

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- O sistema de lubrificação dos Motores de Combustão Interna tem funções muito importantes no funcionamento dos mesmos, sendo as principais:
 1. Diminuir o atrito entre as peças com movimento relativo;
 2. Impedir o contato direto entre essas peças e conseqüentemente o desgaste;
 3. Auxiliar na vedação entre pistão, cilindro e anéis;
 4. Proteger contra a corrosão;
 5. Limpar e facilitar a eliminação de produtos indesejáveis;
 6. Evitar a formação de espuma.
- Para o bom funcionamento do sistema de lubrificação dos MCI é necessário:
- A presença de lubrificante em quantidade adequada, com as características apropriadas;
- Acabamento específico das superfícies em contato;
- Adequada seleção do tipo de material e dureza das superfícies;
- Folgas e ajustes apropriados entre os componentes;
- Pressão de contato dentro do especificado;

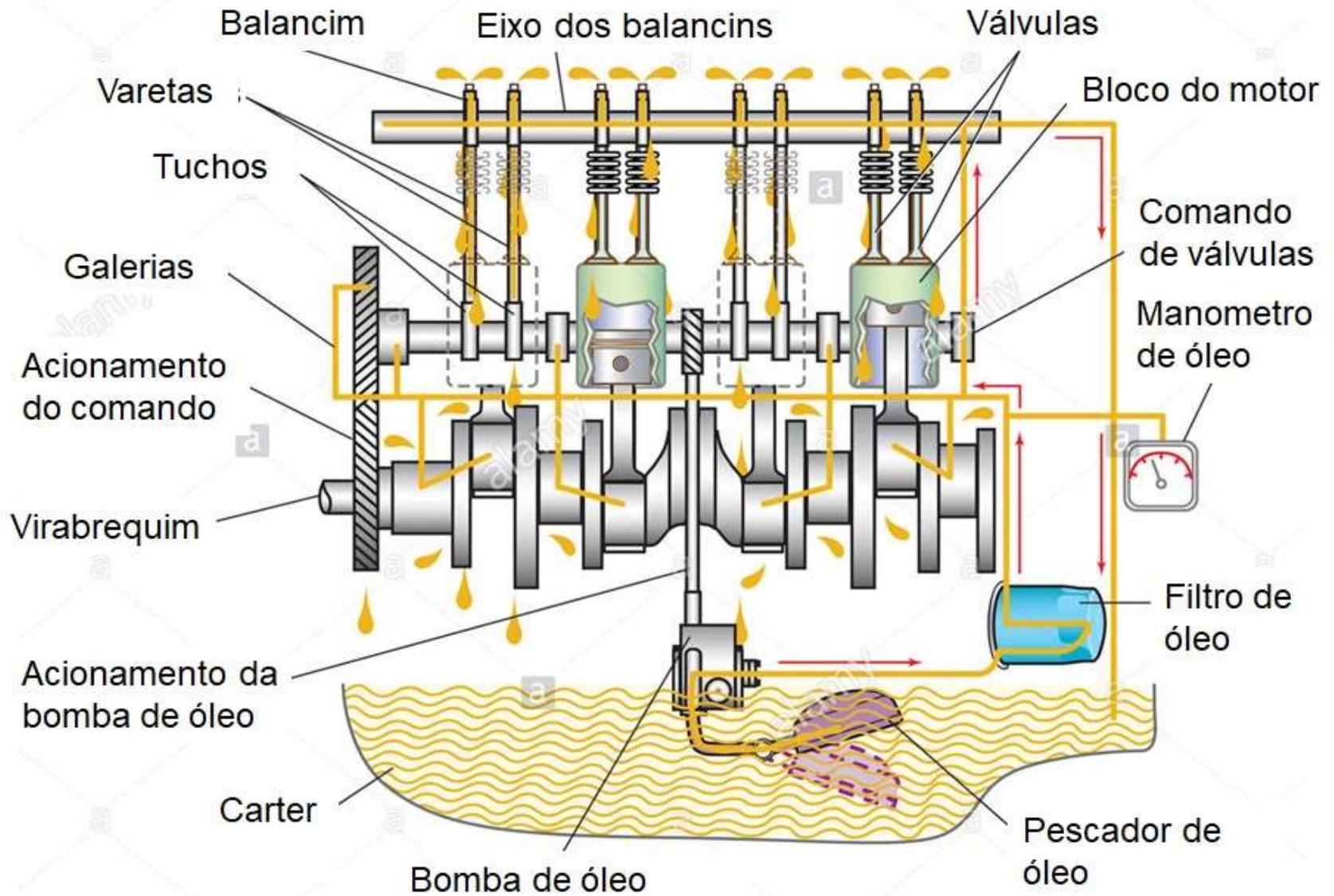


Exemplos de pistão com falha por lubrificação inadequada



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

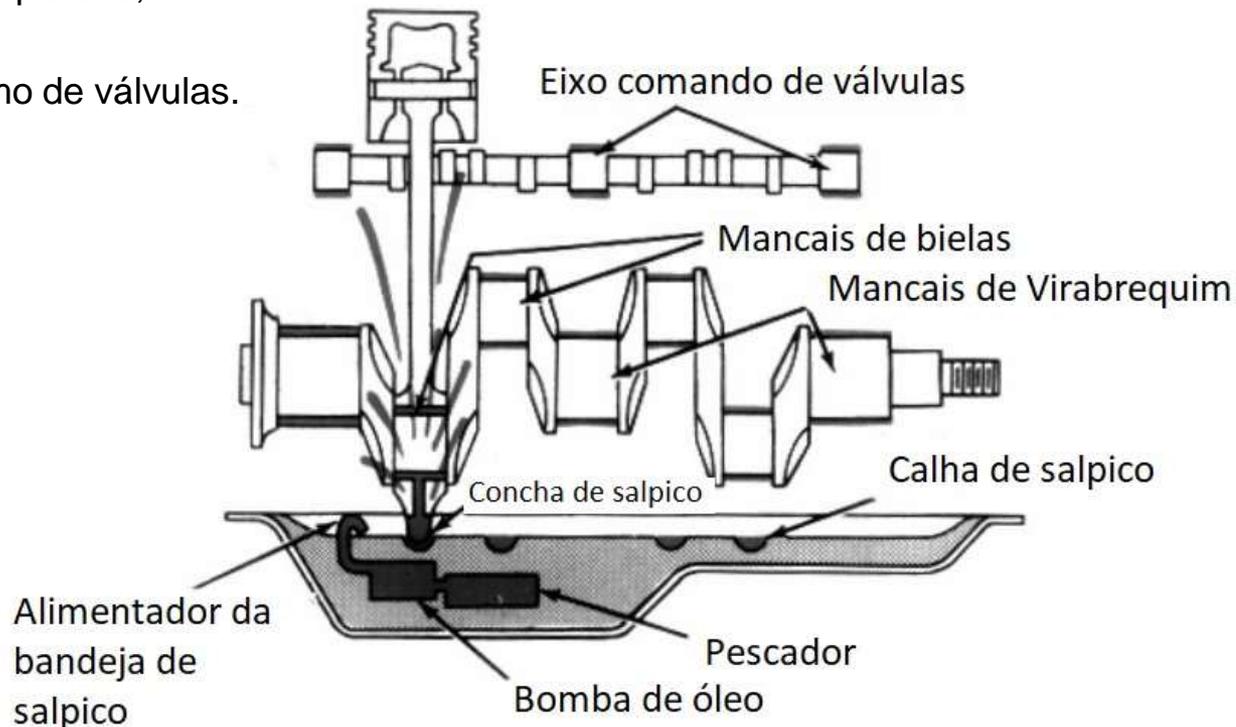
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

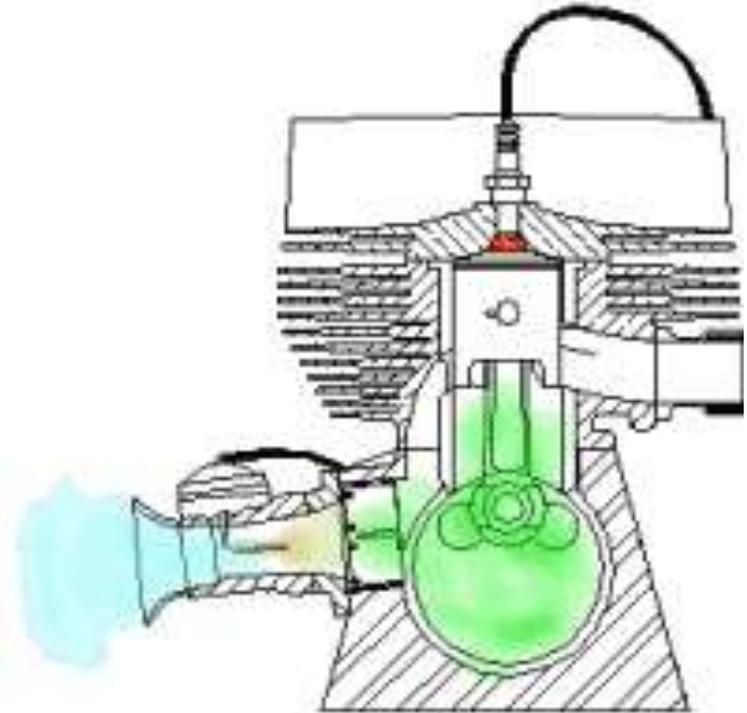
- Existem diversas formas de lubrificação, classificadas conforme segue:
- LUBRIFICAÇÃO POR SALPICO OU ASPERSÃO
- Pouco utilizada atualmente, somente em motores pequenos e muito simples. A lubrificação ocorre por aspersão do óleo em pequenas gotículas que são arrastadas por turbulência no interior do motor e/ou contato do virabrequim com o lubrificante, o que reduz a potencia efetiva do motor. Esse sistema acaba por lubrificar:
- Mancais principais;
- Eixo comando, apenas no caso onde o eixo comando é localizado no bloco do motor;
- Pinos dos pistões;
- Cilindros;
- Mecanismo de válvulas.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- Existem diversas formas de lubrificação, classificadas conforme segue:
- LUBRIFICANTE MISTURADO NO ÓLEO (MOTORES 2 TEMPOS)
- Nesses motores o lubrificante é adicionado ao combustível em proporções específicas, podendo ocorrer da seguinte forma:
- Adição do lubrificante diretamente no reservatório de combustível;
- Adição através de um dosador na linha de combustível ou juntamente com a mistura ar/combustível no duto de admissão do motor.
- O lubrificante circula sob a forma de nevoa misturada ao combustível, a relação de mistura de lubrificante ao combustível varia de 1/10 a 1/20
- Nesses motores a dificuldade está em fazer com que o lubrificante chegue aos mancais de biela/virabrequim, na falta de homogeneidade da mistura do lubrificante com a mistura ar/combustível. Além disso em descidas longas com o uso do freio motor não ocorre a entrada de lubrificante causando danos as partes do motor.
- Os lubrificantes utilizados são os ramos naftenicos para reduzir a formação de depósitos(cinzas), facilitar a combustão, reduzir formação de depósitos nas velas e promover proteção contra corrosão.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

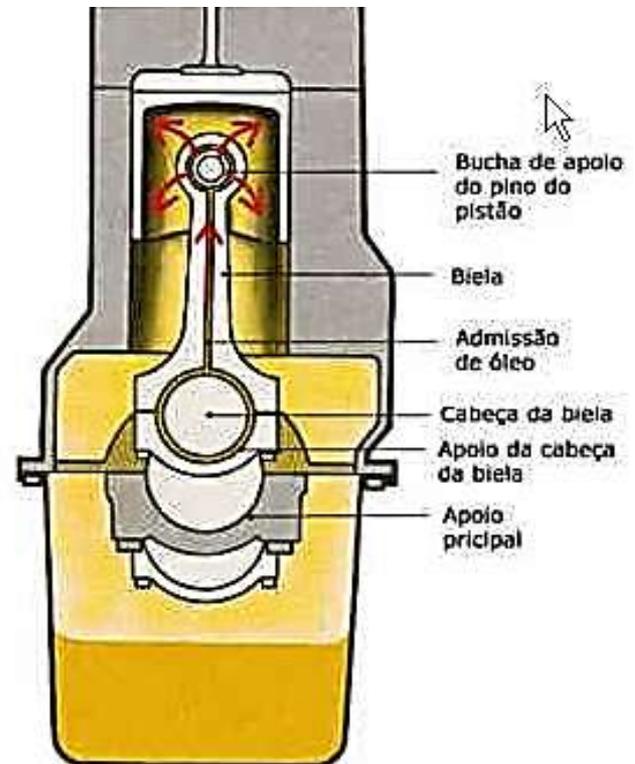
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- LUBRIFICAÇÃO SOB PRESSÃO OU FORÇADA
- Trata-se do sistema mais utilizado atualmente, contando com uma bomba de óleo de deslocamento positivo que envia uma vazão de óleo para o circuito de lubrificação do motor. A pressão de trabalho do sistema é definida pelos ajustes dos componentes móveis do motor, pontos de lubrificação mais a válvula reguladora de pressão.

