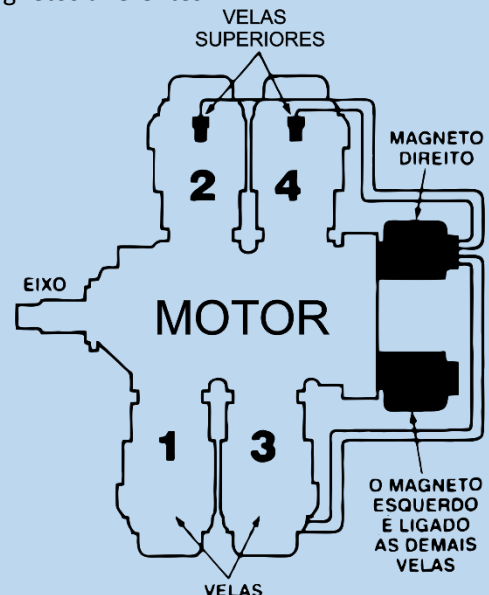
b) **Acoplamento de Impulso** – Este é um dispositivo mecânico que acopla o magneto ao motor. Durante a partida, o acoplamento provoca inicialmente uma torção numa mola em espiral, enquanto o magneto permanece parado. Num certo momento, uma catraca libera a mola, que dá um rápido impulso no magneto, gerando a alta tensão. A ação da catraca é audível, devido a estalidos característicos.

9. Distribuição da alta tensão

A corrente de alta tensão é distribuída as velas por meio de cabos. Devendo ser seguidos os seguintes critérios:

a) Cada magneto deve fornecer corrente a todos os cilindros, de acordo com a ordem correta de ignição (ordem de fogo) do motor.

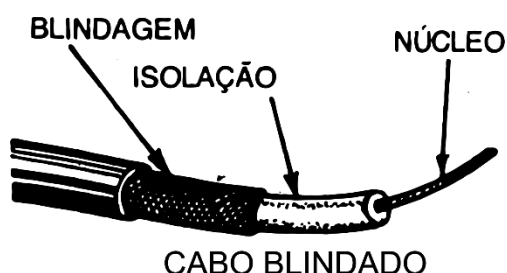
b) As duas velas de cada cilindro devem ser ligadas a magnetos diferentes.





Os cabos das velas devem ser do tipo **blindados**, para evitar que o ruído eletromagnético emitido pelos cabos de alta tensão possa interferir no funcionamento dos equipamentos de rádio-comunicação e navegação.

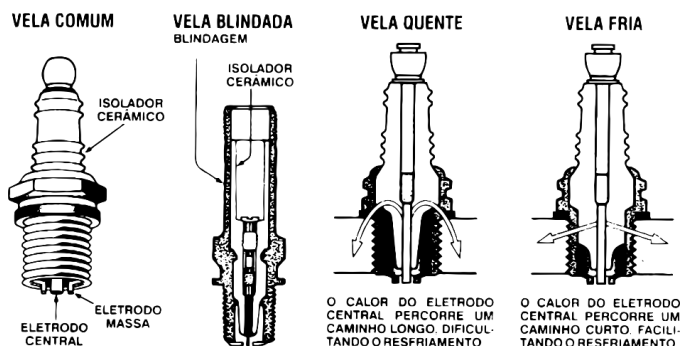
A blindagem é formada por uma fina malha metálica ligada à massa.



10. Velas

As velas fazem a transformação da energia elétrica de alta voltagem em energia térmica para provocar a ignição da mistura.

Entre os vários tipos de velas existentes, se destacam os seguintes tipos:



Características gerais: As velas possuem um eletrodo central, que recebe a alta tensão da bobina, e um ou mais eletrodos-massa ligados ao corpo da vela. Existe uma pequena folga entre os eletrodos central e massa, para que a faísca possa saltar. Se um dos eletros-massa tocar o eletrodo central, haverá um curto circuito e a vela não funcionará.

Velas blindadas: Todos aviões com rádio tem velas e cabos blindados, para evitar a emissão de ruídos eletromagnéticos. A blindagem envolve por completo a vela.

Velas frias e quentes: Uma vela muito quente tende a provocar pré-ignição, e uma vela muito fria tende a se contaminar com óleo, carvão e compostos de chumbo. Devem sempre ser usadas velas do tipo recomendado pelo fabricante do motor.

11. Magnetos de baixa tensão

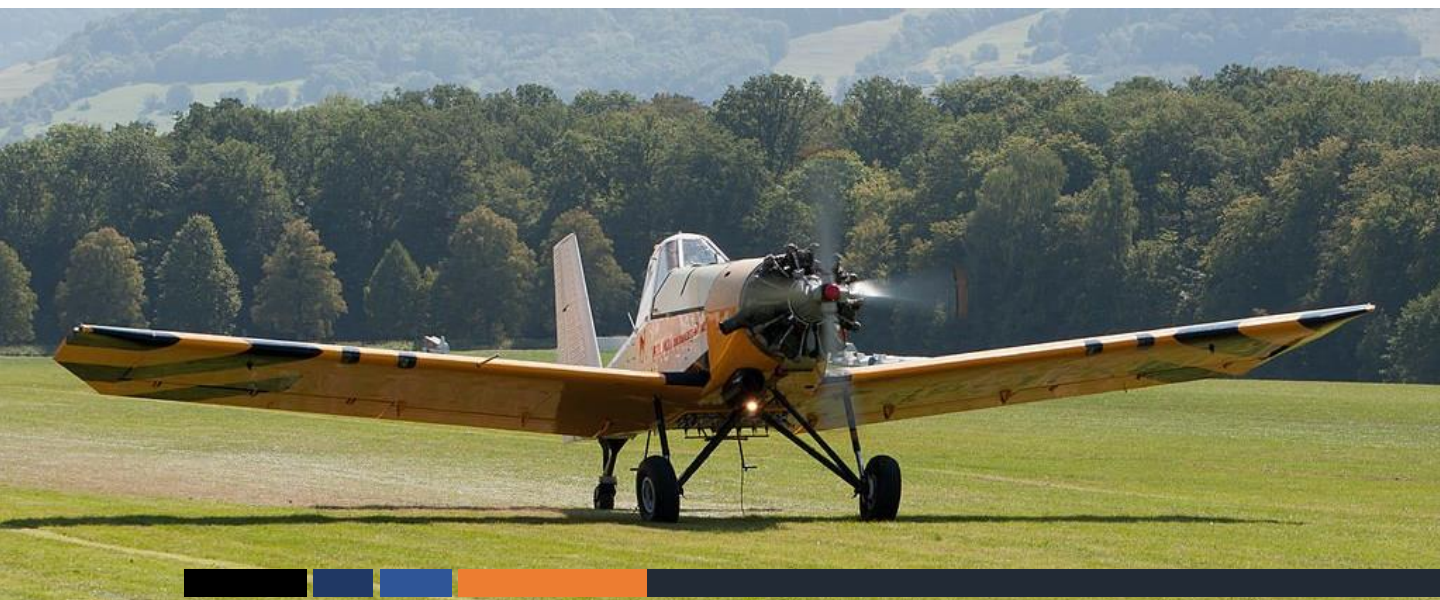
Neste tipo de magneto, a bobina possui somente o enrolamento primário, sendo necessário instalar uma bobina de ignição externa para cada vela.

Este tipo de magneto tinha a pretensão de diminuir o vazamento da alta tensão pelos cabos das velas, mas como os cabos mais modernos tem um bom isolamento, tornou o magneto de baixa tensão desvantajoso.

12. Manutenção do sistema de ignição

A manutenção deve ser executada pelo mecânico, consiste em:

Inspeções periódicas, eventuais reparos e a regulagem dos magnetos, que neste caso, envolve serviços como o ajuste das folgas dos platinados e das velas, avanço da ignição, além de testes diversos.





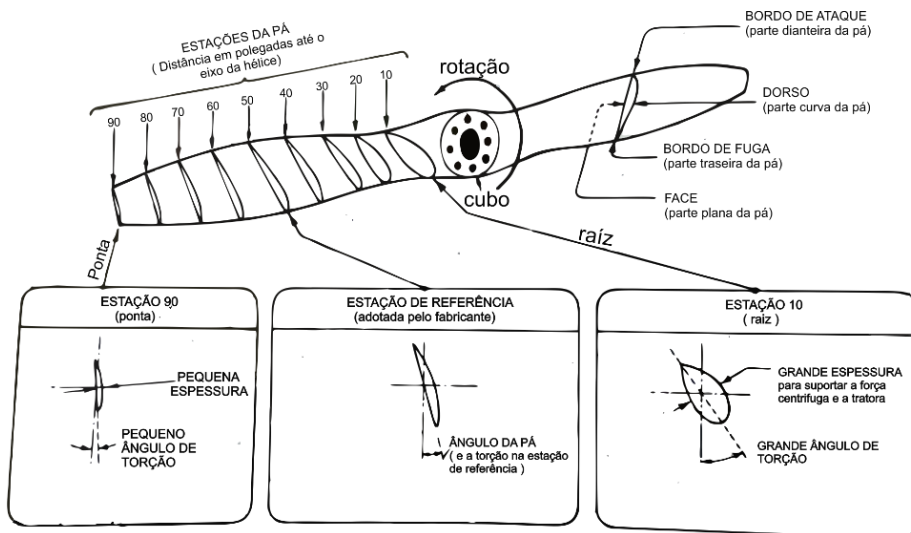
1. Hélice

É a parte do grupo GMP (grupo motopropulsor) que produz a tração, transformando a potência efetiva do motor em potência útil.

Neste capítulo estudaremos exclusivamente os aspectos mecânicos e construtivos, já que o funcionamento aerodinâmico da hélice é estudado em Teoria de Voo.

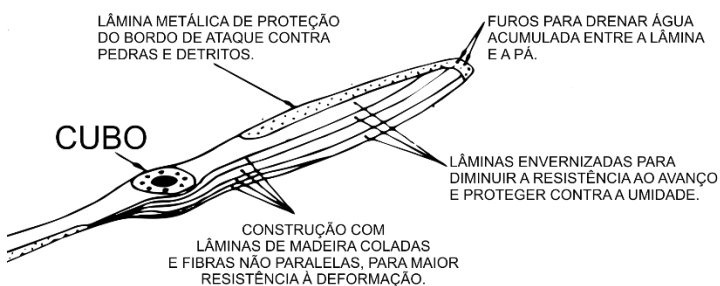
2. Constituição da hélice

- A hélice possui duas ou mais pás, tendo essas pás, o perfil aerodinâmico semelhante ao da asa do avião.
- Cada pá é dividida em **estações** para facilitar a identificação dos perfis e ângulo das pás. Uma das estações é definida como **“estação de referência”** pelo fabricante.
- O ângulo de torção da pá diminui da raiz para a ponta; na estação de referência, ele recebe o nome de **“ângulo da pá”**.



3. Materiais

Geralmente para a construção das hélices são usadas ligas de alumínio, mas podem ser usados outros materiais, como a madeira, plástico reforçados com fibras. As hélices de madeiras podem ser encontradas em motores de menor potência e nesse caso possuem algumas alterações como pode ser visto abaixo, como lâmina metálica de proteção e furos para drenagem da água.



