

2022-1
DIURNO



Aula 06

Conhecimentos Técnicos sobre Aviões

ESTS002-17: AERONÁUTICA I-A (AVIÕES)

Fernando Madeira

Roteiro da Aula

- Sistema de Combustível
- Combustível
- Sistema de Lubrificação
- Sistema de Resfriamento

SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Tem por finalidade armazenar o combustível e fornecê-lo ao motor.

Tipos mais utilizados

- Alimentação por gravidade
- Alimentação por pressão



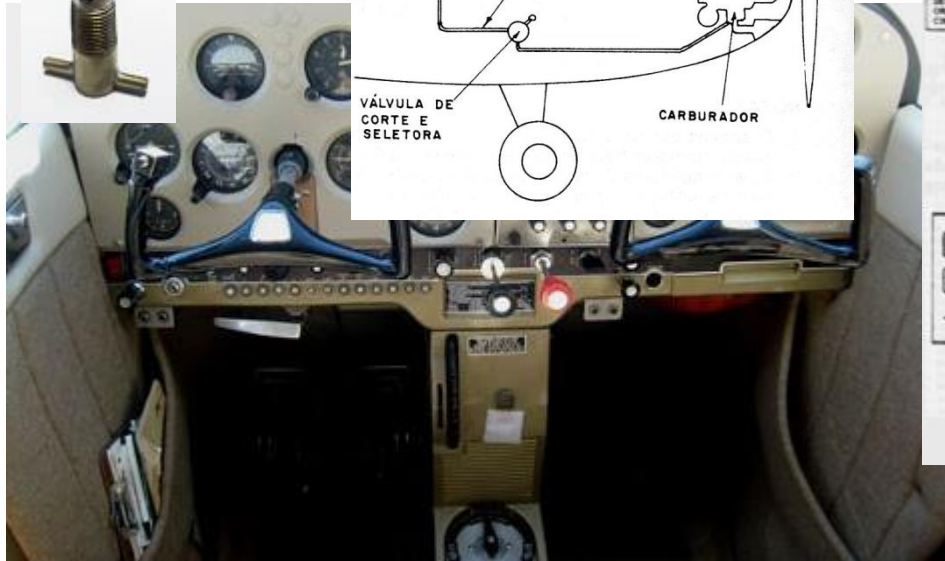
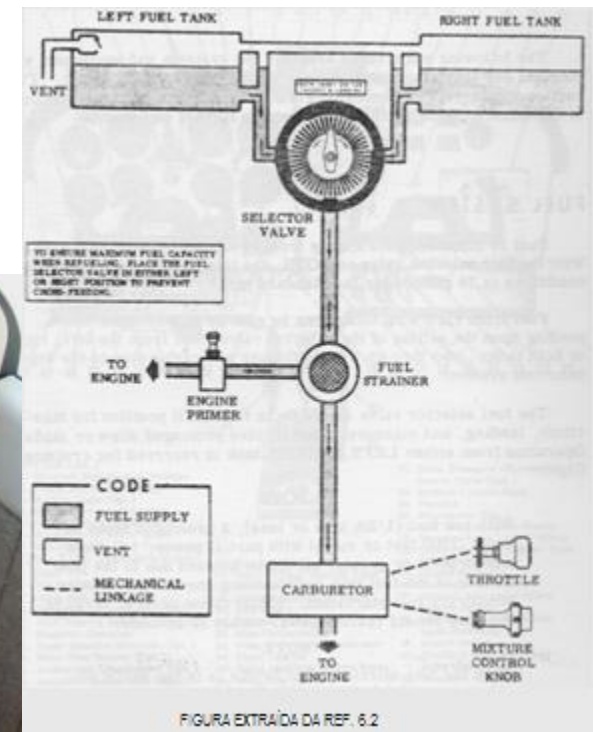
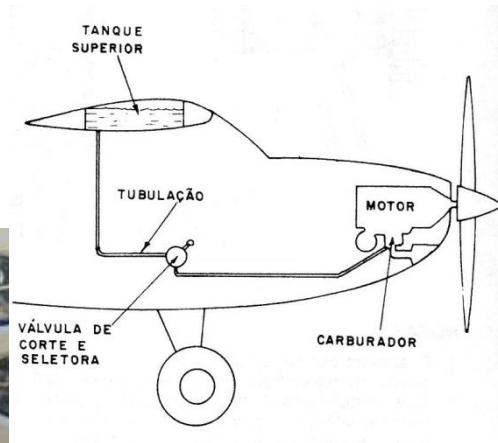
SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Alimentação por Gravidade (*gravity-feed*)

- É o tipo mais simples e é usado em aviões com motores de baixa potência.
- Os tanques estão localizados em posições elevadas e o combustível flui por gravidade até o motor.
- Os tanques têm um furo de ventilação para que o ar possa entrar.
- Componentes principais: Tanque, válvula de corte e seletora, filtro e injetor de partida.
- Na parte mais baixa do tanque tem um dreno que serve para drenar a água que possa existir em seu interior.

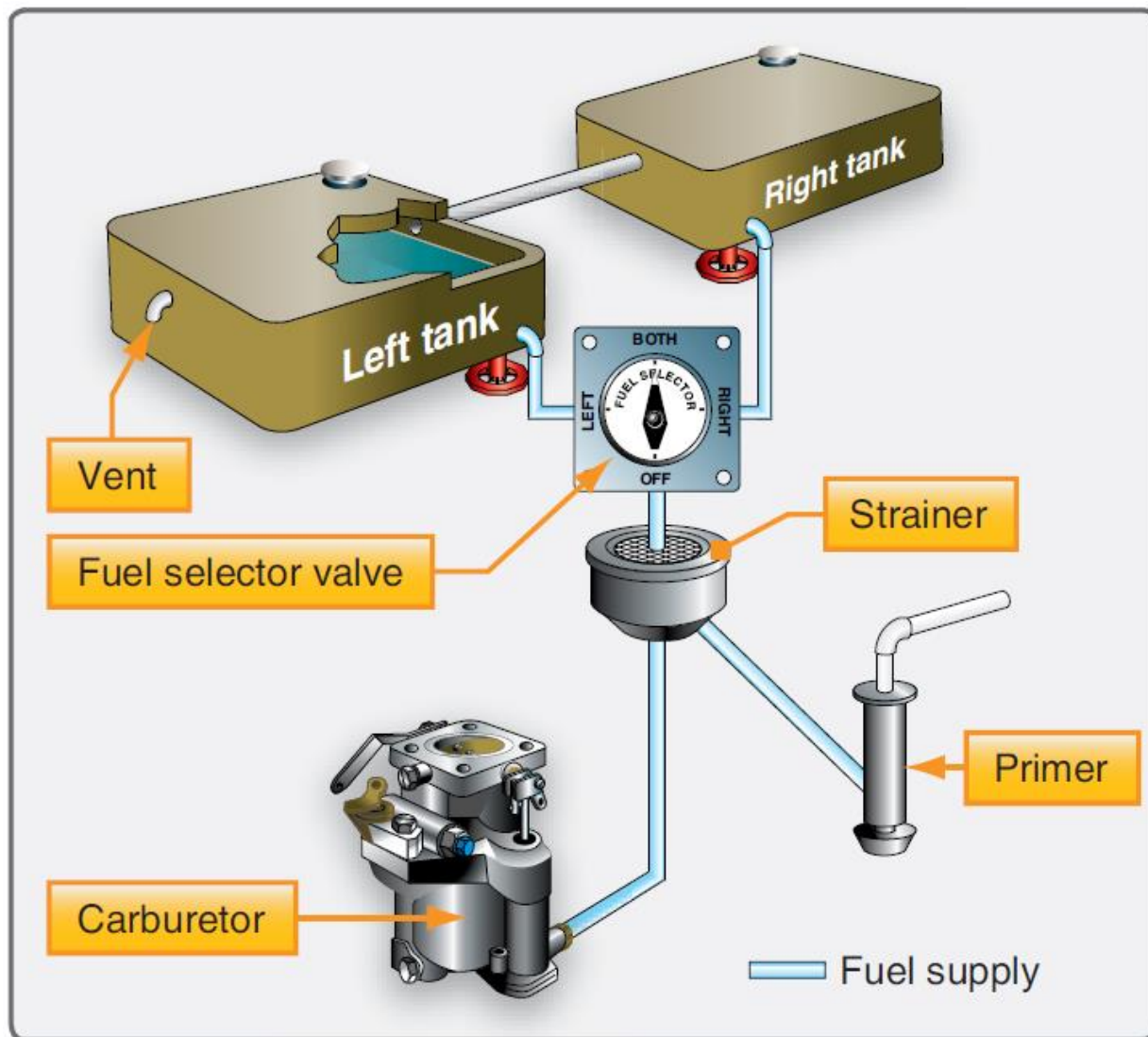
SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Alimentação por Gravidade (*gravity-feed*)



Alimentação por Gravidade

CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE AVIÕES



The gravity-feed fuel system in a single-engine highwing aircraft is the simplest aircraft fuel system.

SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Alimentação por Pressão

- O combustível é enviado para o motor através da pressão de uma bomba.
- Normalmente, são duas as bombas: Bomba principal e bomba auxiliar.
- Bomba principal => Acionada pelo motor.
- Bomba auxiliar => Acionada por um motor elétrico.
- Bomba auxiliar é usada durante a partida, decolagem, pouso e durante o voo em grandes atitudes (cabeado).

SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Alimentação por Pressão

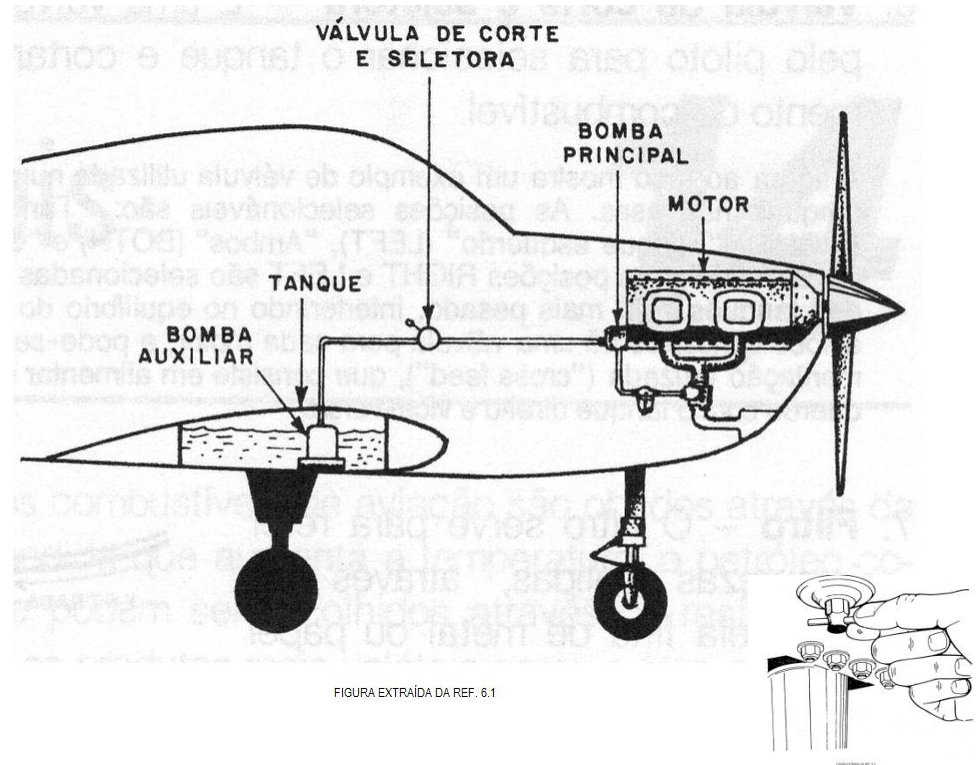
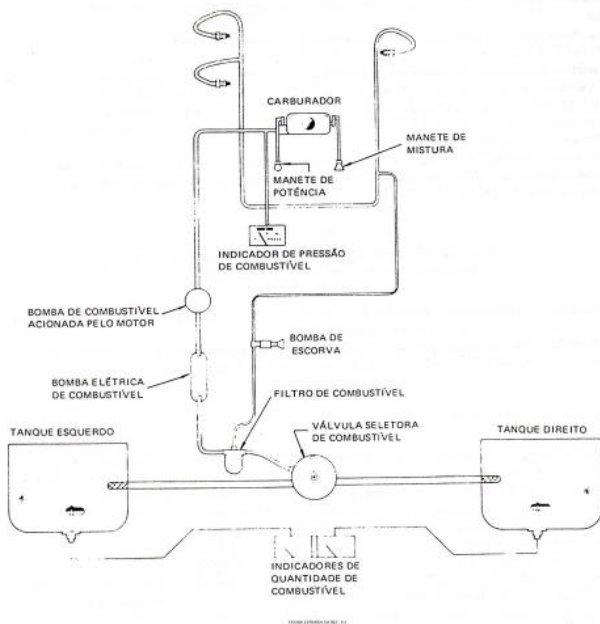
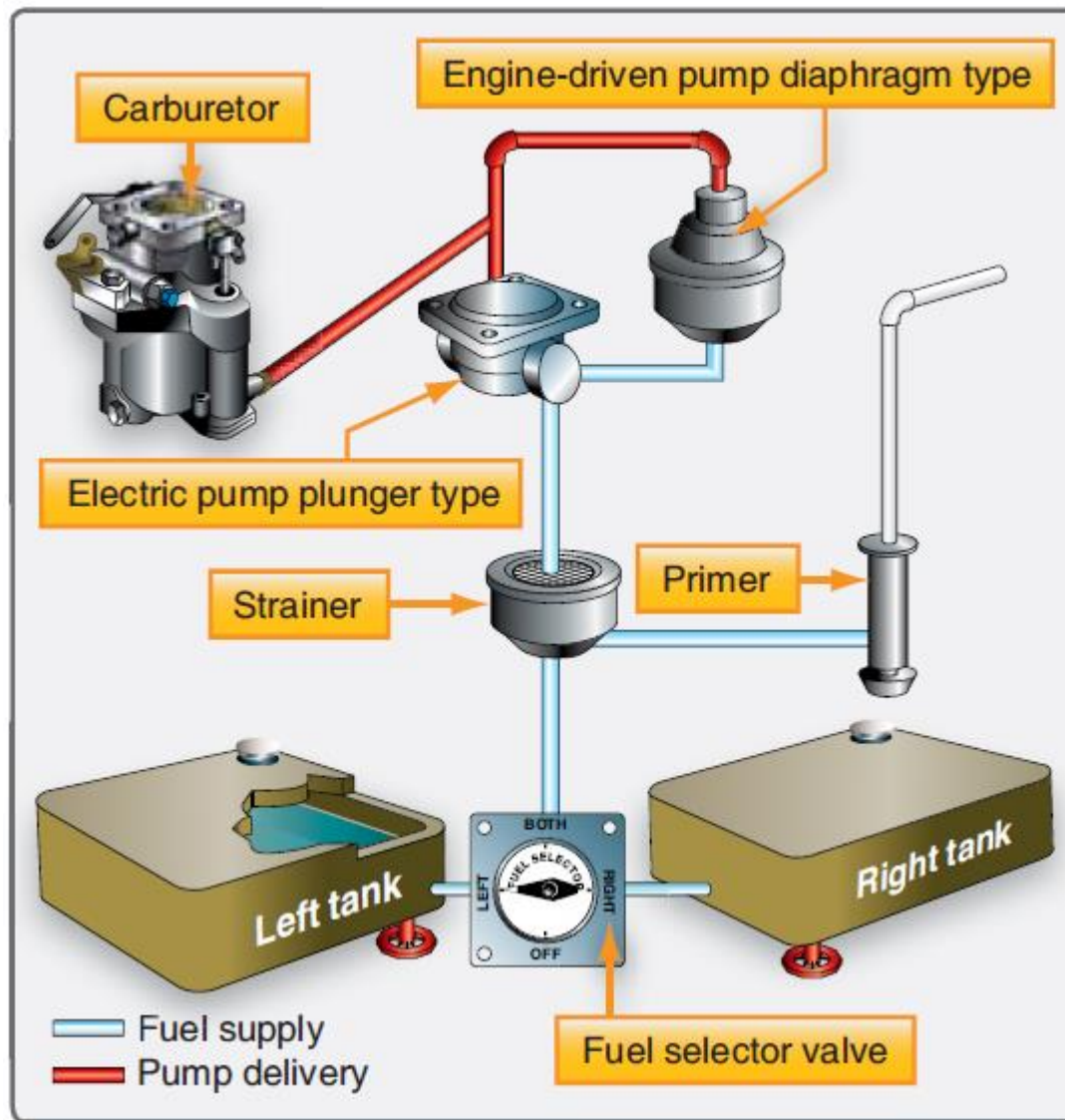


