

MOTORES TÉRMICOS

AULA 28 – LUBRIFICAÇÃO

PROF.: KAIO DUTRA



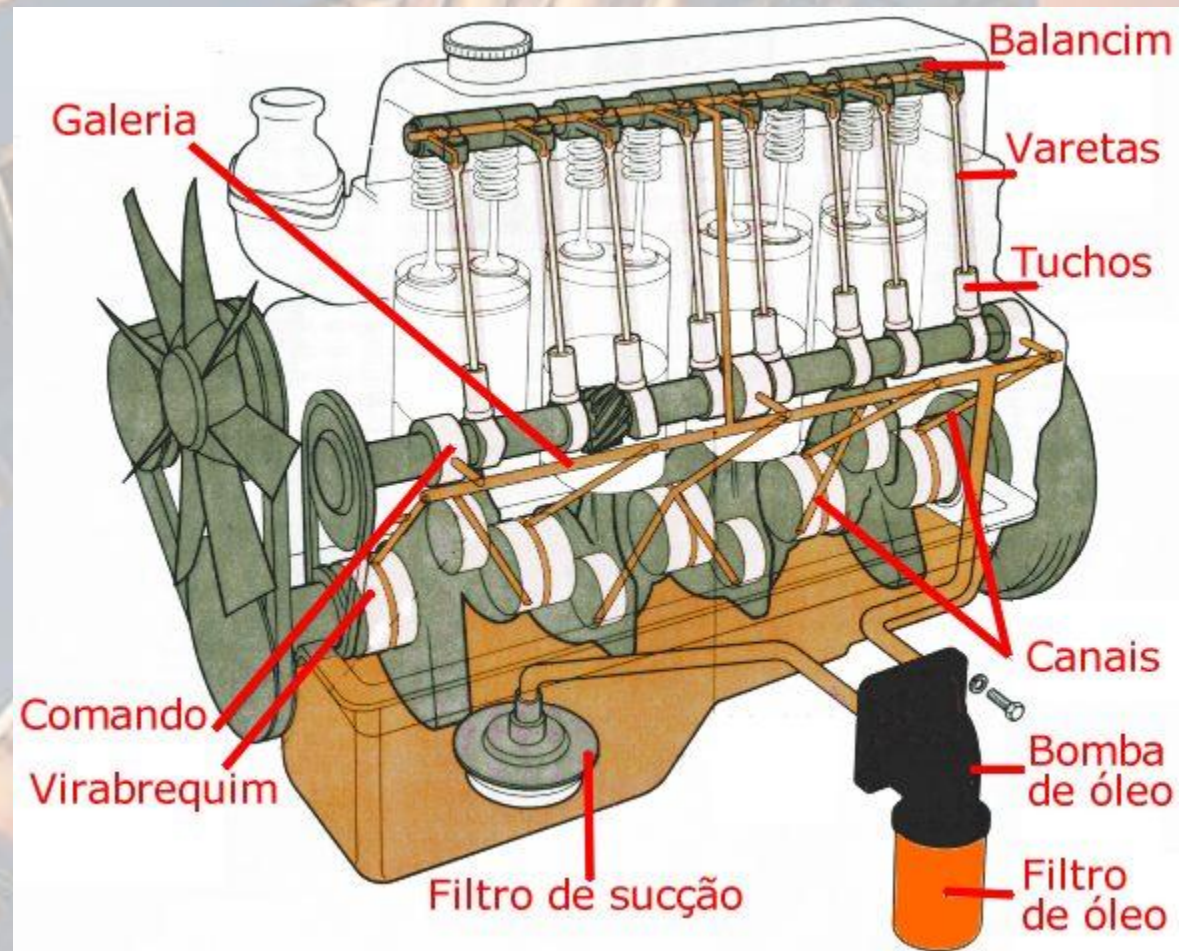
Lubrificação

- As **principais funções** do Sistemas de lubrificação são:
 - **Diminuir o atrito** entre as peças com movimento relativo;
 - **Impedir o contato direto** entre essas peças e conseqüentemente o desgaste;
 - **Resfriamento** das peças lubrificadas;
 - Auxiliar na **vedação** entre pistão, cilindro e anéis;
 - Proteger contra a **corrosão e a ferrugem**;
 - **Limpar** e facilitar a eliminação de produtos indesejáveis;
 - **Evitar** a formação de **espuma**.



Lubrificação

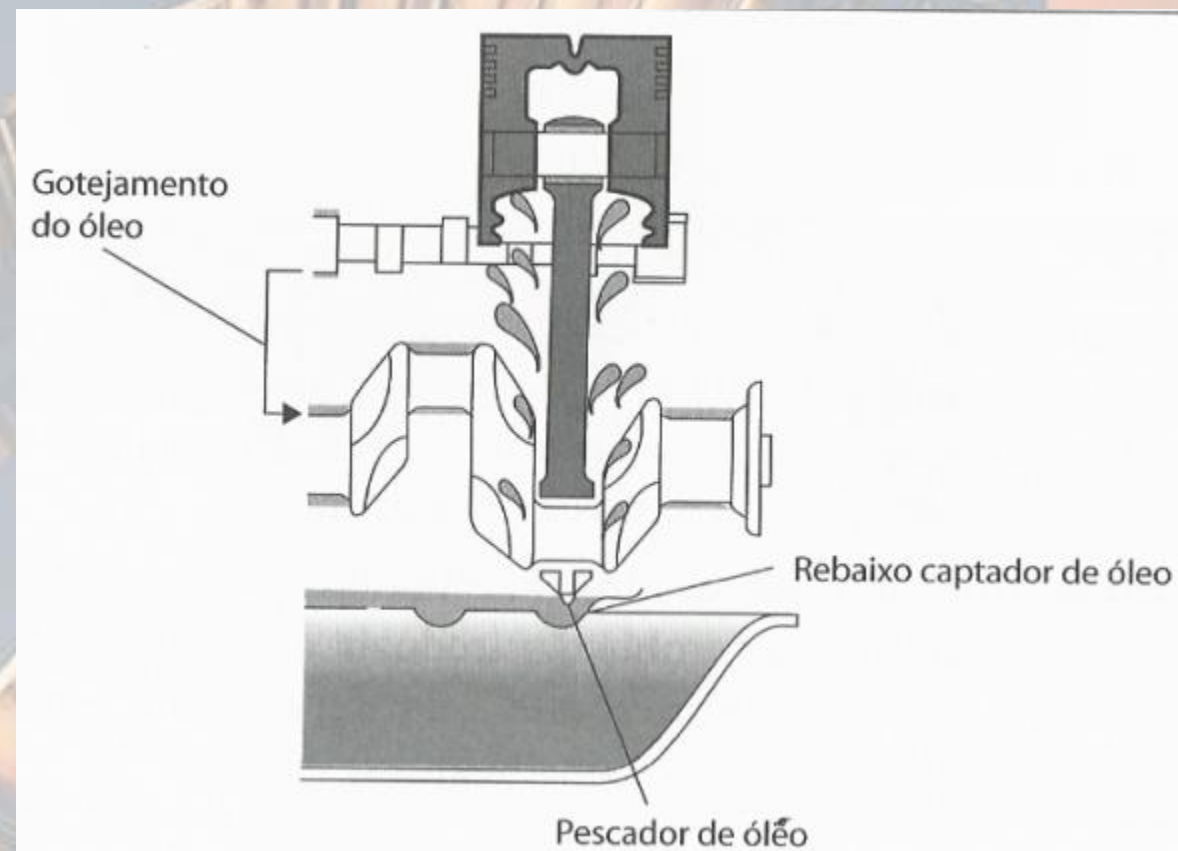
- Para o **bom desempenho** do sistema de lubrificação, faz-se necessário a presença de **lubrificante em quantidades adequadas**, com **características apropriadas**, **acabamento específico** das superfícies de contato, **adequada seleção do tipo de material e dureza** das superfícies em contato, **das folgas específicas** entre as peças e da **pressão específica** das superfícies de contato.



Classificação

Sistemas de Lubrificação por Salpico ou Aspersão

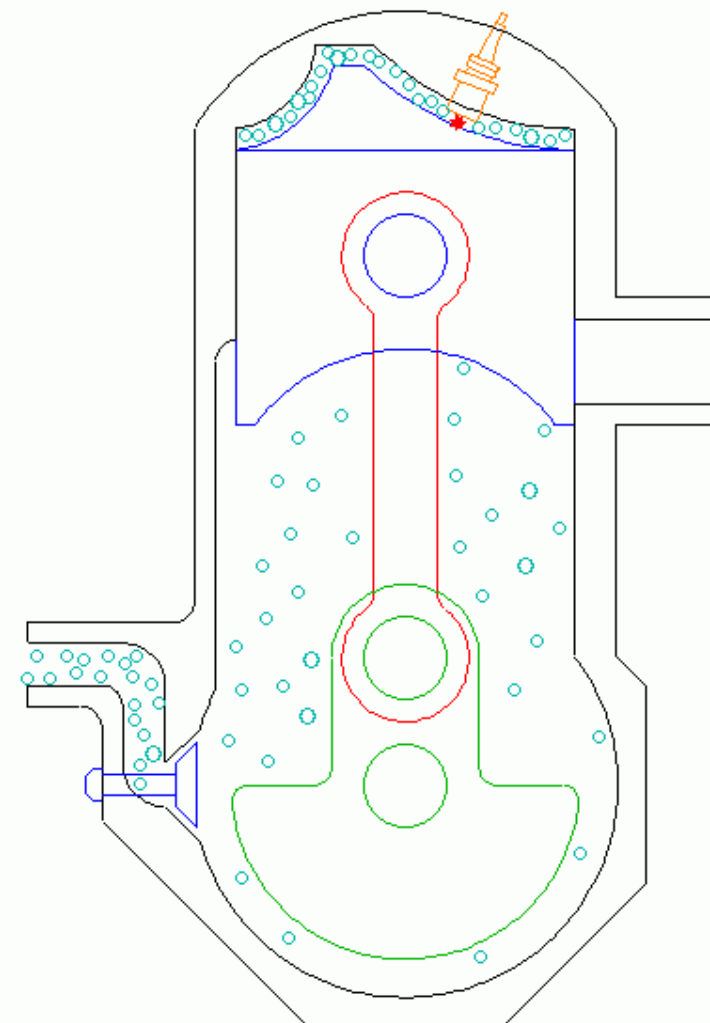
- Sua aplicação é encontrada em **pequenos motores**. A **lubrificação** ocorre por aspersão do óleo em finas gotículas que são **arrastadas por turbulência** no interior do motor. O contato do virabrequim com o lubrificante **reduz a potência efetiva** do motor.
- Este processo acaba por **lubrificar**:
 - **Mancais**;
 - **Eixo comando**;
 - **Pinos dos piões**;
 - **Cilindros**;
 - **Mecanismo de válvulas**.