Lubrificação motor em V

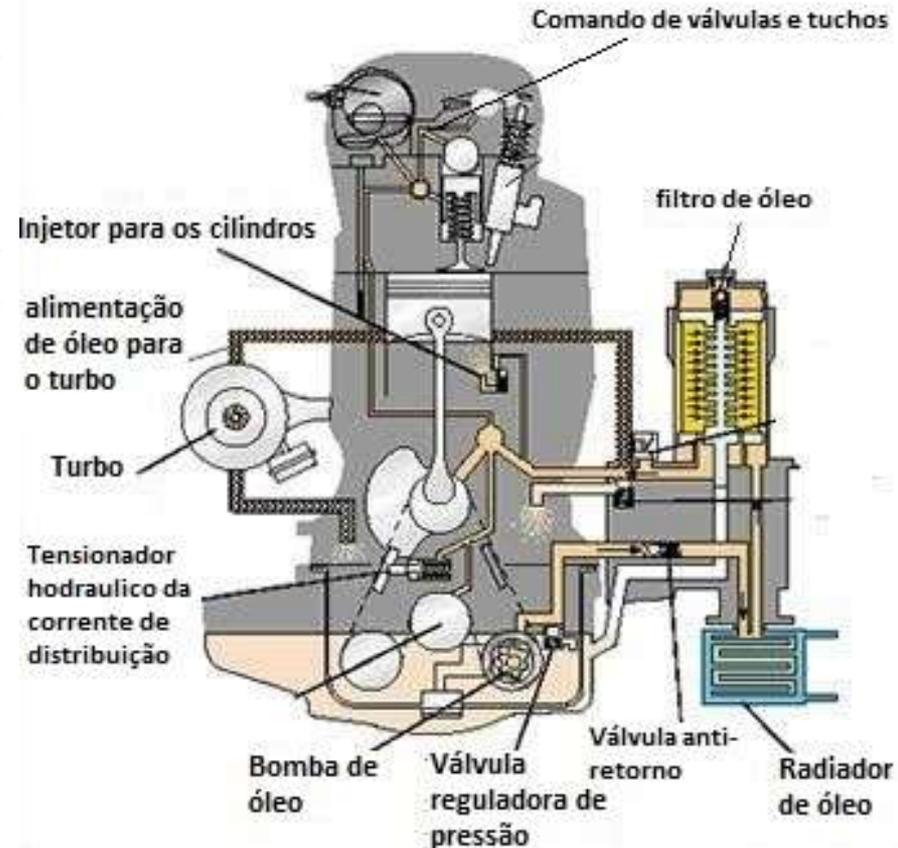
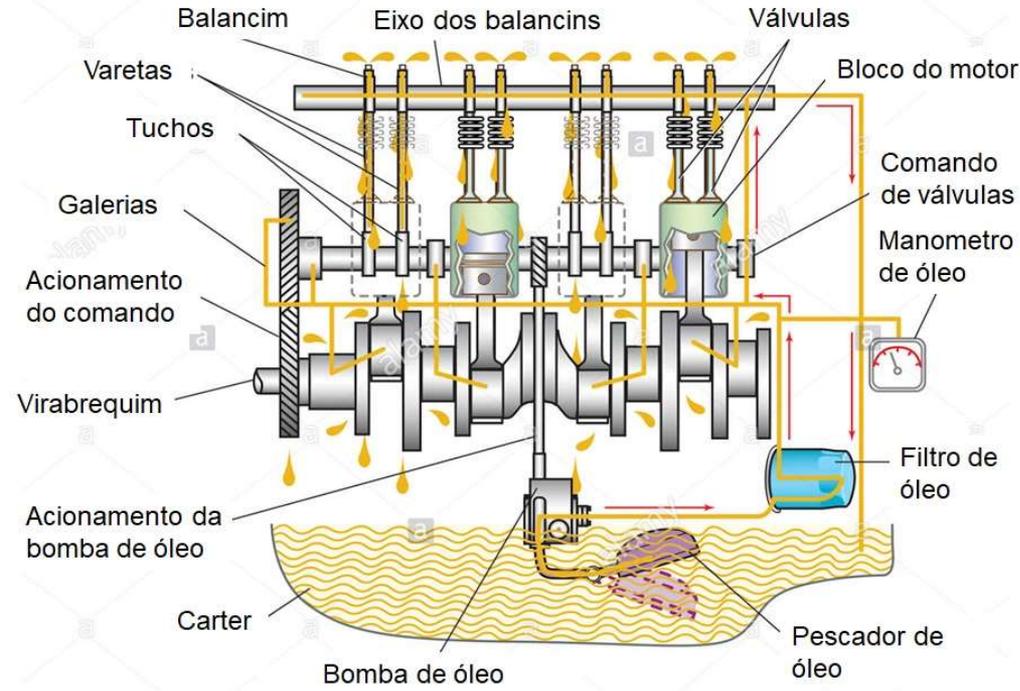


Lubrificação das bielas e pinos dos pistões



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

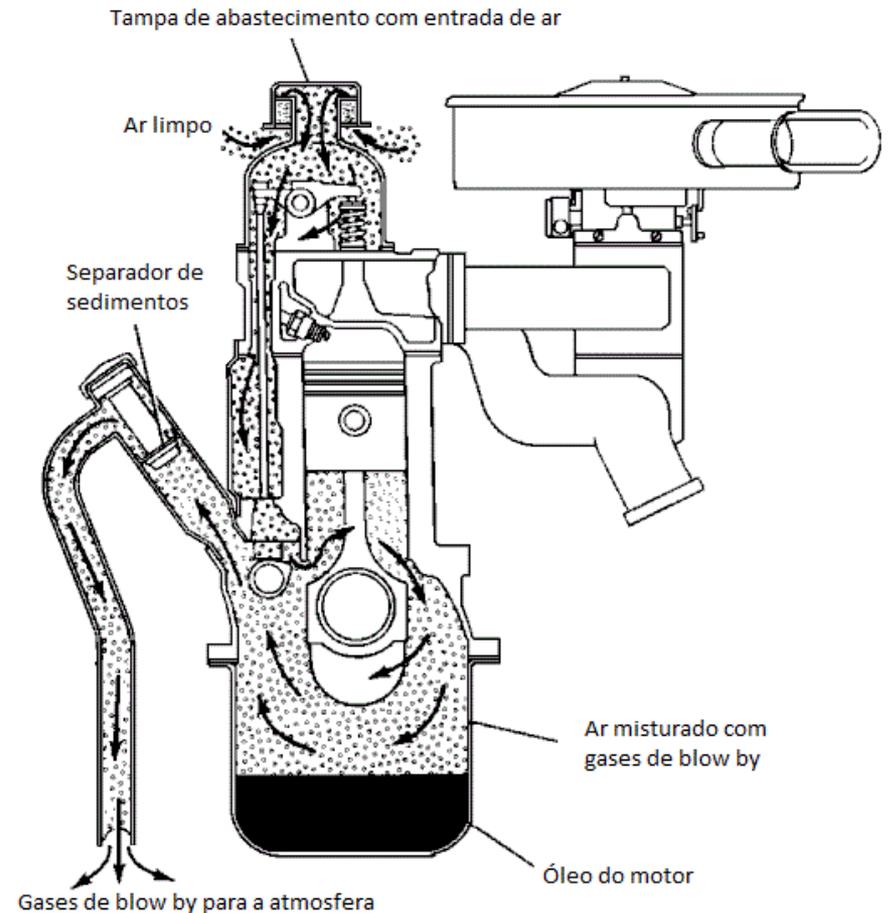
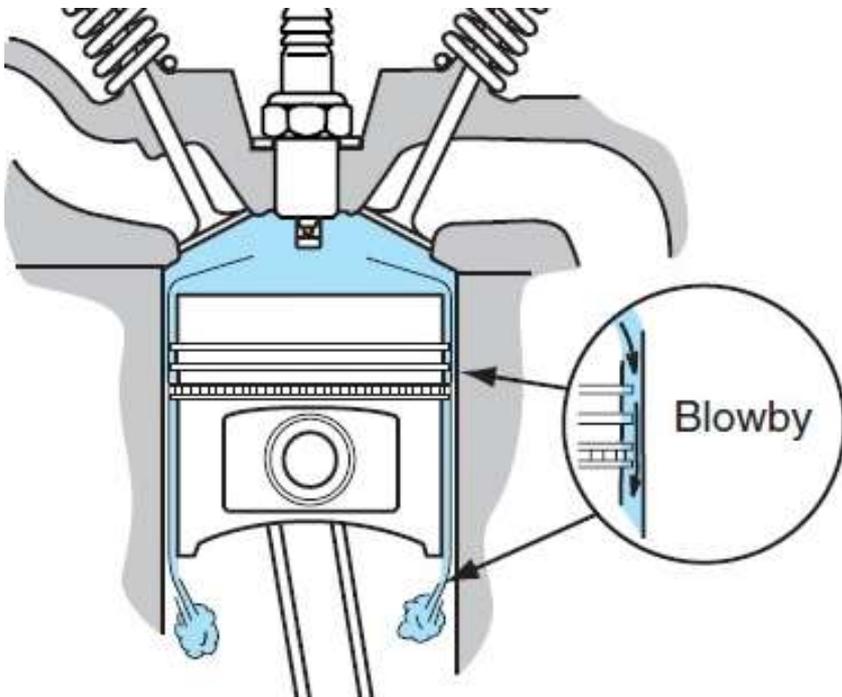
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- BLOW BY
- Entende-se por Blow By a parcela de gases da combustão que consegue passar através dos anéis durante os ciclos de compressão e expansão. Faz parte dessa parcela de gases partes de mistura rica que atinge a superfície livre do lubrificante no carter, esses gases não podem ser expulsos para a atmosfera então são redirecionados para serem consumidos no sistema de admissão do motor. Nas figuras abaixo se ve a origem e como era tratado o blow by antigamente, os gases iam para a atmosfera.

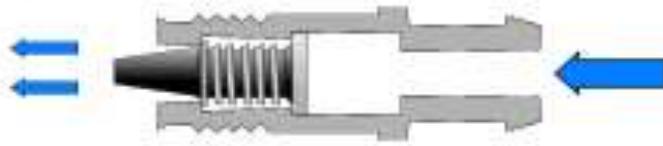


MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

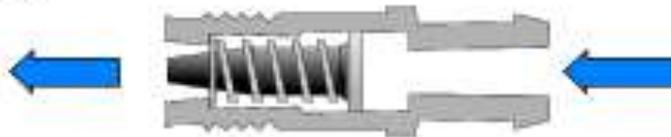
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- VÁLVULA PCV – Positive Crankcase Ventilation
- A válvula PCV promove a ventilação positiva do cárter, abrindo a passagem dos gases para a admissão. Essa abertura é decorrente da pressão do cárter gerada pelos gases de blow by e é particular de cada motor. A PCV deve abrir nos momentos certos pois causa enriquecimento da mistura, e evitando a elevação da pressão no cárter, pressão essa que causaria vazamentos.
- SEPARADORES DE BLOW BY
- Junto com os gases de Blow By são arrastadas gotículas de óleo. De forma a separar essas, e outras, partículas do fluxo de Blow By nos quais o fluxo de escoamento é laminar, fazendo com que essas partículas de óleo voltem para o cárter e que vá para a admissão somente os gases. Há vários tipos de separadores, veja na figura um modelo tipo ciclone.