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.1

Alimentação por Pressão

CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE AVIÕES



A single reciprocating engine aircraft with fuel tanks located in wings below the engine uses pumps to draw fuel from the tanks and deliver it to the engine.

SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Válvula de Corte e Seletora (*fuel selector valve*)

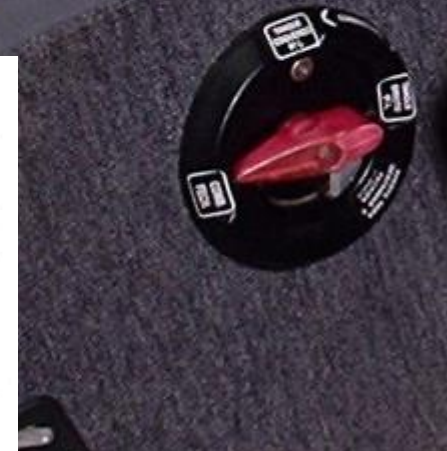
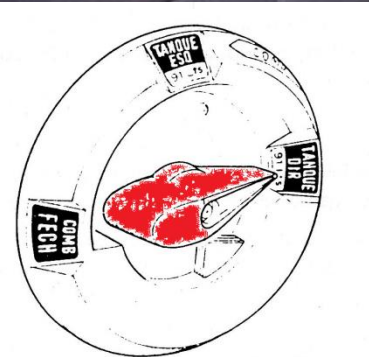
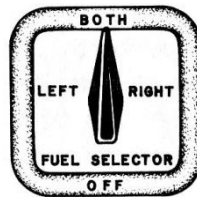
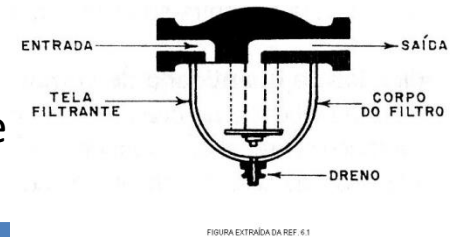
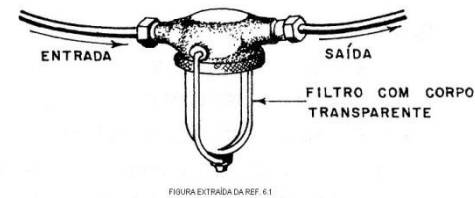


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.3

SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

Filtro (*strainer*)

- Serve para reter impurezas sólidas.
- Feitos de fina tela de metal ou papel.
- Geralmente encontram-se na parte mais baixa da fuselagem, próximo ao motor.
- Possui válvula de dreno para verificação da presença de água.



Prevenção contra Água

- Funil de camurça => Aeródromos sem bombas de abastecimento.
- Em paradas prolongadas => Manter os tanques completamente cheios.



COMBUSTÍVEL

Os combustíveis usados nos motores aeronáuticos são obtidos da destilação do petróleo.

Gasolina de aviação (AVGAS) => motores a pistão

Querosene => Motores a reação

Derivados do petróleo => Combustíveis Minerais

Álcool => Combustível vegetal <= Exceção: não vem de petróleo.



COMBUSTÍVEL

Propriedades da Gasolina

- **Poder Calorífico:** É a quantidade de calor liberada pela queima de uma determinada quantidade de combustível. **A gasolina é dos combustíveis líquidos de mais alto poder calorífico.**
- **Volatilidade:** A gasolina é composta por vários hidrocarbonetos. Alguns deles têm alta volatilidade e tornam possível dar partida no motor em baixas temperaturas.
- **Poder Antidetonante:** É a capacidade da gasolina resistir à detonação.

COMBUSTÍVEL

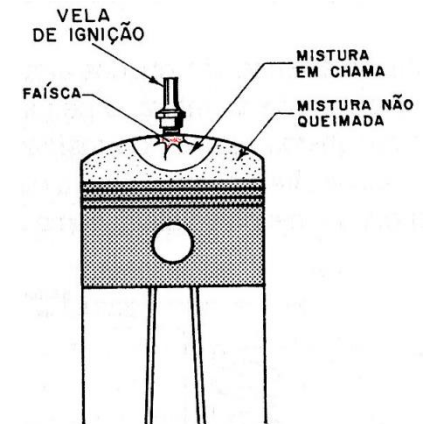
A queima da gasolina pode ocorrer de três maneiras diferentes num motor a pistão:

- Combustão Normal
- Pré-Ignição
- Detonação

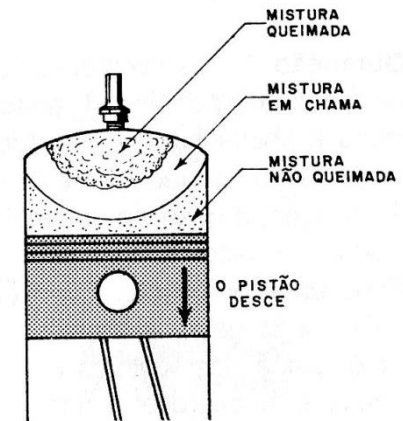
COMBUSTÍVEL

Combustão Normal

- A queima tem início com a faísca da vela.
- A ignição deve ser produzida no instante adequado para o máximo aproveitamento da energia impulsiva dos gases.



Início

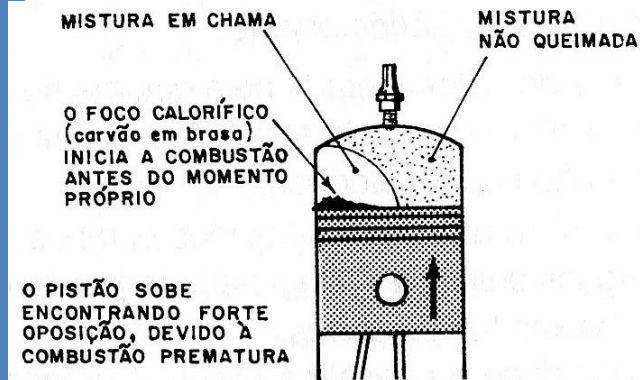


Prosseguimento

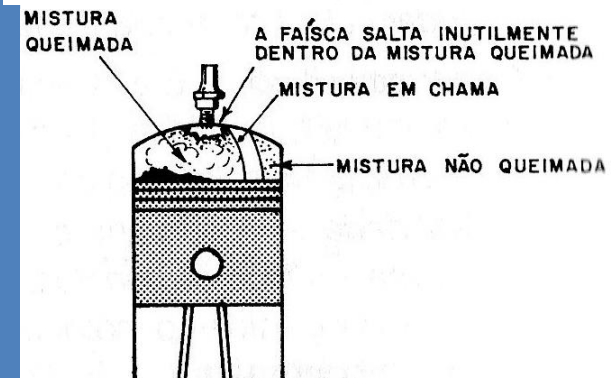
COMBUSTÍVEL

Pré-Ignição

- A combustão é **rápida** e **suave**, mas ocorre **prematuramente**, devido a existência de um **ponto quente**.
- **Ponto quente** => pode ser a **vela superaquecida** ou um **carvão incandescente**.
- Como a combustão foi antecipada, a energia impulsiva não fica sincronizada com o movimento do pistão.
- Resultado: **Superaquecimento** e **mau rendimento mecânico**.