Classificação

Sistemas de Lubrificação Motores 2T

- Nesses motores, o **lubrificante é adicionado ao combustível** em proporções especificadas. A adição pode ocorrer:
 - **Diretamente no tanque** de combustível;
 - **Por meio de dosador** na linha de combustível (*lubrimatic*).
- A relação lubrificante-gasolina varia entre 1/10 a 1/20.
- Nesses motores, a dificuldade está em fazer com que o óleo chegue aos mancais das bielas/virabrequim e na manutenção da mistura.



Classificação

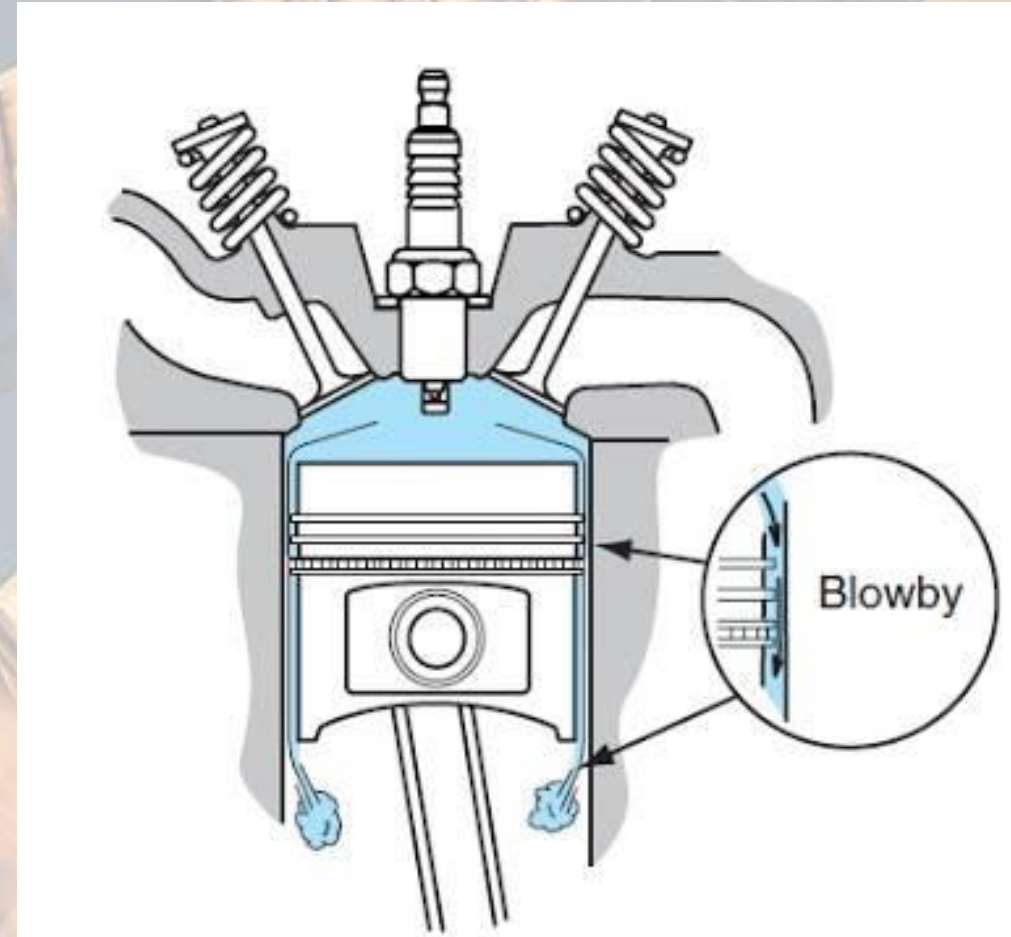
Sistemas de Lubrificação Sob Pressão ou Forçada

- Sistema mais utilizado nos motores atuais, contando com uma **bomba de deslocamento positivo** que envia uma vazão de óleo a uma determinada pressão através de orifícios a **todos os componentes móveis** do motor:
 - **Mancais principais;**
 - **Bielas;**
 - **Eixo de comando de válvulas;**
 - **Eixo dos balancins ;**
 - **Acessórios do motor;**
 - **Engrenagens de sincronização.**



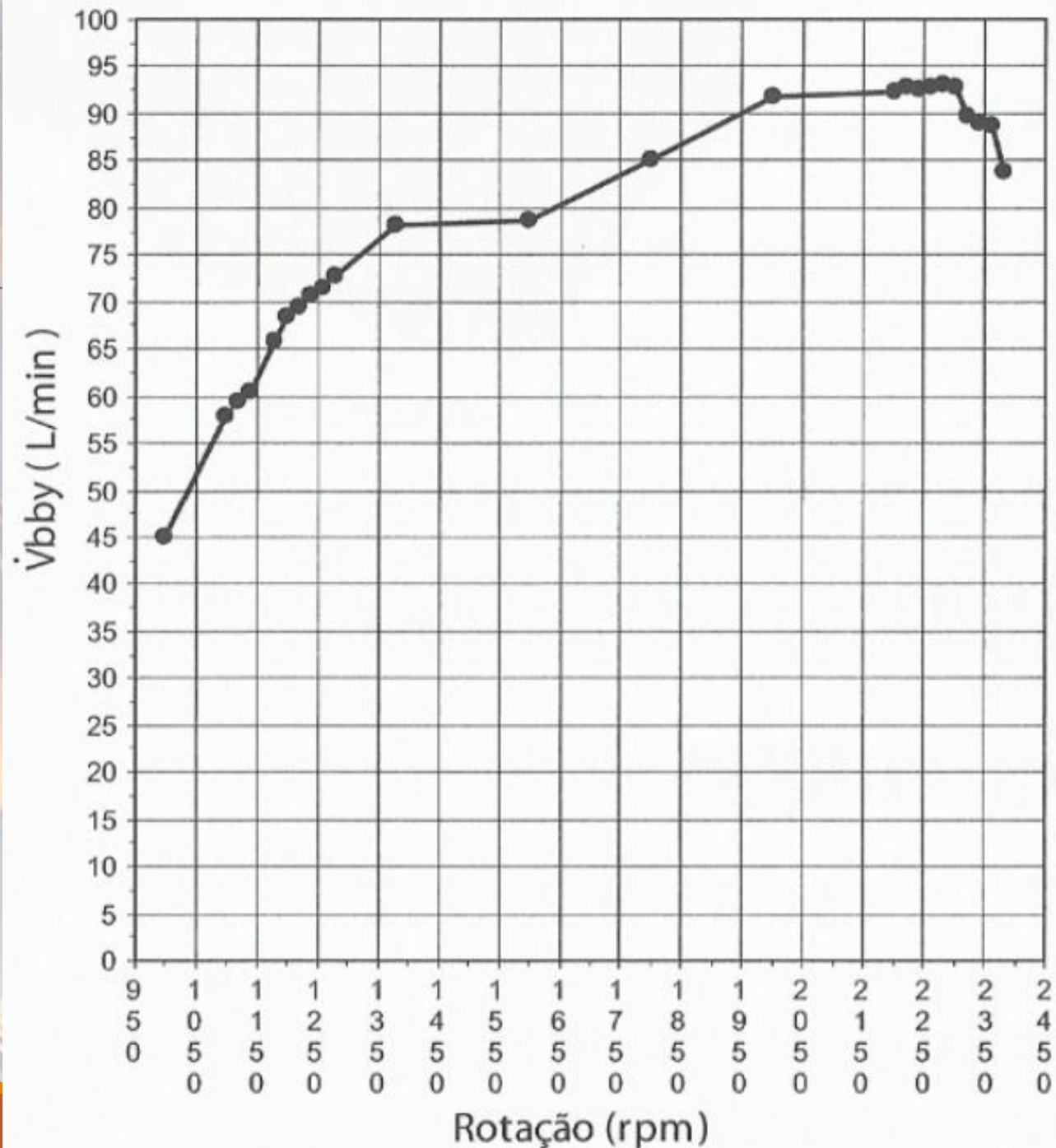
Blow By

- Entende-se por **blow by** a parcela de gases da combustão que passa através dos anéis durante os processos de compressão e expansão. Trata-se de mistura rica que atinge o cárter e a superfície livre do óleo lubrificante, sendo arrastada para o sistema de admissão.



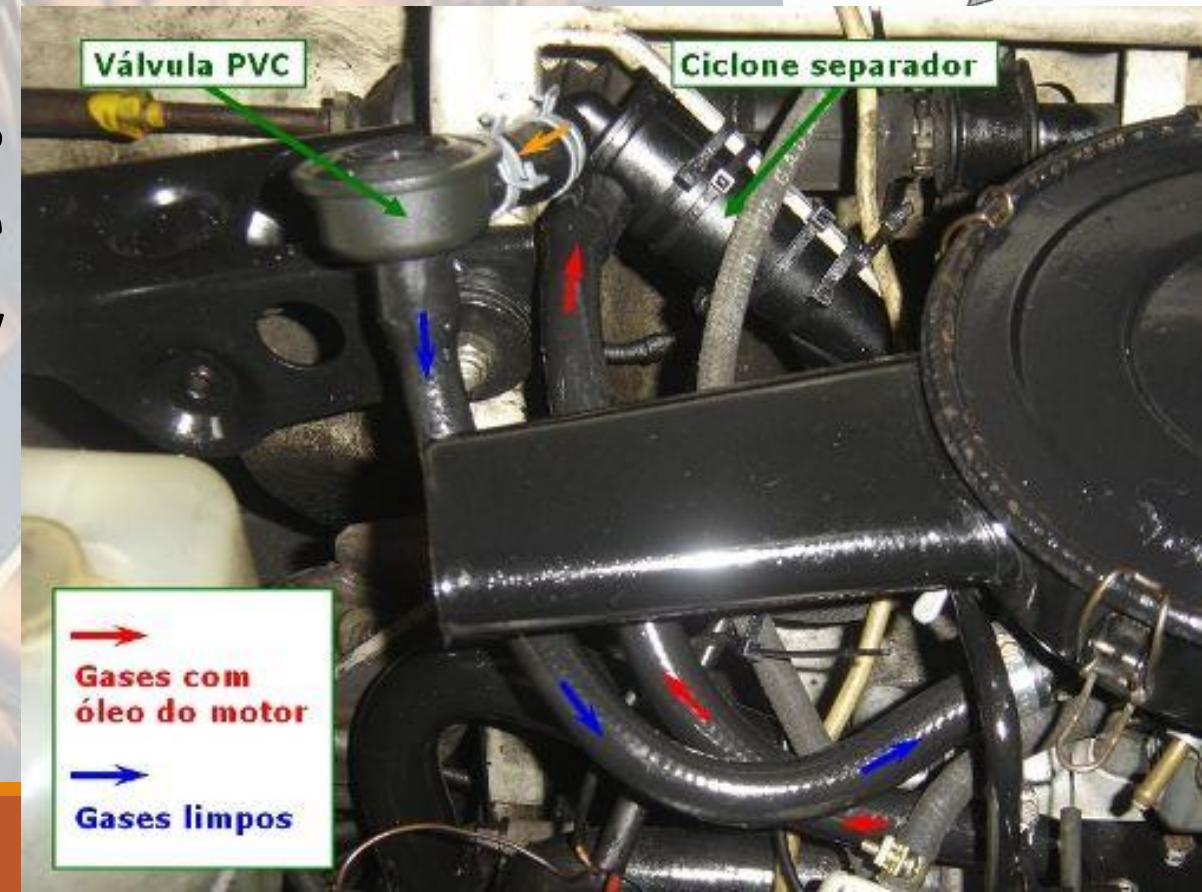
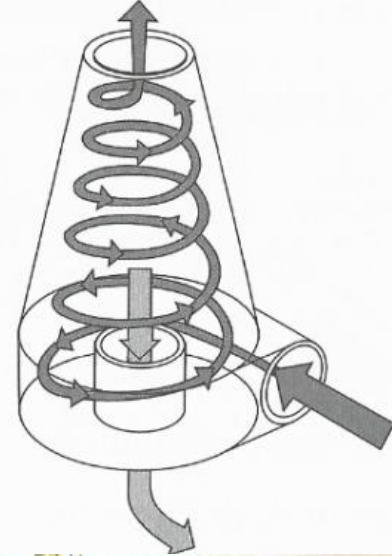
Blow By

- De forma geral, um motor atual, admite-se um volume de blow by entre 1 e 1,5% da carga de ar teórica admitida.