4. Tipos de hélices

As hélices são classificadas em:

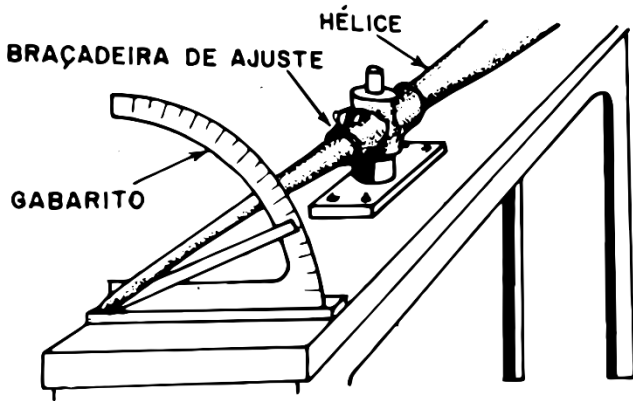
- Hélice de passo fixo
- Hélice de passo Ajustável
- Hélice de passo Variável
 - Manual
 - Automática (aeromática/hidromática/elétrica)

5. Hélice de passo fixo

Este tipo de hélice é geralmente inteiriço e suas pás são fixas, ou seja, não pode de forma alguma ser alterado.

6. Hélice de passo ajustável

O ângulo da pá desta hélice pode ser ajustado no solo. Normalmente a hélice deve ser removida e ajustada numa bancada, utilizando gabaritos e ferramentas apropriadas.



7. Hélice de passo variável (manual)

O passo pode ser variado pelo piloto durante o voo. As hélices mais simples de duas posições, existe apenas duas opções: passo mínimo e passo máximo. As hélices mais complexas permitem ajuste contínuo entre o mínimo e máximo.

O mecanismo geralmente usa pressão de óleo para reduzir o passo e contrapeso centrífugo para aumentá-lo.

As hélices manuais exigem certo cuidado na operação. O piloto aumentar a RPM do motor com o passo mínimo durante o voo, o limite de rotação do motor pode ser excedido. Por outro lado, se o piloto decolar com o passo máximo, atração será reduzida e a pista poderá não ser o suficiente para que o piloto consiga decolar a aeronave.

8. Hélice de passo variável (automático)

Esse tipo de hélice é mais conhecido como “**Hélice de passo controlável**” ou “**Hélice de Velocidade a) Constante**”, distingue-se dos outros tipos porque:

- a) Funciona com velocidade constante
- b) Possui governador
- c) É automático

O funcionamento a velocidade constante permite ao motor manter sempre a rotação ideal para a qual foi projetado. O controle automático, efetuado pelo **governador**, evita sobrecarga ao piloto e os riscos de um ajuste incorreto do passo.

9. Governador

Dispositivo que controla o passo da hélice. Se o RPM do motor aumentar, o governador aumentará o passo, e por tanto a carga aerodinâmica da hélice sobre o motor. Se a RPM do motor diminuir, a ação será oposta.

As hélices de passo controlável classificam-se em hélice **aeromáticas**, **hidromáticas** e **elétricas**.

Hélices aeromáticas

Usa pressão do ar comprimido para variar o passo; estas hélices não chegaram a ser desenvolvidas.

As outras duas acima citadas são as que são usualmente usadas.

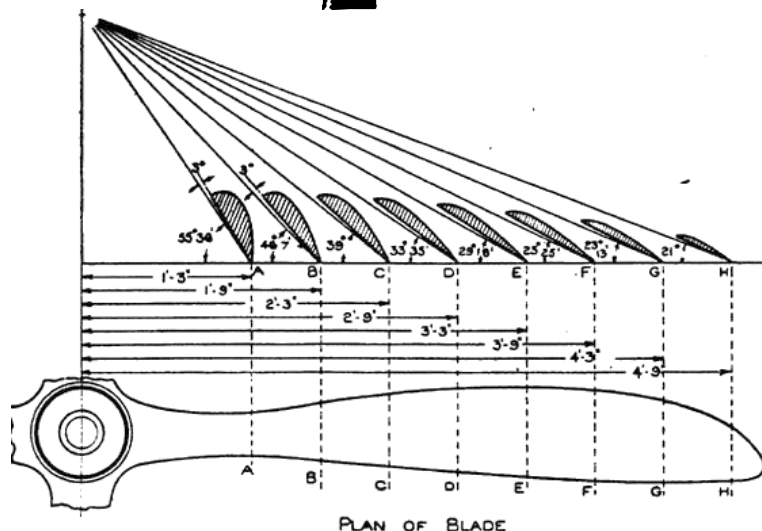
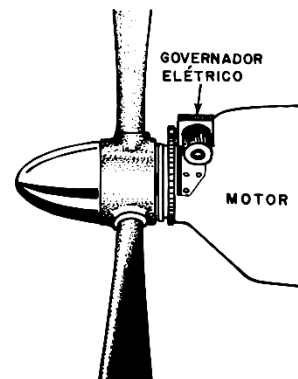
Hélices hidromáticas

São hélices de passo controlável, que utilizam a pressão do óleo lubrificante do motor para controlar o passo da hélice. Este sistema é utilizado na maioria dos aviões, desde monomotores leves até os quadrimotores turbohélices. O pistão e o cilindro hidráulico atuador encontram-se no cubo da hélice.

Hélices elétricas

São hélices controladas por governador elétrico. O passo é variado por um mecanismo acionado por um motor elétrico. No passado os governadores elétricos foram responsáveis por muitos acidentes de disparo de hélice - o disparo de hélice é uma falha onde o passo diminui enquanto o motor desenvolve potência, resultando num aumento excessivo da rotação e desintegração da hélice.

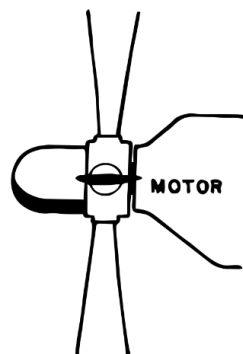
Este fato diminuiu a aceitação deste tipo de governador, mas eles foram aperfeiçoados e hoje existem muitos aviões que utilizam o governador elétrico.



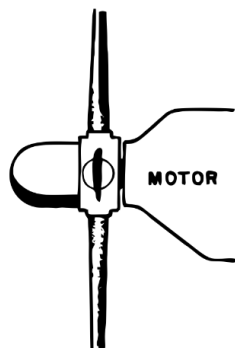


10. Passo chato, bandeira e reverso

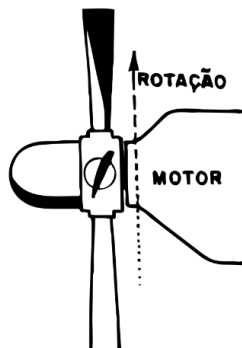
São nomes dados para determinar os ângulos de pá.



PASSO BANDEIRA - A pá fica alinhada com o vento. É usado para diminuir o arrasto da hélice quando o motor pára em voo.



PASSO CHATO - O ângulo da pá é nulo e o arrasto da hélice é máximo. Pode provocar o disparo se o motor estiver desenvolvendo potência.



PASSO REVERSO - O ângulo da pá é negativo e a tração é invertida, freando o avião. Usa-se para reduzir a distância de pouso.

11. Sumário sobre aerodinâmica

O recuo da hélice é a **diferença** entre o passo geométrico e o passo efetivo da hélice. O passo geométrico é a distância que uma hélice deveria avançar em uma revolução. O passo efetivo é a distância real percorrida por uma revolução da hélice.





1. Classificação

O voo do avião e o funcionamento do motor de dos sistemas são controlados através de instrumentos. Divide-se em quatro grupos básicos de instrumentos:

a) Instrumentos de navegação

Servem para orientar o voo do avião numa determinada trajetória:

Bússola
Termômetro de ar externo
Cronômetro
Horizonte Artificial (ADI)
Giro direcional
Inclinômetro
HSI

b) Instrumentos de voo

Indicam as variáveis que afetam o voo do avião:

Altímetro
Velocímetro
Variômetro
Machímetro

c) Instrumentos do motor

Indicam as condições de funcionamento do motor

Termômetro de cabeça de cilindro
Termômetro de óleo
Manômetro de óleo
Manômetro de pressão de admissão
Fluxômetro
Torquímetro

d) Instrumentos do avião (Sistemas)

Indicam o funcionamento dos sistemas do avião
Liquidômetro

2. Sistema Pitot-estático

Este sistema tem a função de captar as pressões estática e total (estática + dinâmica) para os seguintes instrumentos:

- Altímetro
- Velocímetro
- Variômetro
- Machímetro

O dispositivo captador é o **Tubo de Pitot**, que é geralmente instalado sob a asa do avião.

No aspecto construtivo, o Tubo de Pitot possui uma tomada de pressão estática (pressão atmosférica fora do avião) e uma tomada de pressão total (soma das pressões estática e dinâmica porque é impossível separá-las). Para evitar formação de gelo

e o acúmulo de água, o tubo de Pitot possui uma resistência elétrica de aquecimento e furos para drenagem de água.

Espaço para desenhar

3. Linhas de pressão estática e dinâmica

As pressões captadas pelo tubo de Pitot são enviadas até os instrumentos através de duas linhas de tubos:

Linha de pressão estática

Linha de pressão dinâmica ou de impacto (apesar dos nomes, a pressão transmitida é a total, e não apenas a dinâmica).

4. Manômetros

São destinados a medir pressão, classificam-se em:

a) Manômetro de pressão absoluta

Este tipo de manômetro é geralmente graduado em polegadas de mercúrio (in Hg) e mede a pressão em relação ao vácuo. Isso significa que dará indicação zero somente no vácuo ou no espaço.

O funcionamento do manômetro de pressão absoluta baseia-se na **capsula aneroide**, que contém vácuo no seu interior. Essa capsula comporta-se como uma pequena sanfona que se expande ou se achata conforme a pressão externa. Este tipo de capsula é empregado em todos os instrumentos ligados ao sistema Pitot-estático.

Altímetro

O altímetro é um instrumento que indica a altitude onde o avião se encontra. Basicamente é um barômetro (manômetro que indica a pressão atmosférica) formado por uma cápsula aneroide ligada à linha de pressão estática do avião. Essa cápsula aciona um ponteiro, através de um mecanismo. O mostrador possui uma escala graduada em altitudes (pés ou metros).

O ponteiro menor indica milhares de pés e o maior centenas de pés e o mais fino indica dezenas de milhares.



Velocímetro

O velocímetro é um instrumento que mostra a velocidade indicada do avião (VI). É baseado numa capsula de pressão diferencial (diafragma), que recebe a pressão total no seu interior e a pressão estática no exterior. As pressões estáticas do interior e exterior do diafragma se anulam, e a pressão dinâmica faz a capsula expandir-se, movimentando a agulha no mostrador através de um mecanismo. O velocímetro pode ser graduado em km/h, mph ou kt.



Espaço para desenhar

Variômetro ou Indicador de Subida (CLIMB)

Serve para indicar a velocidade de subida ou descida, geralmente graduado em ft/min ou metros por segundo. Seu funcionamento baseia-se não na pressão atmosférica, mas na sua variação. Se o avião descer a pressão aumenta e se o avião subir a pressão diminui. Essa variação atua sobre uma cápsula de pressão diferencial, que movimenta uma agulha no mostrador.



Espaço para desenhar

Machímetro

Costuma-se ler “maquímetro”, é derivado do velocímetro e baseia-se também na capsula aneroide (com vácuo no interior) e na capsula de pressão diferencial (pressões diferentes dentro e fora). Serve para indicar o número de Mach.