Início

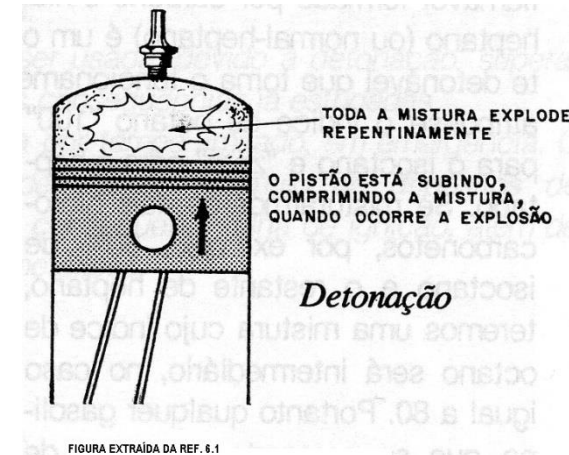


Prosseguimento

COMBUSTÍVEL

Detonação

- A combustão é praticamente instantânea => Explosiva 💣.
- A energia é liberada instantaneamente causando **superaquecimento** ao invés de **potência mecânica**.
- Detonação => batida de pinos.
- Causas: (1) **Combustível com baixo poder antidetonante**; (2) **mistura muito pobre**; (3) **cilindro muito quente**; (4) **compressão muito alta**.
- Principais consequências: (1) **fraturas e outros danos nos anéis de segmento, pistões e válvulas**; (2) **perda de potência e superaquecimento do motor**; (3) **queima de óleo lubrificante e inutilização do motor (no popular=> o motor se funde)**.



COMBUSTÍVEL

Índice de Octano => É o número que identifica o poder antidetonante da gasolina.

É determinado através do método do motor CFR (Cooperative Fuel Research Committee), que possui compressão variável.

Isoctano

Heptano

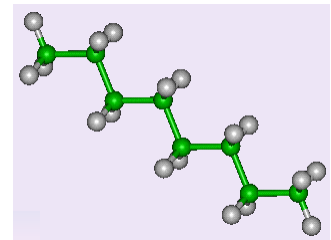
Resistente à detonação

Tão facilmente detonável que torna impossível o funcionamento do motor

Atribui-se Índice de Octano

100 para o isoctano

0 para o heptano



COMBUSTÍVEL

Índice de Octano

Assim, se misturamos 80% de isooctano e 20% de heptano, teremos uma mistura cujo índice de octano é igual a 80. Então, qualquer gasolina que se comporte no motor de forma semelhante a essa mistura, terá índice de octano igual a 80.

Para aumentar o índice de octano, utiliza-se chumbo tetraetila como aditivo. Com isso, é possível a obtenção de índice de octano superiores a 100.

COMBUSTÍVEL

Índice de Octano

Efeito da Mistura no Poder Antidetonante: A mistura pobre é menos antidetonante que a mistura rica. Deste modo, o índice de octano é designado por um índice duplo. Por exemplo, gasolina 100/130 significa que possui índice de octano igual a 101 para mistura pobre e 131 para mistura rica.

Classificação da gasolina de aviação: Pode ser de dois tipos, de acordo com o índice de octano:

100 (100/130)

115 (115/145)

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Princípio de Lubrificação

Duas **superfícies metálicas** em contato apresentam **atrito**. Quando utiliza-se **óleo lubrificante** entre essas superfícies, forma-se uma **finíssima película de óleo** que as mantém separadas. Isso elimina o **desgaste** entre as peças e funcionamento torna-se mais fácil porque o **atrito interno do óleo é pequeno**.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

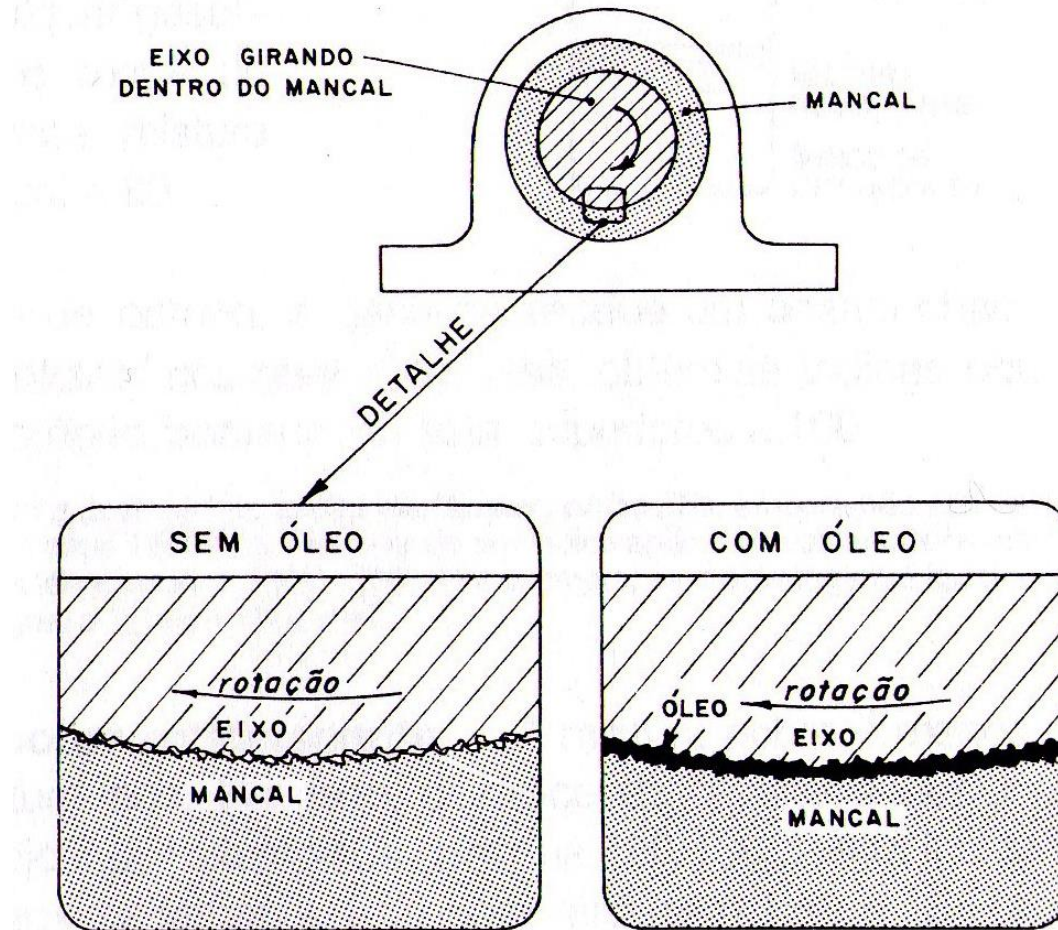


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.1

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Funções do Óleo Lubrificante

Além da função primária de **LUBRIFICAÇÃO** das peças móveis, o óleo tem a função secundária de auxiliar o **RESFRIAMENTO DO MOTOR**.

A falta de lubrificação coloca as peças metálicas móveis em contato, provocando **desgaste** e **calor** por atrito. O calor pode queimar o óleo, transformando-o numa **borra pegajosa** que prejudicará o funcionamento das peças.

As principais propriedades do óleo lubrificante são:

- Viscosidade
- Ponto de congelamento
- Ponto de fulgor

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Viscosidade

- É a **resistência** que o óleo oferece ao **escoamento**.
- Frio excessivo => **aumenta a viscosidade** => **torna difícil o movimento das peças**.
- Calor excessivo => **diminui a viscosidade** => **torna o óleo muito fluido e incapaz de manter a película lubrificante entre as peças**.
- Temperatura do óleo => deve ser mantida dentro de determinados limites.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Viscosidade

- Para medir viscosidade, usa-se viscosímetros.
- Não existe um viscosímetro padrão universal.
- O viscosímetro mede o tempo de escoamento , em segundos, de um óleo que passa através de um orifício com determinado diâmetro, e nas temperaturas padrões de ensaio.