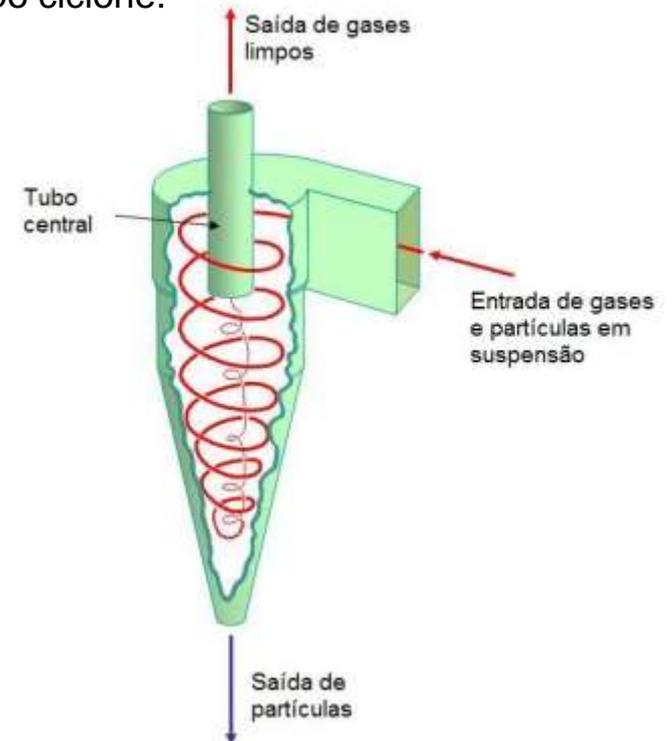
1 Marcha Lenta – vácuo alto – fluxo baixo ou nulo



2 Cargas mais altas – vácuo baixo – fluxo alto



3 Back fire– explosão vinda do coletor – zero fluxo



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Válvula PCV com separador de óleo de galeria



Válvula PCV com separador de óleo ciclone



Válvulas PCV para instalar na mangueira



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- CÁRTER
- O cárter tem como função primária ser o reservatório de óleo do motor, além dessa função há outras de igual importância:
 - “Acalmar” o lubrificante separando ar/óleo/espuma;
 - Promover a troca de calor;
 - Em alguns casos é elemento estrutural;
 1. Bloco do motor(reduz ruído e aumenta força estrutural);
 2. Faz parte do chassi em alguns casos(tratores)
- Existem dois tipos usuais de cárter aplicados aos MCI:
 - Cárter úmido, o mais comum utilizados nos motores convencionais, e tem o inconveniente de aumentar a altura dos motores;
 - Cárter seco, aplicado nos motores horizontais, como alguns ônibus, motores de aviação e motores de competição, tem o inconveniente de ter custo mais alto pois trabalha com duas bombas.

Cárter úmido em alumínio



Cárter úmido em aço estampado



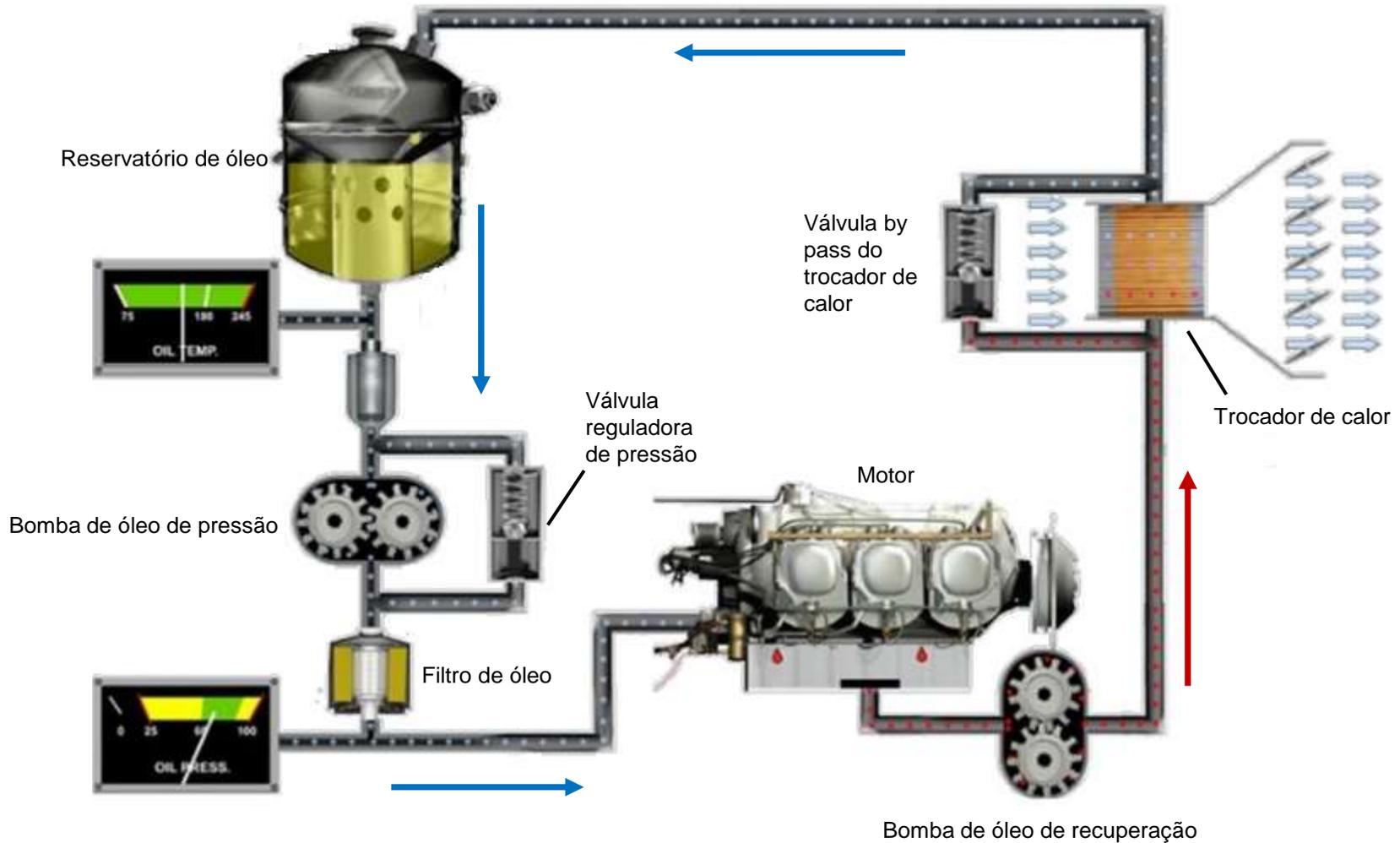
Cárter úmido em polímero



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

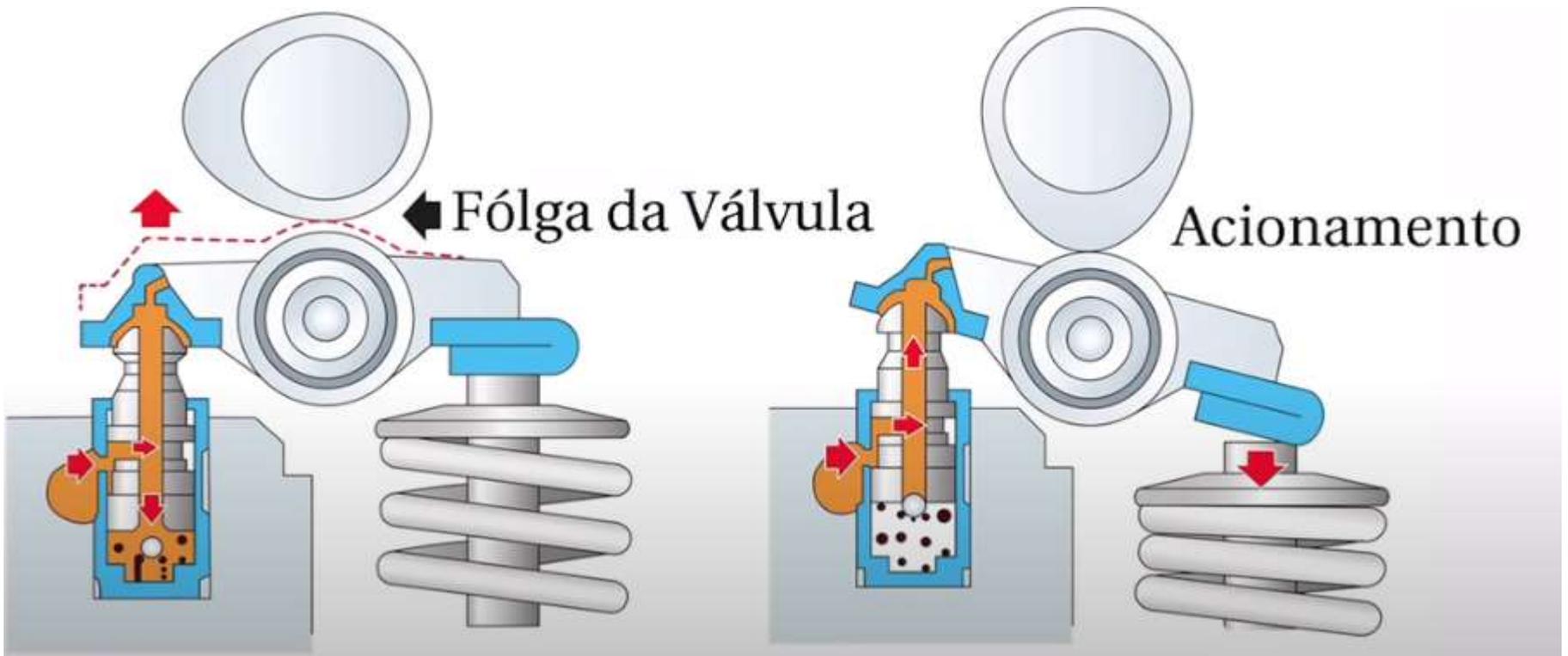
- CÁRTER SECO



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- TUCHOS DE VÁLVULAS HIDRÁULICOS
- São os responsáveis pela eliminação da necessidade periódica de regulagem das folgas de válvulas quando usado o tucho mecânico.
- Eliminam o desagradável ruído de batida de válvulas, porque ele faz a compensação da folga que seria criada com o desgaste natural dos componentes do sistema de válvulas.

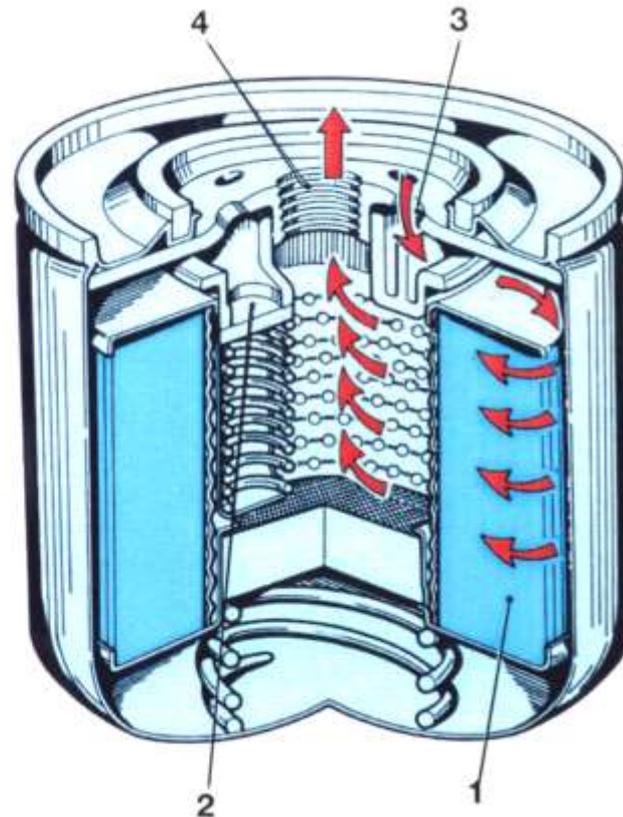


MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- FILTRO DE ÓLEO DO MOTOR
- O próprio nome já diz a função desse componente que, além dos elementos filtrantes, possui uma válvula de segurança que abre um by pass para manter a lubrificação no motor, em caso de saturação dos elementos filtrantes.