O número de Mach (costuma-se ler “mac”) é o número que resulta da divisão da velocidade do avião pela velocidade do som (aproximadamente 1224 Km/h)

Poe exemplo: “Mach 0.8” indica uma velocidade igual a 0.8 vezes a velocidade do som. Na maioria dos aviões com motor a reação o voo é muitas vezes controlado pelo número de Mach.

b) Manômetro de pressão relativa

Este manômetro fornece indicações a partir da pressão ambiente, que é considerado como “zero”.

O elemento sensível é um tubo metálico achatado e enrolado, chamado de **tubo de Bourdon**. Ele é fechado numa extremidade, e distende-se quando a pressão é aplicada em seu interior. Um mecanismo é usado para transmitir esse movimento ao ponteiro.

O tubo de Bourdon é feito de bronze fosforoso para as baixas pressões e aço inoxidável para as altas pressões.

No avião, os manômetros de pressão relativa são calibrados em:

- **Libra força por polegada quadrada** (lbf/in² , lbf/pol² ou PSI – pounds per squareinch)
- **Quilograma força por centímetro quadrado** (kgf/cm²)

Além das funções primárias como manômetro de pressão de óleo, de combustível, de oxigênio, etc, pode, também ter função indireta como indicadores de temperatura, torque do motor e outros

5. Termômetro

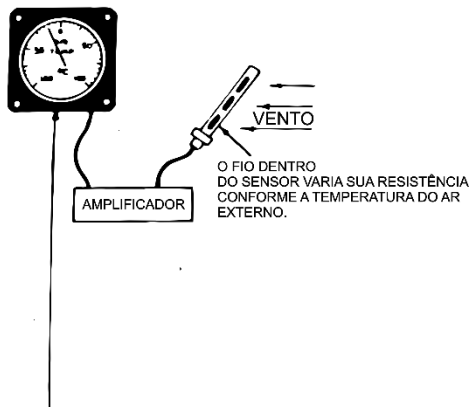
Os tipos de termômetro mais utilizados, quanto ao princípio de funcionamento:

- **Termômetro elétrico (ou de resistência)**

Este é o tipo de termômetro mais indicado para medir a temperatura do ar externo

TERMÔMETRO ELÉTRICO (ou DE RESISTÊNCIA)

Este é o tipo mais adequado para medir a temperatura do ar externo.



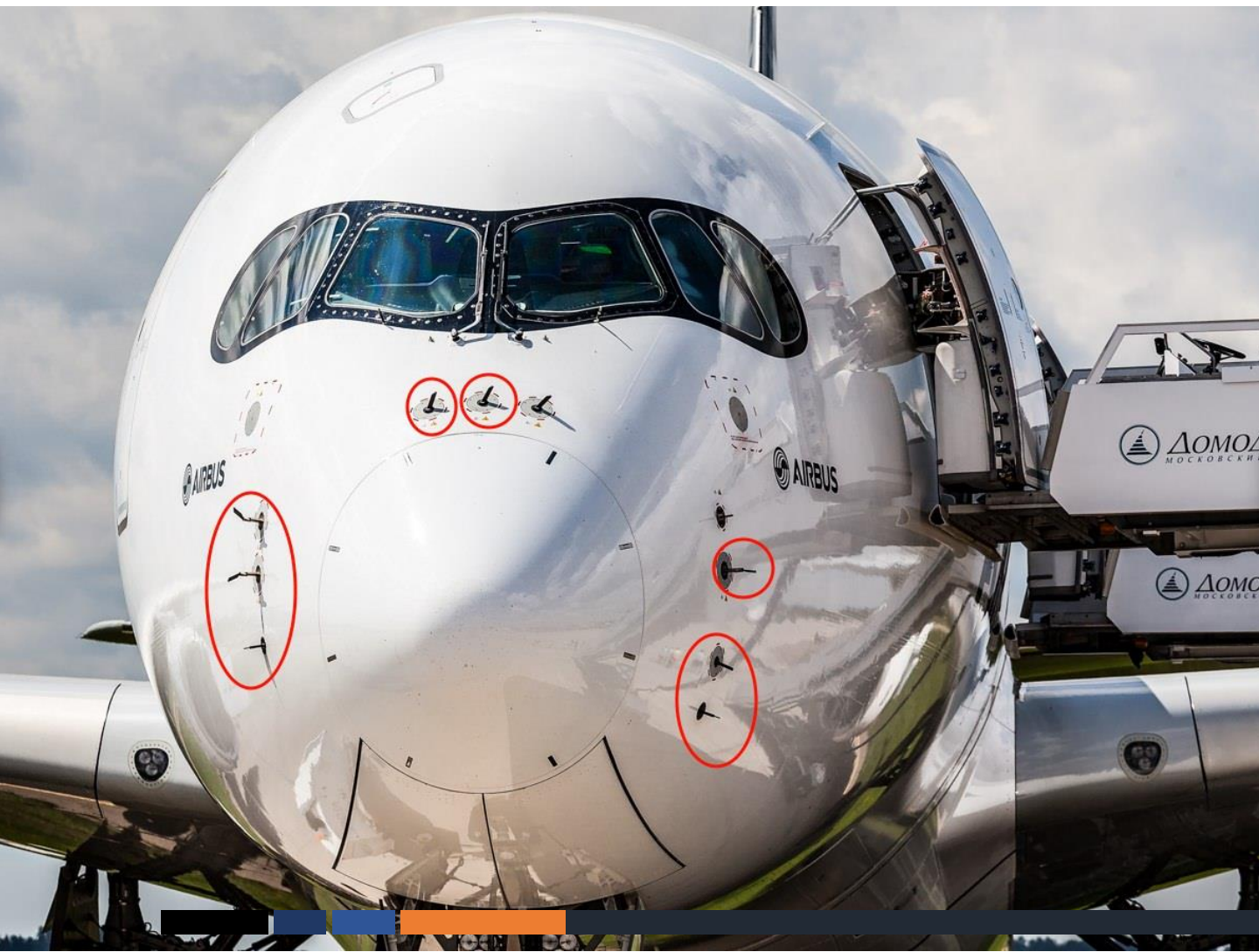
O INDICADOR É UM AMPERÍMETRO QUE MEDE A CORRENTE QUE PASSA PELA RESISTÊNCIA.

- **Termômetro de pressão de vapor**

Este é o tipo mais adequado para medir a temperatura do óleo.

- **Termômetro de par termoelétrico
"thermocouple"**

Este é o tipo mais adequado para altas temperaturas, como a da cabeça do cilindro.





1. Giroscópio

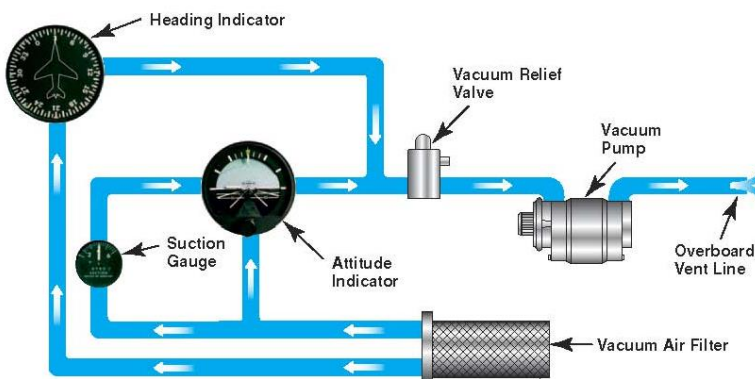
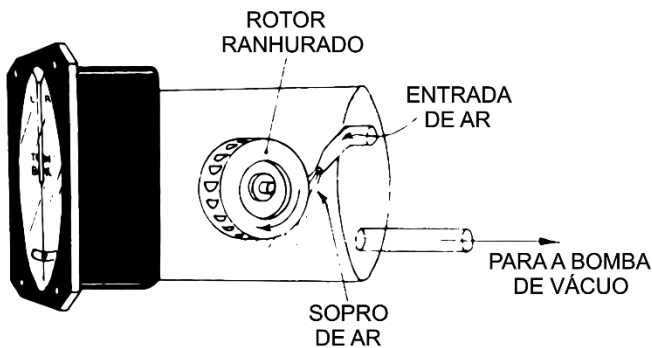
O giroscópio é uma roda girante apoiada de modo que possa ser colocada em qualquer posição. Quando o rotor é posto a girar rapidamente, ele mantém a posição inicialmente fixada, quaisquer que sejam os movimentos do suporte. Essa propriedade chama-se **rigidez giroscópica**.

O giroscópio tem ainda uma outra propriedade, se girarmos a mão num sentido, o rotor irá reagir, fazendo o eixo girar num plano perpendicular ao movimento que foi induzido. Essa propriedade chama-se **precessão**.

Essas duas propriedades servem de base para diversos instrumentos que orientam o piloto num voo sem visibilidade.

O acionamento do giroscópio:

O rotor do giroscópio é geralmente acionado por um jato de ar gerado pela sucção do ar para dentro do instrumento. A sucção pode ser criada por uma bomba de vácuo acionada pelo motor ou por um tubo de Venturi instalado na parte externa do avião. O rotor pode ser também acionado por motor elétrico. Nesse caso, o rotor do giroscópio pode ser o próprio rotor do motor elétrico.



2. Instrumentos giroscópicos

Os três instrumentos puramente giroscópicos encontrados amplamente nas aeronaves da aviação geral são:

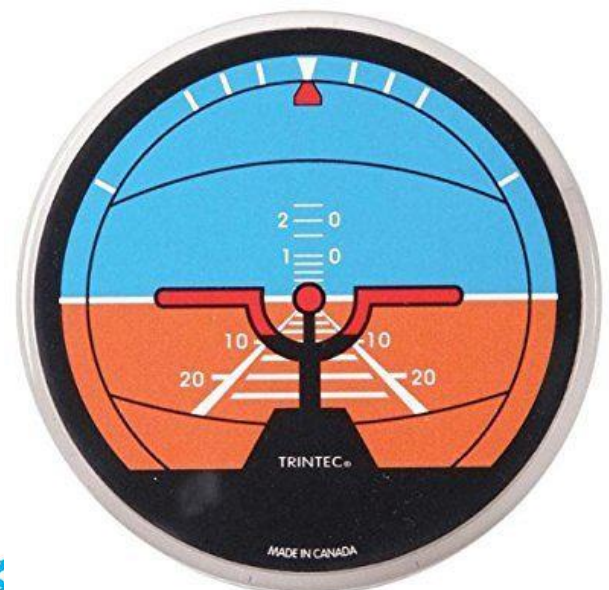
GIRO DIRECIONAL

Acusa variação de rumo (desvio de direção para direita ou esquerda)



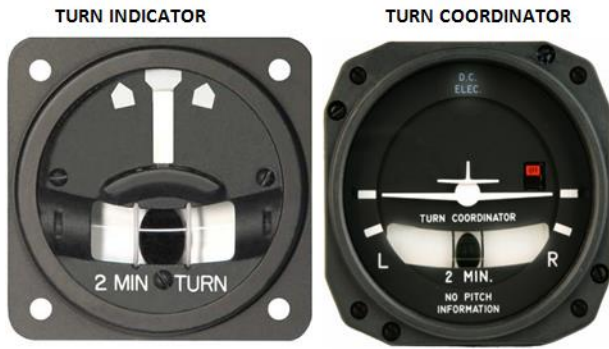
HORIZONTE ARTIFICIAL (Indicador de Atitude)

Indica a atitude do avião (nariz alto ou baixo, asas niveladas ou inclinadas)



INDICADOR DE CURVA (Turnand Bank)

Indica a inclinação e a razão de giro de curva (velocidade de giro ex: 3 graus por segundo)



Inclinômetro ("bolinha")

Este instrumento indica quando uma curva é feita com a inclinação incorreta das asas. É constituída por um tubo transparente recurvado, contendo no seu interior querosene e uma bolinha pesada.