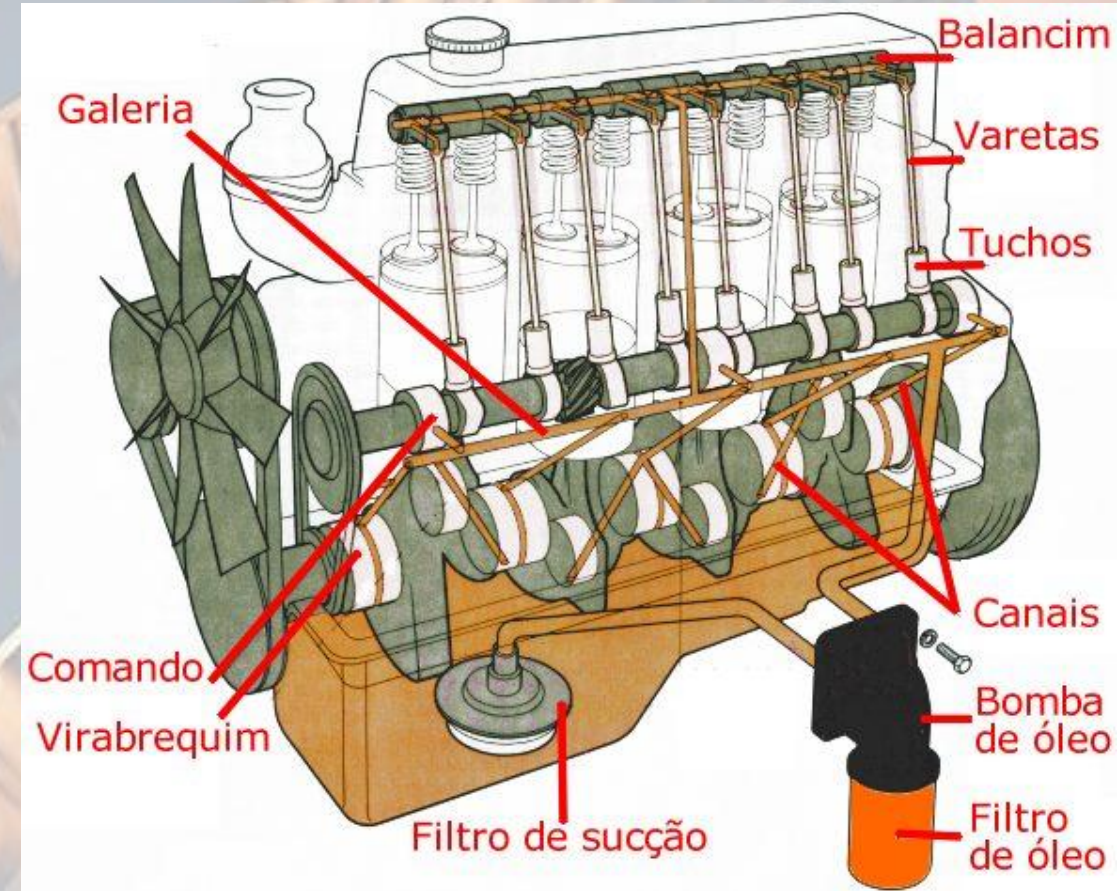
Blow By Separador de Blow By

- Junto com os gases de blow by são arrastados gotículas de óleo.
- De forma a **separar** essas partículas de **óleo do fluxo** de gás, usa-se separadores de blow by.



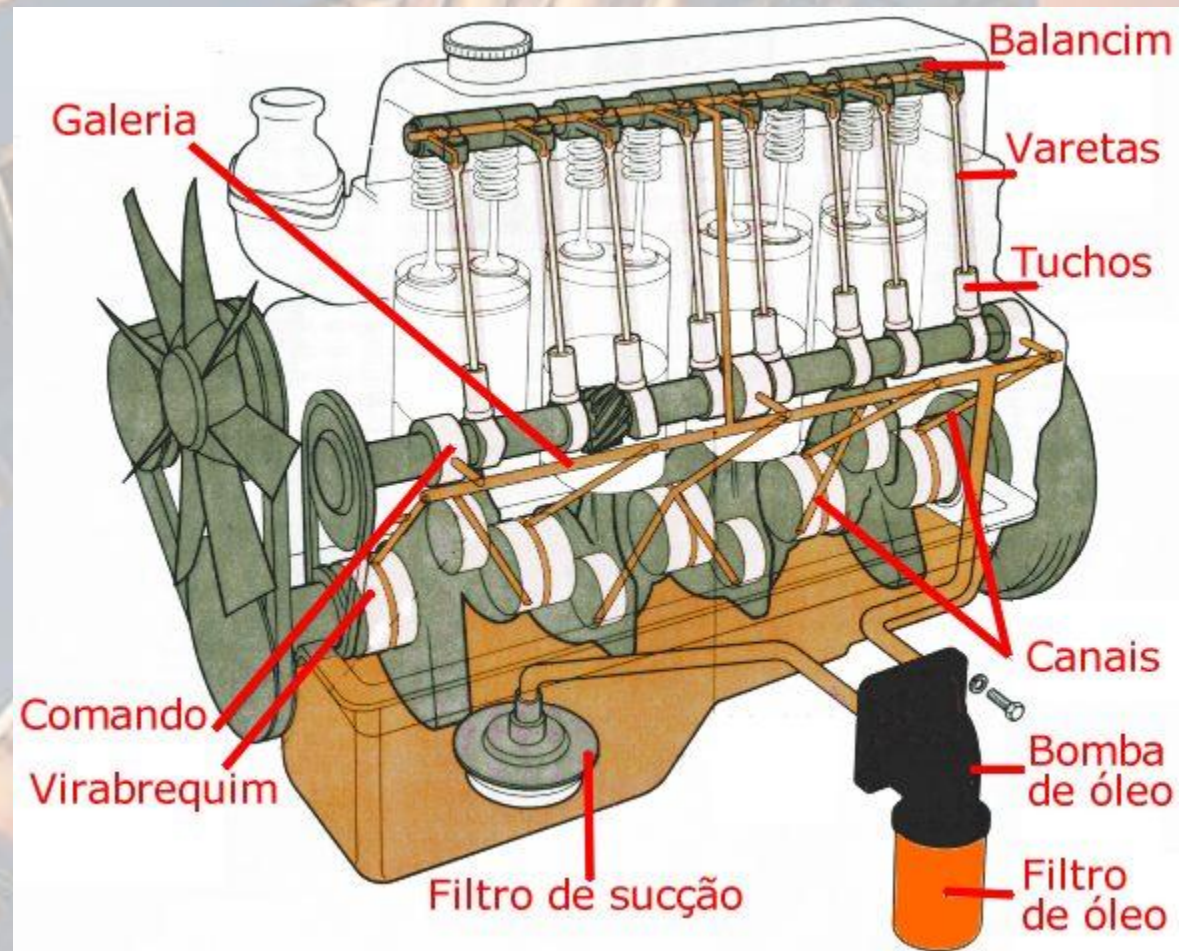
Carter

- As principais **funções** do cárter são:
 - **Acalmar** o lubrificante, separando ar/óleo/espuma;
 - **Armazenar** o óleo do motor;
 - Promover a **troca de calor**;
 - Elemento **estrutural**.



Carter Volume

- O **volume total** de óleo a ser armazenado no cárter é dado pela **somatória**:
 - Volume **dos filtros**;
 - Volume **do trocador de calor**;
 - Volume **das galerias**;
 - **Consumo de óleo** do motor durante o funcionamento até a troca:
 - Otto: 0,5% consumo de combustível;
 - Diesel NA: 0,8% consumo de combustível;
 - Diesel AS: 1,2% consumo de combustível.



Carter Volume

- A equação mostra alguns parâmetros empíricos para determinação do volume do cárter:

$$V_{\text{cárter}} = K \cdot Ne$$

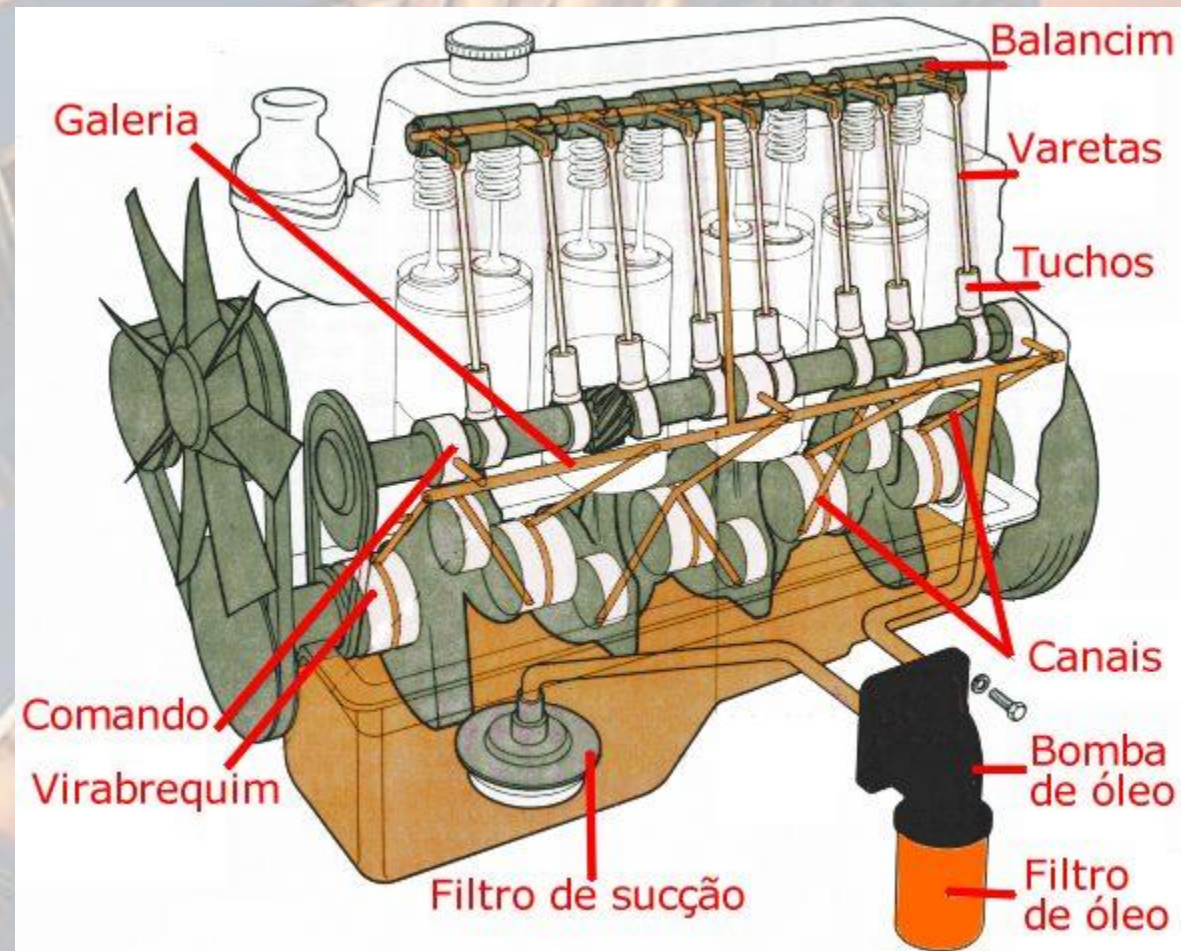
Onde:

$V_{\text{cárter}}$: L

Ne: potência efetiva kW

$K = 0,07$ a $0,14$ (L/kW) – motores Otto

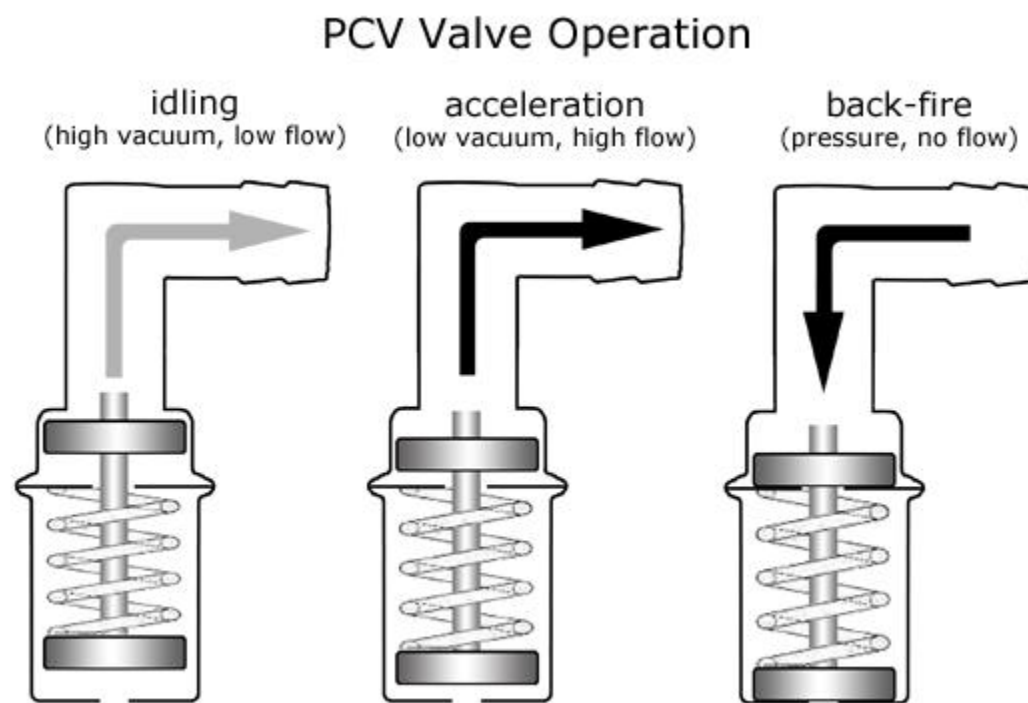
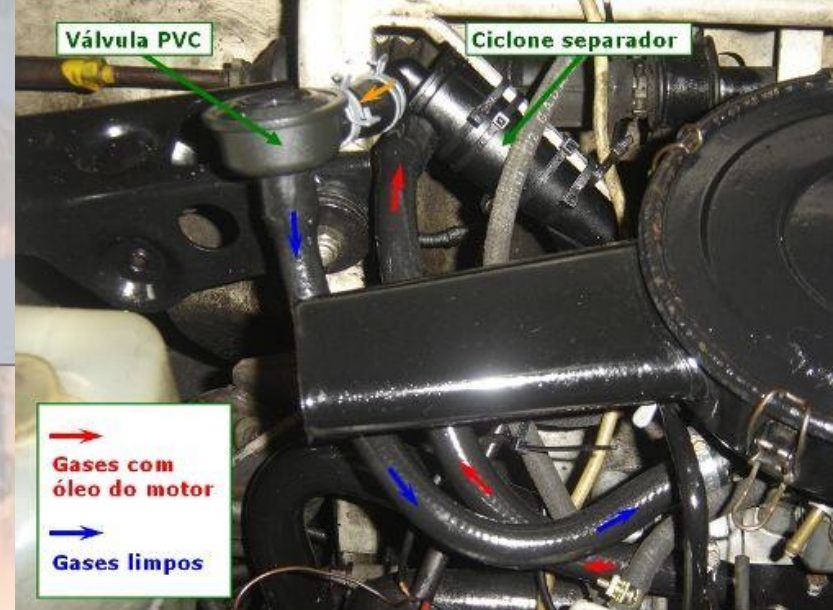
$K = 0,14$ a $0,21$ (L/kW) – motores Diesel



Cárter

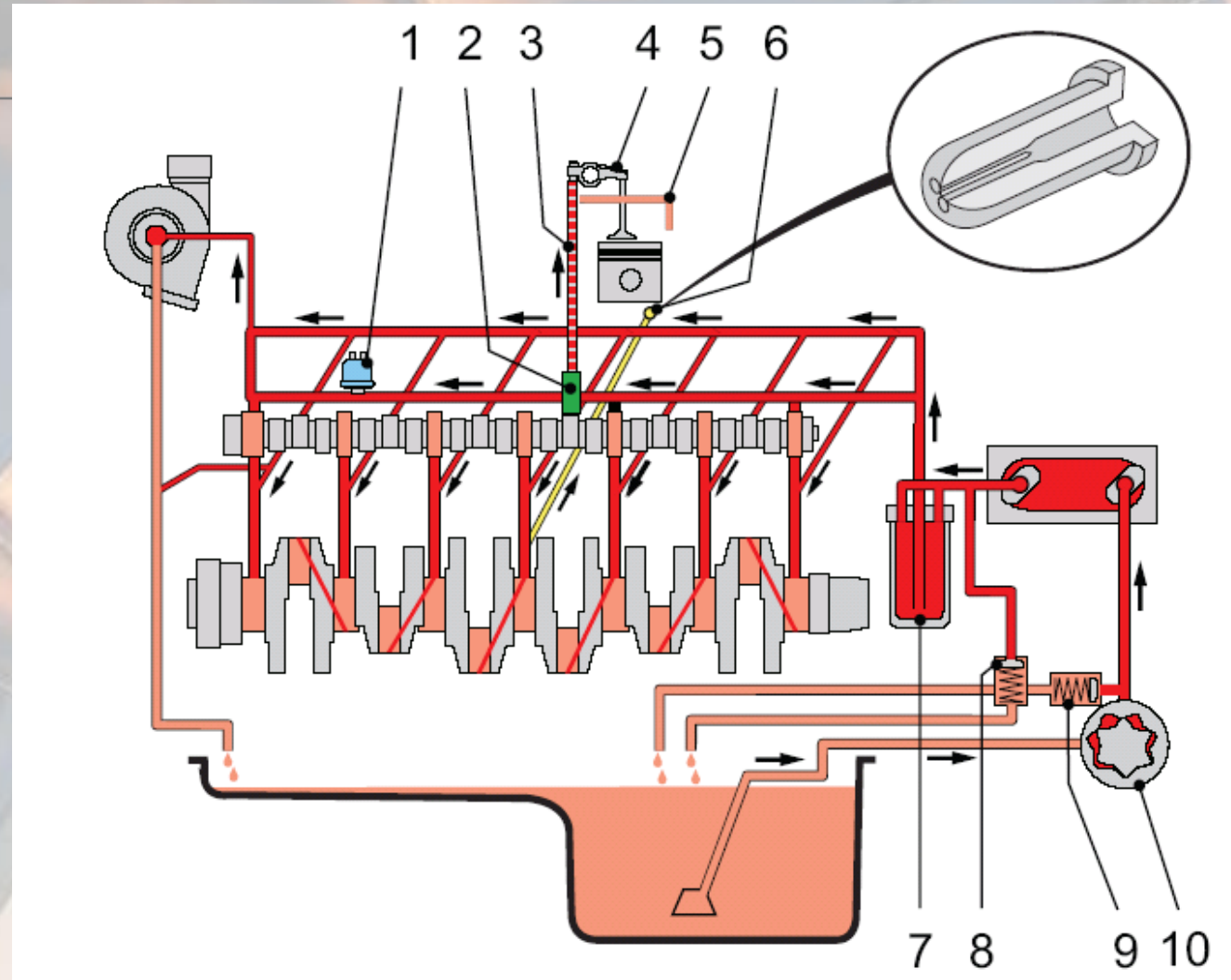
Válvula PCV

- A válvula *positive crankedcase ventilation* (PCV) promove a **ventilação positiva do cárter**, abrindo a passagem desses gases para o coletor de admissão.
- A PCV não deve permitir elevação da pressão do cárter, pois isto levaria a vazamento e deve abrir nos momentos corretos, pois causa enriquecimento da mistura.



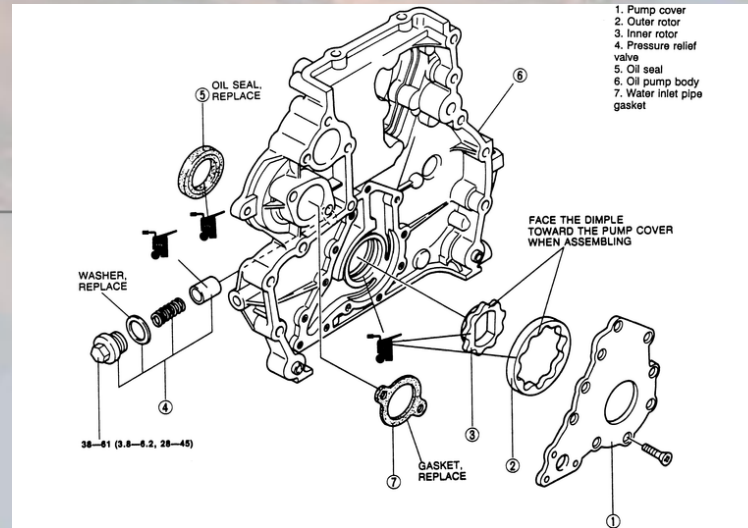
Bomba de Óleo

- **Promove a circulação de óleo** pressurizado através das galerias até as partes a serem lubrificadas. O óleo, além de ter função de lubrificante, também contribui para o arrefecimento do motor.