Saybolt (EUA)

- Viscosímetros =>

Redwood (Inglaterra)

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Viscosidade

- Classificação SAE: Classifica os óleos lubrificantes de motores a pistão em sete dezenas => 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 e 70.
- As empresas petrolíferas classificam os óleos lubrificantes de motores aéreos por números: 65 - 80 - 100 - 120 e 140.

Commercial Aviation No.	Commercial SAE No.	Army and Navy Specification No.
65	30	1065
80	40	1080
100	50	1100
120	60	1120
140	70	

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Ponto de Congelamento

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

Ponto de Fulgor

- É a temperatura que o óleo inflama-se momentaneamente quando em contato com uma chama.
- Um bom óleo tem um ponto de fulgor alto => possibilidade de lubrificação em temperatura elevada.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Outras propriedades:

- Fluides
- Estabilidade
- Neutralidade
- Oleosidade

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Fluidez

- Indica a facilidade do óleo fluir.
- Um óleo lubrificante deve ter elevada fluidez, para circular facilmente pelo motor.

Estabilidade

- Um óleo lubrificante não deve sofrer alterações de suas propriedades físicas e químicas durante o uso.
- Como na realidade essas alterações são inevitáveis, são estabelecidas tolerâncias por meio de determinadas normas.

Neutralidade

- Ausência de acidez no Óleo.
- Se há presença de ácidos, pode ocorrer corrosão das peças do motor.

Oleosidade

- Depende do óleo e da superfície a ser lubrificada.
- Indica a capacidade do óleo aderir à superfície.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Aditivos

São **substâncias químicas** que são adicionadas ao óleo para **melhorar determinadas propriedades**.
Os principais aditivos são:

- Antioxidantes
- Detergentes
- Antiespumantes

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Antioxidantes

- Melhoram a estabilidade química do óleo pela redução da oxidação.
- Oxidação \Rightarrow combinação do óleo com o O_2 do ar.
- Oxidação \Rightarrow forma substâncias corrosivas, borras e outras substâncias nocivas.

Detergentes

- Sua função é dissolver as impurezas que se depositam nas partes internas do motor.

Antiespumante_s

- Sua função é evitar a formação de espuma, que provoca a falta de óleo nas peças.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Tipo de Sistemas de Lubrificação:

- Lubrificação por salpique
- Lubrificação por pressão
- Lubrificação mista

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Tipo de Sistemas de Lubrificação:

Lubrificação por salpique

- O óleo é espalhado dentro do motor pelo movimento das peças.
- Vantagem => Simplicidade

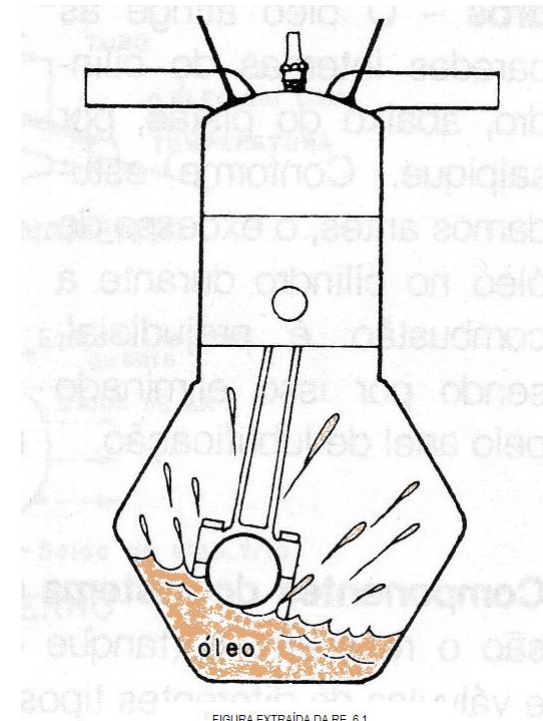


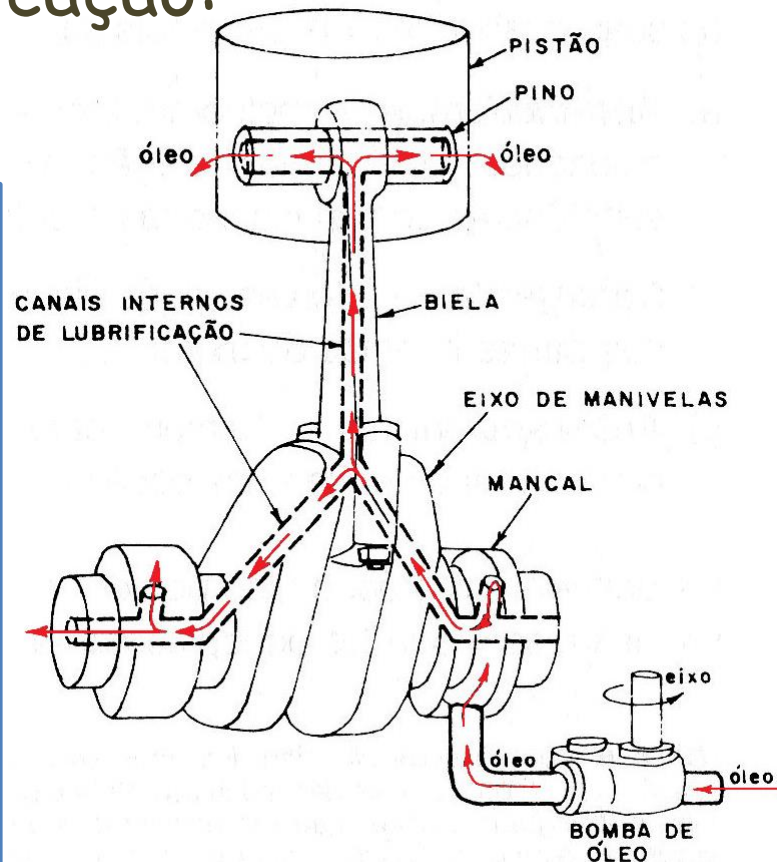
FIGURA EXTRAÍDA DA RE. 6.1

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Tipo de Sistemas de Lubrificação:

Lubrificação por Pressão

- O lubrificante é impulsionado sob pressão para as diversas partes do motor através de uma bomba de óleo.



SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Tipo de Sistemas de Lubrificação:

Lubrificação Mista

- Este é o sistema empregado na prática.
- Lubrifica algumas partes por salpique
=> cilindros, pinos de pistões, etc.
- Lubrifica outras partes por pressão =>
eixo de manivelas, eixo de comando de
válvulas, etc.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Lubrificação dos Cilindros

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

O excesso de óleo no cilindro durante a combustão é prejudicial. Entra em ação os anéis de lubrificação, que eliminam o excesso de óleo.

