



**Aerocurso.com**  
*E.A.D. Piloto de Aviões*

# CONHECIMENTOS TÉCNICOS DE AERONAVES

---

## MÓDULO 2 Aula 5

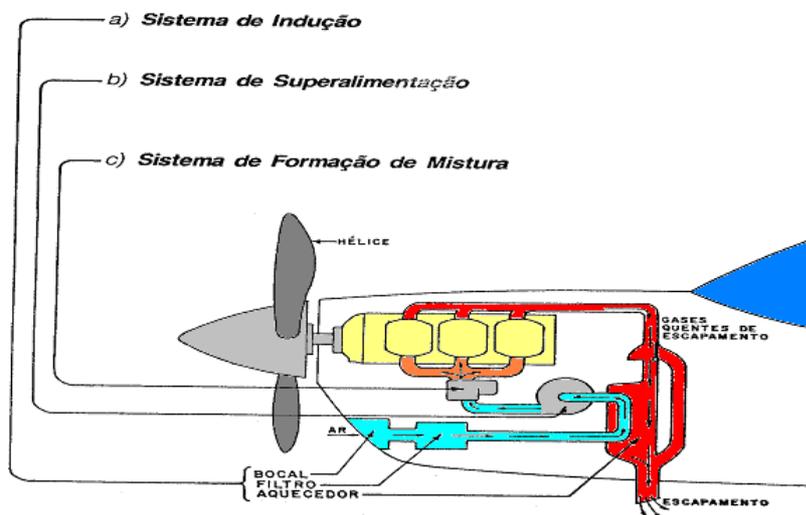
[www.aerocurso.com](http://www.aerocurso.com)

## SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

O sistema de alimentação tem a finalidade de fornecer a mistura ar-combustível ao motor, na pressão e temperatura adequada e livre de impurezas.

Ele se subdivide em tre partes:

1. Sistema de indução
2. Sistema de formação e Mistura
3. Sistema de Superalimentação



### SISTEMA DE INDUÇÃO:

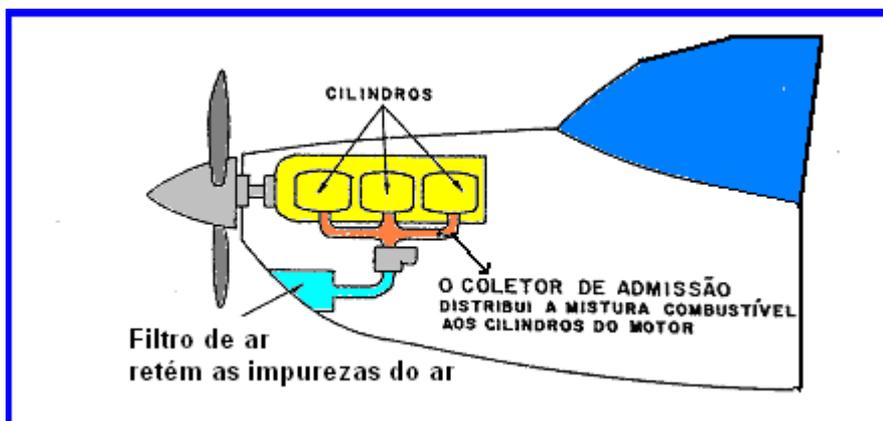
É o conjunto que admite, filtra e aquece o ar (se necessário).

### SISTEMA DE SUPERALIMENTAÇÃO:

É o conjunto que aumenta a pressão do ar admitido.

### SISTEMA DE FORMAÇÃO DE MISTURA:

É o conjunto que mistura o combustível com o ar.

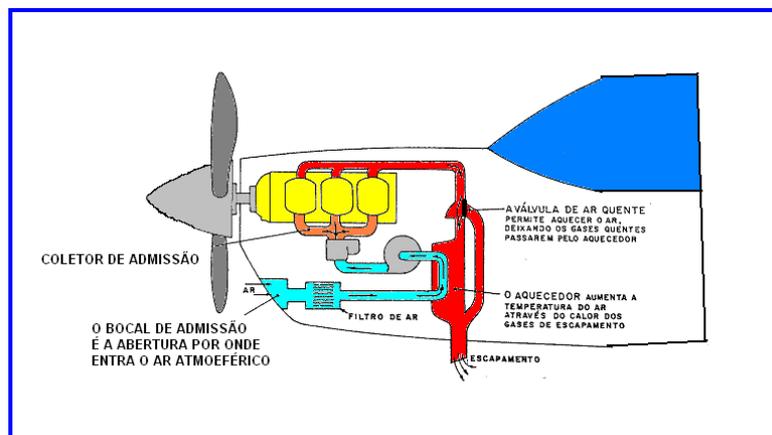


## SISTEMA DE INDUÇÃO:

O sistema de indução é composto pelas seguintes partes:

- Bocal de admissão;
- Filtro de ar;
- Aquecedor de ar;
- Válvula de ar quente;
- Coletor de admissão.

**Aquecimento do ar de admissão** – O aquecimento evita a formação de gelo no carburador, que ocorre principalmente no tempo frio e úmido. Quando o comando de ar quente é acionado, uma válvula fecha a entrada do ar frio e abre uma passagem para o ar quente proveniente de um aquecedor.



## SISTEMA DE SUPERALIMENTAÇÃO

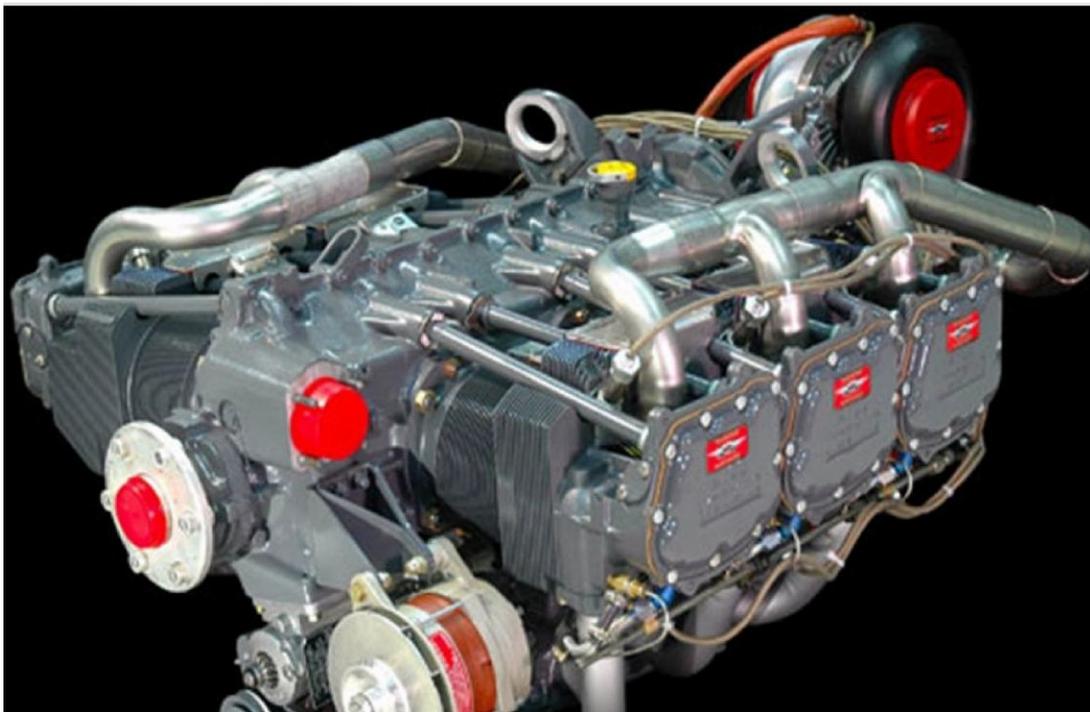
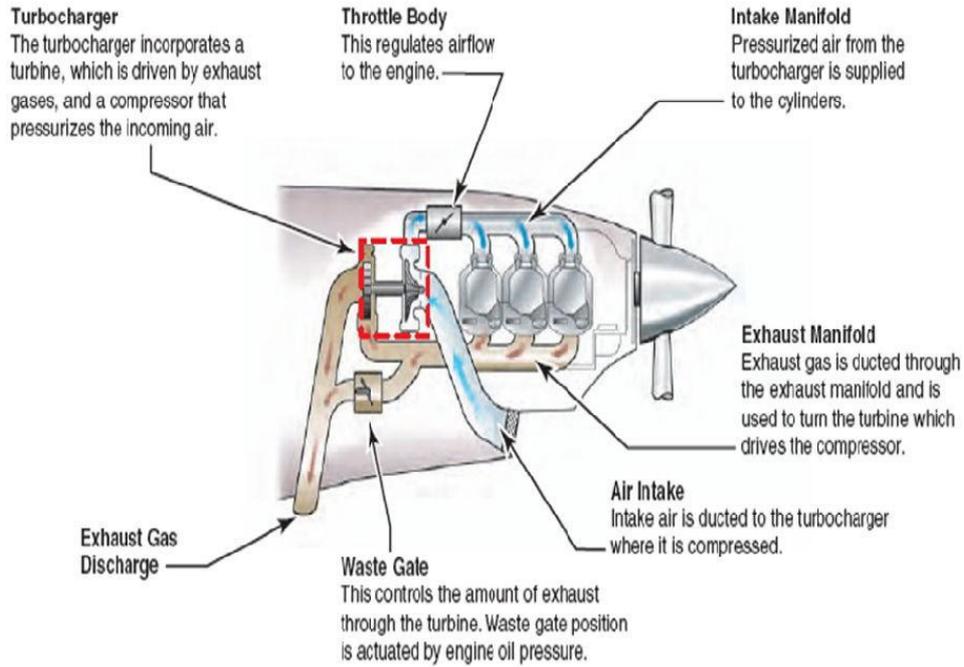
Num motor comum, não superalimentado, o pistão aspira o ar através da rarefação, que ele cria no cilindro durante a fase de admissão. Portanto, a pressão no tubo de admissão é sempre menor do que a pressão atmosférica que é de 760 mm, 29.92 polegadas de mercúrio ou 113.2 ao nível do mar na atmosfera ISA.

Os motores perdem potência com a altitude devido à diminuição de quantidade de ar.

## MOTORES SUPERALIMENTADOS



Num motor superalimentado, o ar é aspirado por um compressor que o comprime e envia, sob pressão, para os cilindros, tendo assim uma pressão de admissão maior que a pressão atmosférica, ou seja, 29,92 polegadas, 760 mm proporcionando ao motor funcionar em altitudes elevadas como se estivesse ao nível do mar.