3. Sistema diretor de voo

É um conjunto de instrumentos que fornecem orientação completa para o piloto manobrar o avião e fazer a navegação. São os instrumentos giroscópicos acrescidos de indicação de sinais de rádio e estão disponíveis apenas em aeronaves de maior complexidade.

Para evitar a dispersão da atenção do piloto entre inúmeros instrumentos, estes podem ser agrupados, sendo os mais usados:

INDICADOR DIRETOR DE ATITUDE (ADI "Attitude Director Indicator")

Este instrumento é a evolução do horizonte artificial e do indicador de curva. Indica ao piloto a atitude do avião, sendo que a função diretora de voo é indicar a correção para o piloto se ele estiver incorreto.



INDICADOR DE SITUAÇÃO HORIZONTAL (HSI "Horizontal SituationIndicator")

É uma evolução do giro direcional e orienta a navegação. Acusa desvio de rumo e indica se o avião está fora de trajetória determinada pelo rádio-auxílio escolhido.



4. Cronômetro

O cronômetro instalado no avião é utilizado como instrumento de navegação, porque diversos procedimentos ou manobras são controladas por tempo.





5. Tacômetro (ou contagiros)

Servem para indicar a velocidade de rotação do eixo manivelas do motor, os tipos normalmente adotados nos motores de avião são:

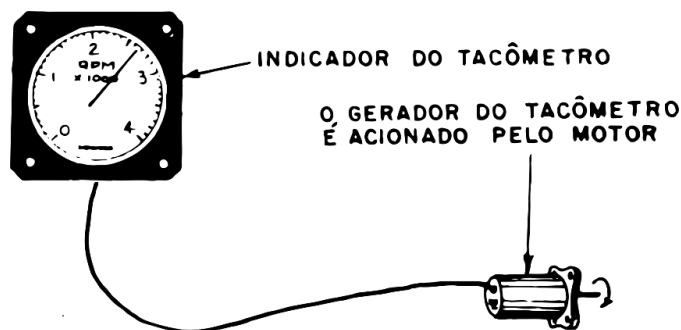


a) Tacômetro mecânico

Também conhecido como tacômetro centrífugo, e baseia-se na ação de contrapesos rotativos que atuam sobre o mecanismo do ponteiro do instrumento.

b) Tacômetro elétrico

Este tacômetro pode ser um voltímetro que mede a tensão de um pequeno gerador acionado pelo motor. Existe um outro tipo em que há um pequeno motor elétrico no instrumento, girando um ímã permanente. O ímã rotativo arrasta um tambor por ação eletromagnética, movimentando o ponteiro do instrumento.



6. Torquímetro

Serve para medir o torque no eixo da hélice, mas é raramente usado hoje em dia. Na prática, o torque é medido sob forma de pressão (denominado BMEF- "Brake Mean Effective Pressure"), por meio de um manômetro, devendo o piloto evitar ultrapassar um determinado limite, para proteger o motor.

Embora os torquímetros tenham sido muito usados nos grandes motores radiais do passado, nos motores a pistão atuais são desnecessários.



7. Bússola

A bússola indica a proa magnética, ou seja, o ângulo entre o eixo longitudinal do avião e a direção do campo magnético da terra. Há dois tipos de bússola:

a) Bússola Magnética

Seu funcionamento é baseado na propriedade dos ímãs de se alinharem segundo a direção norte-sul magnética. É constituída por um ou mais ímãs são embutidos numa escala circular móvel chamada limbo. O limbo gira livremente em torno do eixo vertical, apoiado em um pivô, dentro de uma caixa cheia de querosene, que amortece as oscilações.

A bússola magnética está, entretanto, sujeita a erros causados pela fricção do pivô e pelos campos magnéticos espúrios e movimentos do avião.

Os campos magnéticos espúrios existentes no avião são em parte anulados pelos ímãs compensadores na caixa da bússola, ajustados por parafusos. O erro remanescente é indicado num cartão de desvios, junto ao instrumento. A fricção do pivô não pode ser eliminada, mas ela é atenuada pela própria vibração do avião.

Os movimentos do avião podem dificultar a leitura e também tiram o limbo da posição horizontal, deixando-o sensível à componentes verticais do campo magnético da terra, causando erros de indicação.





b) Bússola de leitura remota

O sensor magnético deste tipo de bússola utiliza um sistema eletromagnético complexo denominado válvula de fluxo ("Flux gate", em inglês), instalado na ponta da asa. Nessa posição, os campos magnéticos espúrios são menores, evitando grandes erros. Os sinais elétricos são processados e corrigidos por um transmissor e enviados aos indicadores e instrumentos na cabine.



8. Radioaltímetro

É um altímetro que indica a altura verdadeira ou absoluta em relação ao solo. Ele é usado principalmente durante o pouso e seu funcionamento baseia-se no radar, que envia uma onda ao solo e recebe o seu reflexo. A altitude é calculada por um computador e apresentada num indicador ou enviada ao sistema de pouso por instrumento.

9. FAIXAS DE OPERAÇÃO

Alguns instrumentos reduzem ou omitem informações numéricas desnecessárias ao piloto, apresentando apenas faixas de operação.

As faixas são indicadas através das cores:

- VERDE: operação normal
- AMARELA: operação restrita ou em alerta
- VERMELHA: operação proibida

10. INSTRUMENTAÇÃO ELETRONICA

Este sistema formado por três elementos básicos:

a) Sensores

Os sensores, transdutores e antenas captam sinais elétricos ou convertem grandezas físicas como pressão, temperatura, força, velocidade e etc, em sinais elétricos.

b) Processadores eletrônicos

Ampliam o sinal elétrico ou executam funções complexas para gerar informações necessárias ao piloto. No contexto geral, incluem aqui os equipamentos eletrônicos ("aviônicos") de navegação.

c) Painéis, telas ou displays de cristal líquido (LCD)

Transformam os sinais eletrônicos dos processadores em imagens visuais.



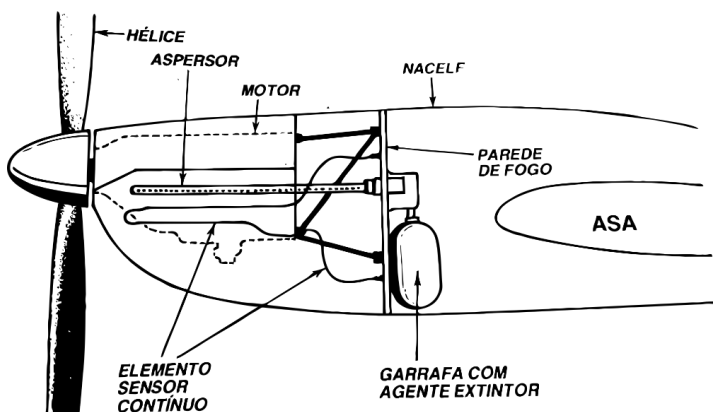


1. Descrição

O sistema de proteção contra fogo nos motores é subdividido em duas partes:

a) Sistema de detecção e superaquecimento e fogo

A detecção é feita por sensores instalados nos pontos de maior probabilidade de fogo. Há **sensores locais** que protegem determinados pontos e **sensores contínuos**, em forma de fio, que protegem ao longo de sua extensão. Quando o calor excessivo é detectado, o sistema emite um alarme sonoro e visual na cabine de comando.



b) Sistema de extinção de fogo

Este sistema pode ser automático ou acionado pelo piloto. Ele é formado por uma ou mais garrafas com agente extintor, tubulação, válvulas de controle e aspersores.

Em aviões de pequeno porte pode não ter um sistema de detecção e extinção de fogo, neste caso, a bordo da aeronave tem um extintor portátil.

2. PRINCÍPIOS DA COMBUSTÃO

A combustão é uma reação química entre as substâncias combustíveis e o oxigênio do ar, produzindo calor. Ela pode ocorrer de duas maneiras:

Com chama: a chama é formada por material combustível volátil liberado pelo material que se queima, produzindo luz e calor.

Sem chama: O carvão queima sem chama porque não libera material combustível volátil.

3. PONTO DE FULGOR E PONTO DE AUTOINFLAMAÇÃO

Ponto de fulgor: é a temperatura na qual o líquido produz vapores que podem se inflamar com uma fonte externa de calor.

Ponto de autoinflamação: é a temperatura em que o vapor do líquido entra em combustão espontânea com o ar, mesmo sem fonte de calor externa.

4. PRINCÍPIO DE COMBATE AO FOGO

A combustão só pode ocorrer se houver a combinação de três fatores: o combustível, o oxigênio e o calor.



Para eliminar o fogo, basta eliminar ou isolar um destes fatores, através do **abafamento** ou do **resfriamento**.

ABAFAMENTO

Não há fogo porque o oxigênio do ar não entra mais em contato com o combustível que estava alimentando a chama.

RESFRIAMENTO

Não há mais fogo porque a água resfriou o suficiente para acabar com o calor.

CLASSES DE INCÊNDIO

Os incêndios são divididos em classes:

CLASSE A: Fogo em materiais que deixam brasa ou cinzas, como madeira, papel, tecidos e etc.





CLASSE B: Líquidos inflamáveis como gasolina e álcool



CLASSE C: Materiais elétricos energizados



CLASSE D: Materiais metálicos, como magnésio em combustão



6. AGENTES EXTINTORES

Os agentes extintores mais usados são:

ÁGUA: apaga por resfriamento incêndios de Classe A. Pode ser usado em extintores portáteis e veículos de combate a incêndio, na forma de jato ou neblina.

ESPUMA: apaga por abafamento incêndios em líquidos (Classe B). É corrosivo e ataca metais, mas é muito usado em acidentes aeronáuticos devido à eficiência nos incêndios em líquidos combustíveis.

PÓ QUÍMICO: apaga por abafamento incêndios de Classe B e C

PÓ SECO: apaga por abafamento incêndios de Classe D.

DIÓXIDO DE CARBONO: é usado em incêndios elétricos porque não conduz a eletricidade, afastando o perigo de choque. Pode “queimar” a pele porque provoca forte resfriamento ao se evaporar. Pode causar asfixia em recintos fechados, apesar de não ser venenoso. É usado em extintores fixos e portáteis de bordo, mas é frequentemente substituído pelo agente HALON, de característica físicas semelhante, porém mais eficiente.

7. PROCEDIMENTOS CONTRA FOGO EM VOO

O piloto deve seguir os procedimentos recomendados nos manuais dos aviões.

Alguns princípios básicos para aviões leves são:

Fogo no motor

Cortar a alimentação de combustível e desligar a chave elétrica geral (“Master Switch”) Iniciar imediatamente os procedimentos para pouso de emergência. A ação rápida pode evitar que o fogo aumente e provoque falha estrutural do avião em voo. Se for constatado alarme falso durante a descida, bastará reverter as ações tomadas.

Fogo na cabine

Desligar a chave geral (“ Master Switch”) se o incêndio for de classe B (elétrico). Usar o extintor e outros recursos para abafar e extinguir o fogo. Pousar na pista mais próxima para inspeção e outras medidas necessárias.