Bomba de Óleo

- Os dois tipos de acionamento e localização das bombas de óleo mais utilizados são:
- Bomba acionada diretamente pelo virabrequim, onde a bomba serve também como tampa frontal do motor;



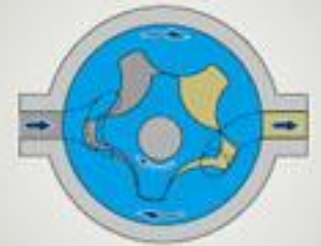
Bomba de Óleo

- Os dois tipos de acionamento e localização das bombas de óleo mais utilizados são:
- Bomba acionada por corrente ou engrenagem, quando a bomba está localizada dentro do motor, junto ao cárter.



Bomba de Óleo

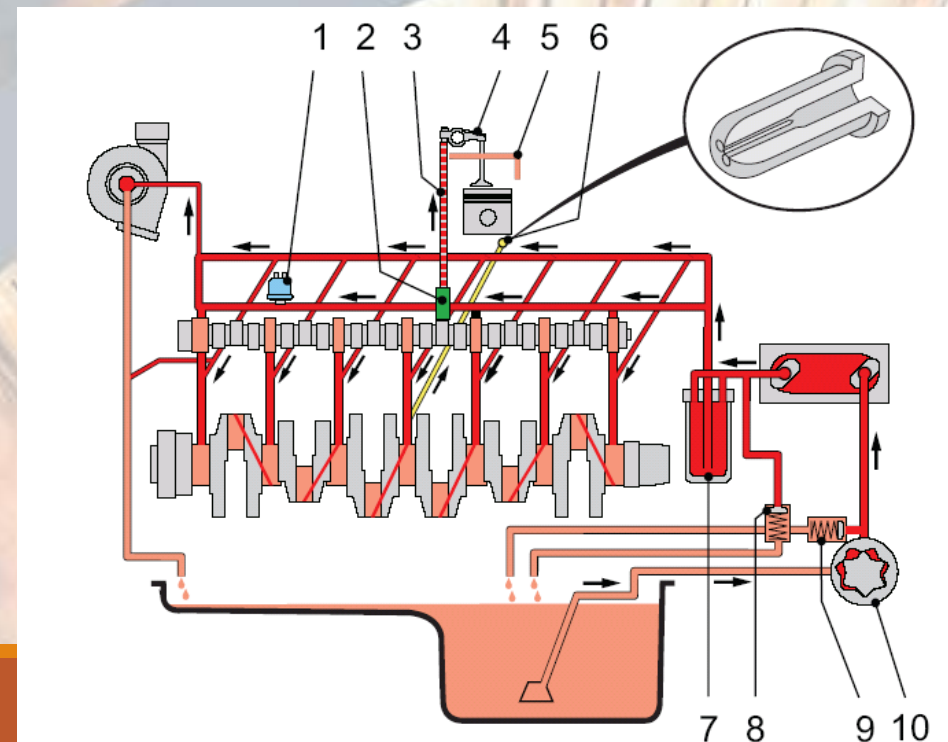
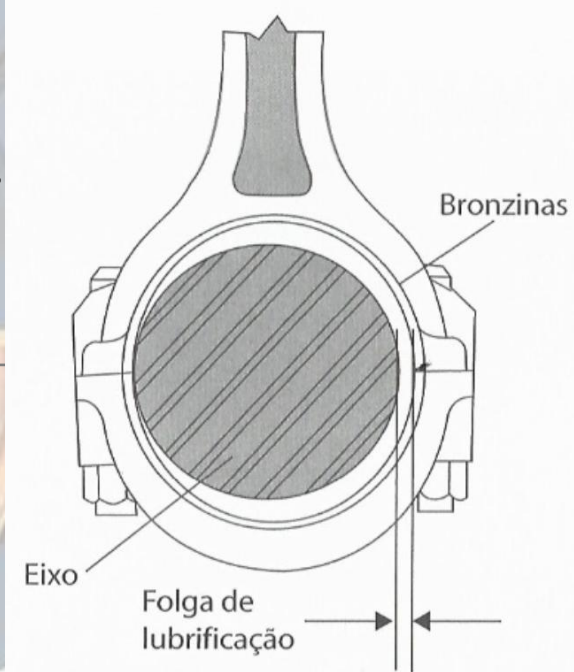
- Existem vários sistemas de bombeamento sendo que os principais são:
- **Engrenamento externo (dentes retos);**
- **Engrenamento interno;**
- **Palheras.**



Bomba de Óleo

- O dimensionamento da bomba de óleo deve prever as seguintes vazões:
 - Fornecida aos mancais do virabrequim (50 a 70% da vazão da bomba);
 - Descarga através da válvula reguladora de pressão;
 - De retorno do filtro para o cárter;
 - Fornecida ao eixo comando;
 - Fornecida aos mancais de acionamento das válvulas;
 - Fornecida às unidades auxiliares:
 - Compressores de ar;
 - Engrenagens;
 - Turbocompressor.
 - Nos motores de potência elevada, o lubrificante também é usado para esfriar os pistões e os cilindros.

Para Otto: 25 a 30 μ m;
Para Diesel: 40 a 120 μ m.



Bomba de Óleo

Dimensionamento

- A vazão a ser fornecida por uma bomba será dada pelas equações:

$$\dot{V}_{\text{bomba}} = (0,0025 \text{ a } 0,0035) \cdot V_T \cdot n$$

$$\dot{V}_{\text{bomba}} = J \cdot N_e$$

Onde:

V_T : cilindrada total – L

n : rotação do motor – rpm

\dot{V}_{bomba} : L/min

Onde:

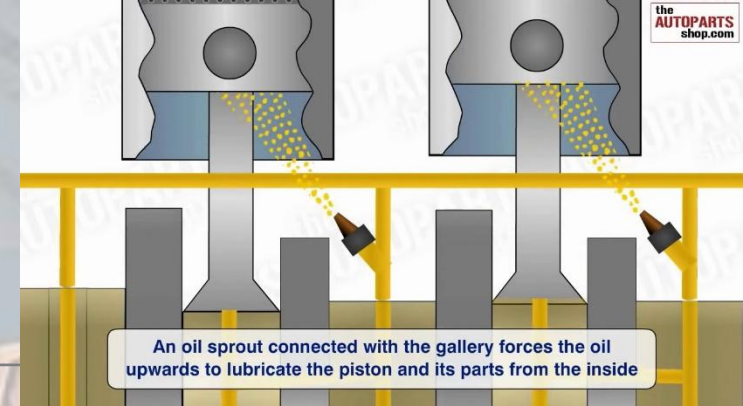
N_e : kW

\dot{V}_{bomba} ; L/h

$J_{\text{Otto}} = 20 \text{ a } 27 \text{ (L/kWh)}$

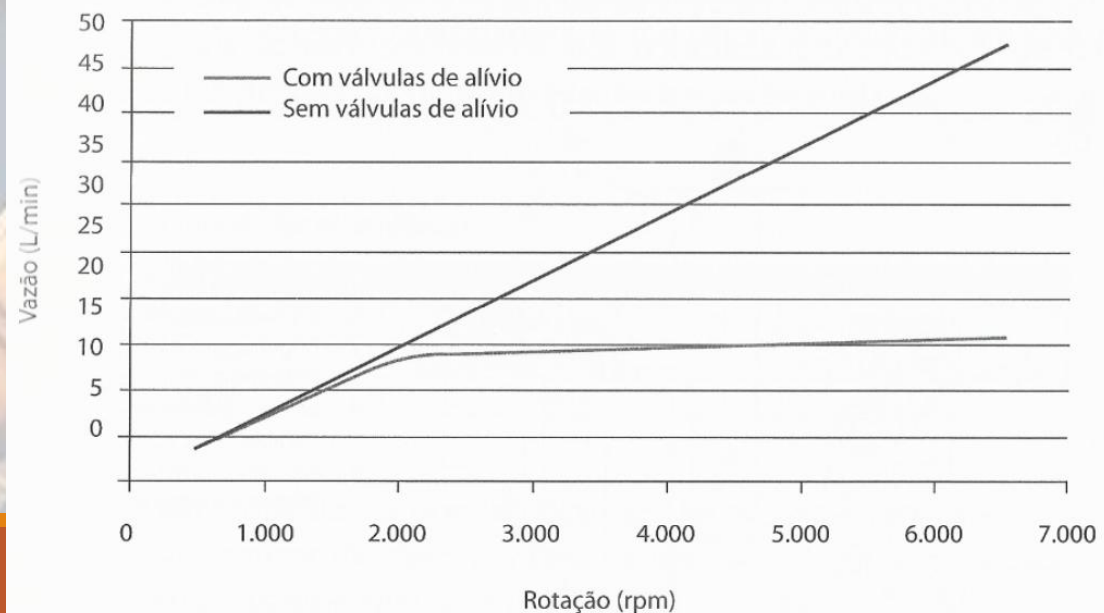
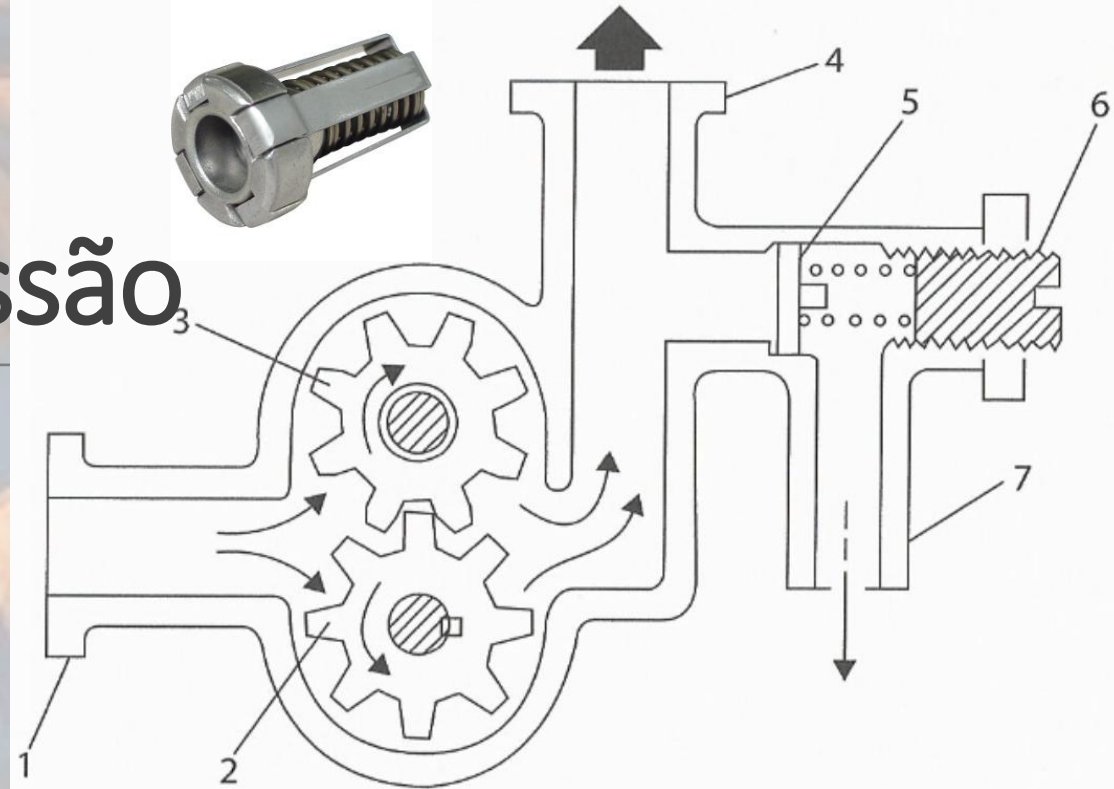
$J_{\text{Diesel}} = 27 \text{ a } 41 \text{ (L/kWh)}$ sem jato de resfriamento dos pistões.