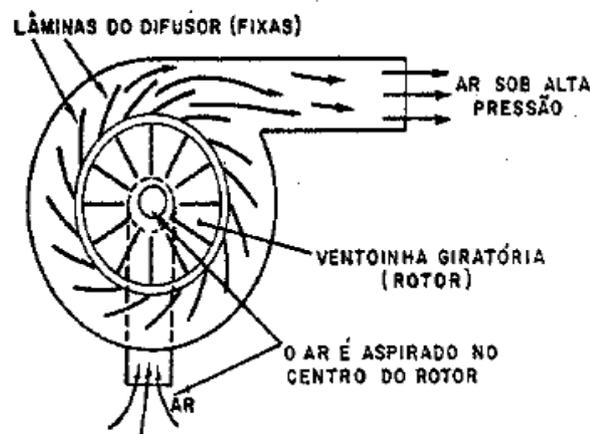
## COMPRESSORES

Os compressores usados são do tipo centrífugo, possuem uma ventoinha que gira velozmente, arremessando o ar por efeito centrífugo, contra difusores colocados ao seu redor.

O sistema possui limitações dando origem a superaquecimento, pré-ignição e detonação, levando o piloto ao monitoramento frequente do (Tacômetro e termômetro do óleo, termômetro da cabeça do cilindro e manômetro de admissão).

Os compressores podem ser acionados pelo eixo de manivelas, através de engrenagens que aumentam a rotação.

Nos motores turbo-alimentados, o compressor é acionado por uma turbina que aproveita a energia dos gases de escapamento, girando em velocidades que chegam a 70.000 RPM.



## CUIDADOS E LIMITAÇÕES

A superalimentação obriga o piloto a vigiar constantemente os seguintes instrumentos:

- A) Tacômetro e termômetro de óleo;
- B) Termômetro da cabeça do cilindro;
- C) Manômetro de admissão.

Os limites indicados nos instrumentos são críticos e, se ultrapassados, podem dar origem a superaquecimento, pré-ignição e de detonação, redução do tempo entre revisões e danos mecânicos.

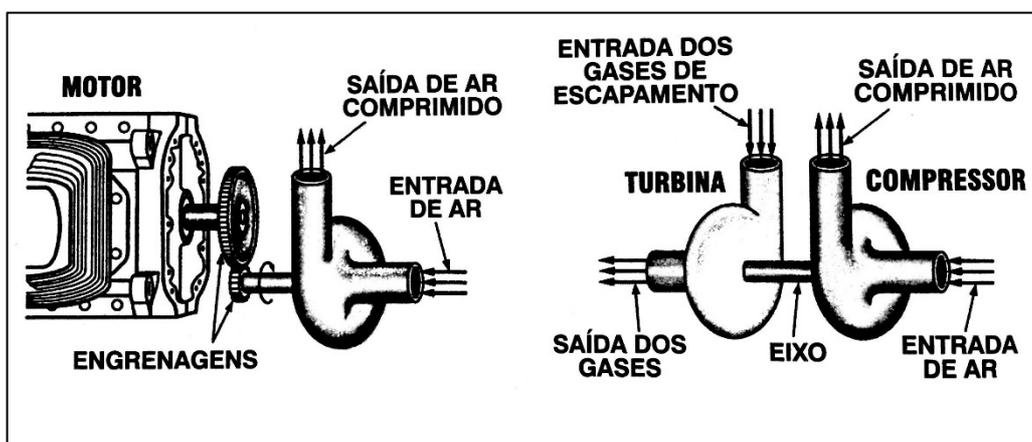
Para evitar esses problemas, o uso da superalimentação pode ser inclusive proibido abaixo de uma altitude estipulada pelo fabricante do motor.

**Manômetro de pressão de admissão** – Mede a pressão do coletor de admissão dos motores superalimentados. Quando o motor está parado indica a pressão atmosférica.



**ALTITUDE CRÍTICA** – É a altitude acima da qual o compressor torna-se incapaz de manter a pressão de admissão, causando então a perda de potência do motor.

**ACIONAMENTO DO COMPRESSOR** – O compressor pode ser acionado pelo motor ou por uma turbina.



**EFEITOS SECUNDÁRIOS DA SUPERALIMENTAÇÃO** – A operação do motor superalimentado exige atenção quanto aos seguintes efeitos:

- a) **Aquecimento do ar de admissão** – o ar se aquece quando é comprimido. O aquecimento aumenta a pressão do ar, dificultando o trabalho do compressor. Por essa razão, muitas vezes usa-se um radiador especial conhecido como “intercooler”, logo após o compressor, para resfriar o ar. O ar resfriado se contrai e fica mais denso, contribuindo para aumentar a potência do motor.
- b) **Aumento da temperatura do motor** – o motor superalimentado consome maior quantidade de ar e combustível, portanto gera mais calor. Isso exige maior atenção quanto ao superaquecimento que pode provocar diversos danos ao motor.
- c) **Aumento da solicitação mecânica do motor** – O aumento da potência, decorrente da superalimentação, aumenta os esforços mecânicos do motor, podendo reduzir o TBO (“Time /between Overhauls” - tempo entre revisões gerais) se os limites da temperatura do óleo e pressão de admissão não forem observados.

Nos motores turbocomprimidos, há uma válvula conhecida como “waste gate”, que evita a compressão excessiva do ar, desviando os gases da entrada da turbina diretamente para o tubo de escape. Essa válvula pode ser manual ou automática.

**SISTEMA DE FORMAÇÃO DE MISTURA** - Sistemas que tem a finalidade de vaporizar a gasolina e misturá-la no ar. Existem três processos para esse fim: A carburação, a injeção e a injeção direta.

Carburação;

Injeção indireta;

Injeção direta.

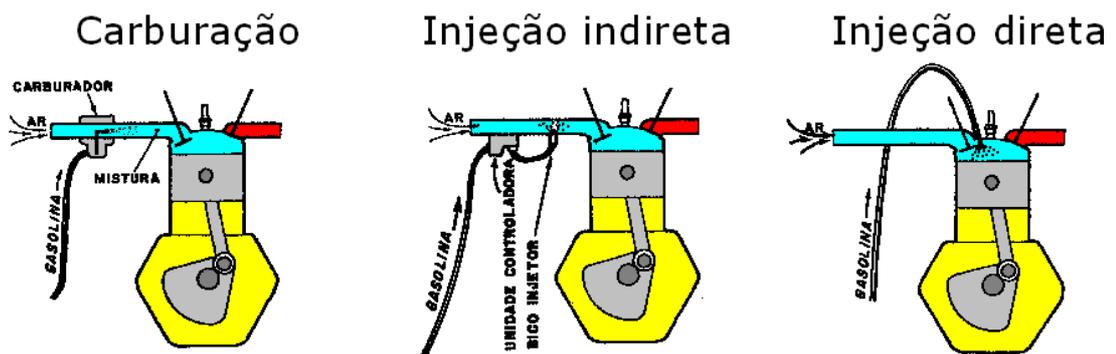
## a) CARBURAÇÃO

Neste sistema, o ar passa através de um dispositivo denominado carburador, onde se mistura com a gasolina, há dois tipos:

- **Carburador De Sucção** ou de “pressão diferencial” o combustível é aspirado pela baixa pressão criada pelo próprio fluxo do ar aspirado pelo motor.
- **Carburador de pressão** – Neste tipo de carburador, o combustível é pulverizado através da pressão de uma bomba situada antes do carburador.

b) **INJEÇÃO INDIRETA** – Neste Sistema, o combustível é pulverizado por um bico injetor no duto de admissão de cada cilindro (ou de todos), antes das válvulas de admissão.

c) **INJEÇÃO DIRETA** - Neste sistema, os cilindros do motor aspiram ar puro, e o combustível é injetado dentro dos cilindros.



## O CARBURADOR

A unidade de formação de mistura simples é o carburador. Basicamente serve para controlar a quantidade de ar e dosar a gasolina na proporção correta e, portanto selecionar a fase operacional (marcha lenta, decolagem, cruzeiro, etc.) desejada pelo piloto. Se a mistura formada não for adequada, o motor pode parar por falta de gasolina ou então por afogamento, isto é, excesso de gasolina. Esse tipo de carburador é formado pelas seguintes partes:

- a) **Cuba de Nível constante** – É um pequeno reservatório com uma bóia e um estilete para controlar o nível do combustível.
- b) **Gicleur** - É um orifício calibrado que serve para dosar a quantidade de gasolina que sai do pulverizador “principal” que leva este nome para distingui-lo do pulverizador de marcha lenta. Quanto menor o diâmetro do orifício, mais pobre será a mistura; esse diâmetro é fixo e determinado pelo fabricante do motor.
- c) **Tubo de Venturi** - é um estreitamento aerodinâmico onde o fluxo de ar torna-se mais veloz, diminuindo a pressão estática. A sucção resultante faz a gasolina subir pelo pulverizador ou injetor, misturando-se com o ar sob forma pulverizada. Essa gasolina deve chegar aos cilindros sob forma gasosa. O nível da gasolina dentro da cuba é mantido constante através de um sistema de boia semelhante ao das caixas de água residenciais.
- d) **Borboleta** - O manete de potência está ligado diretamente à borboleta do carburador. Quando a manete é empurrada toda para frente, a borboleta estará totalmente aberta, permitindo ao motor aspirar a máxima quantidade de ar. Quando a manete está na posição de marcha lenta, a borboleta ficará quase toda fechada

A gasolina líquida é pulverizada sob forma de finas gotículas no tubo de Venturi, mas chega aos cilindros sob a forma gasosa, devido ao calor dos dutos de admissão do motor. Durante a partida de um motor frio, a gasolina só se torna gasosa dentro dos cilindros, com o calor gerado pela compressão da mistura.

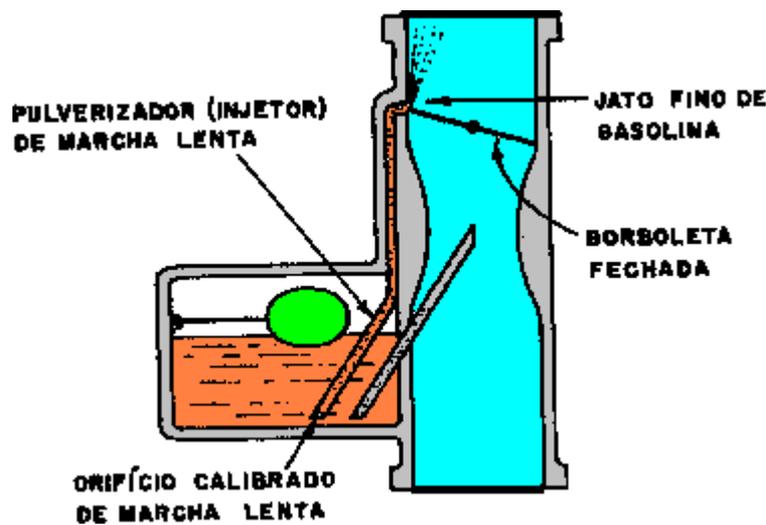
## **PULVERIZADOR DE MARCHA LENTA**

Quando a borboleta está na posição de marcha lenta, o fluxo de ar no tubo de Venturi diminui e a gasolina deixa de ser aspirada pelo pulverizador principal.