1. Elemento filtrante
2. Válvula de segurança
3. Furo de entrada de óleo
4. Duto de saída do óleo



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- BOMBA DE ÓLEO
- Promove a circulação do óleo pressurizado através das galerias até as partes a serem lubrificadas. O óleo além de ter a função de lubrificante também contribui para o arrefecimento do motor.
- Há dois tipos de acionamento para a bomba de óleo:
 - Acionamento direto pela ponta do virabrequim, onde a bomba também tem a função de tampa frontal do motor;
 - Acionamento indireto quando a bomba é acionada por corrente ou por engrenagens ligadas ao virabrequim ou pelo comando de válvulas, nesses casos a bomba fica dentro do motor.

Acionada através do comando de válvulas



Acionada por corrente ligada ao virabrequim



Acionada diretamente pelo virabrequim

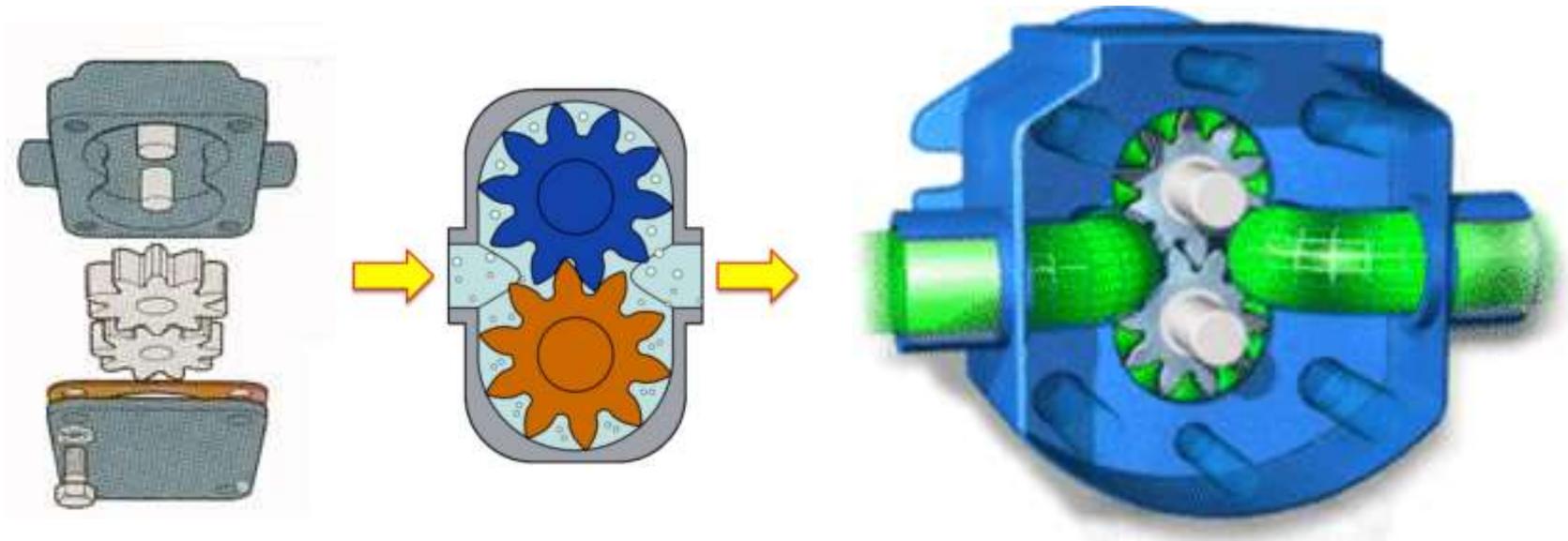


Acionada por engrenagens na caixa de distribuição do motor

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

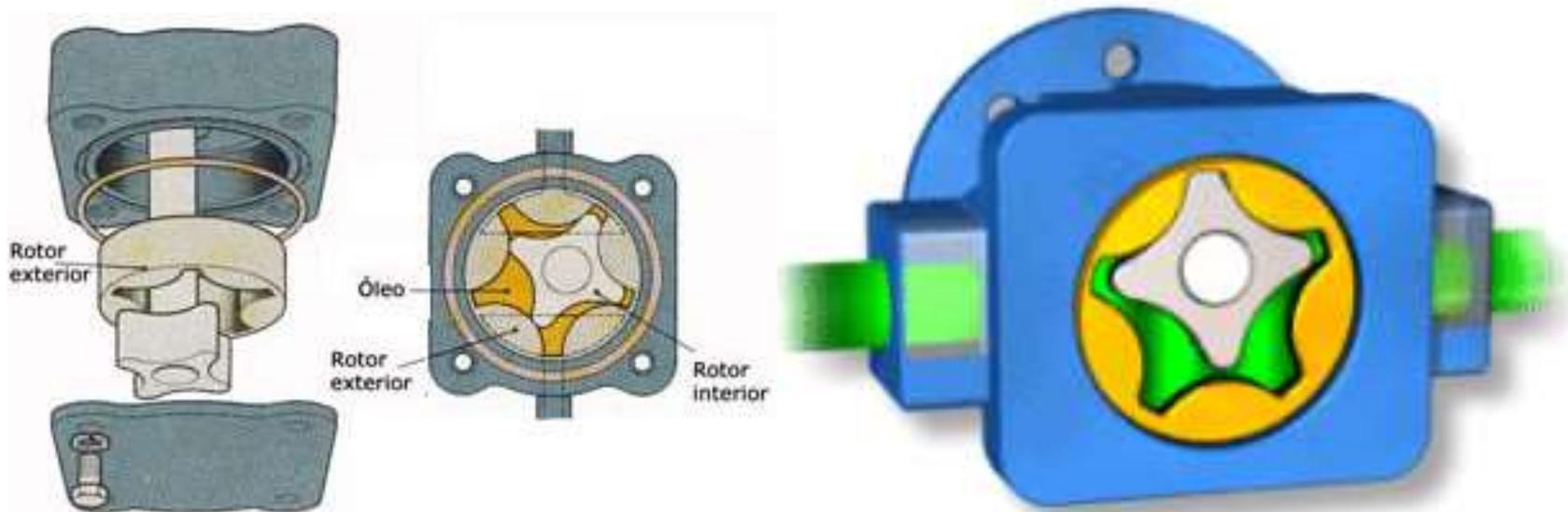
- TIPOS DE ENGRENAGENS DE BOMBAS DE ÓLEO
- Engrenagens cilíndricas de dentes paralelos ou helicoidais, utilizada em bombas internas que são acionadas pelo comando de válvulas ou através de correntes ou engrenagens, essas bombas apresentam melhor eficiência, porém normalmente apresentam maior número de componentes necessários para seu acionamento. Há dois tipos de construção, com a válvula de alívio incorporada e sem válvula de alívio incorporada. Ao girar as engrenagens é gerado vácuo na entrada da bomba que transfere o óleo pelo vão dos dentes para a saída da bomba.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

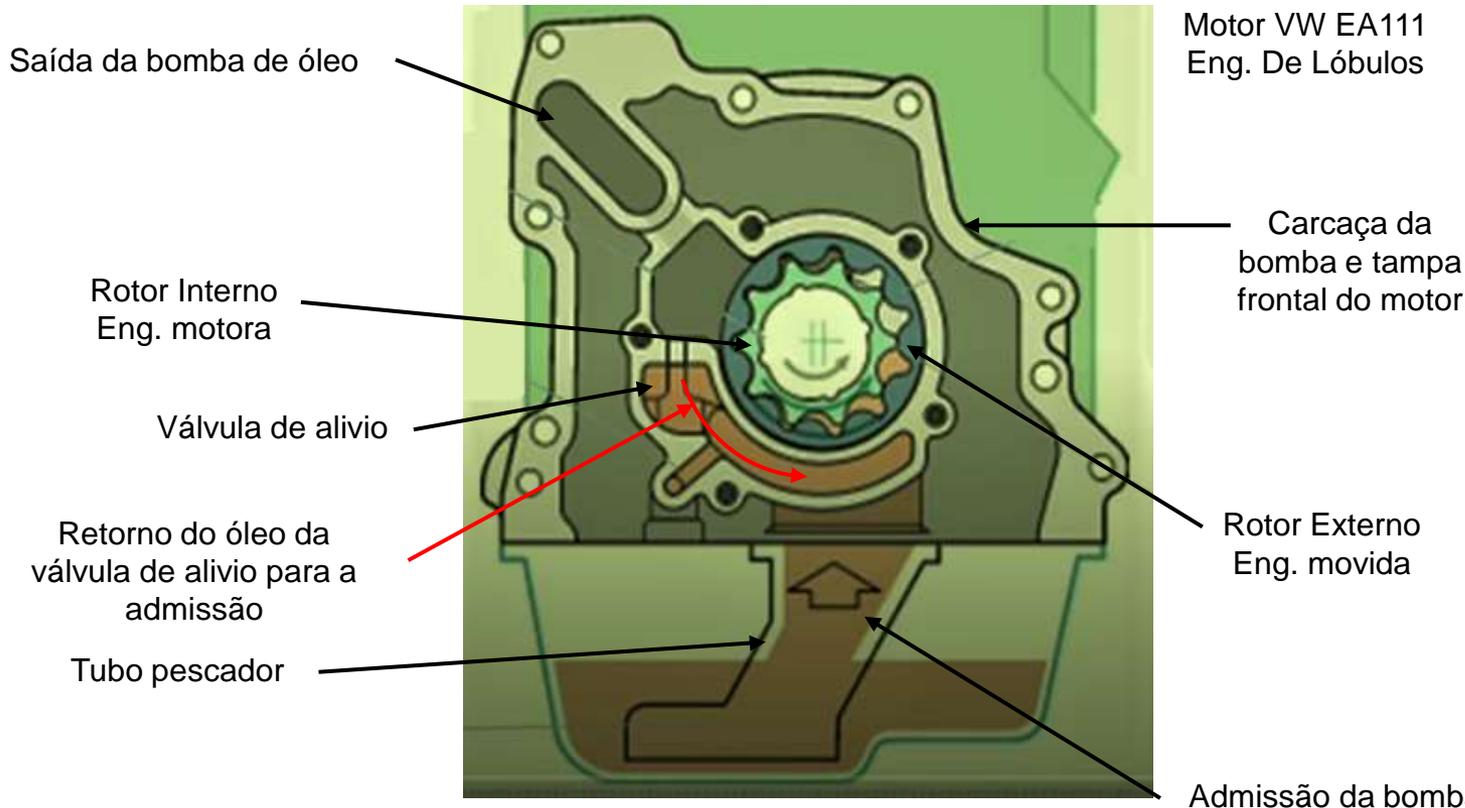
- ENGRENAGENS TIPO ROTOR(GEROTOR)
- Essas engrenagens tem os dentes tipo lóbulos e trabalham uma dentro da outra com centros diferentes fazendo com que o distanciamento dos lóbulos da engrenagem gerem vácuo aspirando o óleo pela entrada da bomba, quando os lóbulos começam a se aproximar comprimem o óleo para a saída da bomba, na grande maioria dos casos a válvula de alívio está montada na bomba, ligada a saída, com o aumento da pressão a válvula abre e faz o óleo excedente recircular para a entrada da bomba ou direto para o carter. Em termos de acionamento segue os mesmos conceitos da de engrenagens cilíndricas.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- BOMBAS ACIONADAS PELO VIRABREQUIM
- Normalmente utilizadas como tampas frontais buscando redução de custos, são acionadas diretamente pelo virabrequim que gira a engrenagem interna. Como as duas engrenagens estão dispostas em centros diferentes o distanciamento dos lóbulos da engrenagem geram vácuo aspirando o óleo do carter, quando os lóbulos começam a se aproximar comprimem o óleo para a saída da bomba, na grande maioria dos casos a válvula de alívio está montada na bomba, ligada a saída, com o aumento da pressão a válvula abre e faz o óleo excedente recircular para a entrada da bomba ou direto para o carter. Normalmente essas bombas tem também o retentor de óleo da tampa frontal incorporado, mas também há casos em que ficam internamente porem com o mesmo tipo de montagem. Há basicamente dois tipos de engrenagens, as de lóbulos como do exemplo abaixo e as crescente com dentes iguais as de engrenagens cilíndricas de dentes retos.