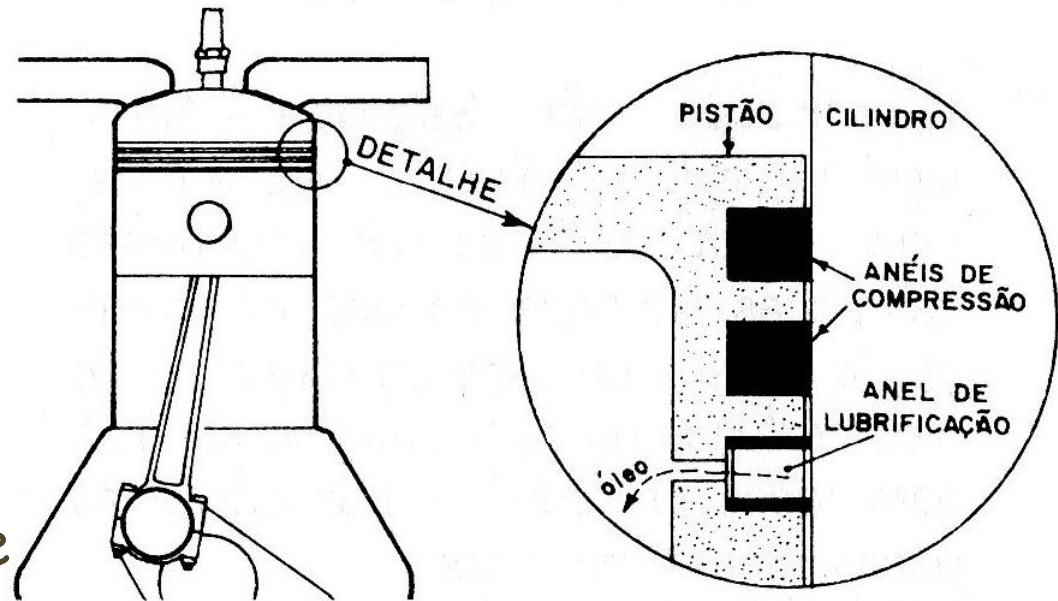


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.1

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

- Reservatório (tanque de óleo)
- Radiador
- Bombas
- Filtros
- Decantador
- Válvulas

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Reservatório

- Tem por finalidade armazenar o óleo usado pelo sistema de lubrificação.
- Em muitos motores, o próprio cárter serve como reservatório => Motores com **cárter molhado**.
- Outros motores usam um reservatório a parte => Motores de **cárter seco**.
- O nível de óleo deve ser examinado periodicamente, devido à perda que ocorre por vaporização, queima nos cilindros, vazamento, etc => É um dos itens da inspeção pré-voo => O nível do óleo é checado antes de cada voo.



SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

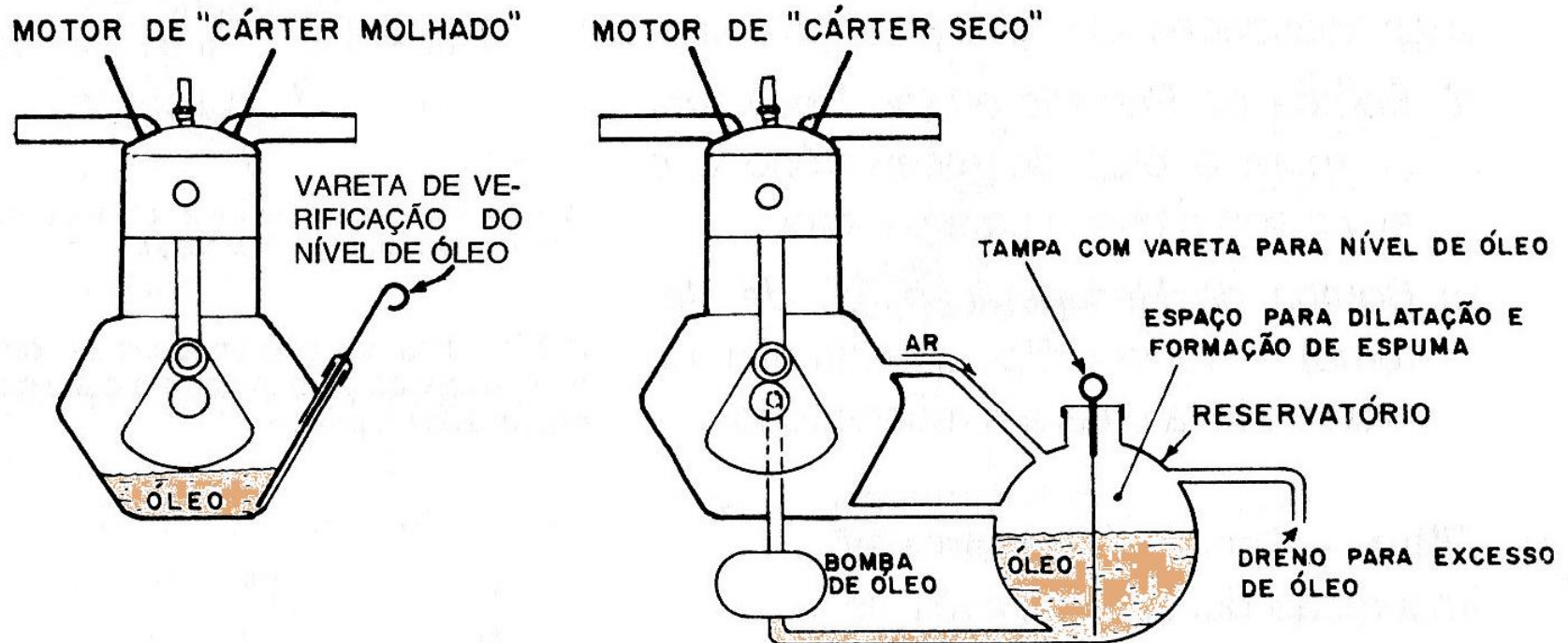


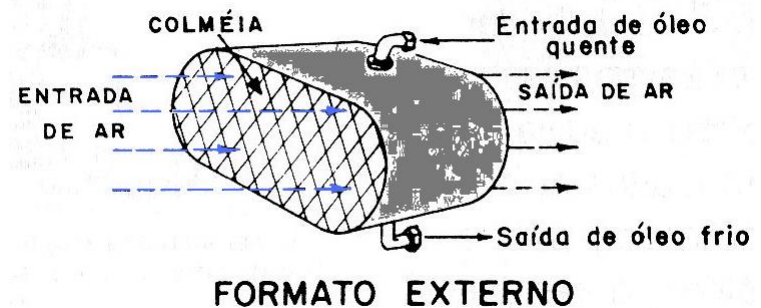
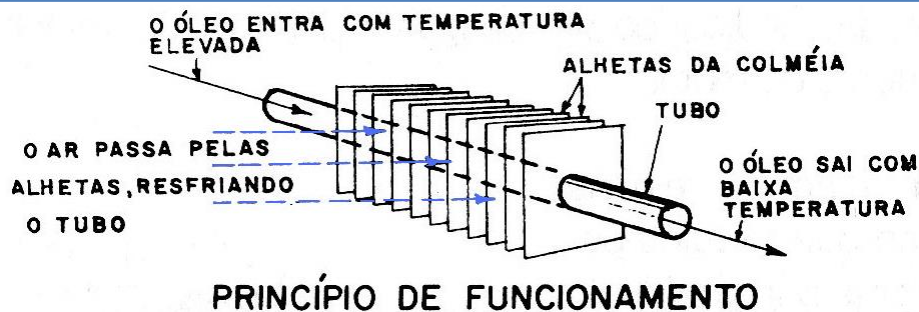
FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.1

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Radiador de Óleo

- Após o óleo ter circulado pelo motor, ele absorve calor. Por isso ele precisa ser resfriado. O óleo passa pelo radiador onde deixa o calor que é retirado pelo ar que o atravessa.
- O radiador recebe o vento da hélice.
- O óleo entra no radiador com **baixa viscosidade** e **alta temperatura** e sai **mais frio** e **mais viscoso**.

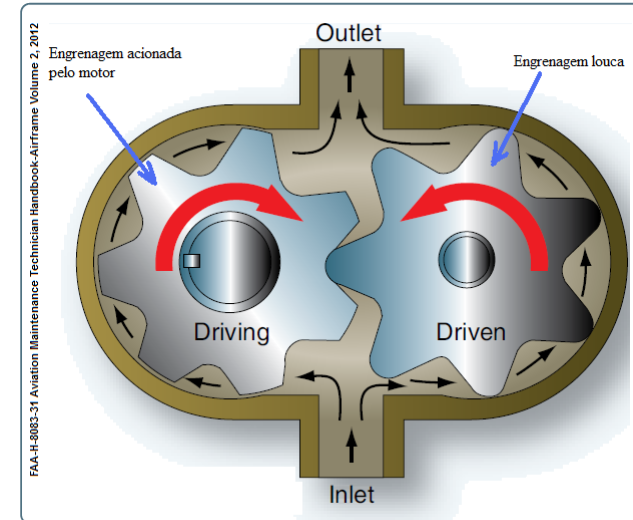


SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Bomba de Óleo

- São geralmente do tipo de engrenagens.
- Podem ser **Bomba de Pressão** (ou Recalque) ou **Bomba de Recuperação** (ou de Retorno), de acordo com a finalidade.
- **Bomba de Pressão** => Retira o óleo do reservatório e o envia sob pressão ao motor.
- **Bomba de Recuperação** => Retira o óleo que circulou no motor e leva-o para o reservatório.