No lugar deste, entra em ação o pulverizador de marcha lenta, a qual aproveita sucção formada entre a borboleta e a parede do tubo.

A abertura da borboleta e o orifício de dosagem da gasolina podem ser ajustados no solo pelo mecânico.

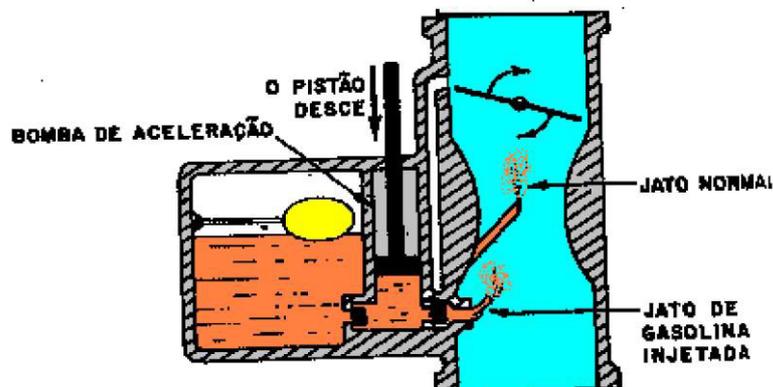
Essa ajustagem faz parte do serviço de regulagem do motor.



## ACELERAÇÃO

Quando o motor é acelerado, o fluxo de ar aumenta imediatamente, mas a gasolina sofre um retardo ao subir pelo pulverizador e chegar ao tubo de Venturi.

Para compensar esse retardo, o carburador possui uma bomba de aceleração, cujo pistão injeta uma pequena quantidade adicional de



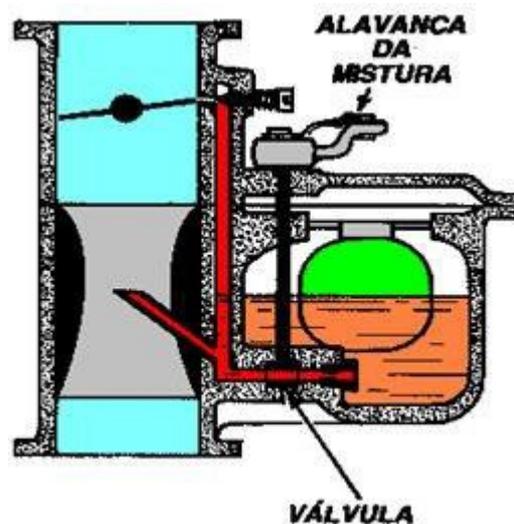
gasolina no instante em que a borboleta é aberta.

## VÁLVULA ECONOMIZADORA

Em regime de potência máxima, a válvula economizadora fica totalmente aberta e um fluxo adicional de gasolina enriquece a mistura (10:1 para decolagem). Se fecharmos um pouco borboleta, para o regime de potência máxima contínua, a válvula economizadora se fechará parcialmente e empobrecerá a mistura para cerca de 12:1. Se reduzirmos para potência de cruzeiro, a válvula se fechará totalmente, tornando a mistura econômica 16:1.

## CORREÇÃO ALTIMÉTRICA DA MISTURA

A densidade do ar diminui com o aumento da altitude, da umidade ou da temperatura do ar. Quando isso acontece, a mistura torna-se rica e o piloto deve usar a manete de mistura para fazer a correção altimétrica. Essa manete aciona a válvula de correção altimétrica do carburador. Ela também é usada para parar o motor. Há válvula de diversos tipos, inclusive que funcionam automaticamente.



## DEFICIÊNCIAS DO CARBURADOR

Apesar de ser muito utilizado, o carburador possui várias deficiências, tais como:

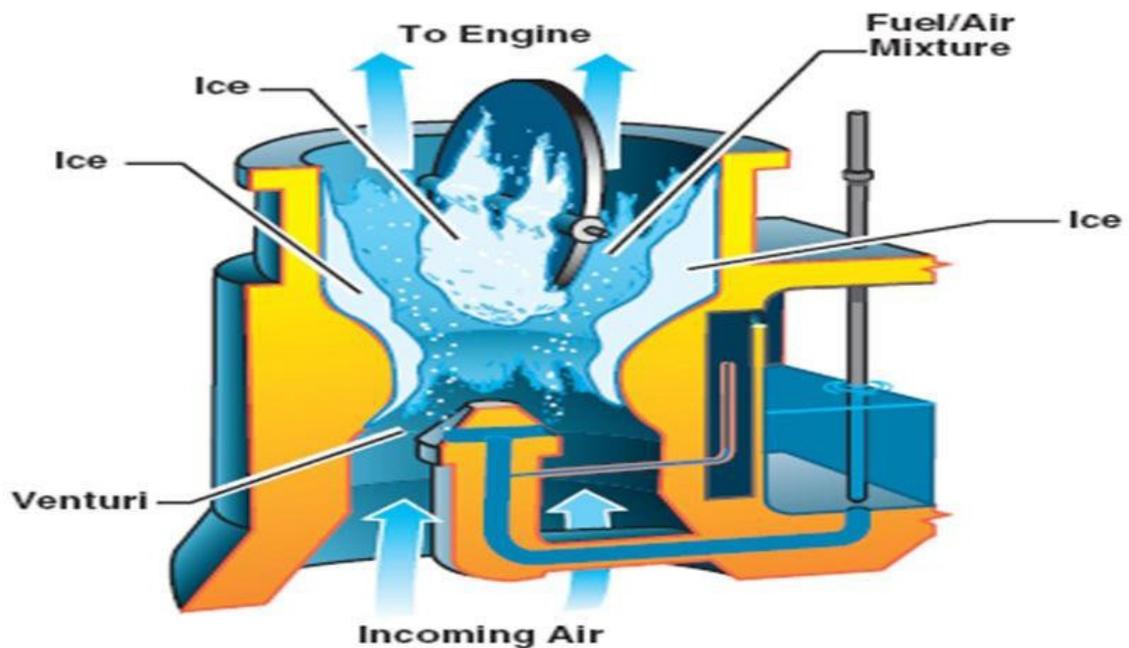
- a) Distribuição desigual da mistura - os cilindros mais próximos do carburador recebem mistura mais rica e em maior quantidade.
- b) Mistura inconstante, devido ao balanço da gasolina na cuba.
- c) Possibilidade de formação de gelo na borboleta do carburador.

A formação do gelo do carburador pode ocorrer se a temperatura do ar e o ponto de orvalho se encontrar entre 0 e 15 °C e a umidade relativa for superior a 80%. Voos prolongados em descida, nessas condições, são críticos. O gelo se deposita na borboleta do carburador devido ao congelamento da **umidade do ar**, causado pela evaporação da gasolina no tubo de venturi. Os principais sintomas da presença do gelo são:

- a) Queda de rotação do motor, porque o gelo bloqueia a passagem da mistura no carburador, agindo como se a borboleta estivesse sendo fechada.

- b) Queda na pressão de admissão, pela mesma razão. Se o avião possuir manômetro de admissão, isso pode ser constatado facilmente.
- c) Funcionamento irregular do motor ou retorno de chama, se o gelo bloquear a saída de gasolina do pulverizador, empobrecendo a mistura.

Para eliminar o gelo, é necessário aquecer o ar de admissão. O eventual acúmulo de água condensada pode ser eliminado através de curtas rajadas acelerações do motor.



## O CARBURADOR DE INJEÇÃO

Este carburador funciona em conjunto com uma bomba que fornece a ele combustível sob pressão. Ao carburador cabe apenas a função de dosar o combustível na proporção correta com o ar admitido ao motor.

O carburador de injeção possui as seguintes vantagens em relação ao carburador convencional.

- a) Evita acúmulo de gelo no tubo de Venturi e na borboleta porque o combustível é injetado após a borboleta. As finíssimas partículas de gelo eventualmente formadas são aspiradas pelos cilindros e se vaporizam.

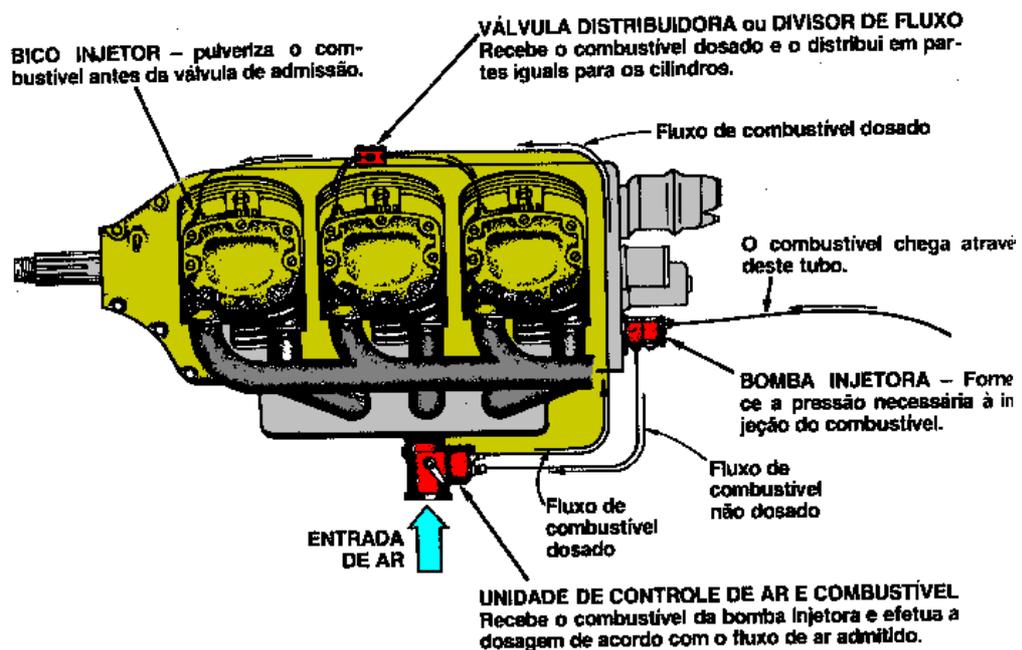
- b) Funciona em todas as posições do avião, inclusive em voo de dorso, pois não há espaços vazios onde o combustível possa balançar.
- c) Vaporização mais perfeita do combustível porque, no ato da pulverização, a pressão aplicada “quebra” as gotas de combustível em partículas menores.
- d) Dosagem mais precisa e constante do combustível.

Essas vantagens aplicam-se também, com maior ênfase, aos sistemas de injeção indireta e direta de combustível.