$J_{\text{Diesel}} = 48 \text{ a } 68 \text{ (L/kWh)}$ com jato de resfriamento dos pistões.



Bomba de Óleo Válvula Reguladora de Pressão

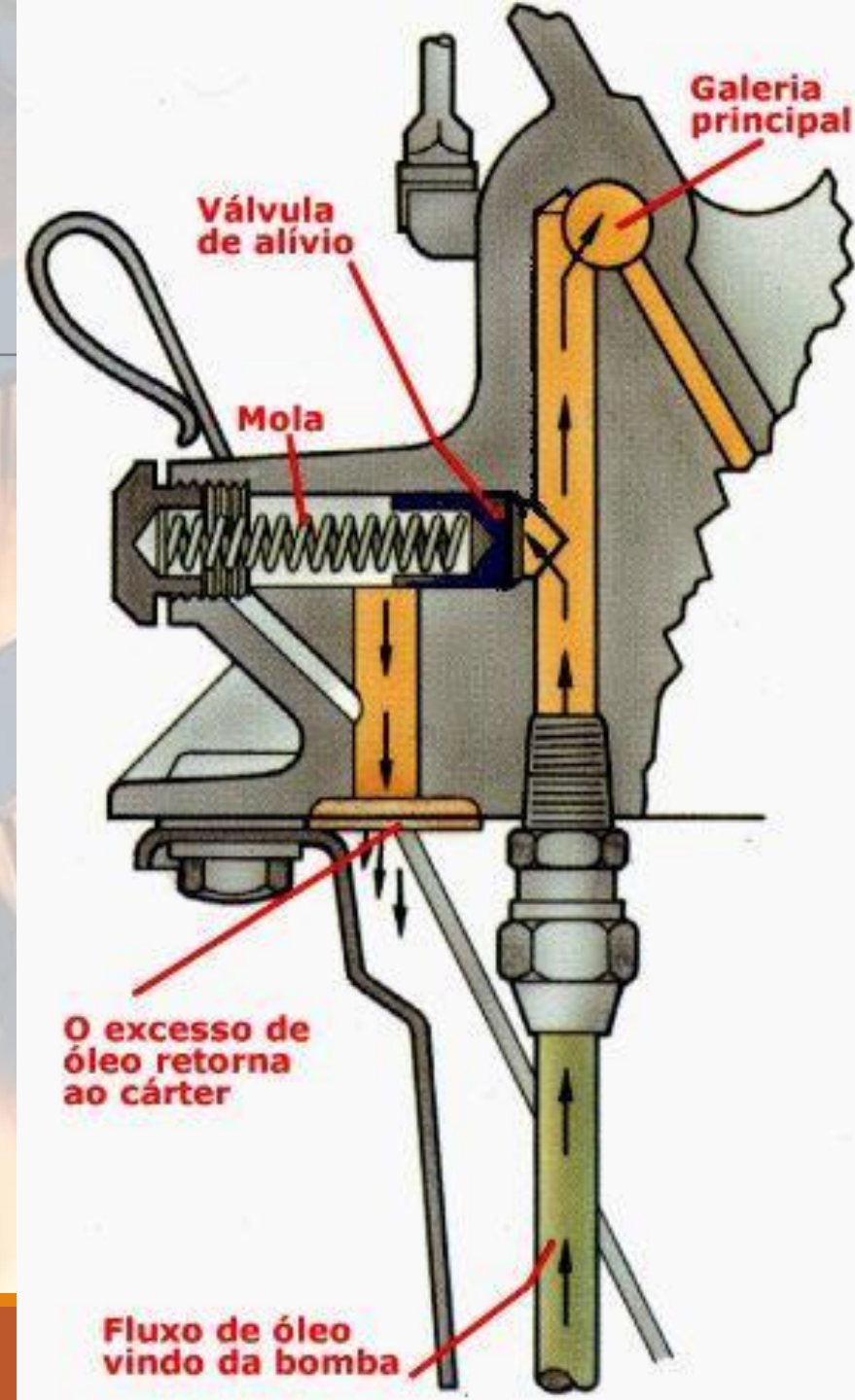
- As bombas de óleo são **dimensionadas para baixa velocidade** e alta temperatura, que é a condição mais crítica para os sistemas de lubrificação. Desta forma, a **bomba se torna grande demais para as outras situações**, produzindo um excesso de fluxo que é controlado por uma válvula de alívio, normalmente mecânica.
- Também existem modelos de bombas que regulam a vazão usando válvulas solenoides que atuam diretamente na bomba reduzindo o trabalho gasto.



Bomba de Óleo

Válvula Reguladora de Pressão

- De forma geral, a **válvula reguladora de pressão** tem por função a segurança do sistema e da bomba. Deve ser posicionada o mais próximo possível da bomba ou mesmo incorporada a esta. Mantem a **pressão do óleo do motor constante**.
- Pressões de abertura:
 - **Otto: 3 a 5 Kgf/cm²**;
 - **Diesel: 5 a 7 Kgf/cm²**.



Bomba de Óleo

Bomba Elétrica

- Trata-se de uma **bomba secundária** que atende a demandas elevadas de óleo com **baixas velocidades do motor**, complementando uma bomba de óleo convencional.



Bomba de Óleo

Bomba Elétrica

- A bomba de óleo elétrica permite que os MCI sejam **pré-escovados antes da ignição** da mistura na câmara de combustão, pois a lubrificação pode ser iniciada antes da ignição da mistura na câmara de combustão. Em um sistema convencional, quando é iniciado o funcionamento do motor por alguns instantes, este trabalha sem lubrificação.

GarageTech



Bomba de Óleo

Bomba Elétrica

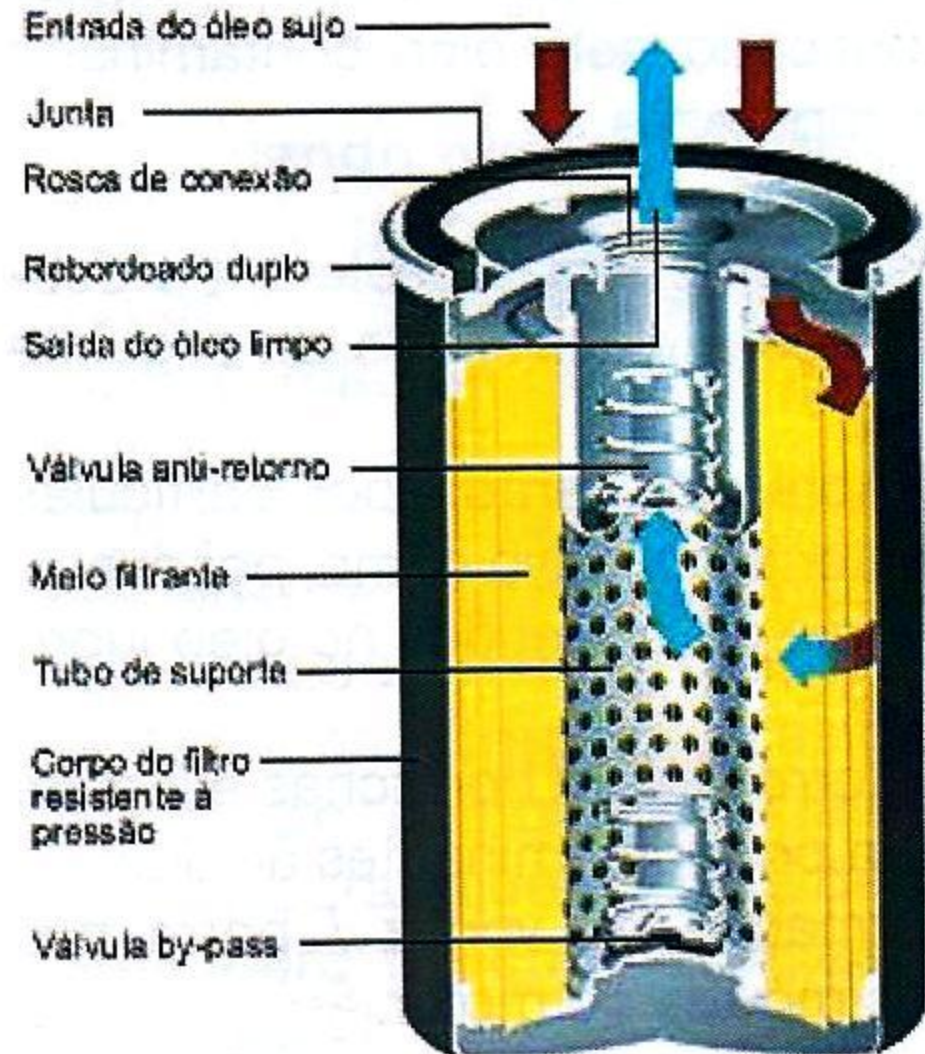
- Para veículos equipados com **turbocompressor**, quando é cessado o funcionamento do motor, o turbo **continua girando**, necessitando ainda de lubrificação.
- Também há casos onde há a necessidade de instalação de **aquecedor auxiliar**, garantindo que na partida o óleo lubrificante já esteja em uma **temperatura adequada para lubrificação adequada**, quando o motor for acionado.