8. PROCEDIMENTOS CONTRA FOGO NO SOLO

Fogo na partida

Seguir os procedimentos detalhados nos manuais do avião. O fogo pode se extinguir durante os procedimentos.

Fogo durante o abastecimento

O piloto é o responsável pelo abastecimento deve estar treinado para operar o equipamento ou o veículo abastecedor, o qual deve ter recursos de combate a fogo prontos para uso. Incêndios de maiores proporções exigem a ação de veículos de combate a incêndio com equipe treinada e devidamente aparelhada (materiais de proteção individual e coletiva), devido ao risco envolvido.



1. SISTEMA DE DEGELO E ANTIGELO

Quando a temperatura do ar se encontra abaixo de 0°C e há umidade elevada no ar, poderá ocorrer formação e acúmulo de gelo sobre o avião. As áreas mais propícias e também perigosas para acúmulo de gelo são:

a) Bordos de ataque das asas e empenagem

Nestas áreas, o gelo altera o perfil aerodinâmico, afetando o voo. Pode ser combatido pelo degelo térmico (circulação de ar quente dentro dos bordos de ataque), ou pelo degelo pneumático (“botas” infláveis de borracha, que literalmente quebram a camada de gelo formado) ou mesmo por degelo elétrico.

b) Hélice

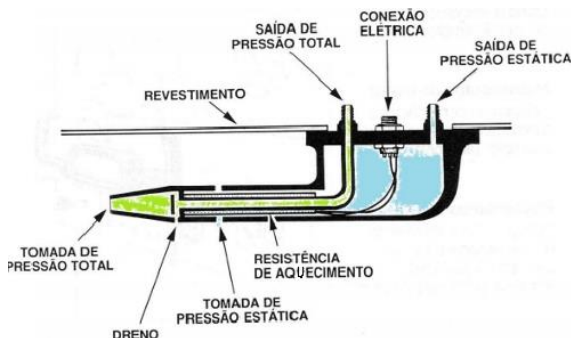
O gelo causa alteração do perfil da pá e desbalanceamento. O sistema de degelo pode ser elétrico (camada resistente colada ao bordo de ataque das pás) ou aplicação de líquido anticongelante (álcool isopropílico e outros).

c) Para-brisas

O degelo é necessário antes do pouso para permitir a visualização da pista pelo piloto, podendo ser elétrico (resistência embutida entre camadas de vidro) ou por aspersão de líquido anticongelante.

d) Tubo de Pitot

O acúmulo de gelo no tubo de Pitot é talvez a forma mais grave de formação de gelo, porque causa erros nos instrumentos. O degelo é feito por resistência elétrica que fica localizada dentro do tubo de Pitot.



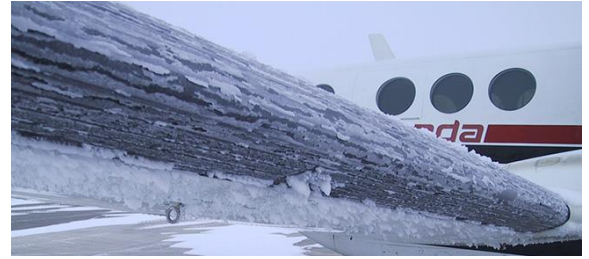
e) Carburador

O problema de gelo no carburador já foi estudado, e soluciona-se este problema com ar quente.

2. PREVENÇÃO DO GELO

A prevenção **não deve** ser feita quando representar desperdício de energia (exemplo: bordos de ataque

e hélice) ou de líquido anticongelante. Nesses casos, é preferível esperar o gelo se formar, e então acionar o sistema de degelo.



Por outro lado, a prevenção **deve** ser feita no caso do ar quente do carburador e aquecimento elétrico do tubo de Pitot e pára-brisas, sempre que o piloto julgar necessário. Outra forma de prevenção é operacional, de forma que o piloto deve, dentro do possível, evitar o voo em áreas favoráveis ao acúmulo de gelo.

3. DETECÇÃO DO GELO

Antes do voo, a detecção deve ser feita através da inspeção visual, se a temperatura for inferior a 0°C no solo, sabe-se que há grande possibilidade de formação de gelo. Durante o voo, a inspeção é realizada também de forma visual, visualizando através do para-brisas e janelas. Alguns aviões mais modernos possuem detectores eletromecânicos baseados em ressonância.

Em lugares muito frios os aviões passam pelo processo de degelo antes de partir para seus destinos

4. SISTEMA DE CALEFAÇÃO

É utilizado para aquecer o ar da cabine. Nos aviões leves, o ar é geralmente aquecido através do calor dos gases de escapeamento (“Cabin Air”), de modo idêntico ao aquecimento do ar do carburador (“Carbo heat”). Em aviões maiores podem ser usados aquecedores a combustível ou então o ar proveniente dos compressores dos motores a reação, no caso dos grandes jatos com esse tipo de motor.

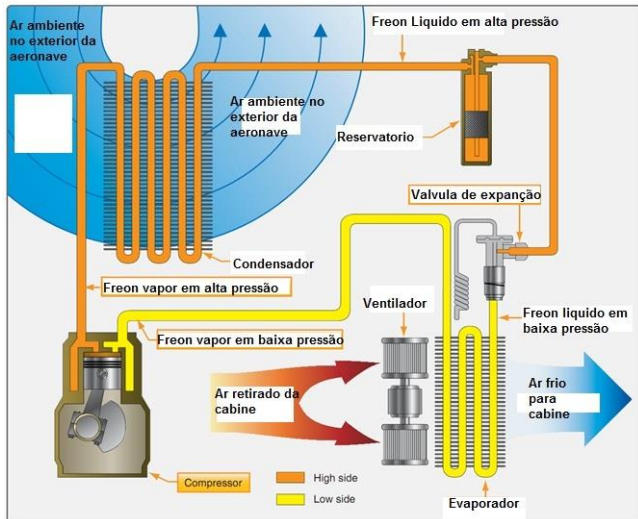
5. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

É um sistema utilizado para diminuir a temperatura no interior da cabine. Normalmente faz parte do sistema de ar condicionado.

Existem dois tipos de sistema de refrigeração:

a) Refrigeração por ciclo a vapor

Este sistema é o mesmo dos refrigeradores domésticos. Seu funcionamento baseia-se no resfriamento provocado pela evaporação de um líquido como o Freon comprimido.



b) Refrigeração por ciclo a ar

Este sistema é usado nos aviões a reação aproveitando o ar comprimido extraído do compressor do motor. Baseia-se no resfriamento que ocorre quando o ar comprimido sofre uma expansão, esse tópico não é aprofundado no curso de piloto privado, ficando restrito apenas ao tipo de refrigeração e seu funcionamento básico.

A extração ou sangria do ar provoca uma certa redução de potência do motor, e por este motivo o sistema de ar condicionado é desativado durante a decolagem.

6. SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

Este sistema tem a finalidade de manter uma pressão dentro da cabine adequada ao corpo humano durante vôos em altitudes elevadas.

O fator prejudicial principal não é a baixa pressão, mas sim a falta de oxigênio que as elevadas altitudes proporcionam.

Aeronaves que tenham o seu teto operacional até 10 mil pés de altitude, não necessitam desse tipo de sistema, pois a condição de ausência de pressão só é crítica acima dessa altitude.

Alguns conceitos são importantes para melhor compreender esse sistema:

a) Altitude de cabine

É a altitude na qual a pressão atmosférica equivale à que existe na cabine do avião, ou seja, a pressão internamente que está na aeronave em relação a pressão atmosférica que essa altitude possui.

O sistema de pressurização permite a queda da pressão na cabine durante a subida do avião, porém nunca abaixo da pressão correspondente à altitude de 8.000ft (valor geralmente adotado). Isso significa que a altitude de cabine aumenta durante a subida e estabiliza-se ao atingindo 8.000ft.

b) Pressão diferencial

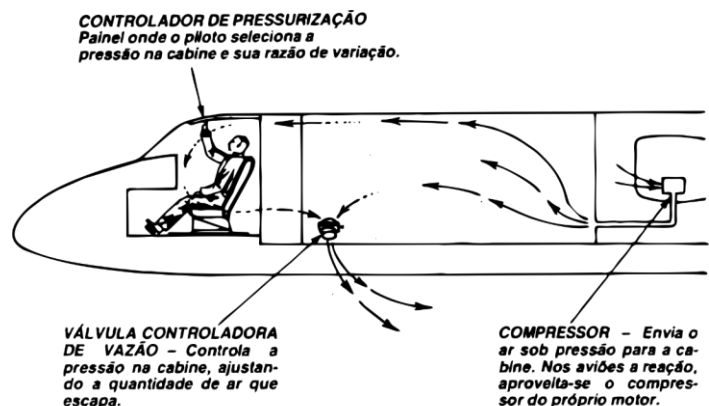
É a diferença entre a pressão interna da cabine e a pressão atmosférica externa.

Sabendo que a pressão interna do avião diminui gradativamente e a pressão externa diminui drasticamente conforme o avião sobe, a pressão diferencial é a diferença entre as pressões, internas e externas.

A pressão diferencial é nula no solo e aumenta durante a subida. Esse aumento ocorre mesmo com altitude de cabine estabilizada, devido a redução da pressão externa. O diferencial máximo permitido varia de 3lb/in² nos aviões leves e nos aviões a reação é de 9lb/in².

FUNCIONAMENTO BÁSICO DO SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

A pressurização é efetuada através da insuflação de ar dentro da cabine. Os três componentes básicos do sistema são:



7. SISTEMA DE AR CONDICIONADO

É um sistema completo de controle ambiental na cabine, compreendendo a pressurização, a calefação e a refrigeração, que foram estudados separadamente nesta aula.

8. SISTEMA PNEUMÁTICO

É um sistema destinado a acionar componentes mecanicamente através da energia do ar sob pressão. Ele é adotado raramente, pois na maioria dos casos adota-se o sistema hidráulico. As principais diferenças do sistema pneumático em relação ao hidráulico são:



a) O ar é compressível, portanto acumula energia em todo o sistema, incluindo as tubulações.

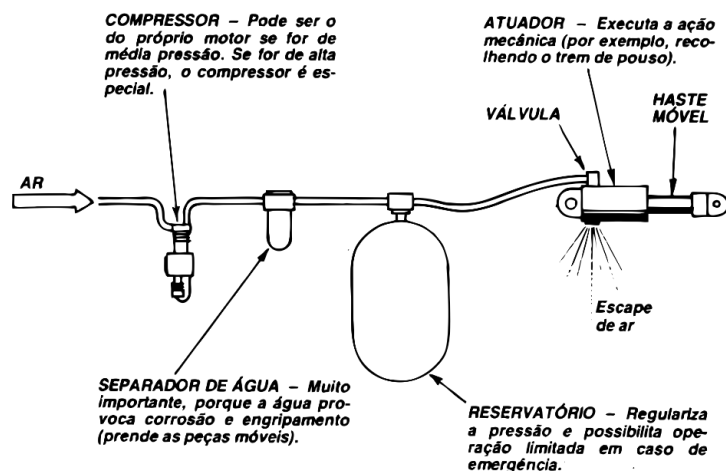
b) O ar utilizado é expelido para a atmosfera, portanto o sistema pneumático não exige tubulações de retorno.