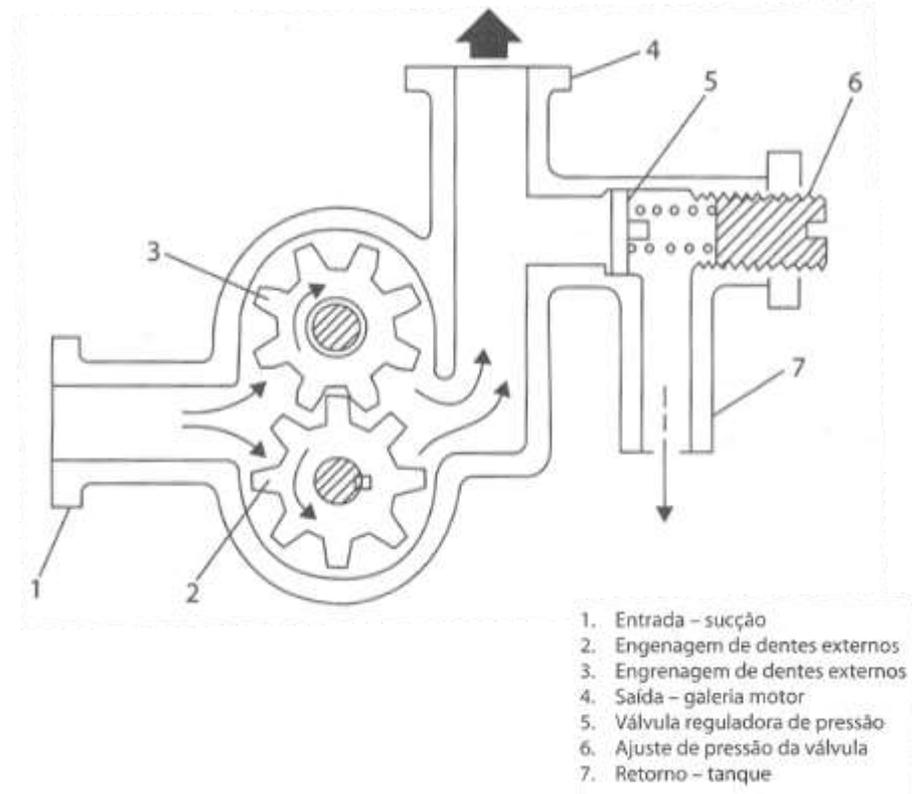
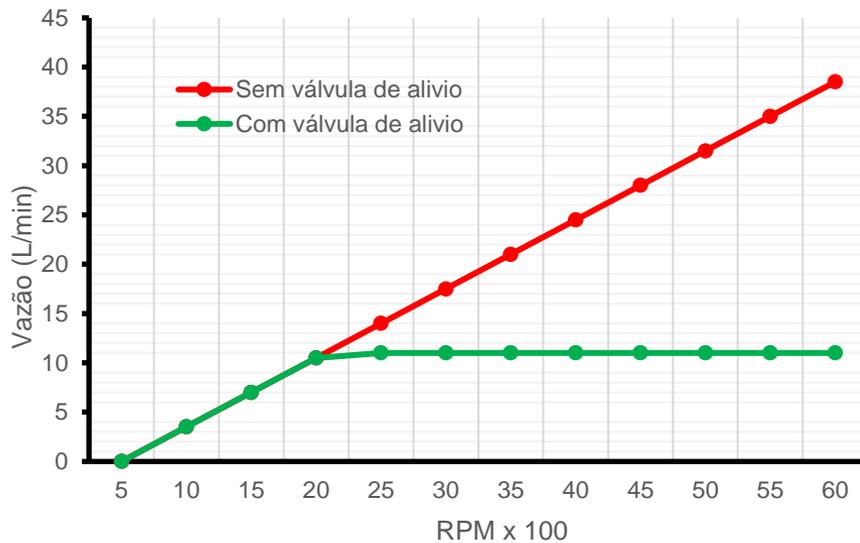
Bomba de Óleo
Motor GM Fam I
Eng. Crescente



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- VÁLVULA REGULADORA DE PRESSÃO OU VÁLVULA DE ALÍVIO
- Como a bomba de óleo é acionada pelo virabrequim ou comando de válvulas a vazão e pressão crescem em função da rotação do motor, e essa pressão deve ser controlada para não causar danos ou mau funcionamento por excesso de pressão, para essa função existe a válvula reguladora de pressão ou válvula de alívio. Essa válvula pode estar localizada na bomba de óleo ou diretamente no bloco do motor, em algum ponto da linha de pressão de óleo, ela trabalha regulando a pressão através de um by pass que manda o excesso de óleo para a entrada da bomba (quando estiver na bomba) ou para o cárter (quando estiver no bloco do motor).



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- MAUTENÇÃO PREVENTIVA
- O Sistema de Lubrificação dos motores é o sistema mais importante no que diz respeito a confiabilidade e durabilidade de um motor, pois a sua falha pode levar a uma falha fatal para o motor e em alguns casos até apresentar risco de vida para os ocupantes do veículo.
- Outros sistemas do motor, em caso de falhas, levam ao desconforto e inconvenientes desagradáveis, como, por exemplo ficar parado na rua até a chegada de socorro, mas se faltar óleo no motor, seja por ausência ou por não circulação adequada, a falha do motor é quase imediata, dependendo das condições em que o motor estiver trabalhando.
- Portanto **É IMPRESCINDIVEL** que a **MANUTENÇÃO PREVENTIVA** seja feita de acordo com as especificações do fabricante do veículo/motor, utilizando componentes e óleos de boa qualidade e nos períodos também especificados.
- Na dúvida quanto a necessidade da troca de algum determinado componente, o substitua, o custo de uma falha que leve à quebra do motor, com toda a certeza, será maior que o custo da troca da peça, mesmo que prematura.

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA



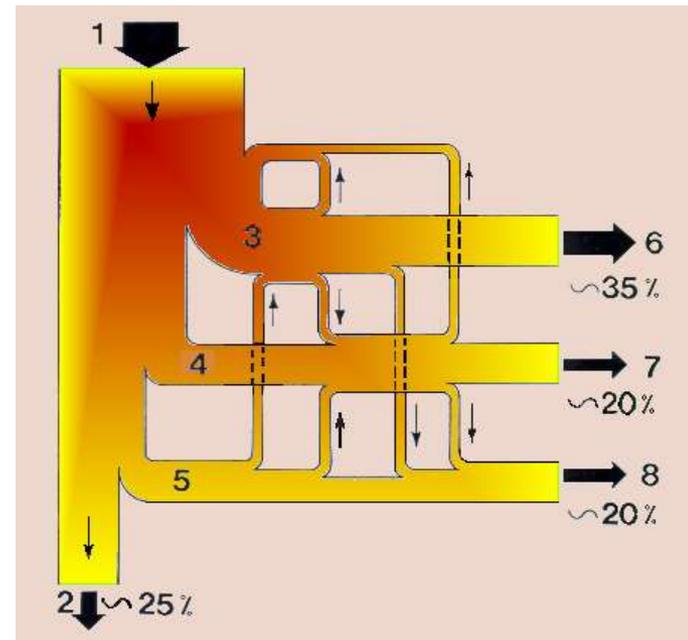
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

- Antes de começarmos a falar de arrefecimento vamos entender um pouco como é a geração de calor no motor.
- O processo de combustão produz grande diferença de temperaturas entre os gases e as paredes da câmara além de promover a transferência de parte do calor gerado para as paredes do cilindro e, conseqüentemente do cabeçote.
- Caso todo o calor liberado pela combustão e atrito interno não seja retirado, as paredes dos cilindros, cabeçote e cabeça do pistão tenderão a atingir temperaturas iguais a média da temperatura do ciclo, ou seja entre 600 e 800°C.
- O sistema de arrefecimento dos Motores de Combustão Interna deve manter os componentes do motor em temperaturas médias compatíveis com as características dos materiais constituintes. Para tanto o sistema de arrefecimento é constituído por um conjunto de dispositivos eletromecânicos e hidráulicos que tem como função controlar a temperatura dos MCI.

Fluxo da Dissipação Térmica:

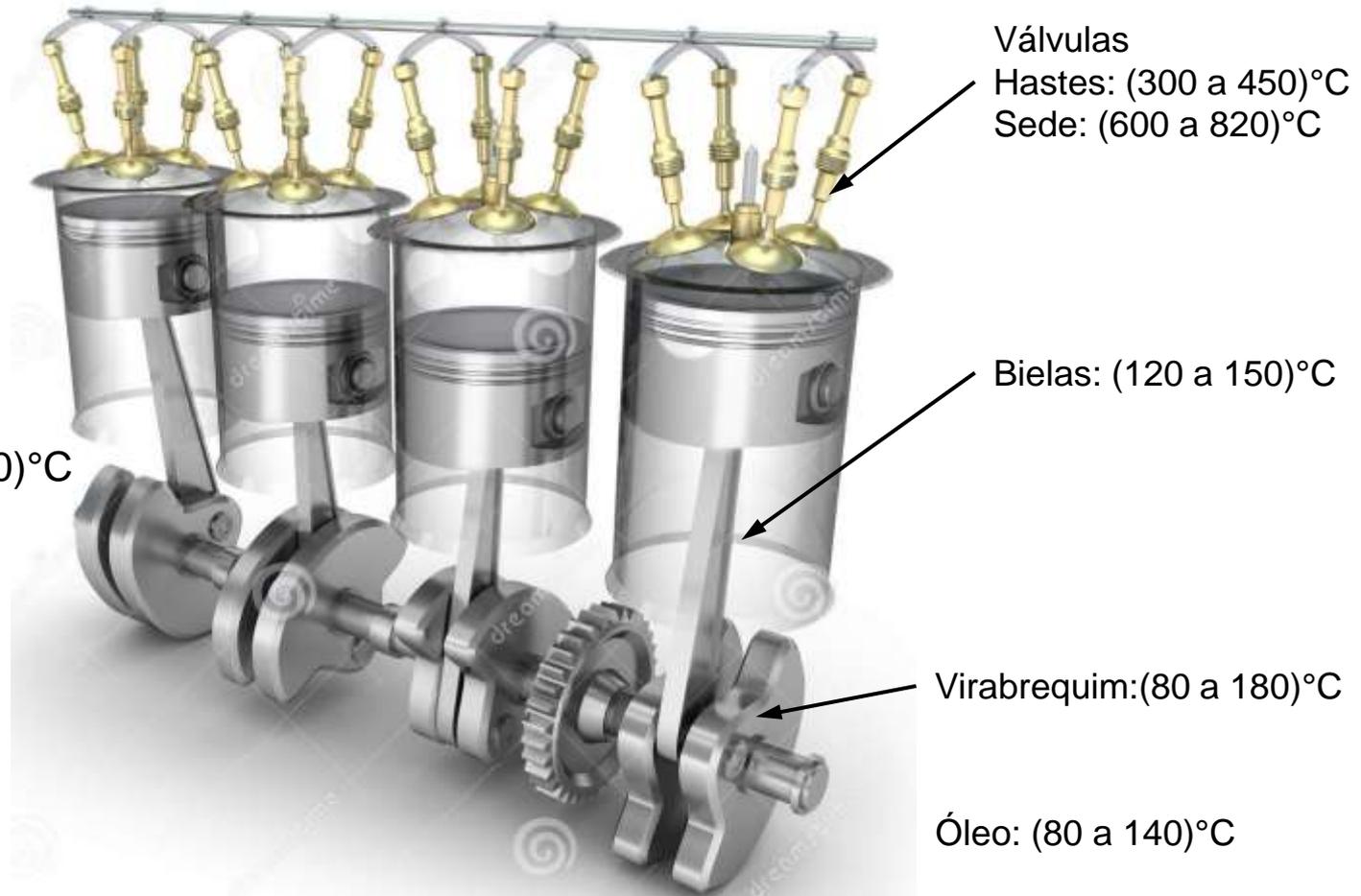
- 1 - Poder calorífico do combustível;
- 2 - Calor transformado em trabalho;
- 3 - Calor do gás de escapamento;
- 4 - Calor transmitido às paredes;
- 5 - Calor produzido pela resistência passiva;
- 6 - Calor eliminado pelo gás de escapamento;
- 7 - Calor eliminado pelo líquido refrigerante;
- 8 - Calor eliminado por irradiação.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