Filtros

Projeto e Seleção

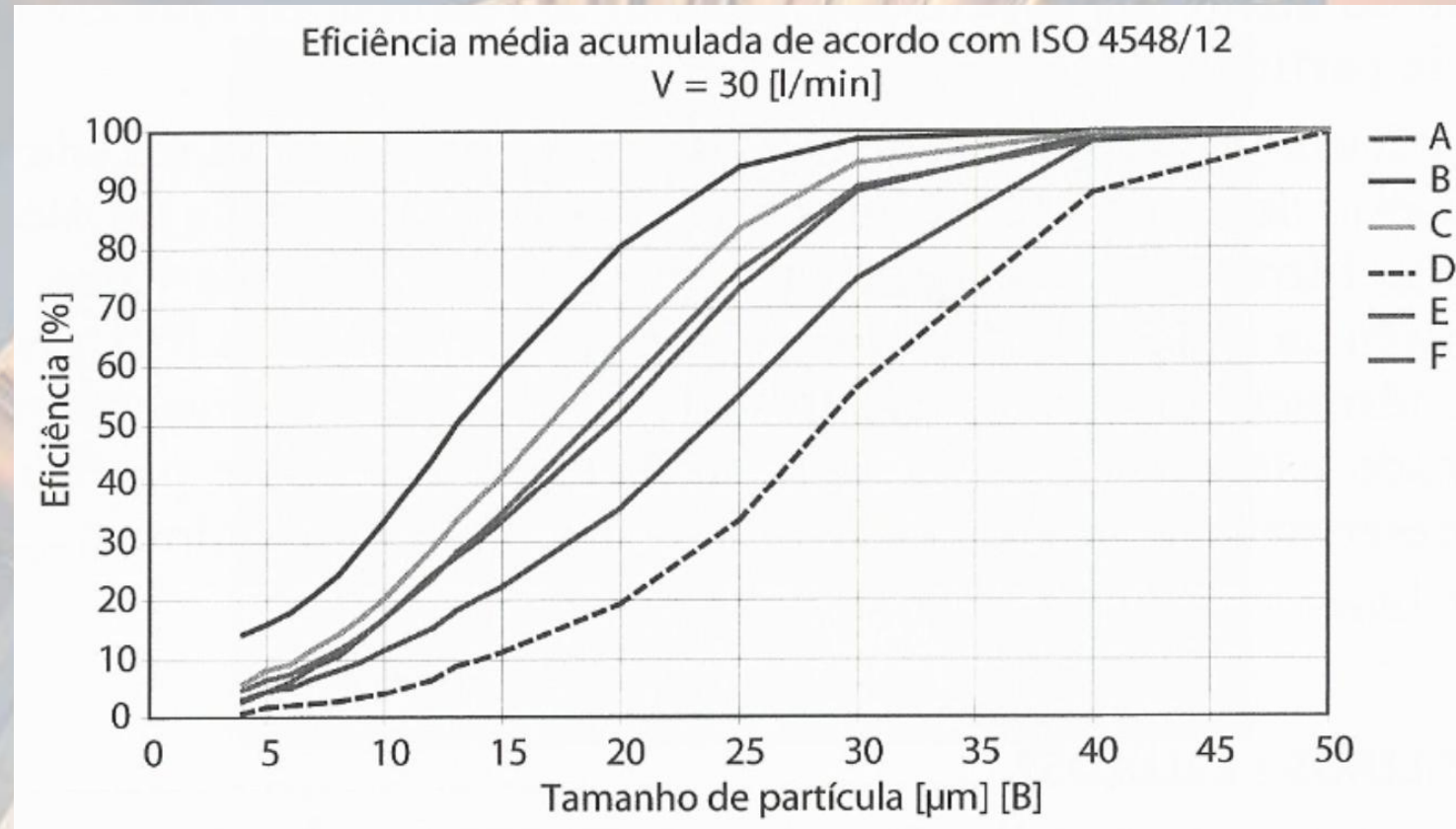
- Os **filtros devem reter os contaminantes do óleo** lubrificante, partículas resultantes do atrito das superfícies, além de apresentar elevada eficiência na retenção de partículas.
- As partículas presentes no óleo após o filtro não **devem exceder valores na escala de μm** e este deve **suportar os máximos fluxos e a velocidade** do óleo através do elemento filtrante, que poderá ser de papel ou de fibra de vidro, apresentando resistência a picos de pressão, resistência nas partidas a frio, resistências químicas e térmicas, ter dimensões adequadas ao espaço disponível, além de estar dimensionado para os intervalos de troca de óleo lubrificante previstos para o motor preservar as folgas diamétricas dos mancais do virabrequim.



Filtros

Projeto e Seleção

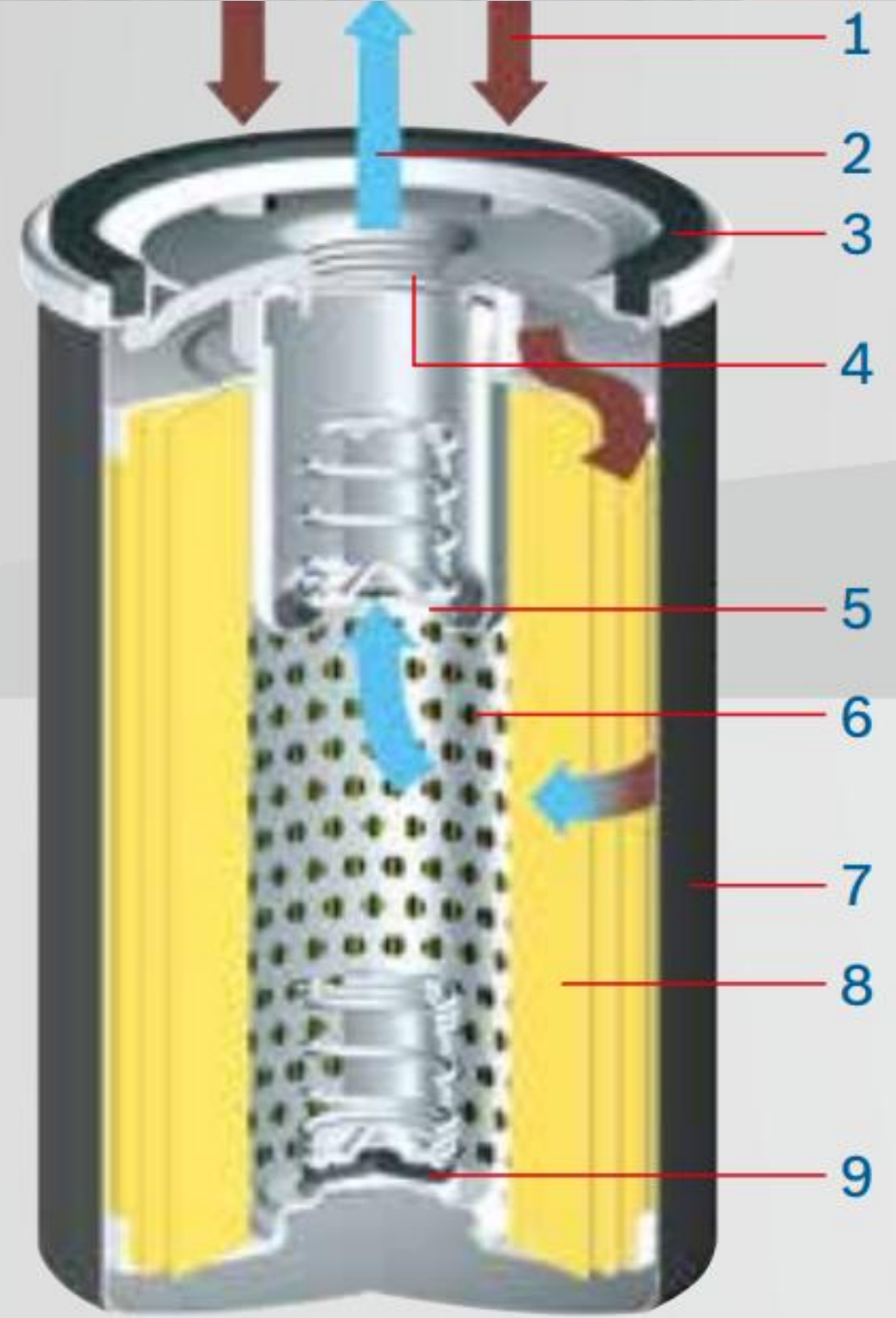
- De forma geral, o elemento filtrante é selecionado com as curvas disponibilizadas por fabricantes.



Filtros

Projeto e Seleção

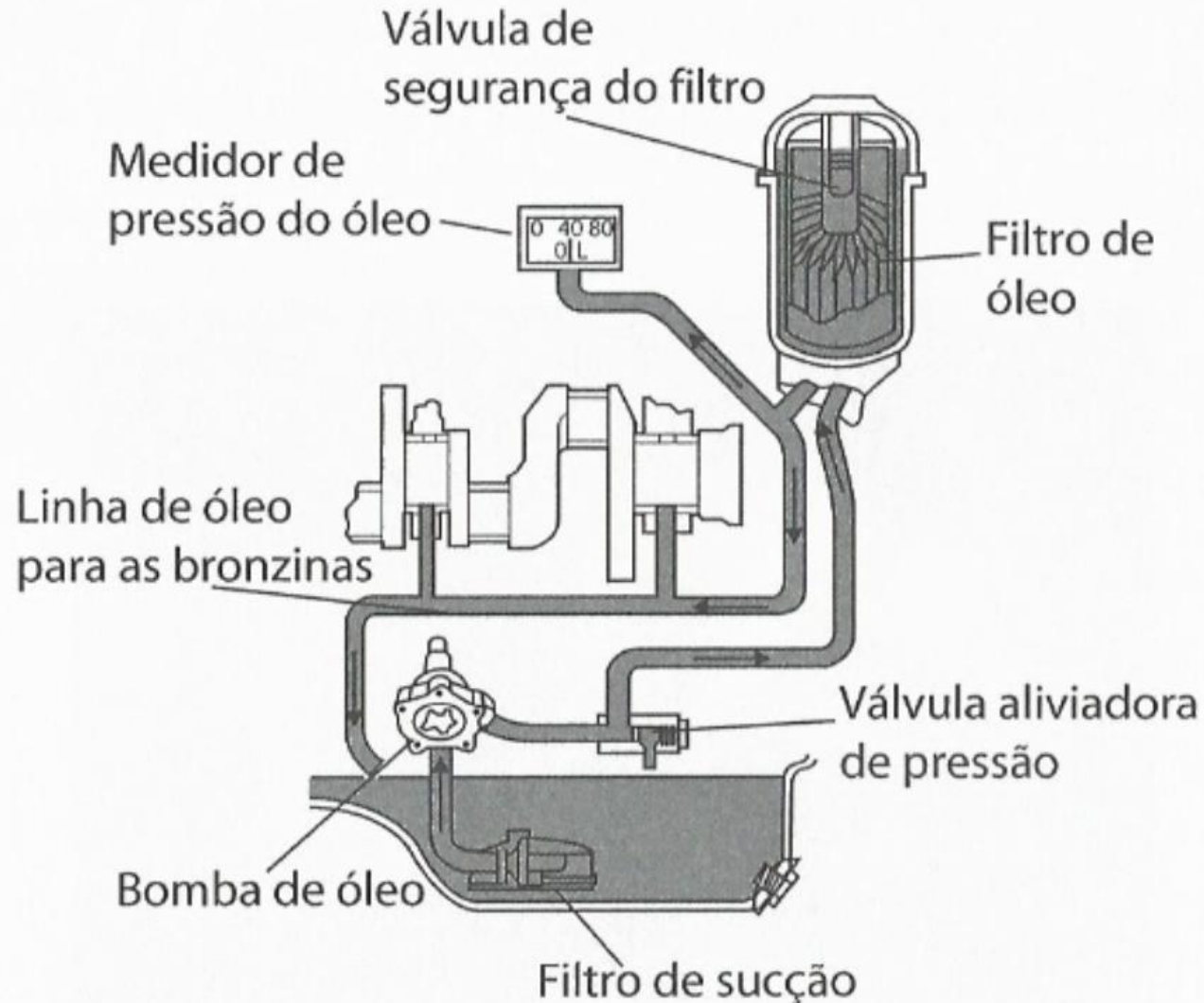
- A **perda de carga imposta** pelo filtro não deve ser superior a:
 - **Novo: 0,2 a 0,3 Kgf/cm²;**
 - **Usado: 1,2 a 2,0 Kgf/cm².**
- Alguns filtros possuem um **dispositivo para quando encontra-se saturado**. Nestes filtros ocorre a abertura de uma **válvula interna (by-pass)**. Essa situação garante a não ruptura do filtro, porém perde a sua função principal que é filtrar o lubrificante.