Pressões utilizadas

As pressões são menores que no sistema hidráulico, mas podem atingir mais de 3000PSI (“pounds per square inch” ou libra-força por polegada quadrada). Existem sistemas que operam com pressões menores, da ordem de 1000 PSI ou até mesmo

Componentes do sistema pneumático

Os componentes básicos de um sistema pneumático estão mostrados abaixo:



Sistemas de pressões diferentes

Dentro de um mesmo sistema pneumático, uma parte pode funcionar com alta pressão e outra com baixa pressão, para atender às necessidades de diferentes grupos de atuadores e outros dispositivos.

Sistema pneumático de emergência

Serve para suprir a falha de um sistema pneumático principal ou de um sistema hidráulico. No caso da falha do sistema hidráulico, o cilindro pneumático é abastecido no solo com nitrogênio ou gás carbônico sob pressão elevada.

Partida pneumática dos motores a reação

Muitos motores a reação possuem um motor de partida pneumático que funciona com uma pressão de 100 a 150 PSI, consideradas “média” ou mesmo “baixa”.

O ar de partida pode ser fornecida por um motor que já esteja em funcionamento, ou um motor auxiliar (APU “Auxiliary Power Unit”), ou por veículos e instalações pneumáticas externas.

APU



GPU



9. SISTEMA DE OXIGÊNIO

O sistema de oxigênio serve para suprir a falta de oxigênio aos ocupantes da aeronave nos vãos com altitudes elevadas. Nos aviões não pressurizados, seu uso é obrigatório e, nos aviões pressurizados é usado em situação de emergência.

Partes do sistema de oxigênio

As principais partes do sistema de oxigênio são o cilindro, o regulador e a máscara.

a) Cilindro

Os cilindros podem ser de alta pressão (pintado na cor verde, pressão em torno de 1800PSI) ou baixa pressão (pintado de amarelo, com pressão em torno de 450PSI). No lugar do cilindro, pode ser também usado um gerador químico de oxigênio.

b) Regulador

Os reguladores podem ser de fluxo contínuo (saída ininterrupta) ou fluxo por demanda (saída somente durante a inspiração). Há reguladores que fornecem oxigênio puro e outros que misturam com o ar na proporção correta.

c) Máscara

É usada para a respiração individual. Se o regulador fornece oxigênio puro, a máscara deixa espaço abertos para permitir a diluição como ar. Se o regulador fornecer oxigênio diluído, a máscara adapta-se perfeitamente à face.

Abaixo de 34000 ft de altitude, não se deve respirar oxigênio puro.

Instalação do sistema

O sistema de oxigênio pode ser fixo no avião ou portátil. Neste caso, a máscara, regulador e o cilindro formam um conjunto facilmente transportável.



10. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EXTERNA

A sinalização luminosa externa do avião é importante para a segurança do voo. As luzes estão distribuídas da seguinte forma; as quais serão estudadas em detalhes na matéria de regulamentos de tráfego aéreo.



11. Piloto automático (AP)

O piloto automático é um sistema destinado a manter o avião numa condição pré-estabelecida de voo e efetuar determinadas manobras automaticamente, de forma que o piloto apenas seleciona ou programa a condição desejada, e o avião automaticamente cumpre essa solicitação.

Esquema básico

Em essência, um piloto automático é composto pelos elementos indicados na imagem abaixo:

Princípio de operação

As quatro partes básicas do AP descritas na imagem acima, funcionam da seguinte forma:

a) Sensor

Envia sinais ao amplificador, informa uma dada condição de voo

b) Controlador

Pode ser um pequeno painel onde o piloto introduz as condições desejadas.

c) Amplificador

É um dispositivo que verifica se a condição de voo corresponde à condição desejada. Se houver desvio, envia uma ordem de correção ao servo – atuador.

d) Servo-atuador

Executa a ordem de correção e envia ao amplificador um sinal indicando o deslocamento efetuado.

Comandos e indicações

Os comandos são introduzidos através do controlador do piloto automático. Alguns comandos possíveis são: manter altitude, manter rumo magnético, instrumento). As indicações e avisos do piloto automático são fornecidas pelo mesmo painel, através de luzes.

Sensores

Geralmente são os próprios instrumentos de voo e de navegação, tais como o altímetro, giro direcional, ADI, HSI, e os instrumentos eletrônicos de navegação por instrumentos. O sensor básico de altitude do avião é o **giroscópio**, que faz parte de vários instrumentos.

Dispositivos de segurança do piloto automático

Para evitar consequências graves de falha no sistema do AP, os comandos aplicados manualmente pelo piloto humano sempre sobrepõem os comandos do AP e provocam o desacoplamento deste. Adicionalmente, o mau funcionamento pode ser detectado através das luzes indicadoras no controlador do piloto automático e também pela observação dos instrumentos normais de voo e navegação.





1. OBJETIVO

A manutenção tem o objetivo de manter o avião em boas condições de funcionamento, de modo a garantir a segurança operacional.

2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

a) Manutenção corretiva:

Serve para corrigir deficiências depois que estas aparecem: por exemplo, um amortecedor com vazamento que precisa ser consertado.

b) Manutenção preventiva:

Serve para prevenir contra o aparecimento de falhas: por exemplo, remoção do motor para revisão depois de um determinado número de horas. Essa manutenção ocorre independente do bom funcionamento da peça.

3. INSPEÇÕES

A inspeção é o serviço de manutenção mais simples e consiste em verificações visuais ou por outros meios imediatos, destinadas a detectar anomalias. Uma vez detectada anomalias, toda as anormalidades requerem serviços de manutenção corretiva. As inspeções classificam-se em **inspeções pré-vôo** e **inspeções periódicas**.

a) Inspeção pré-vôo

Esta é a única inspeção que é de responsabilidade do piloto, e deve ser feita antes de cada vôo.

Consiste em examinar as diversas partes do avião de acordo com uma lista de verificações ("Check List"), fornecida pelo fabricante do avião.

Qualquer anormalidade constatada deve ser examinada por um mecânico homologado.

Todo piloto deve receber treinamento adequado para fazer a inspeção pré-vôo, como realizar o procedimento de drenagem do combustível para identificação de impurezas e água que possivelmente possam aparecer, verificar nível de óleo como checar e o que avaliar em cada item que consta no checklist, além de conhecer o risco potencial, como o de ficar próximo à hélice ou movimentá-la com as mãos.

b) Inspeções e revisões periódicas

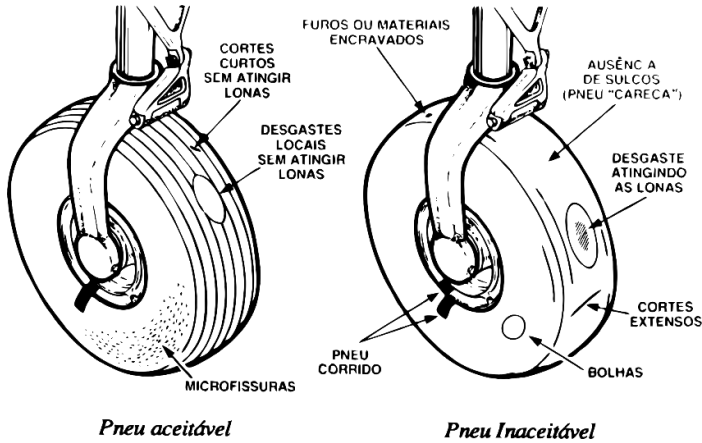
A manutenção preventiva compreende inspeções e revisões feitas em determinados períodos (geralmente baseados em números de horas de vôo). As revisões englobam a estrutura, motor, acessórios e demais componentes, os quais são desmontados para exame detalhado e substituição das partes em condições insatisfatórias.

4. PROCEDIMENTOS E PROGRAMAS

Todos os serviços de manutenção, desde a inspeção pré-vôo à inspeção mais complexa de estrutura e motor, devem ser feitos de acordo com os procedimentos e programas (períodos) determinados pelo fabricante do avião, motor e componentes. Eles estão descritos nos manuais respectivos de manutenção e são obrigatórios, devendo o proprietário ou operador do avião comprovar o cumprimento dos períodos às autoridades aeronáuticas por ocasião de vistorias.

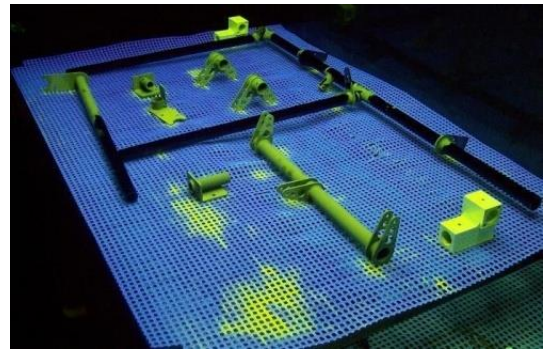
5. INSPEÇÃO DOS PNEUS

A verificação dos pneus faz parte da inspeção pré-vôo. E deve levar em conta os seguintes critérios:



c) "Zyglo" ou penetração fluorescente

A rachadura é revelada através de um líquido penetrante e fluorescente que brilha sob uma lâmpada ultravioleta.

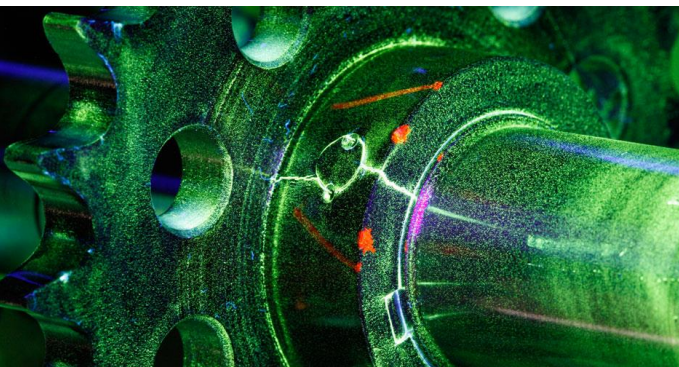


6. FALHAS ESTRUTURAIS

Os componentes estruturais e outras partes metálicas sujeitas a esforço normalmente falham aos poucos por fadiga, exceto em casos anormais como colisão, uso de peças não apropriadas, etc. O fabricante pode determinar o número de horas de vôo necessário para que uma rachadura microscópica atinja proporções críticas, estabelecendo então um período entre revisões inferior, para possibilitar a sua detecção a tempo (isso demonstra o risco envolvido no descumprimento do programa de manutenção). A detecção é feita por um dos métodos a seguir:

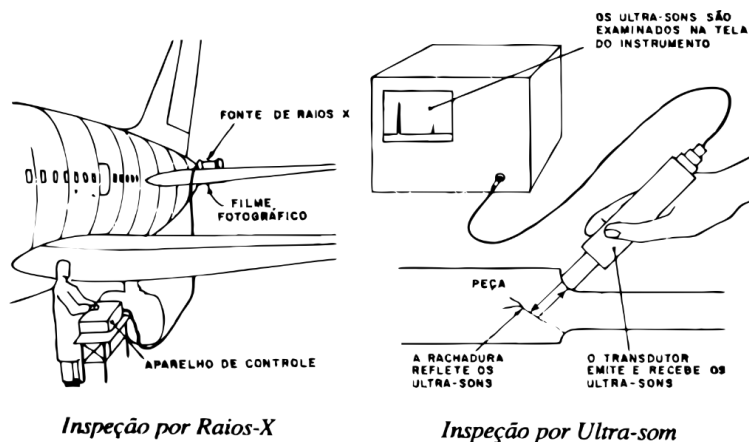
a) "Magnaflux" ou processo de partículas magnéticas

Este é o processo mais utilizado em peças ferrosas magnetizáveis. A peça é magnetizada e banhada com um líquido contendo partículas ferrosas em suspensão. Estas se acumulam junto às rachaduras, tornando-as visíveis.