- A seguir veremos os limites de temperatura para os principais componentes do motor, veja na figura as temperaturas médias:

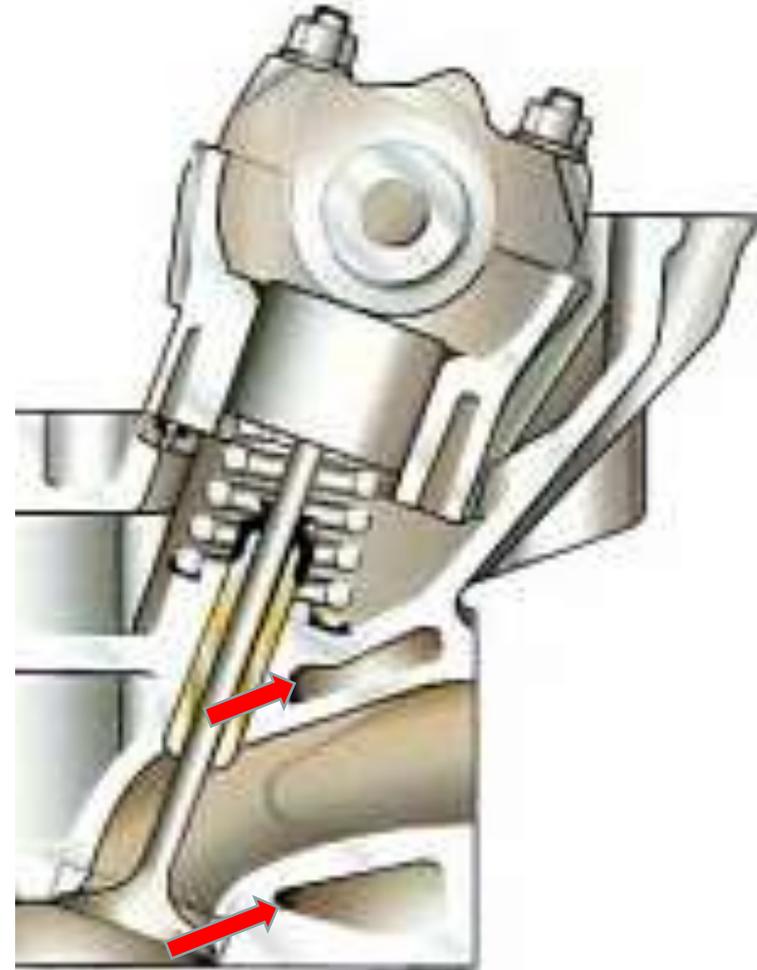


MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Válvulas

- As válvulas de admissão e escapamento, por estarem em contato direto com a combustão são bastante solicitadas, tendo valores médios nas válvulas de escapamento na casa dos (300 a 450)°C na haste e (600 a 820)°C na sede/cabeça.
- Na maioria das vezes os materiais destas válvulas são ligas de CrNi que suportam temperaturas de até 800°C. Ultrapassado esse limite ocorrerá redução da resistência mecânica e o aumento da corrosão. Para valores acima desses são indicadas ligas Co-Stellite ou válvulas com resfriamento interno por sódio.
- As válvulas de admissão por sua vez são resfriadas pelo ar de admissão e pela maior área em contato com esse fluxo, ao contrario das válvulas de escape que estão em contato constante com a combustão e os gases de escape.
- Como o caminho é grande a ser percorrido pelo calor, da superfície quente ao fluido de arrefecimento e o coeficiente de condutibilidade térmica “k” é pequeno, devido aos materiais envolvidos e também pela pouca área de contato para transmissão do calor, cabeça com a sede e haste com a guia, esses componentes são muito solicitados.
- Outro fator que piora essa condição é o emprego de misturas pobres e avanço atrasado, que causam elevação nas temperaturas.



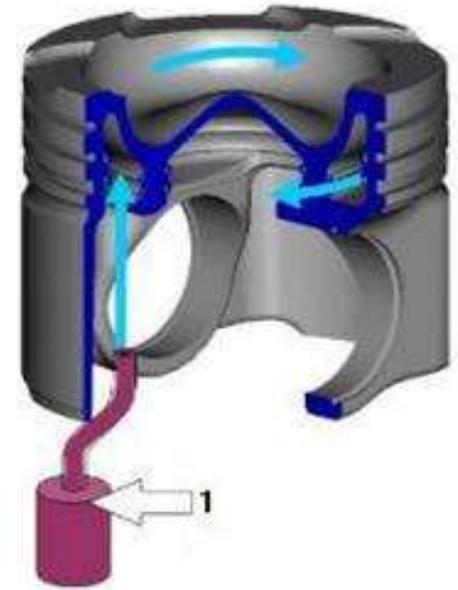
Fluxo de troca de calor na válvula

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Pistões

- Por estarem também em contato direto com a combustão os pistões são solicitados de forma extrema, motores com cilindros de grande diâmetro tendem a ter uma temperatura média da cabeça do pistão bastante alta, em razão do grande percurso para o calor escoar para as paredes dos cilindros.
- A troca de calor do pistão para o cilindro acontece principalmente através dos anéis, que estão em contato com as paredes o tempo todo.
- No projeto dos pistões são tomados todos os cuidados possíveis para evitar temperaturas extremamente altas, essas alterações podem mudar em função do tamanho do pistão.
- Há casos de pistões com um canal resfriador na cabeça, onde o calor é retirado por meio de óleo lubrificante, que pode ser através de um jetcooling (injetor de óleo) ou mesmo um canal de óleo dentro da biela que leva o óleo até o pino do pistão e o refrigera diretamente.

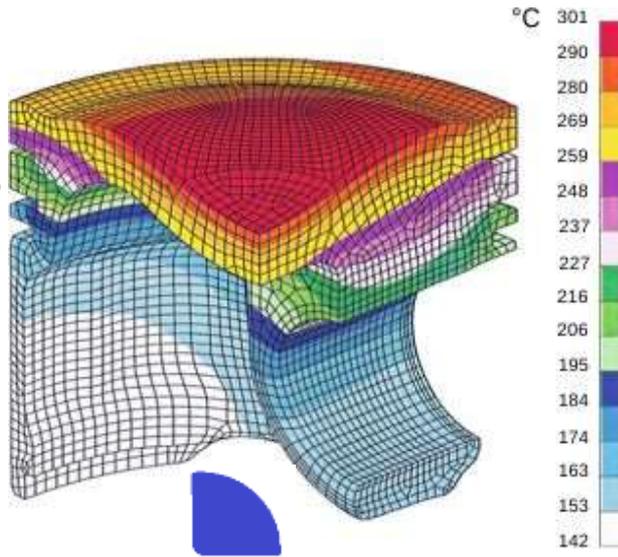


1 – Injetor de óleo

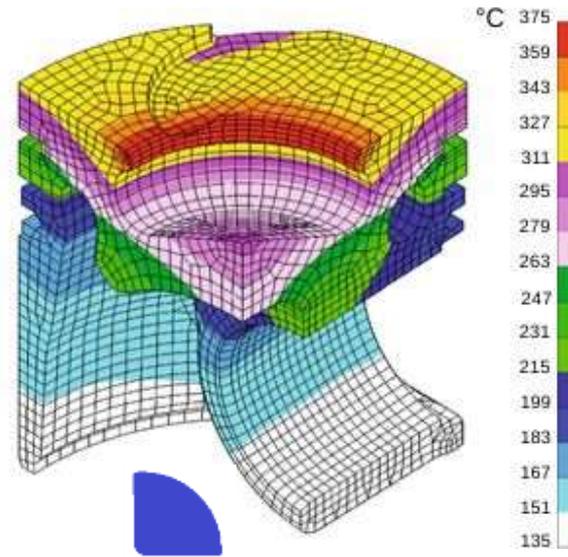
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Perfil de Temperatura de um pistão Gasolina 100% carga

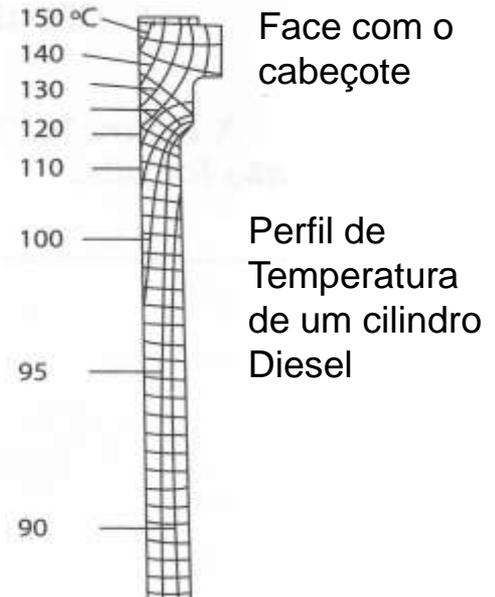


Perfil de Temperatura de um pistão Diesel 100% carga



Cilindros

- As camisas ou cilindros também são solicitados de forma extrema. A temperatura de pico do gás queimado pode atingir até 2200°C, enquanto a temperatura máxima do material da parede do cilindro, seja ferro fundido ou alumínio, tem temperatura de fusão bem abaixo desse valor.
- Junto às paredes o lubrificante trabalha a 180°C pois o fluxo de calor no pico é da ordem de 0,5 a 10 MW/m². Estas condições podem levar às seguintes consequências:
- Aquecimento da vela: pré-ignição nos MIF;
- Variação da temperatura de exaustão interferindo diretamente nas emissões de poluentes;
- Temperatura máxima na parede dos cilindros demandando maior potencia nas bombas e/ou ventiladores
- Alta temperatura dos gases queimados exigindo materiais mais nobres para as válvulas



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

- A partir de agora iremos tratar do PROCESSO DE ARREFECIMENTO propriamente dito. Esse processo é utilizado para retirar calor dos motores.
- Os processos de arrefecimento para os MCI são:
 1. Arrefecimento a ar;
 2. Arrefecimento a óleo (na verdade esse sistema é utilizado como auxiliar aos outros dois acima);
 3. Arrefecimento a água.
- As principais diferenças entre esses processos são:
 - a. Detalhes construtivos;
 - b. Condições de operação;
 - c. Temperaturas médias dos componentes.
- A quantidade de calor que é transferida por unidade de área da superfície em contato com os gases quentes de um lado e o fluido de arrefecimento (água ou ar, principalmente), do outro vai depender dos seguintes itens:
- Coeficiente de transmissão de calor do lado de ambos os fluidos;
- Condutibilidade térmica do material da parede;
- Espessura da parede;
- Diferença de temperatura entre o gás e o fluido de resfriamento, conforme a teoria da transmissão de calor.
- A tabela mostra as quantidades de ar e água necessários para a remoção de uma unidade de calor do motor