### SISTEMA DE INJEÇÃO INDIRETA

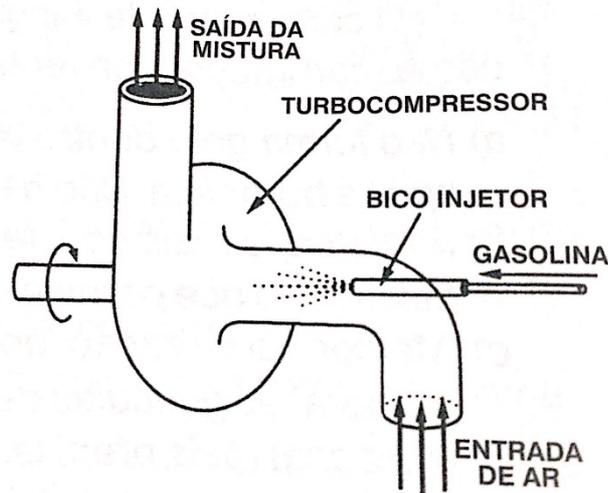
Neste sistema, os cilindros recebem a mistura já formada. A ilustração mostra um sistema típico, onde o combustível é injetado na cabeça do cilindro, num fluxo contínuo, imediatamente antes das válvulas de admissão.

*(os detalhes mecânicos não fazem parte do programa de curso).*



## SISTEMA DE INJEÇÃO INDIRETA

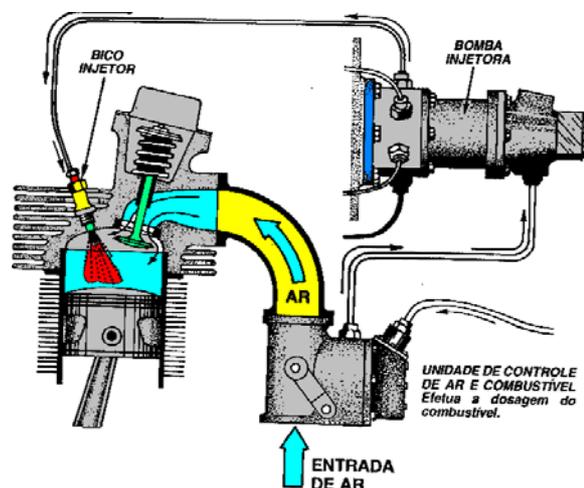
Alguns sistemas de injeção indireta não possuem válvula distribuidora, pois o combustível é injetado no duto de admissão, antes de este se ramificar para os vários cilindros do motor. A injeção pode ser feita na entrada do compressor de superalimentação, como na ilustração. A vaporização do combustível torna o ar mais frio e denso, aumentando a massa de ar admitida e, portanto, a potência do motor.



## SISTEMA DE INJEÇÃO DIRETA

No sistema de injeção direta, o combustível é pulverizado dentro dos cilindros, durante a fase de admissão. O fluxo é, portanto, descontínuo. O motor aspira ar puro e a mistura forma-se dentro dos cilindros.

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.



## SISTEMA DE IGNIÇÃO

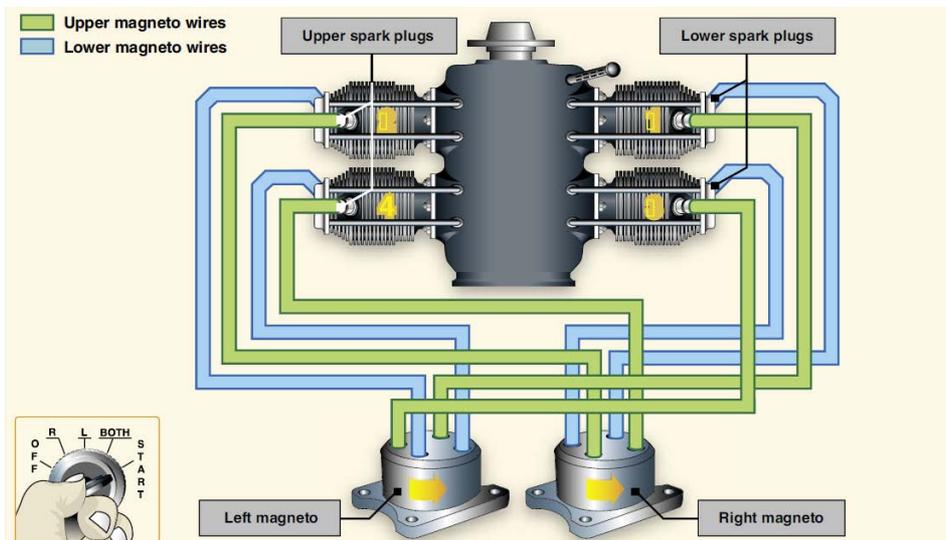
O sistema de ignição tem a finalidade de produzir as centelhas nas velas, para provocar a combustão da mistura nos cilindros.

## MAGNETO

O magneto é a fonte de eletricidade do sistema de ignição. Ele é um alternador formado por um ímã que gira entre as sapatas ou polos de um núcleo de ferro.



O campo magnético no núcleo muda de sentido a cada rotação do ímã. Essa variação induz uma tensão alternada no rolamento primário da bobina.

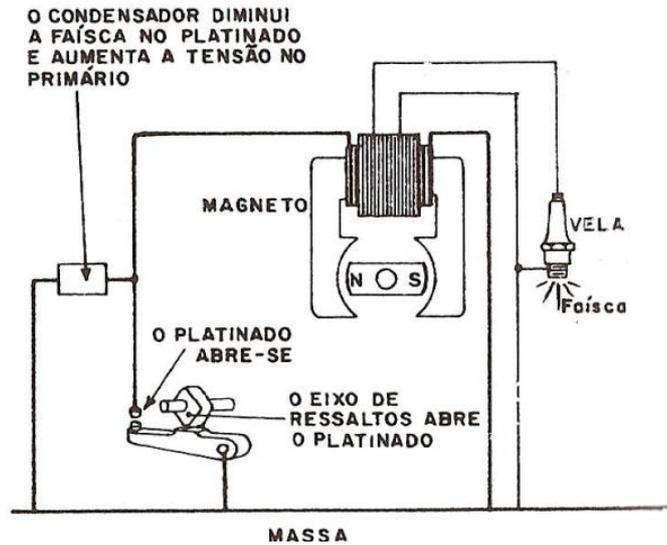


## O GERAÇÃO DA FAÍSCA

A corrente gerada no primário da bobina vai à terra através do platinado.

Quando este se abre, a corrente é cortada, criando uma brusca variação no campo magnético, essa variação faz a tensão no primário saltar para várias centenas de volts.

O enrolamento secundário funciona como num transformador, elevando a tensão para mais de 10.000 volts e fazendo saltar uma faísca na vela.

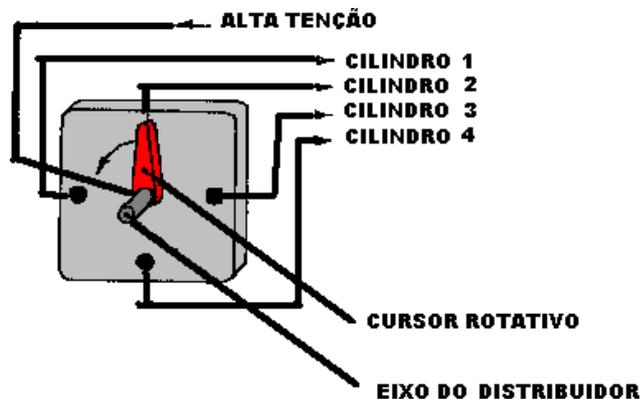


## DISTRIBUIDOR

Quando o motor possui vários cilindros, é necessário haver um dispositivo para distribuir a alta tensão na ordem correta (ordem de ignição ou de fogo) pelos cilindros.

Isso é feito pelo distribuidor, que é basicamente uma chave rotativa

O cursor rotativo do distribuidor gira na metade da velocidade de rotação do motor (isso vale para motores há quatro tempos, que constituem a maioria).



## PLATINADO

O platindo é acionado pelo mesmo eixo do magneto, através de ressaltos semelhantes aos do Sistema de comando de válvulas do motor.

## ORDEM DE FOGO

A ordem de fogo de um motor é a sequência na qual o tempo motor ocorre nos diferentes cilindros. A ordem de fogo é projetada para proporcionar o balanceamento, e para eliminar a vibração ao máximo possível.

Nos motores radiais, a ordem de fogo tem que seguir um padrão especial, uma vez que os impulsos provocados pela explosão, têm que seguir o movimento do braço de manivelas durante sua rotação.



Nos motores em linha, as ordens de fogo podem variar fazendo existir diferentes arranjos de ordem de fogo, de forma que a força das explosões nos cilindros seja igualmente distribuída ao longo do eixo de manivelas.

Os motores em linha de seis cilindros geralmente têm ordem de fogo 1-5-3-6-2-4. A ordem de fogo dos motores opostos pode, geralmente, ser listada em partes de cilindros, conforme cada par queime de um lado e do outro do rolamento principal.

A ordem de fogo dos motores opostos de 6 cilindros é 1-4-5-2-3-6. A ordem de fogo de um modelo oposto de 4 cilindros é 1-4-2-3, porém em outro modelo é 1-3-2-4.

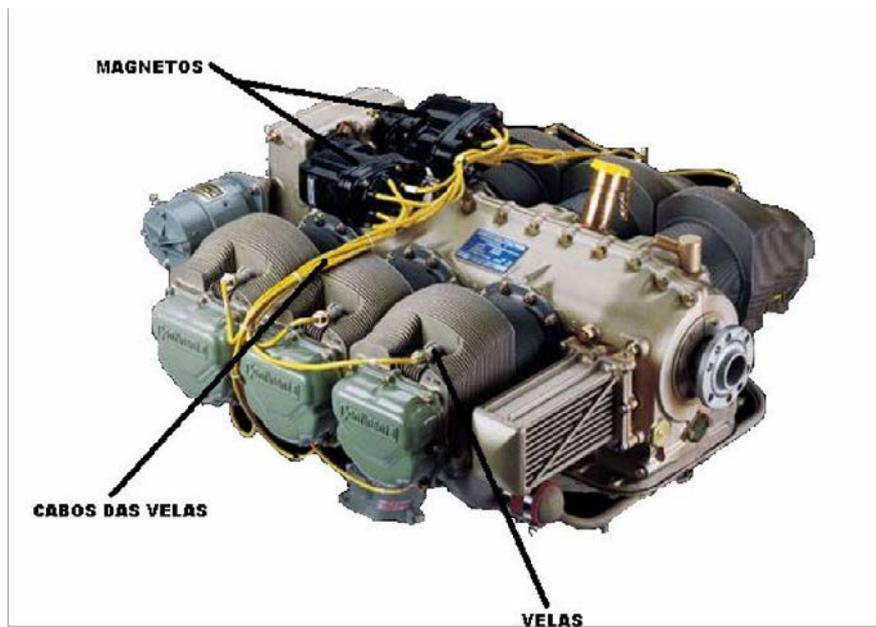
## CONSTITUIÇÃO FÍSICA DO SISTEMA

Todos os componentes estudados (magneto, platinado, bobina e distribuidor) estão encerrados dentro de só uma unidade que é conhecida pelo nome de MAGNETO.

O sistema de ignição é duplicado, havendo, portanto, dois magnetos.