Sistemas de Filtragem

Filtragem Total

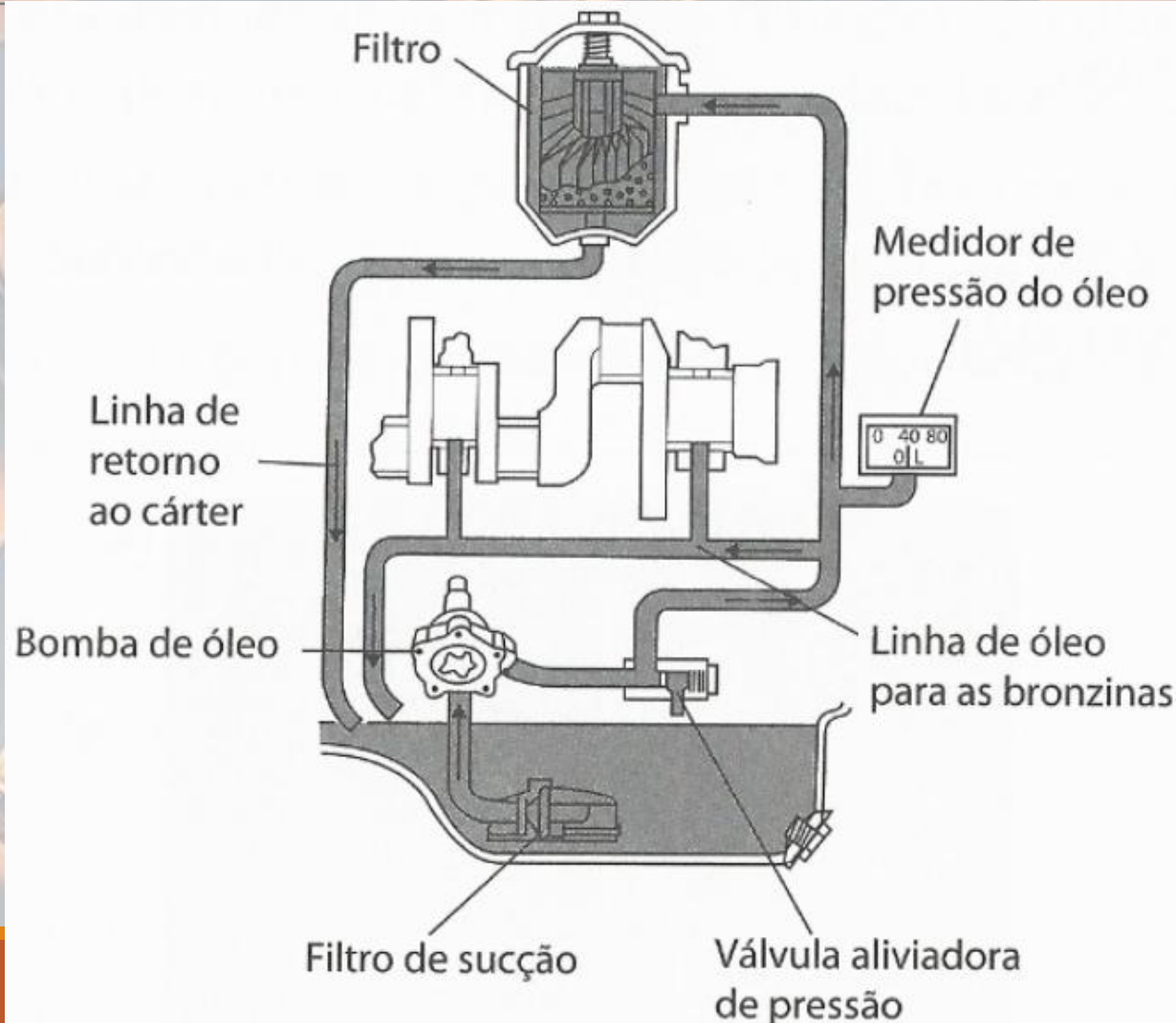
- Neste sistema **toda a vazão é filtrada**. Neste sistema há uma elevada potência consumida pela bomba de óleo.



Sistemas de Filtragem

Filtragem Parcial

- Neste sistema **apenas parte da vazão é filtrada (5 a 20%)**. Neste caso há a alívio proporcional na potência consumida pela bomba de óleo.



Sistemas de Filtragem

Trocador de Calor

- A depender do fluxo de calor rejeitado pelo bloco, pistões e bomba, faz-se necessário realizar o resfriamento do óleo lubrificante.
- Dependendo da especificação (superior a $120-140^{\circ}\text{C}$) a para manutenção são utilizados como elementos de troca de calor: água ou ar.
- Os principais tipos de trocador de calor são:
 - Placa;
 - Casco-tubo.



Óleos Lubrificantes

- Por muito tempo os óleos foram classificados apenas sob o aspecto da sua viscosidade, medida à temperatura de 50°C de acordo com a SAE (Society of Automotive Engineering).

Designações	Grupo	Viscosidade média a 323 K	
		graus Engler	graus centistock
Muito fluido	S.A.E. 5	2.0 a 2.3°	12 a 15°
	S.A.E. 10	2.3 a 3.3°	15 a 24°
Fluido	S.A.E. 20	3.3 a 6.6°	24 a 50°
	S.A.E. 30	6.6 a 9.7°	50 a 74°
Viscoso	S.A.E. 40	9.7 a 14.0°	74 a 107°
	S.A.E. 50	14.0 a 21.0°	107 a 160°

Óleos Lubrificantes

- Atualmente tende-se a classificar os óleos conforme o gênero de trabalho exigido do motor, isto é, conforme a espécie de serviço a que este é submetido.

Society Of Automotive Engineering
(Sociedade de Engenharia Automotiva)



SAE 15W 40

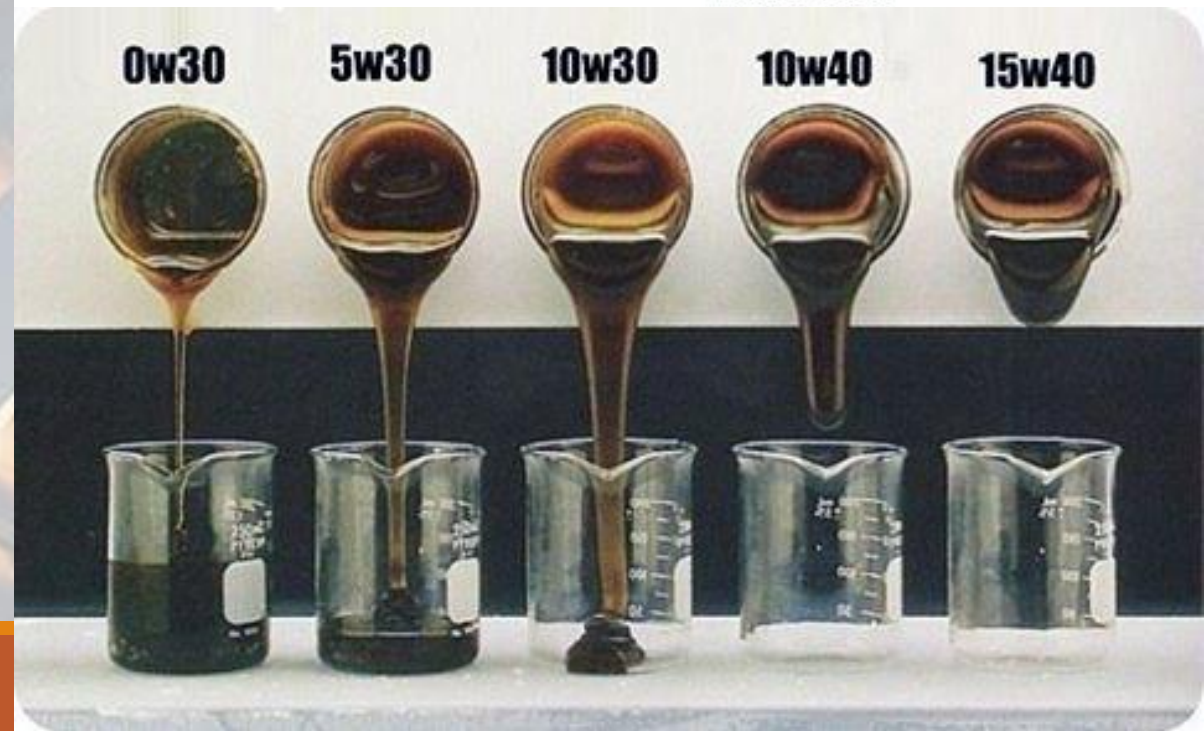
American Petroleum Institute
(Instituto Americano de Petróleo)



API CF

Nível de Modernidade
(Ordem alfabética)

Denominação para
motores diesel



Óleos Lubrificantes

- Os óleos podem ser classificados quanto a sua produção em:
 - Mineral;
 - Sintético;
 - Semissintético.
- Os óleos multiviscosos abrangem uma categoria de lubrificantes atuais que apresentam uma pequena variação de viscosidade em relação às variações da sua temperatura.



Mineral

Composto derivado do petróleo combinado a outros minerais. É a opção mais barata, mas menos resistente em casos de alta pressão e temperatura.



Sintético

Óleo de origem industrial que gera moléculas mais estáveis e uniformes, garantindo um bom desempenho em diferentes temperaturas. Também é mais resistente e durável.



Semissintético

É uma combinação entre os dois tipos de óleo, melhorando as propriedades do mineral adicionando elementos sintéticos. Isso atenua a formação de borra.