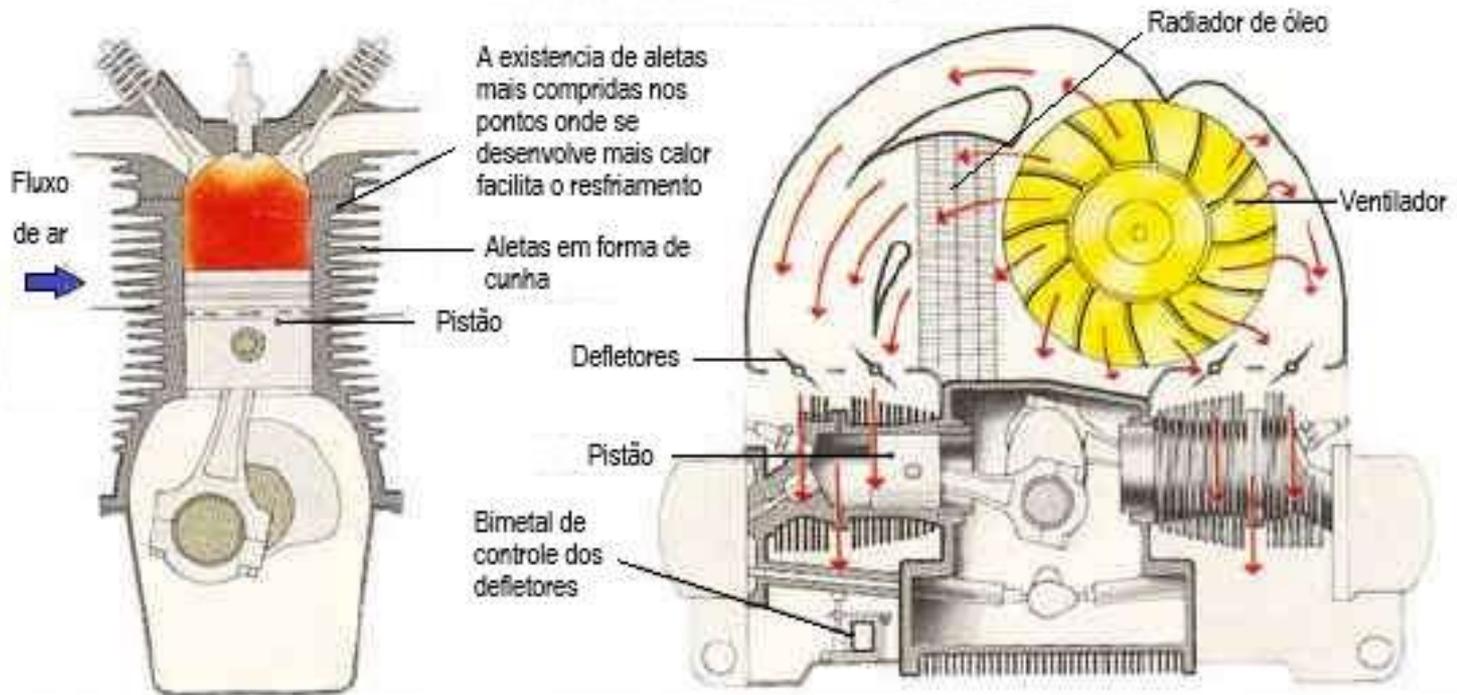
Meio Arrefecedor	Calor Especifico(cal/°C)	Quantidade (g)
Ar	0,2380	4,2
Água	1,0043	1,0

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE AR

- Esse processo torna mais simples o projeto e a construção do sistema, sendo mais leve, o meio é facilmente disponível, não requer reservatórios e tubulações fechadas para condução do fluido, não é corrosivo, não gera incrustações, não evapora e não congela nas mais severas condições de operação do motor.
- A baixa massa específica promove a necessidade de um volume muito maior de ar do que de água para retirar uma unidade de calor do motor, pois o ar possui baixo calor específico e conseqüentemente menor capacidade de transferir calor para o ambiente a sua volta.
- Como nesse sistema não existe um controle de temperatura eficiente, nem tampouco uniformidade de temperaturas é comum o surgimento de pontos quentes que podem levar a detonação bem como tendência muito grande da ocorrência do efeito “dieseling”(ao desligar o motor, o mesmo continua funcionando por ignição espontânea no caso de MIF). Normalmente é aplicado em motores com baixa taxa de compressão e eficiência térmica e pistões não muito maiores que 80 mm.
- Componentes:
 - Aletas;
 - Ventoinha;
 - Dutos;
 - Defletores;
 - Bimetal de controle dos defletores.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE AR

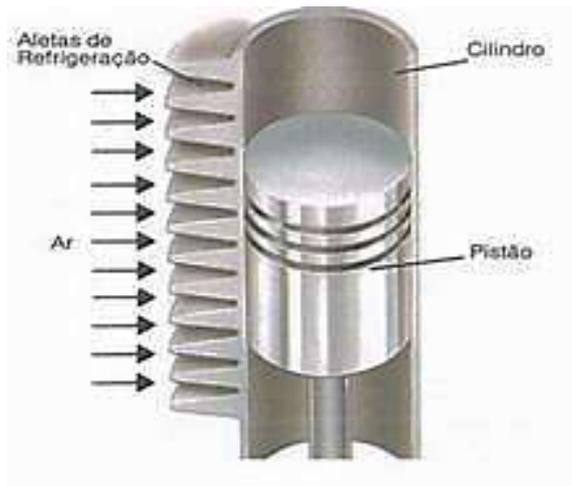
- As aletas estão localizadas no cabeçote e partes externas dos cilindros com a finalidade de aumentar a superfície de contato entre o motor e o ambiente;
- A ventoinha é responsável pela produção de uma corrente de ar entre o meio ambiente e o motor;
- Dutos, defletores e bimetal de controle dos defletores promovem a orientação da corrente de ar para as aletas do cabeçote e cilindro.
- Nesse sistema a necessidade de ar é cerca de 30% inferior à dos sistemas de arrefecimento a água, pois a transmissão de calor é feita diretamente com o ambiente.

Vantagens

- Construção simples;
- Menor relação pesoXpotencia;
- Manutenção mais simples

Desvantagens

- Difícil controle de temperatura;
- Falta de uniformidade de temperatura;
- Facilmente suscetível a superaquecimento;
- Necessidade de constante limpeza das aletas



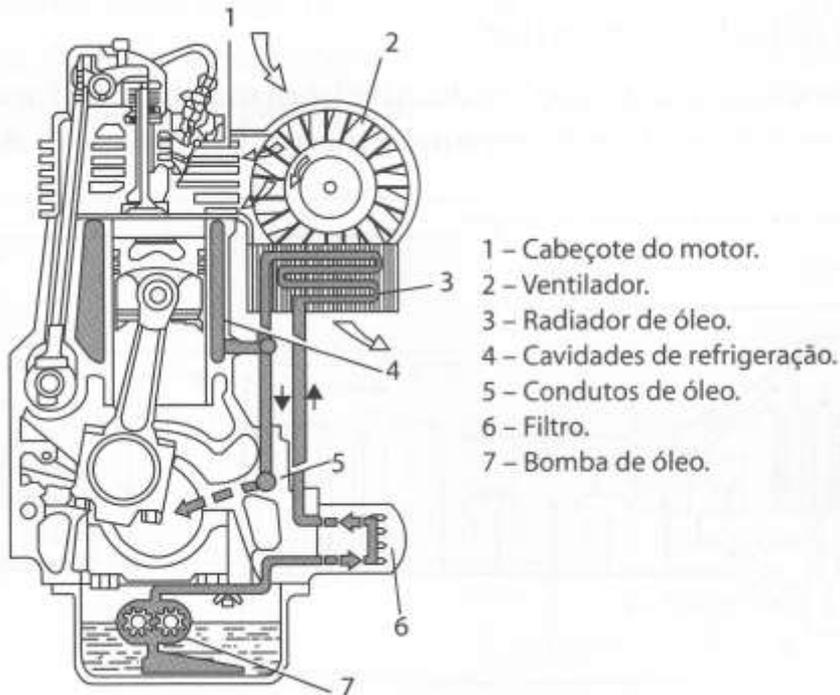
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

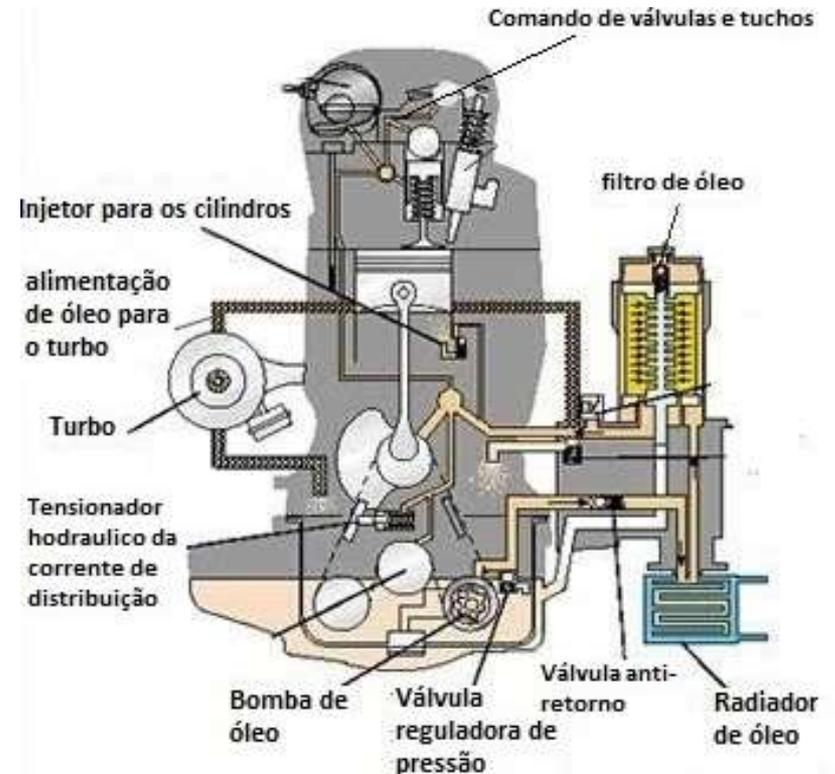
ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÓLEO

- Como dito anteriormente esse processo é geralmente utilizado como complementar aos de arrefecimento por ar, na sua grande maioria, e arrefecimento por água. Embora o circuito de óleo por si só, já contribui significativamente para o arrefecimento do motor, este pode ser melhorado caso se faça circular o óleo em torno dos cilindros como na figura abaixo.