No caso do motor com cilindros horizontais opostos, cada cilindro possui uma vela superior e uma inferior.

O magneto direito alimenta as velas superiores, e o magneto esquerdo as velas inferiores.



## CHAVE DE IGNIÇÃO

Cada magneto possui um fio (do enrolamento primário) que é ligado à chave de ignição.

Esse fio serve para desativar o magneto, quando a corrente do primário é levada à terra através da chave de ignição, a ação do platinado fica sem efeito, impedindo a produção da faísca.



- B) Há uma **acentuada queda de rotação** com um magneto – indica uma deficiência no sistema testado (magneto que está ligado)
- C) **Não há queda de rotação** - Essa situação é aparentemente boa, mas é a mais incerta, por exemplo, se não há queda de rotação ao testar o magneto direito, a chave de ignição pode não estar desativando o magneto esquerdo.

### **IGNIÇÃO DURANTE A PARTIDA**

Como o magneto não produz tensão adequada em baixa velocidade, é necessário utilizar recursos especiais para gerar a faísca durante a partida do motor, os processos usados são:

- A) Unidade de partida – é um dispositivo (vibrador) alimentando a bateria que fornece uma tensão pulsativa para a bobina.
- B) Acoplamento de impulso – O magneto é acoplado ao motor através de um sistema de mola (catraca) que prende o rotor do magneto soltando-o num determinado momento.

A mola dá um impulso repentino ao rotor do magneto, que pode assim gerar a tensão suficiente para a faísca;

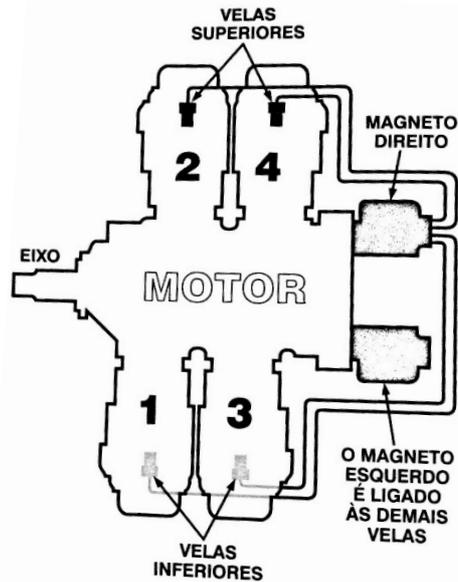
O acoplamento de impulso produz um ruído característico (cli) que pode ser ouvido quando se dá partida manual através da hélice.

### **DISTRIBUIÇÃO DA ALTA TENSÃO**

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

- a) Cada maguinete deve fornecer corrente a todos os cilindros, de acordo com a ordem de ignição (ordem de fogo) do motor.
- b) As duas velas de cada cilindro devem ser ligadas a maguinetos diferentes.

Os cabos das velas devem ser do tipo blindado, para evitar que o ruído eletromagnético emitido pelos cabos de alta tensão possa interferir no funcionamento do equipamento de rádio comunicação e navegação. A blindagem é formada por uma fina malha metálica ligada à massa.



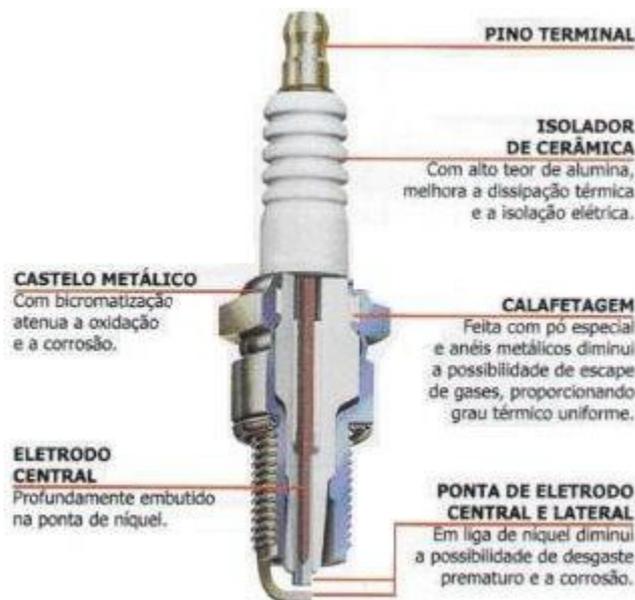
## VELA

A vela é responsável pela produção de faísca dentro do cilindro.

Ela tem um eletrodo central, que recebe a alta tensão da bobina, ao redor do mesmo existem um ou mais eletrodos-massa, ligados ao corpo da vela.

Entre os eletrodos centrais e massa existe uma pequena folga para a centelha saltar; portanto, se os eletrodos estiverem se tocando, a centelha não saltará.

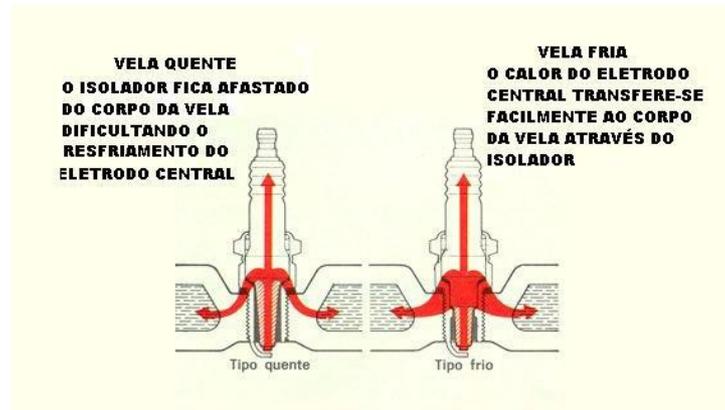
A maior parte dos aviões usa velas blindadas cuja parte externa é inteiramente metálica.



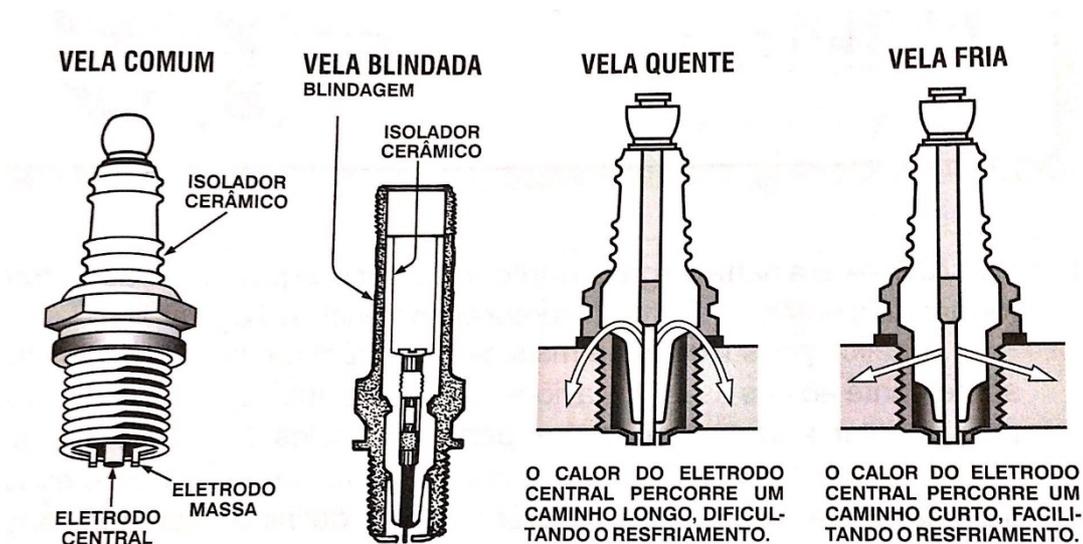
## TIPOS DE VELAS

As velas devem funcionar dentro de uma determinada faixa de temperatura. Se ficarem muito quentes, haverá pré-ignição, e se funcionarem muito frias, ficarão sujas de óleo e carvão.

As velas são classificadas em quentes, normais e frias.



A escolha deve ser feita entre os tipos indicados pelo fabricante do motor.



**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. Há uma pequena folga entre os eletrodos central e massa, para que a faísca possa saltar. Portanto se um dos eletrodos -massa tocar o eletrodo central, haverá um curto circuito e a vela não funcionará.

**VELAS BLINDADAS** – Todos os aviões com radio tem velas blindadas, para evitar a emissão de ruído eletromagnético. A blindagem metálica envolve inteiramente a vela.

**VELAS FRIAS E QUENTES** – Uma vela muito quente tende a provocar pré-ignição, e uma vela fria tende a se contaminar com o óleo, carvão e componentes de chumbo. Portanto sempre devem ser usadas velas do tipo recomendadas pelo fabricante do motor

**Tipos de magneto** – Há dois tipos de magneto: o de **alta tensão** e o de **baixa tensão**.

**Magneto de alta tensão** é aquele que acabamos de estudar: ele fornece a alta tensão diretamente para as velas.

**Magneto de baixa tensão** possui apenas o enrolamento primário em seu núcleo, precisando portanto de uma bobina adicional para gerar a alta tensão. Apesar disso o magneto de baixa tensão estava se difundindo cada vez mais porque era menos sujeito a falhas devido à fuga de alta tensão causada por umidade, sujeira e etc., todavia, o bom isolamento dos cabos modernos tornou o magneto de baixa tensão desnecessário e desvantajoso.

## **MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO**

A manutenção deve ser executada pelo mecânico e consiste em inspeções periódicas, eventuais reparos e regulagens dos magnetos. Isso envolve serviços como o ajuste fogas dos platinados e das velas, do avanço da ignição, além de testes diversos.

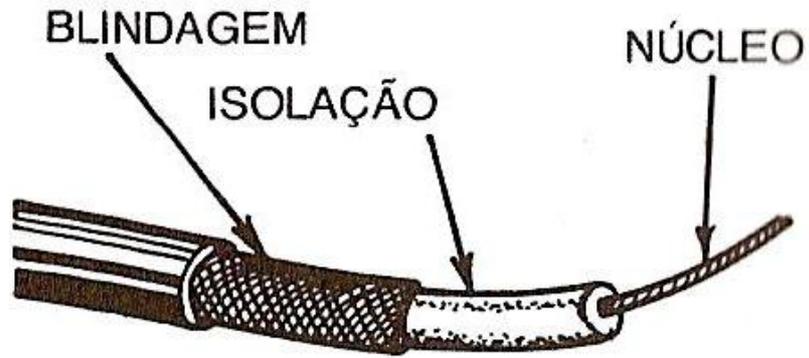
## **CABOS E BLINDAGEM**

Os cabos de alta tensão conduzem correntes muito pequenas, e por isso possuem um núcleo condutor fino e uma camada isolante espessa para proporcionar isolamento adequado.

Nos aviões equipados com rádio, a alta tensão gera ruído eletromagnético que interfere com os sistemas de comunicação e navegação.

Para evitar esse inconveniente, todos os componentes da ignição devem ser blindados, isto é, envoltos em capa metálica.