7. MÉTODOS DE RAIOS-X E ULTRA-SOM

São usados para detectar rachaduras internas numa peça ou estrutura.



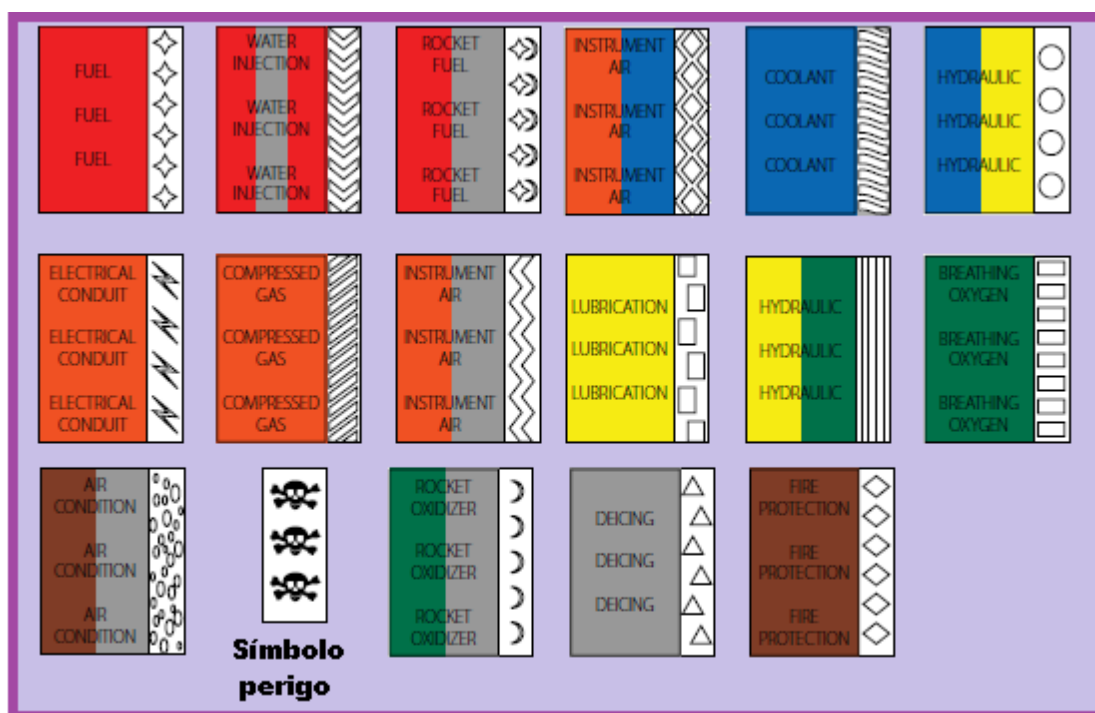
b) Líquido penetrante

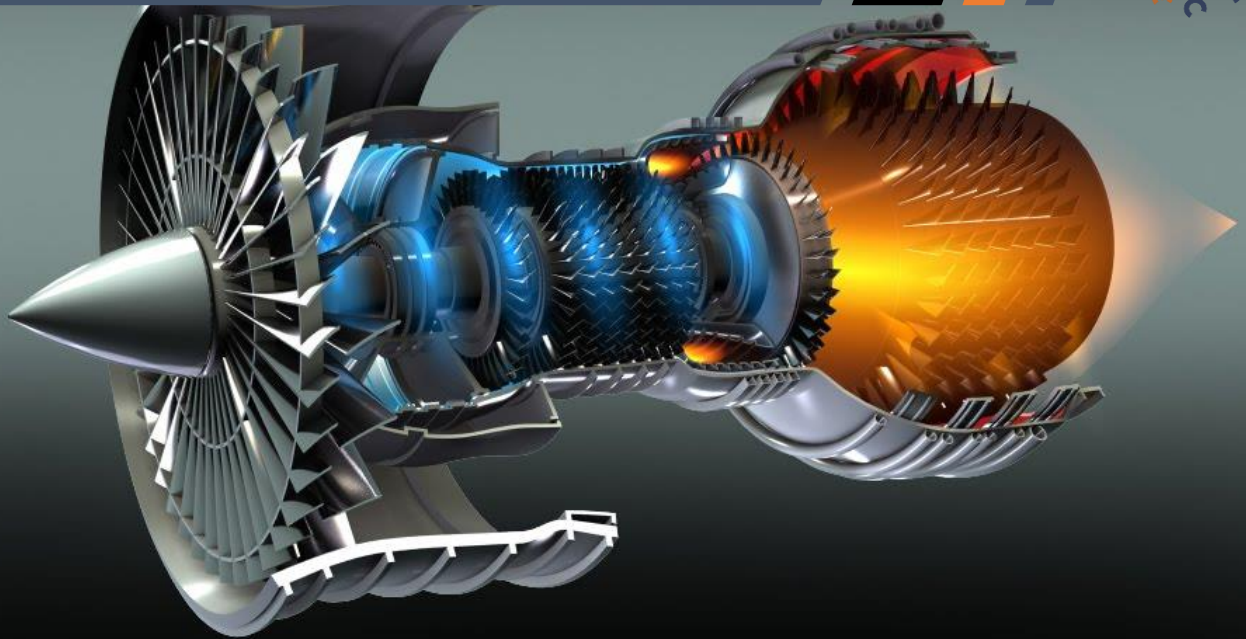
A rachadura é detectada através de um líquido penetrante de alta visibilidade.



8. CODIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES

Os tubos utilizados nos diversos sistemas do avião podem ser codificados através de faixas coloridas, a fim de facilitar a identificação desses sistemas na hora da manutenção. As cores são complementadas com um desenho codificação em preto e branco para evitar erros sob condições adversas de iluminação.

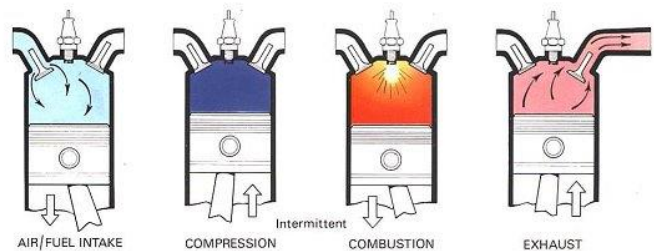
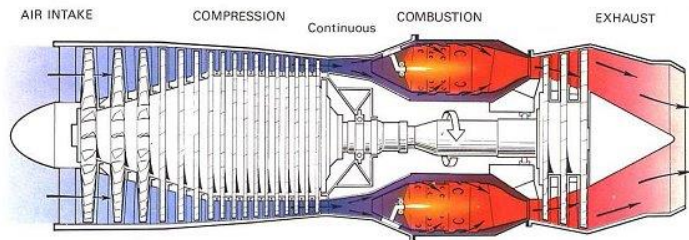




1. PRINCÍPIO BÁSICO

O funcionamento do motor a reação baseia-se na 3ª Lei de Newton (Lei da Ação e Reação, que foi estudada de forma mais profunda em teoria de voo).

Desenho em relação a explicação



2. FUNCIONAMENTO DO MOTOR A REAÇÃO

Seu funcionamento baseia-se pelo Ciclo de George **Brayton**, é um ciclo termodinâmico (ciclo constante) que aproveita a força expansiva dos gases queimados para dar a tração para a aeronave.

A grande diferença entre o Ciclo Otto (motor convencional) e o Ciclo Brayton é que nos motores a reação todas as fases acontecem ao mesmo tempo e em lugares diferentes do motor (**durante a combustão não ocorre aumento de pressão**), diferentemente dos motores a pistão que acontece uma fase de cada vez e no mesmo lugar do motor.

3. CONSTITUIÇÃO BÁSICA DO MOTOR A JATO

Para realizar na prática o princípio de funcionamento, o motor a jato é constituído de acordo com esse esquema:

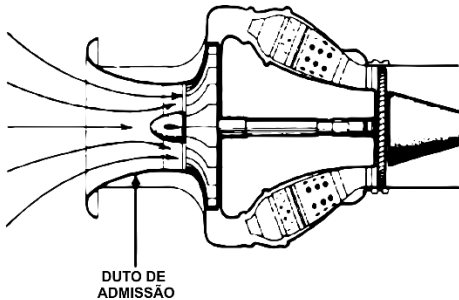
Desenhe de acordo com a compreensão da explicação em aula:



4. COMPREENDENDO CADA PARTE DO MOTOR A REAÇÃO

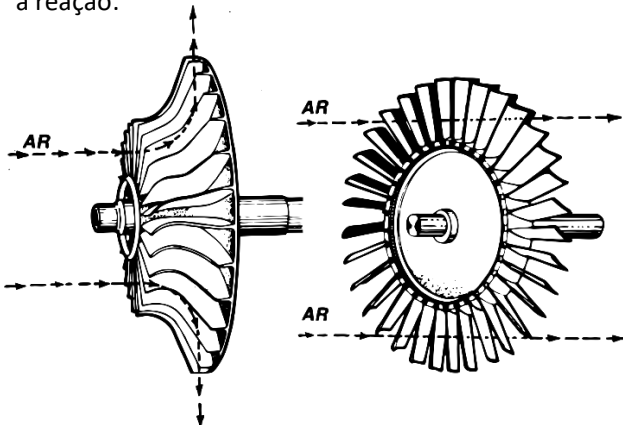
a) Duto de admissão

O duto de admissão tem como finalidade ordenar o fluxo de ar na entrada do motor, a fim de garantir o bom funcionamento do compressor.



b) O compressor tem a finalidade de comprimir o ar admitido.

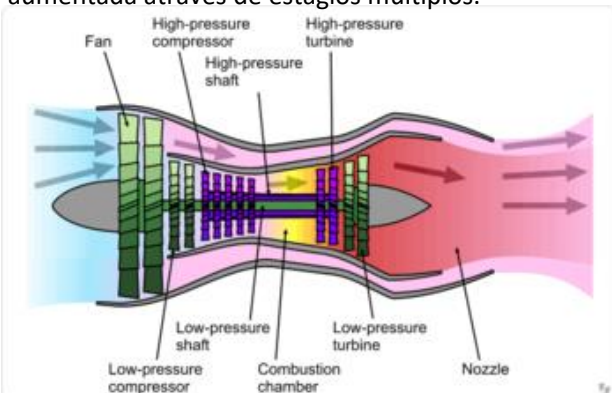
São usados dois tipos de compressores nos motores a reação:



Compressor centrífugo - O ar entra no sentido paralelo ao eixo e sai no sentido perpendicular ao mesmo.

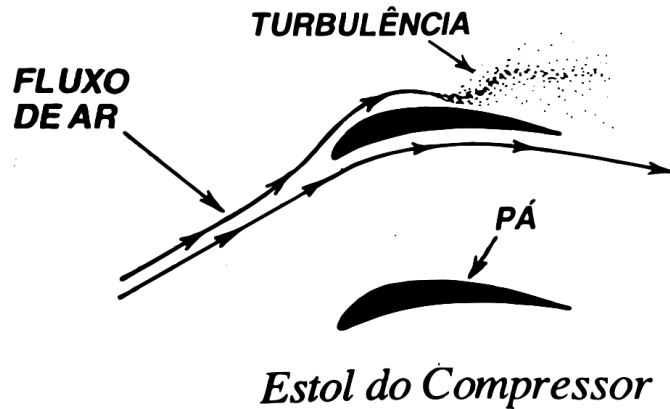
Compressor axial - O ar entra e sai no sentido paralelo ao eixo.