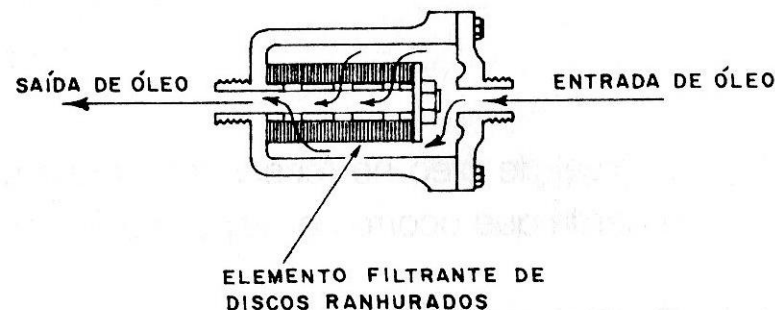
Gear-type power pump.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Filtro

- Serve para reter as impurezas do óleo, através de uma **fina tela metálica**, **discos ranhurados** ou **papelão corrugado**.
- Deve ser limpo ou substituído periodicamente, antes que seu elemento filtrante fique obstruído.

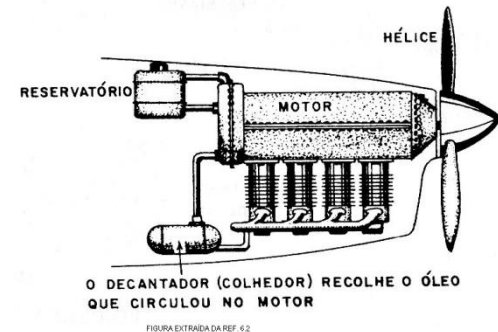


SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Decantador (ou colhedor)

- Decantador é um pequeno tanque na qual escoa, por gravidade, o óleo que circulou pelo motor.
- Em seguida, este óleo passa pelo **filtro** e a **bomba de recuperação** o envia ao **reservatório**.
- Muitos aviões não têm decantador, pois o próprio reservatório desempenha este papel.



SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Válvulas

- No sistema de lubrificação existem muitos tipos de válvulas que controlam o fluxo de óleo.
- Os tipos de válvulas mais importante são:
Válvula Reguladora de Pressão, Válvula Unidimensional e Válvula de Contorno ou *By-Pass*.

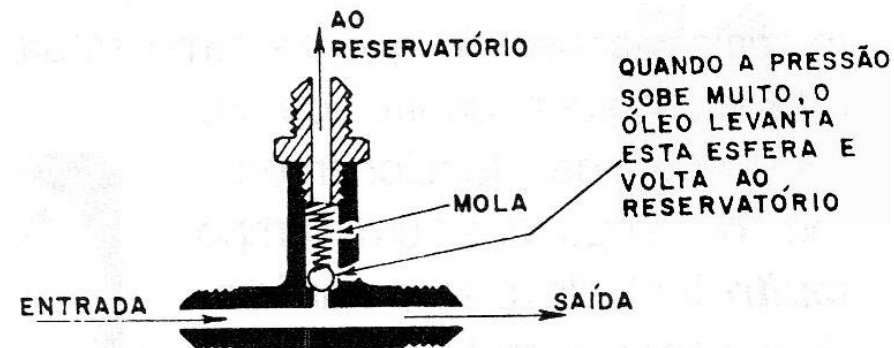
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Válvulas

Válvula Reguladora de Pressão

- É colocada na linha para evitar que a pressão do óleo ultrapasse um determinado valor.



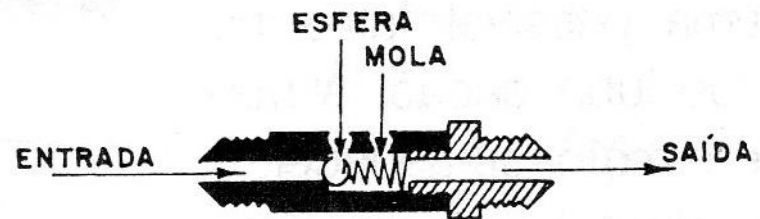
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

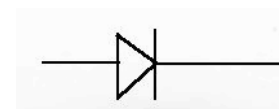
Válvulas

Válvula Unidimensional

- Dá livre passagem ao óleo num sentido e impede o fluxo no sentido contrário.



NESTA VÁLVULA A ESFERA NÃO PERMITE AO ÓLEO RETORNAR NO SENTIDO INVERSO



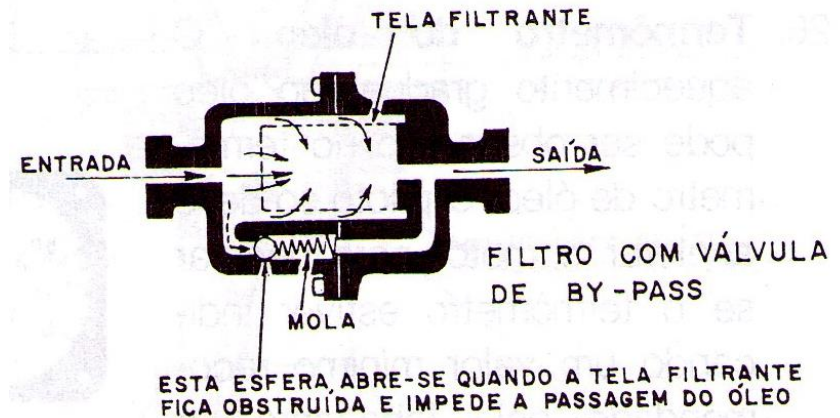
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Componentes do Sistema de Lubrificação

Válvulas

Válvula de Contorno ou *By-Pass*

- É uma válvula que se abre acima de determinado valor de pressão, com a finalidade de oferecer um caminho alternativo ao óleo.
- É muito utilizada em filtros de óleo, para permitir o fluxo de lubrificante quando o filtro ficar entupido.



SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Instrumentos do Sistema de Lubrificação

Servem para verificar o bom funcionamento do sistema de lubrificação e detectar anormalidades. Os principais instrumentos são:

- Manômetro de óleo
- Termômetro de óleo

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Instrumentos do Sistema de Lubrificação

Manômetro de Óleo

- É o primeiro instrumento a ser observado durante a partida do motor.
- Em funcionamento normal, o ponteiro deverá estar na faixa verde.
- Durante a partida, se a pressão não subir em 30 segundos, deve-se cortar imediatamente o motor, pois isso indica uma possível falha no sistema de lubrificação.

Termômetro do Óleo

- O aquecimento gradual do óleo pode ser observado no termômetro
- O piloto só deve "encher a mão" para decolar se o termômetro estiver dentro da faixa verde.



SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Instrumentos do Sistema de Lubrificação

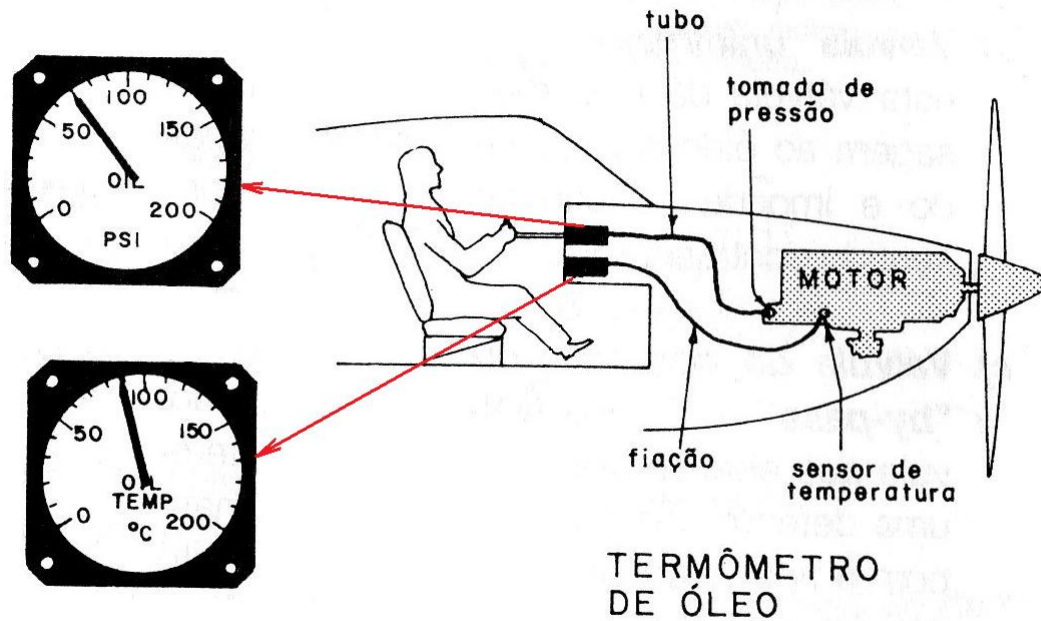


FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.1

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Instrumentos do Sistema de Lubrificação



Photo Copyright © Stephan Klos Puqatch

<http://www.airliners.net/photo/0621398/>

SISTEMA DE RESFRIAMENTO

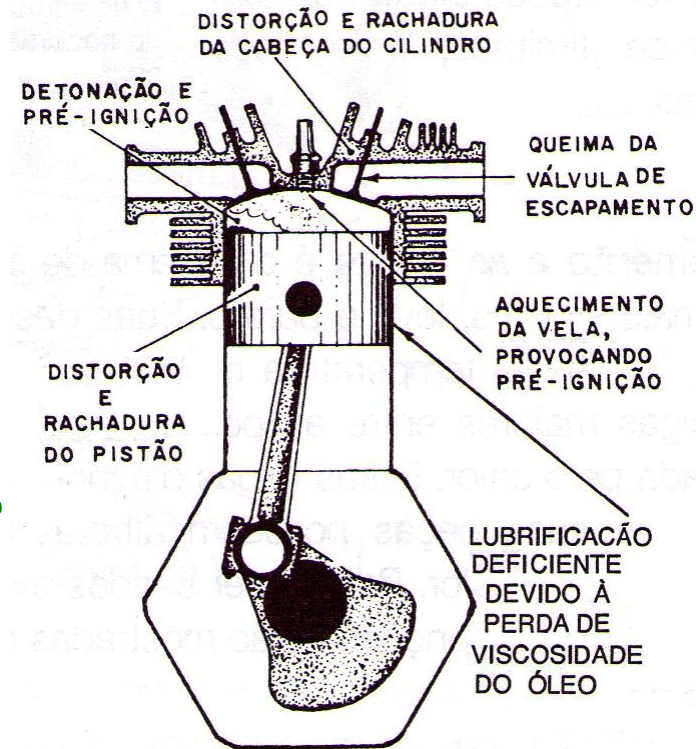
A **eficiência** de um motor térmico é tanto maior quanto maior for a **temperatura** da combustão. Mas o **calor** produzido aquece os **cilindros**, podendo comprometer o funcionamento e causar danos. Daí surge a necessidade do **resfriamento do motor**.

SISTEMA DE RESFRIAMENTO

A temperatura das partes metálicas do motor deve ser mantida a valores inferiores a 300 °C.

O excesso de temperatura pode causar efeitos nocivos às diversas partes do motor.

Mas a temperatura não deve descer abaixo de determinado valor, pois o vapor da gasolina pode voltar ao estado líquido empobrecendo a mistura causando a parada do motor. Isso é comum em descidas prolongadas com o motor em *idle* e em dias frios.



Efeitos do excesso de calor

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.1

SISTEMA DE RESFRIAMENTO

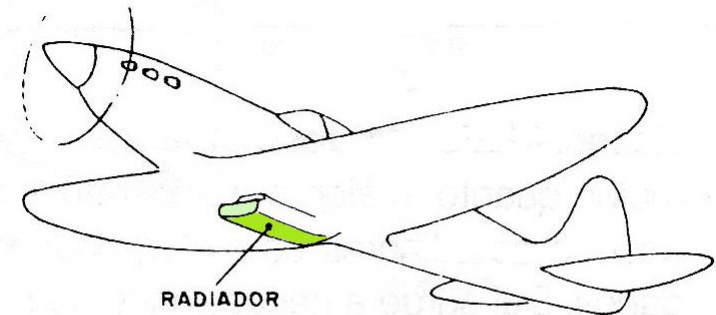
Os sistemas de resfriamento mais comuns são

- Resfriamento a líquido
(arrefecimento indireto)
- Resfriamento a ar
(arrefecimento direto)

SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Resfriamento a Líquido

- Os cilindros são resfriados por um líquido, que pode ser H_2O ou etileno-glicol.
- O etileno-glicol é mais caro e absorve menos calor que a H_2O , mas não ferve nem congela facilmente e seu volume diminui quando congela, não danificando as tubulações e outras partes do sistema.
- Vantagens => Melhor transferência de calor e melhor controle e estabilização da temperatura.
- Desvantagens => Maior custo, complexidade e peso.



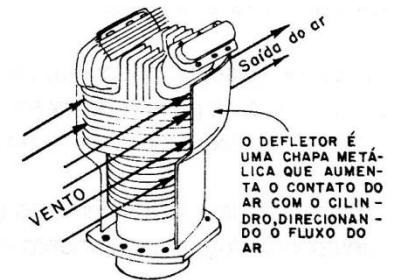
O líquido usado no resfriamento do motor é enviado por uma bomba a um radiador, onde é resfriado pelo ar externo. O resfriamento excessivo é evitado através de um termostato.

FIGURA EXTRAÍDA DA REF. 6.1

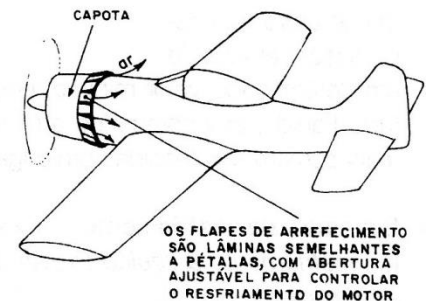
SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Resfriamento a Ar

- É o sistema mais utilizado, porque é mais simples, leve e barato.
- Desvantagens => Maior dificuldade de controle de temperatura e tendência de superaquecimento.
- Os cilindros e suas cabeças possuem alhetas de resfriamento para facilitar a transferência de calor.
- Podem ser usados defletores e flapes de arrefecimentos (cowl flaps).



CILINDRO DE MOTOR RADIAL COM DEFELETOR



FLAPES DE ARREFECIMENTO

SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Para reduzir a temperatura, em caso de superaquecimento, o piloto pode usar os seguintes recursos:

- Abrir cowl flaps (se houver) para aumentar o fluxo de 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, mas sem aumentar a potência => iniciar descida ou parar de subir.
- Enriquecer a mistura. O excesso de combustível resfriará o motor, apesar do aumento do consumo.

REFERÊNCIAS

- 6.1 - Jorge M. Homa, Aeronaves e Motores, Editora Asa, 29ª Edição.
- 6.2 - Cessna, Model 172 Skyhawk, Owner's Manual, 1975.
- 6.3 - Embraer, EMB-712 Tupi, Manual de Operação e Manual de Voo, 1993.
- 6.4 - Acyr Costa Schiavo, Conhecimentos Técnicos e Motores para Pilotos, Editora EAPAC, 1982.
- 6.5 - FAA-H-8083-31 Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe Volume 2, 2012.