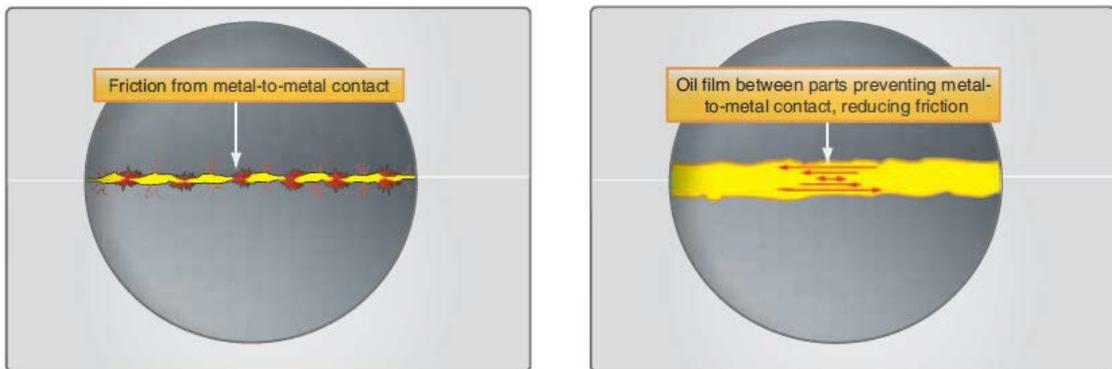
Assim, devem ser usadas velas blindadas e os cabos devem também ter uma malha metálica externa de blindagem, ligada à carcaça do motor.



**CABO BLINDADO**

## SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

**Princípio da lubrificação** – Duas superfícies metálicas em contato apresentam atrito, mesmo quando polidas, porque é impossível eliminar as asperezas microscópicas das mesmas. Quando utilizamos um óleo lubrificante entre essas superfícies, como no mancal ilustrado ao lado, forma-se uma fina película de óleo que mantém as peças separadas. Isso elimina o desgaste e o funcionamento torna-se mais fácil porque o atrito interno do óleo é pequeno.



*FAA-8083-32-Powerplant*

**Funções Secundária do óleo lubrificante** – Além da função normal de lubrificação das peças móveis, o óleo tem as seguintes funções secundárias: ^

- a) auxiliar o resfriamento do motor.
- b) Efetuar a limpeza interna do motor através dos seus aditivos detergentes e dispersantes, evitando o acúmulo de impurezas.
- c) Atuar como fluido hidráulico nos tuchos hidráulicos das válvulas e no sistema de controle de passo ou ângulo das pás da hélice.

**PROPRIEDADES DO ÓLEO** lubrificante são:

- a) *Viscosidade*
- b) *Ponto de congelamento*
- c) *Ponto de fulgor*

**VISCOSIDADE E FLUIDEZ**– Viscosidade é a resistência que o óleo oferece ao escoamento e fluidez é a facilidade de escoar. O frio excessivo aumenta a viscosidade, tornando difícil o movimento das peças. O calor excessivo diminui a viscosidade tornando o óleo muito fluido e incapaz de manter a película lubrificante entre as peças. Pois isso a temperatura do óleo deve ser mantida dentro de determinados limites.

Classificação para aviação	Classificação SAE	Faixa de viscosidade centistokes (cSt) a 100°C
65	SAE 30	9,3 a 12,5 (exclusive)
85	SAE 30	12,5 a 16,3 (exclusive)
100	SAE 30	16,3 a 21,9 (exclusive)
120	SAE 30	21,9 a 26,1 (exclusive)

FAA - Aviation Maintenance Technician Handbook-Powerplant

**DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE** – A viscosidade do óleo é medida em centistokes (cSt), por meio de viscosímetros.

Os óleos lubrificantes são classificados por faixa de viscosidade. São usadas duas classificações: a **classificação SAE** (“Society of Automotive Engineers”) e a **classificação para Aviação**, que difere apenas nos números, conforme a tabela acima, para os quatro graus de óleo mais usados.

Os óleos multiviscosos ou multigraduados são aqueles que apresentam duplo comportamento, tendo por isso uma dupla graduação, por exemplo, o óleo SAE 15W50. Na temperatura normal de funcionamento, os óleos SAE15W50, o SAE 50 e o óleo 100 da aviação tem a mesma viscosidade. Em temperaturas muito baixas, porém, o óleo 100 e o óleo SAE50 tornam-se superviscosos, dificultando ou impossibilitando a partida do motor. Mas o óleo SAE 15W50 muda o seu comportamento no frio, agindo como se fosse óleo SAE 15, cuja viscosidade é baixa, facilitando a partida do motor. Esse duplo comportamento é vantajoso em países frios.

O *Viscosímetro de Saybolt*, que mede o tempo que 60 cm<sup>3</sup> do óleo levam para escoar através de um orifício padrão, numa dada temperatura. Por exemplo, se o óleo levar 120 segundos para escoar de um viscosímetro Saybolt à temperatura de 210 graus Fahrenheit, ele receberá a designação 120SSU210 (SSU – Saybolt Seconds Universal). A unidade mais usada para medir a viscosidade é o mm<sup>2</sup>/s, mais conhecido como centistokes (cSt).

**Ponto de Fluidez ou Ponto de Congelamento** – É a temperatura em que o óleo perde a fluidez e deixa de escoar. Um bom óleo deve ter o ponto de fluidez baixo, permitindo que o motor possa partir e funcionar em baixas temperaturas. O óleo pode ter aditivos para diminuir o ponto de fluidez.

**Ponto de fulgor** – É a temperatura em que o óleo se inflama momentaneamente quando em contato com uma chama. Um bom óleo tem alto ponto de fulgor, para tornar possível a lubrificação em temperatura elevada.

**Estabilidade** – O óleo deve ser estável, isto é, não deve sofrer alterações químicas e físicas durante o uso. Na realidade, como as alterações são inevitáveis, são estabelecidas tolerâncias através de normas (padrões ASTM, MIL, etc.).

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

**Oleosidade** – Este termo, traduzido de “oiliness”, depende do óleo e do tipo da superfície a ser lubrificada. Indica a capacidade do óleo aderir à superfície. É uma propriedade importante, pois um óleo com boa viscosidade e boa formação de filme lubrificante seria inútil se não for capaz de aderir bem às superfícies das peças.

**Aditivos** – São substâncias químicas adicionadas ao óleo para melhorar as suas qualidades. Os principais são:

a) **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.

b) **Detergentes** – Servem para dissolver as impurezas que se depositam nas partes internas do motor.

c) **Anti-espumantes** – Servem para evitar a formação de espuma, que provoca falta de óleo nas peças a serem lubrificadas.

Os aditivos e o próprio óleo perdem suas propriedades com o uso, e por isso precisam ser trocados periodicamente.

**SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO** -Existem três sistemas de lubrificação:

- Lubrificação por salpique;
- Lubrificação por pressão;
- Lubrificação mista.

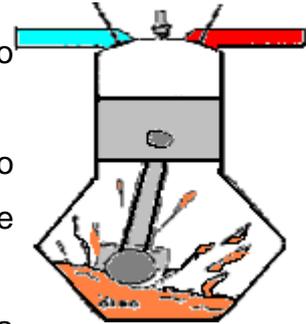
### LUBRIFICAÇÃO POR SALPIQUE

Neste sistema de lubrificação, o óleo é espalhado dentro do motor pelo movimento das peças.

Por exemplo: A cabeça da biela choca-se com o óleo 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;

Em muitos motores, porém, há peças de difícil acesso, que só podem ser lubrificadas por um sistema mais complexo.

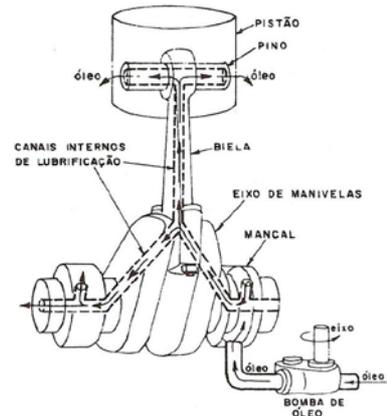


### LUBRIFICAÇÃO POR PRESSÃO

Neste sistema, o lubrificante é impulsionado sob pressão para diversas partes do motor através de uma bomba de óleo.

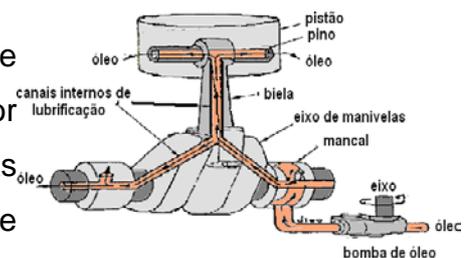
O óleo entra por um orifício no mancal e atravessa canais dentro do eixo de manivela e da biela chegando ao pino do pistão e finalmente extravasa pelos lados do pino e lubrifica as paredes do cilindro.

Todas as partes do motor no trajeto do óleo são lubrificadas; esse é um sistema eficiente, porém, demasiadamente complexo.



### LUBRIFICAÇÃO MISTA

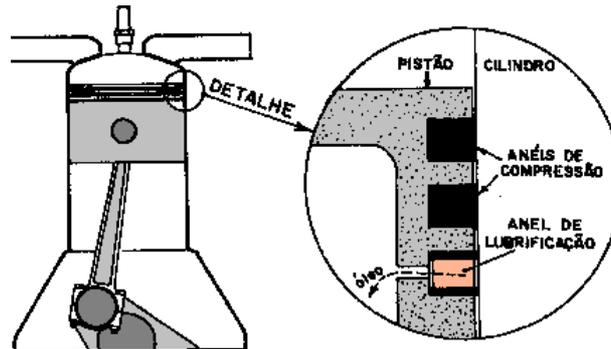
Este é o sistema empregado na prática, e consiste em lubrificar algumas partes por salpique (cilindros, pinos de pistão etc.) e outras por pressão, (eixo de manivelas, eixo de comando de válvulas etc.).



## LUBRIFICAÇÃO DOS CILINDROS

O óleo atinge as paredes internas do cilindro, abaixo do pistão, por salpique.