O compressor axial é melhor para comprimir volumes maiores de ar, e o centrífugo é melhor para pressão mais elevadas. Todavia, a pressão pode ser aumentada através de estágios múltiplos.



Estol do compressor

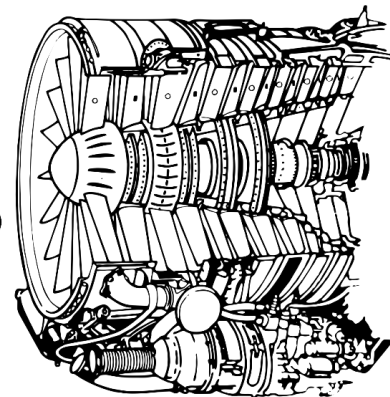
As pás do compressor axial devem receber um fluxo de ar uniforme e no ângulo apropriado. Caso contrário, o fluxo se tornará turbulento, reduzindo drasticamente a taxa de compressão. Este fenômeno é o **estol de compressor**, que se baseia no mesmo princípio do estol estudado em Teoria de Voo, porém aqui é associado às “blades” ou “pás” que compõem o compressor.



Estator (Compressor axial)

Além do rotor giratório, o compressor possui um estator formado por pás ou lâminas estacionárias. De forma que as “blades ou pas” do compressor tem a função de puxar ar e comprimí-lo e as estaturas tem a função de direcionar esse ar com melhor ângulo para o interior da câmara de combustão, evitando assim o Estol de Compressor.

Compressor do motor Rolls Royce ‘Conway’
As pás do estator estão indicadas pelo sinal (○) e as do rotor pelo sinal (■)



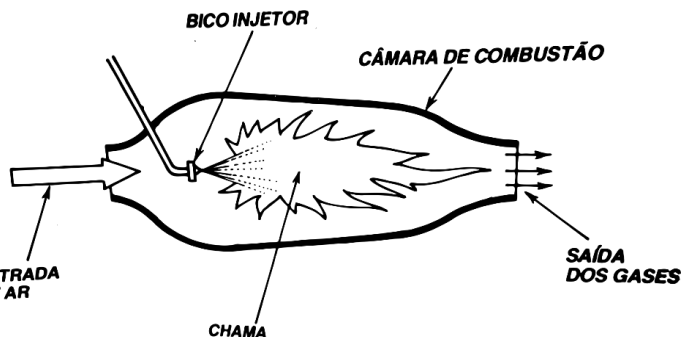
Lâminas ou pás variáveis do estator (“Variable stator vanes”)

Alguns motores possuem essas lâminas estaturas com ângulo variável α , as quais corrigem constantemente o fluxo de ar sobre as lâminas rotativas conforme o regime (potência) do motor é alterada, a fim de evitar o estol de compressor.



c) Câmara de Combustão

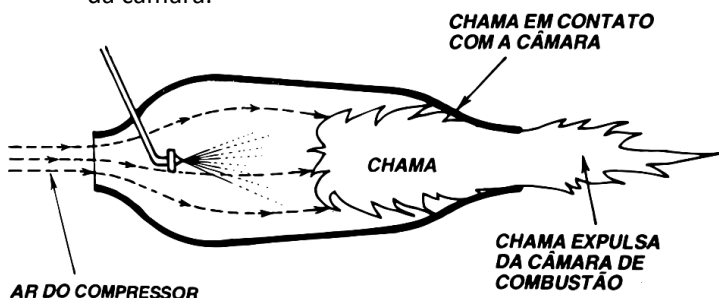
O volume de ar comprimido produzido pelo compressor é relativamente modesto e não se compara com o fluxo do jato do motor. Essa transformação ocorre na câmara de combustão. Em princípio, a câmara de combustão é apenas um tubo suficientemente alargado para acomodar a expansão dos gases da combustão. Sem esse alargamento, o ar não teria como se expandir e a pressão aumentaria (em vez de se manter ou diminuir um pouco), fazendo o ar retornar ao compressor.



Os problemas da chama

Há dois problemas a serem resolvidos no projeto da câmara de combustão:

- Evitar que a chama seja soprada para fora da câmara.
- Evitar que a chama cause a fusão do material da câmara.



Deficiências da Câmara de Combustão Elementar

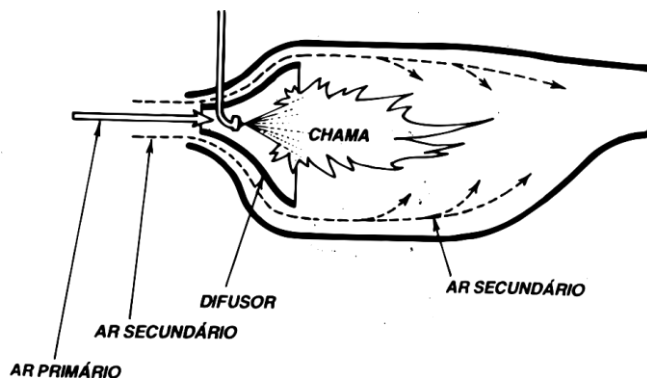
Ar primário e ar secundário

Para solucionar os problemas da chama, o fluxo de ar é dividido em duas partes:

O ar primário, que corresponde a cerca de $\frac{1}{4}$ do total, e entra num setor alargado que funciona como difusor, onde a velocidade diminui e o fluxo torna-se turbulento (através de artifícios como alhetas de turbilhonamento), facilitando a mistura do ar com o combustível.

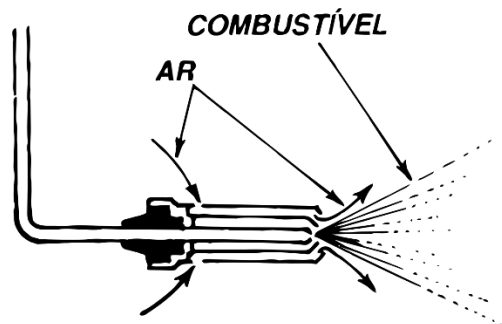
O ar secundário, que corresponde a cerca de $\frac{3}{4}$ do total, não participa da queima. Ele contorna o difusor e mistura-se com os gases quentes, expandindo-se para gerar tração.

O ar secundário forma também uma camada fria que protege a câmara do excesso de calor.

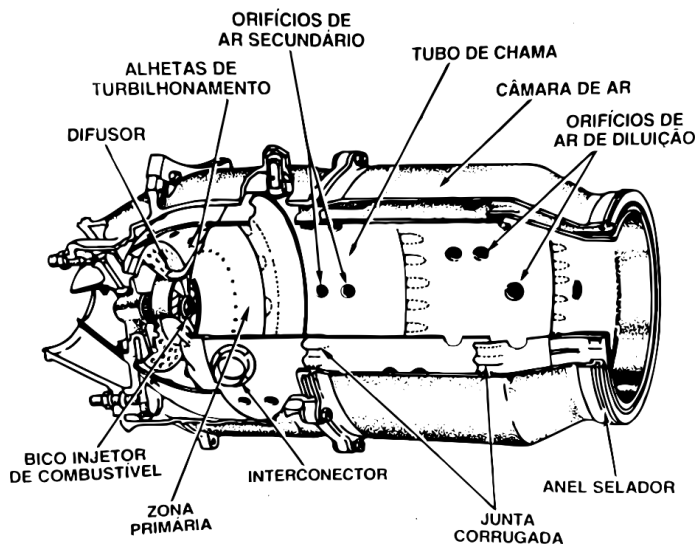


Bico injetor

O bico injetor recebe combustível sob pressão e o pulveriza finamente para misturá-lo com o ar primário. Além do combustível, o bico injetor recebe também um pequeno fluxo de ar do compressor, a fim de evitar a formação e o depósito de carvão no orifício de pulverização. O ar fornece oxigênio para permitir a combustão das partículas de carvão, transformando-as em gás carbônico.



Abaixo temos uma figura que representa uma câmara de combustão com todos os recursos necessários ao funcionamento real.



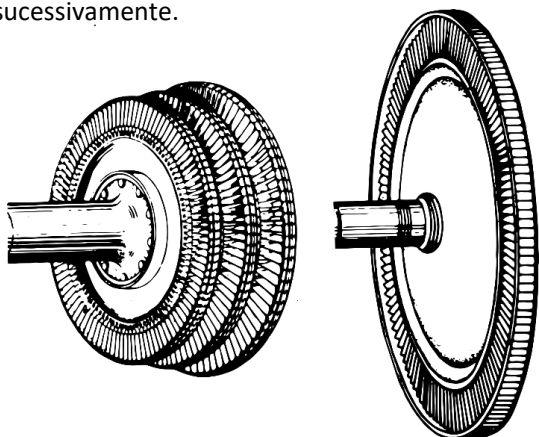


d) Turbina

A turbina serve para extrair potência dos gases queimados, a fim de acionar o compressor e outros acessórios. Nos motores aeronáuticos são usados somente turbinas do tipo axial.

As pás das turbinas estão sujeitas a altíssimas temperaturas, e por isso são fabricadas com materiais resistentes ao calor, podendo ter canais e orifícios de resfriamento através de ar comprimido. Além das lâminas rotativas, a turbina possui também lâminas fixas que constituem o estator.

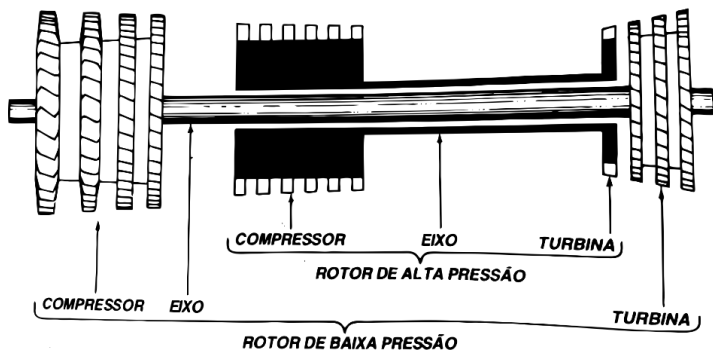
A turbina é peça chave para o funcionamento de todo o motor, de forma que o ar que passa por ela possui energia suficiente para girá-la, giro que será transmitido aos compressores através de um eixo ao qual ambos estão conectados; de forma que sempre que a turbina gira, os compressores também giram e por sua vez comprimem mais ar para serem queimados e passarem pela turbina, rotacionando novamente os compressores e assim sucessivamente.



e) Motores com dois rotores

Nestes motores, há dois compressores e duas turbinas.

O rotor de alta pressão gira mais rapidamente, funcionando numa faixa de pressão mais elevada. Essa subdivisão da carga de trabalho aumenta a eficiência e ajuda a reduzir a possibilidade de estol de compressor.



f) Bocal Propulsor

Um motor a reação poderia funcionar sem o bocal propulsor, mas os gases deixariam a turbina ainda pressurizada, desperdiçando essa energia na atmosfera. O bocal propulsor serve para aproveitar a energia de pressão, aumentando a velocidade dos gases, e ainda corrigir o fluxo que se encontra desalinhado ao deixar a turbina.