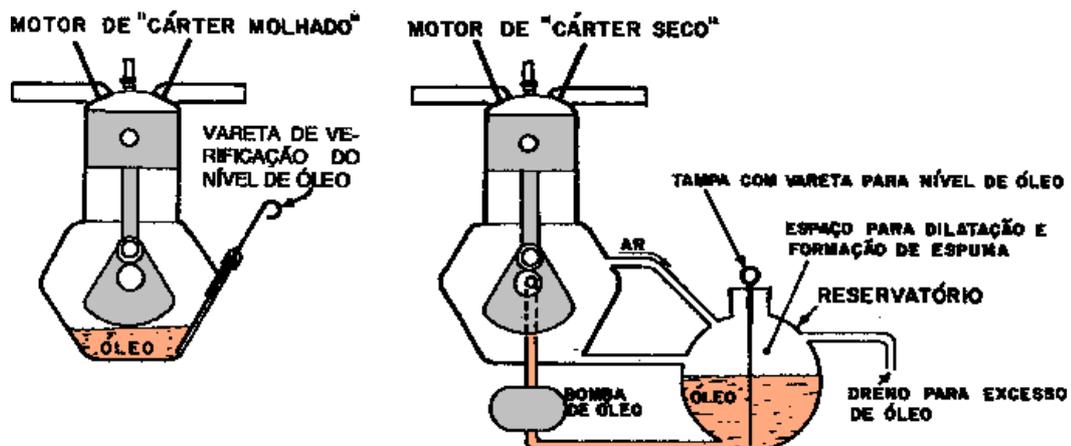
Conforme estudamos antes, o excesso de óleo no cilindro durante a combustão é prejudicial, sendo por isso eliminado pelo anel de lubrificação.



**Componentes Do Sistema De Lubrificação** - Os principais componentes são: Reservatório; Radiador; Bombas; Filtros; Decantador e Válvulas.

**RESERVATÓRIO DE ÓLEO** - Quanto ao tipo de reservatório os motores se dividem em: **Cárter molhado** quando o próprio Carter do motor serve como reservatório, e **Seco** onde existe um reservatório à parte.

O nível do reservatório deve ser examinado periodicamente devido à perda que ocorre devida vaporização, queima nos cilindros, vazamentos etc.



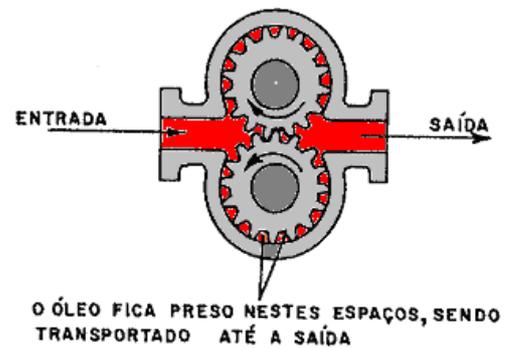
## RADIADOR AUXILIARES DE ÓLEO

Quando a temperatura do óleo sobe acima de um determinado limite, abre-se um termostato (válvula que funciona com o calor), fazendo o óleo passar por um radiador.

O radiador recebe o vento da hélice; o óleo entra no radiador com baixa viscosidade e alta temperatura e, ao sair, estará mais frio e mais viscoso.

**BOMBA DE ÓLEO** - As bombas de óleo são geralmente do tipo de engrenagens.

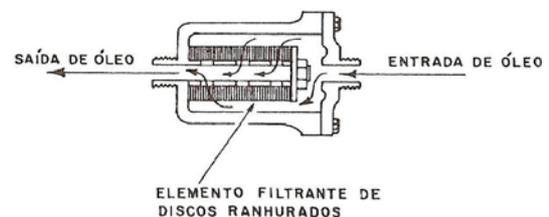
Bomba de pressão ou recalque retira o óleo do reservatório e o envia sob pressão para o motor.



Bomba de recuperação retira o óleo que circulou no motor e o leva de volta para o reservatório.

**FILTRO** - Serve para reter as impurezas do óleo através de uma fina tela metálica, discos ranhurados ou papelão especial corrugado.

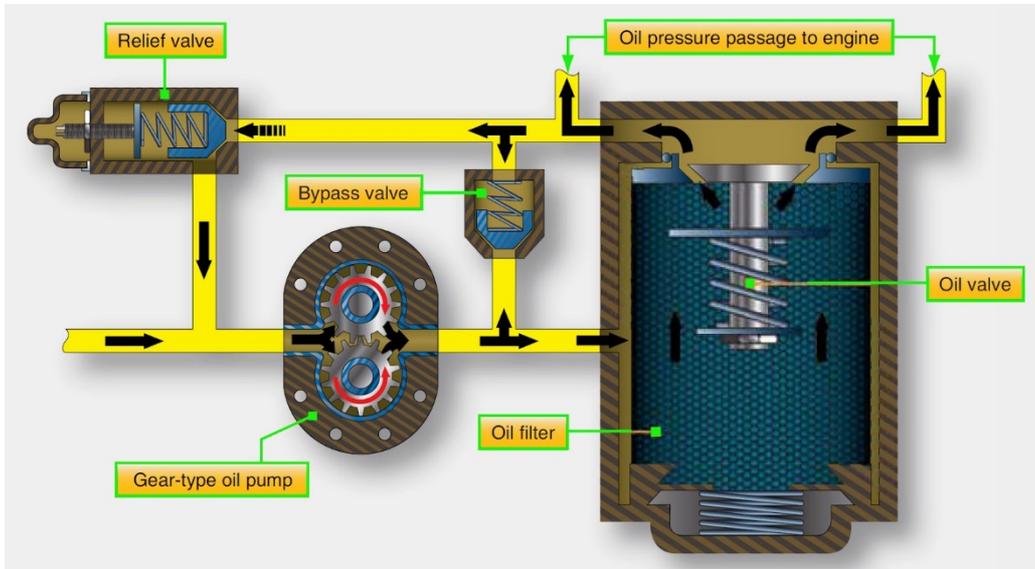
O filtro deve ser periodicamente limpo ou substituído antes que o seu elemento filtrante fique obstruído.



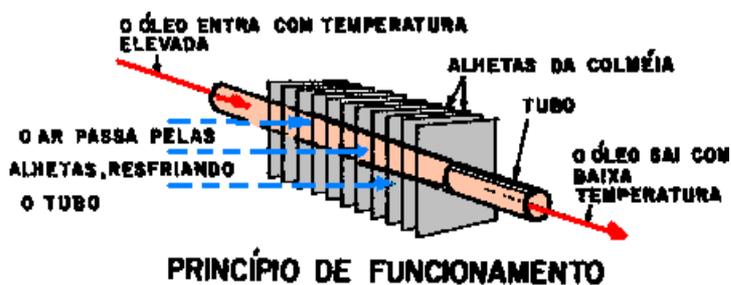
O tipo mais utilizado nos aviões leves é o descartável, o mecânico deve examinar os elementos filtrantes quando desmontar os filtros a fim de verificar se existem partículas metálicas retidas, indicando um desgaste anormal ou iminente falha de algum componente do motor.



Sistema de lubrificação com bomba e filtro.



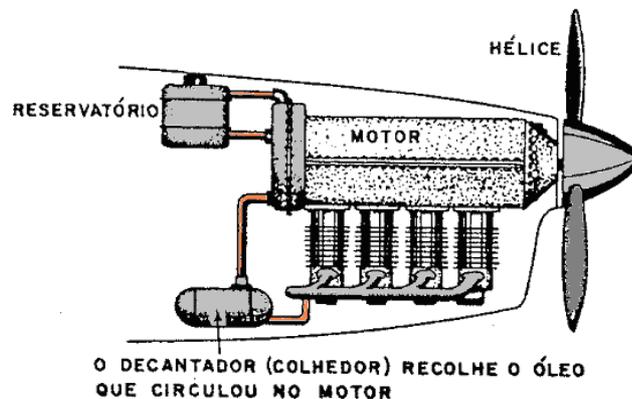
**RADIADOR DE ÓLEO** - Quando a temperatura do óleo sobe acima de um determinado limite, abre-se um termostato (válvula que funciona com o calor), fazendo o óleo passar por um radiador. O radiador recebe o vento da hélice. O óleo entra no radiador com baixa viscosidade e alta temperatura e, ao sair, estará frio e mais viscoso.



## DECANTADOR

Em alguns aviões, o óleo que circulou pelo motor escoa por gravidade até um pequeno tanque chamado decantador ou colhedor. A seguir, o óleo passa por um filtro e uma bomba o envia ao reservatório. Em muitos aviões não existe decantador, pois o próprio reservatório desempenha sua função.

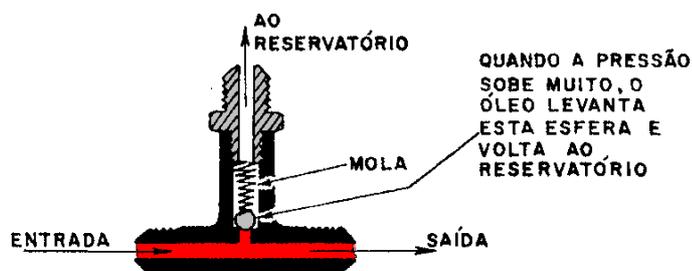
A seguir, o óleo passa por um filtro e uma bomba o envia ao reservatório. Em muitos aviões não existe decantador, pois o próprio reservatório desempenha sua função.



## VÁLVULAS

No sistema de lubrificação existem muitos tipos de válvulas que controlam o fluxo do óleo. As mais importantes são:

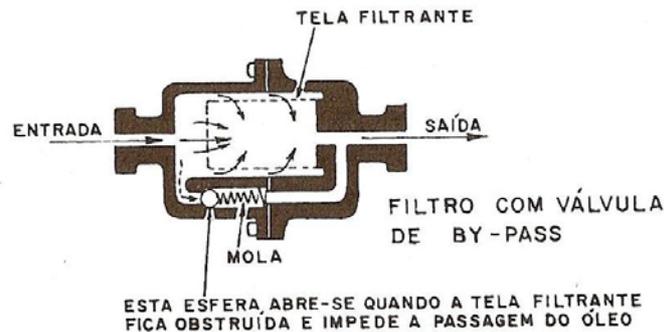
**Válvula reguladora de pressão:** É colocada na linha para evitar que a pressão do óleo ultrapasse um determinado valor.



**Válvula unidirecional:** Esta válvula dá livre passagem ao óleo num sentido e impede o fluxo no sentido contrário.



**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 (*é melhor permitir que o motor funcione com o óleo não filtrado do que sem nenhum óleo*)



## INSTRUMENTOS DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Servem para verificar o bom funcionamento do sistema de lubrificação e detectar anormalidades. Os principais instrumentos são o *manômetro de óleo* e o *termômetro de óleo*.

**Manômetro de óleo** - Este é o primeiro instrumento a ser observado durante a partida do motor, ele indica a pressão do óleo no motor.

Em funcionamento normal, o ponteiro deverá estar dentro de uma faixa verde pintada no mostrador.

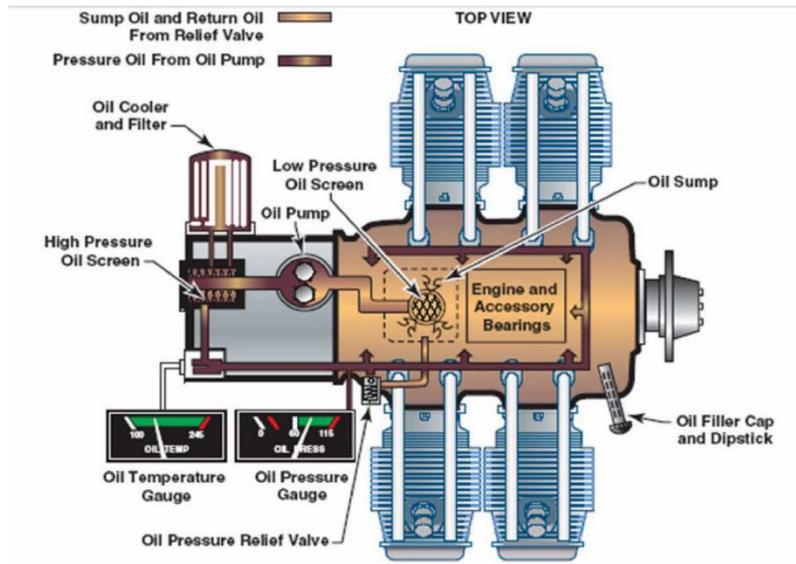
Na partida com o motor frio, porém, a pressão deverá ultrapassar esse limite porque o óleo está muito mais viscoso do que na temperatura normal de funcionamento.



**Termômetro de óleo** - Indica a temperatura do óleo do motor.

OBS – após 30 segundos do acionamento, se não houver indicação de pressão de óleo, deve-se cortar imediatamente o motor.

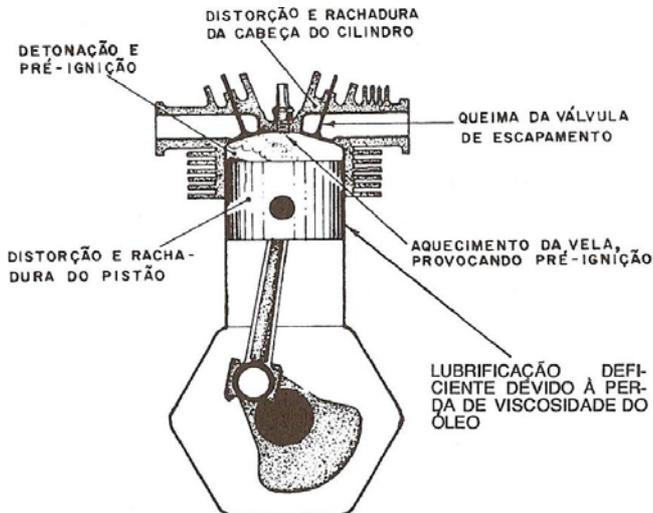
No caso de tempo muito frio, deve-se esperar 60 segundos, na sequência, deve-se parar imediatamente o motor, pois isso indica uma possível falha no sistema de lubrificação à medida que o motor se aquece, o ponteiro deverá descer para dentro da faixa verde.



## SISTEMA DE RESFRIAMENTO

A eficiência do motor térmico é tanto maior quanto a temperatura da combustão.

Mas o calor produzido aquece os cilindros do motor, podendo prejudicar o funcionamento e causar danos, daí surge a necessidade do resfriamento ou arrefecimento do motor.



*Efeitos do excesso de calor*

A temperatura das partes metálicas do motor, especialmente das de liga de alumínio, deve ser mantida em valores abaixo de 300°C.

O excesso de temperatura causa efeitos nocivos em diversas partes do motor.

Por outro lado, a temperatura não deve descer abaixo de um determinado valor mínimo, pois o vapor de gasolina poderá voltar ao estado líquido, empobrecendo a mistura e causando a parada do motor.

Isso é mais comum em descidas prolongadas com motor lento, em dias muito frios.

Existem dois sistemas de resfriamento do motor:

**Resfriamento a líquido (ou resfriamento indireto);**

**Resfriamento a ar (ou arrefecimento direto).**

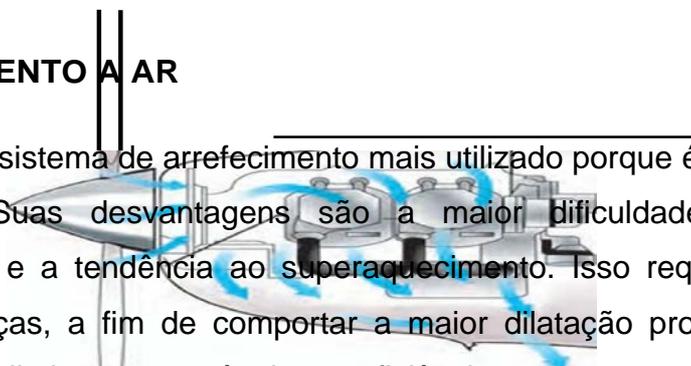
## RESFRIAMENTO A LÍQUIDO

Neste sistema, os cilindros são resfriados por um líquido, que pode ser água ou Etileno-glicol, este, apesar de ser mais caro e absorver menos calor que a água, tem a vantagem de não ferver ou congelar facilmente e seu volume diminui quando congela, não danificando, portanto, as tubulações e outras partes do sistema.

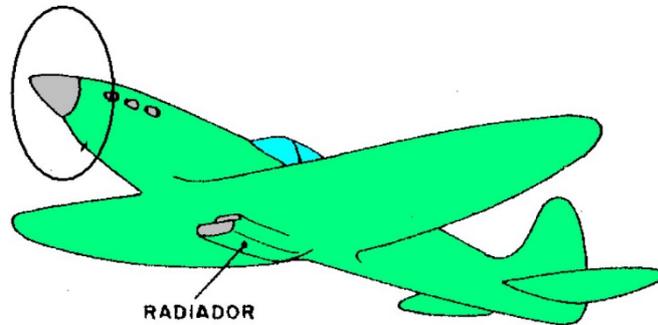
O resfriamento a líquido proporciona melhor transferência de calor e melhor controle de estabilização da temperatura. Os motores podem ter tolerâncias menores, ganhando em eficiência, potência, durabilidade e confiabilidade. Suas desvantagens são o maior custo, complexidade e peso. São fabricados ainda hoje em quantidade limitada, para usos especiais.

## RESFRIAMENTO A AR

Este é o sistema de arrefecimento mais utilizado porque é mais simples, leve e barato. Suas desvantagens são a maior dificuldade de controle de temperatura e a tendência ao superaquecimento. Isso requer folgas maiores entre as peças, a fim de comportar a maior dilatação provocada pelo calor, estas folgas diminuem a potência e a eficiência.



Os cilindros e suas cabeças possuem alhetas de resfriamento para facilitar a transferência do calor.

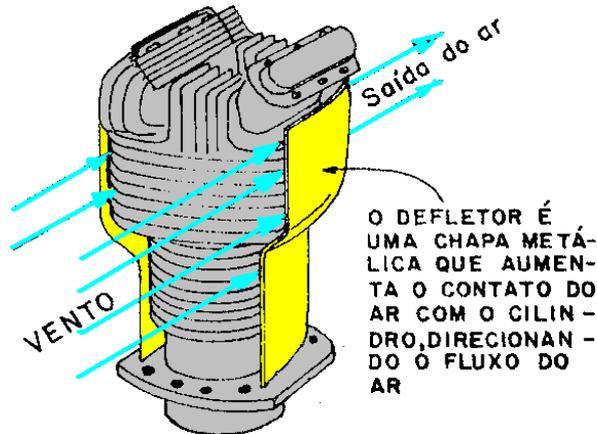


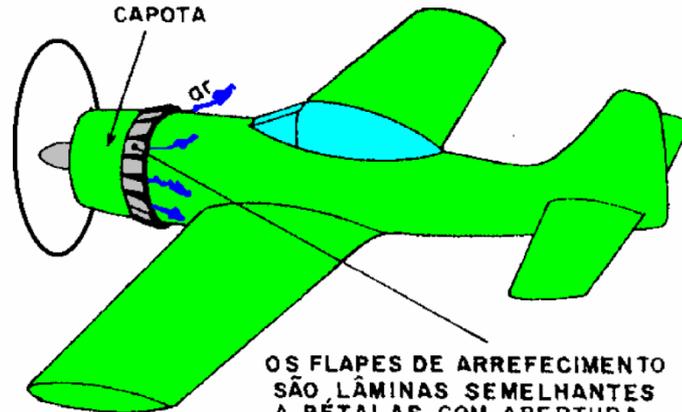
O líquido usado no resfriamento do motor é enviado por uma bomba a um radiador, onde é resfriado pelo ar externo. O resfriamento excessivo é evitado através de um termostato.

Podem ser usados ainda os defletores e flaps de arrefecimento.

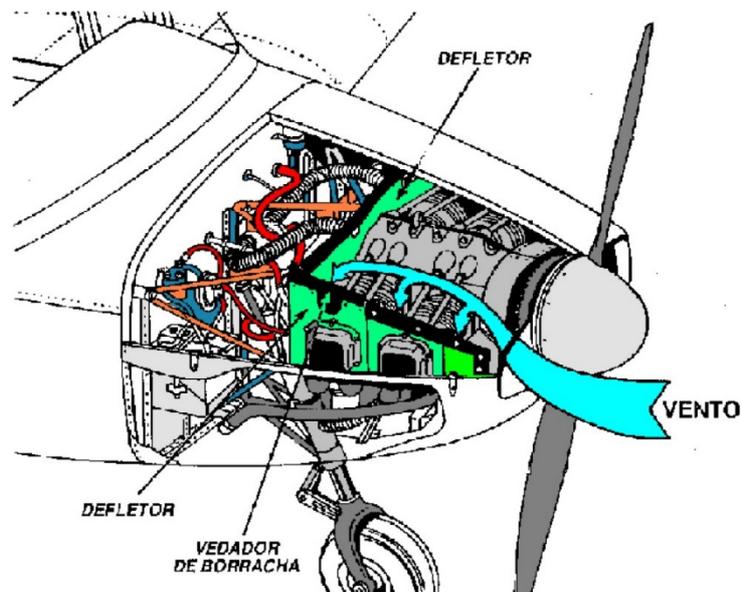
Nos motores com cilindros horizontais opostos, os defletores formam uma caixa de ar acima dos cilindros, onde a pressão foi aumentada devido ao impacto do ar que entra na carenagem.

Essa pressão faz com que o ar desça verticalmente, atravessando as alhetas dos cilindros:





OS FLAPES DE ARREFECIMENTO SÃO LÂMINAS SEMELHANTES A PÉTALAS, COM ABERTURA AJUSTÁVEL PARA CONTROLAR O RESFRIAMENTO DO MOTOR



## CONTROLE DE TEMPERATURA

As condições climáticas no Brasil fazem com que a maior parte dos problemas de temperatura do motor seja relacionada ao superaquecimento.

Para reduzir a temperatura, o piloto pode lançar mão dos seguintes recursos:

- Abrir flaps de arrefecimento se houver, para aumentar o fluxo do ar de arrefecimento.
- Reduzir potência, para diminuir o calor produzido nos cilindros
- Aumentar a velocidade de voo, a fim de aumentar o fluxo de ar sobre o motor.
- Usar mistura rica, se for possível.

O excesso de combustível resfriará o motor, apesar de aumentar o consumo.