Com jaqueta de óleo nos cilindros



Sem jaqueta de óleo nos cilindros



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA

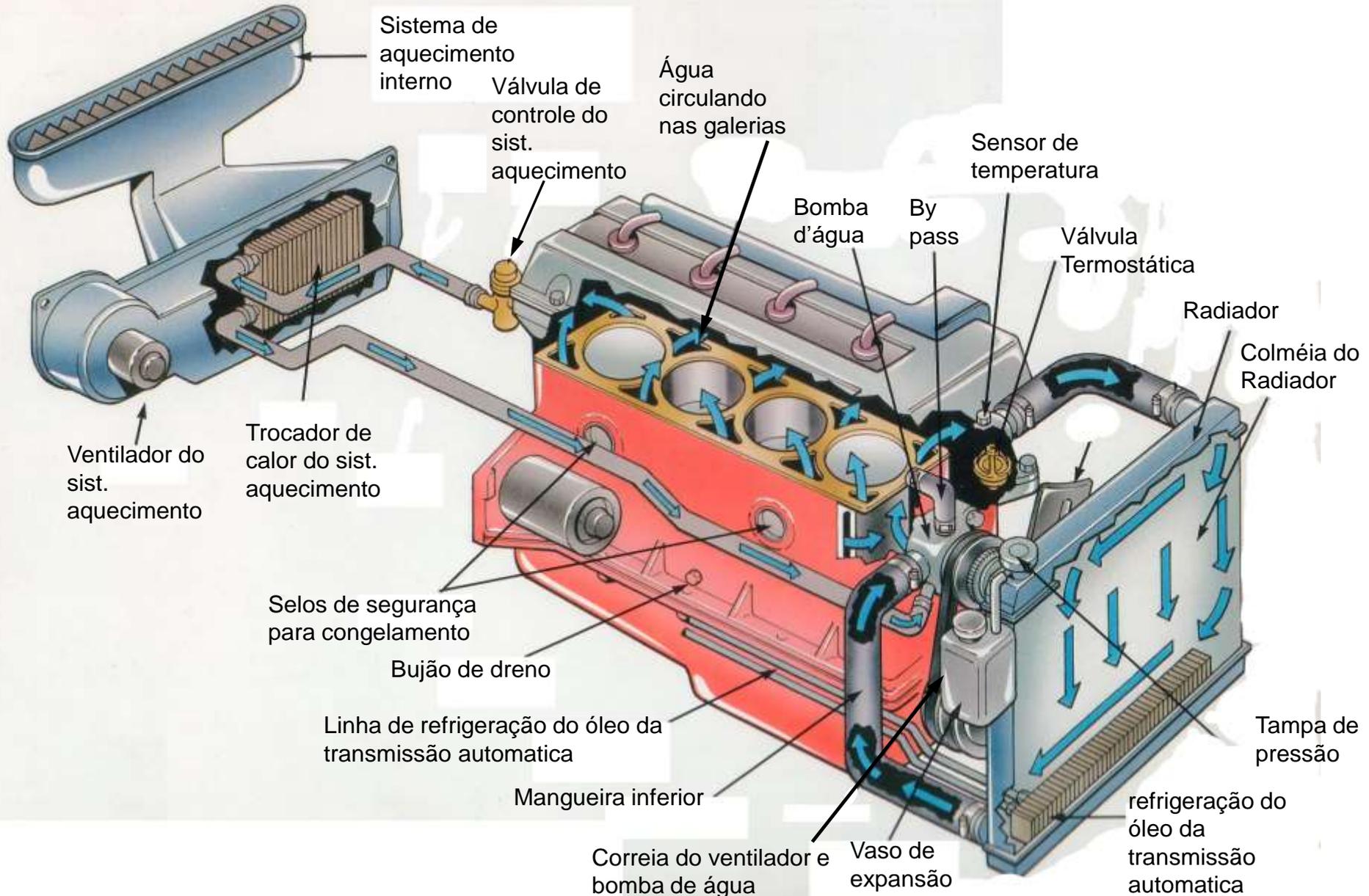
- Trata-se do processo mais aplicado para o arrefecimento dos MCI, pois permite o melhor controle da temperatura média dos componentes mais solicitados termicamente, além de manter essa temperatura médias em valores mais baixos, evitando detonação e proporcionando bom desempenho e eficiência térmica mesmo com taxas de compressão mais elevadas.
- A temperatura do líquido deve ser mantida na casa dos 90 a 97°C, em todos os regimes de trabalho do motor, sendo que essa temperatura deve ser atingida o mais breve possível. Existe a necessidade de controlar o fluxo de líquido refrigerante circulando no sistema como um todo durante cada regime do motor.
- Esse controle é exercido por uma válvula termostática colocada entre a saída de líquido refrigerante do cabeçote e o radiador. O líquido refrigerante entra pelas partes baixas e sai pelas partes altas de forma a evitar bolhas de vapor, usando o líquido refrigerante e ar como meios arrefecedores, absorvendo o calor dos cilindros e cabeçote e transferindo para o ambiente através do radiador.

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - TERMOSSIFÃO

- Nestes casos, não existe a bomba d'água forçando a circulação. O fluxo ocorre por gradiente de temperatura do líquido refrigerante ($\Delta T \cong 40^\circ\text{C}$), o líquido quente sobe e quando resfriado no radiador desce circulando no motor. O sistema deve apresentar reduzida perda de carga e nestes casos o resfriamento continua mesmo com o motor desligado, com principal vantagem esse sistema tem a simplicidade. Dentre as desvantagens temos:
- Exige camisas e tubulações mais amplas para facilitar a circulação do líquido refrigerante;
- Necessita área do radiador 30% maior;
- Se o nível do líquido refrigerante ficar abaixo do normal haverá formação de bolsões de ar causando interrupção do fluxo e conseqüente super aquecimento.
- Esse sistema é aplicado apenas em motores pequenos e compactos, sendo que alguns podem ter um ventilador para auxiliar a refrigeração.

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO FORÇADA DE ÁGUA



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO FORÇADA DE ÁGUA

- Trata-se do sistema mais utilizado no qual uma bomba centrífuga promove a circulação forçada do líquido refrigerante, Possui válvula termostática entre o motor e o radiador para o controle da temperatura.
- A quantidade de líquido refrigerante do sistema, bem como os componentes do sistema podem ser reduzidos consideravelmente em relação ao termostato porque o líquido refrigerante está sob pressão e circula com velocidade muito maior.

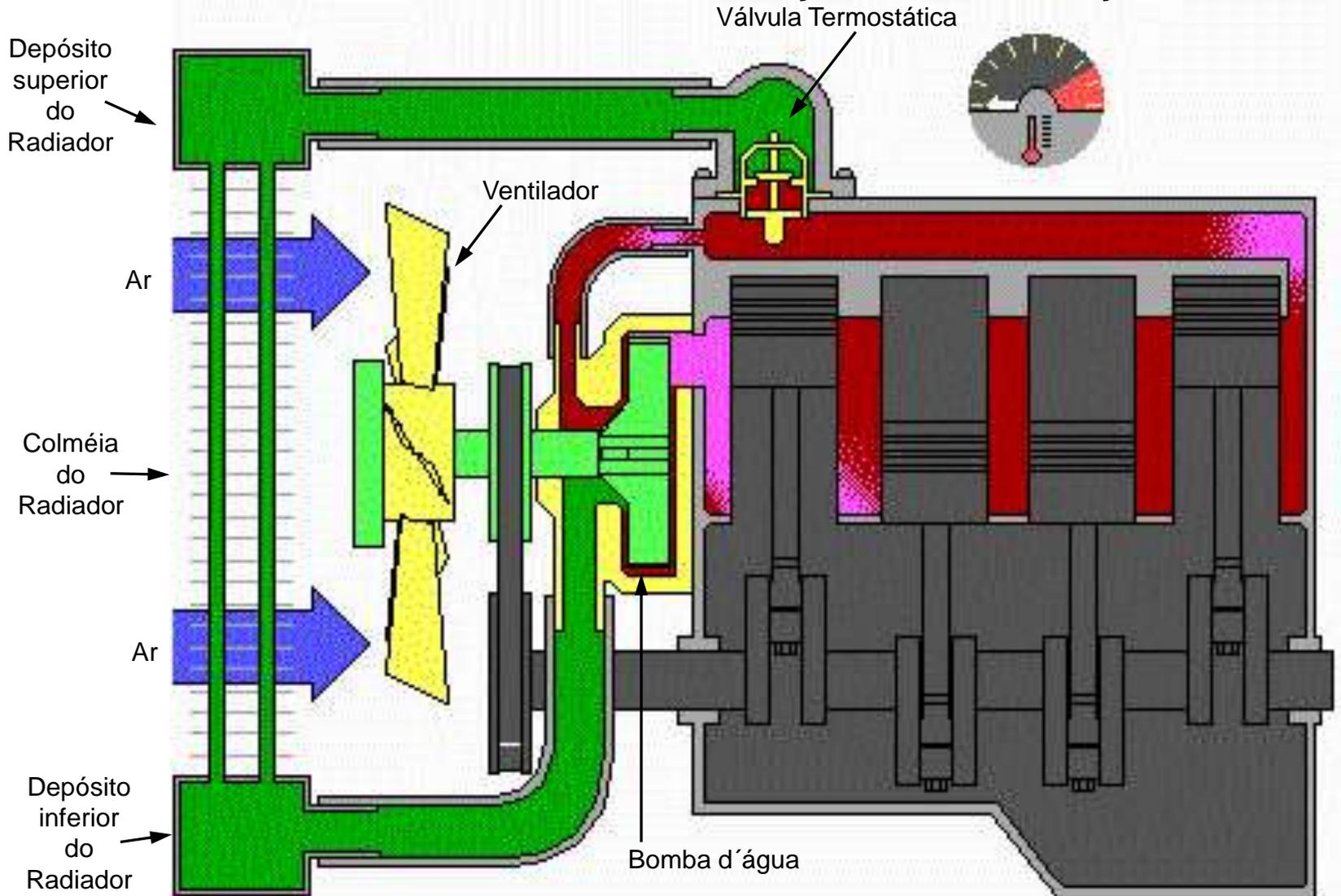
VÁLVULA TERMOSTÁTICA

- Essa válvula tem a função de controlar o fluxo do líquido refrigerante que circula no sistema em cada regime do motor. Está localizada na saída do líquido refrigerante do motor rumo ao radiador.
- Quando fechada(motor frio) impede a circulação do líquido refrigerante pelo radiador, fazendo com que o mesmo circule apenas no motor através de uma derivação(by pass), trabalhando em circuito fechado. Esse recurso evita que o motor trabalhe frio por muito tempo evitando:
 - Condensação de vapor de combustível nas paredes da câmara de combustão devido a baixa temperatura, esse combustível condensado provoca a lavagem do lubrificante nas paredes dos cilindros reduzindo a vida útil do motor;
 - Evita formação de vernizes e gomas que travam os anéis dos pistões;
 - Reduz o tempo de combustão incompleta por falta de temperatura, reduzindo consumo e emissões;
 - Reduz o grau de contaminação do lubrificante.
- Quando aberta(motor em temperatura de trabalho) funciona dosando a quantidade de líquido refrigerante que sai do motor para o radiador e a quantidade que vai do radiador para o motor buscando sempre a temperatura de calibragem pré-estabelecida na construção da válvula.
- É aplicada dessa forma para promover um aquecimento mais rápido do motor. Sua faixa de trabalho, para motores de ciclo OTTO é de (75 a 85)°C para motores a gasolina e de (85 a 97)°C para motores a álcool.
- Essas variações são obtidas de acordo com o tipo de válvula termostática aplicada.
- Sua presença é imprescindível no motor, não devendo ser eliminada sob qualquer hipótese, devendo ser substituída o mais breve possível quando apresenta falhas de funcionamento.

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - FORÇADA



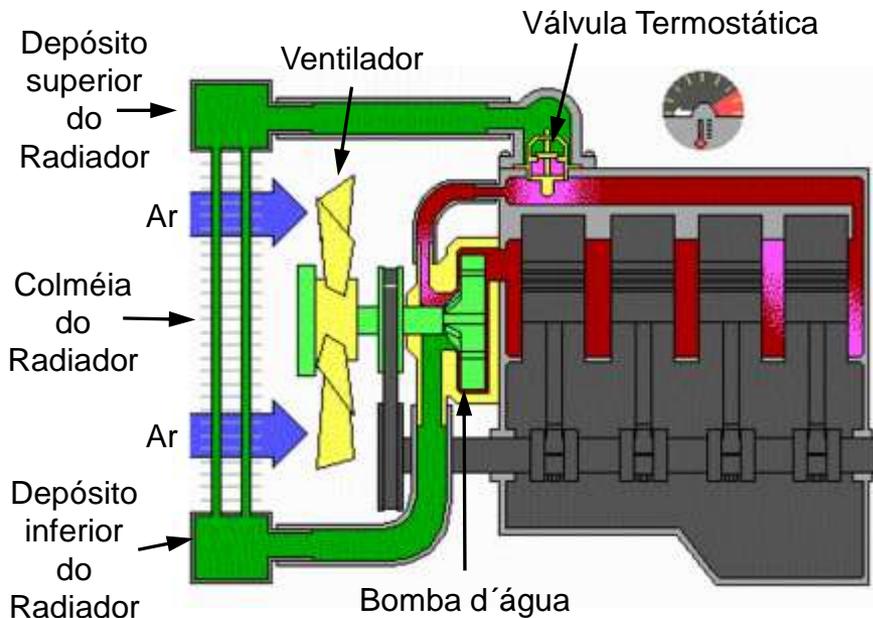
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - COMPONENTES

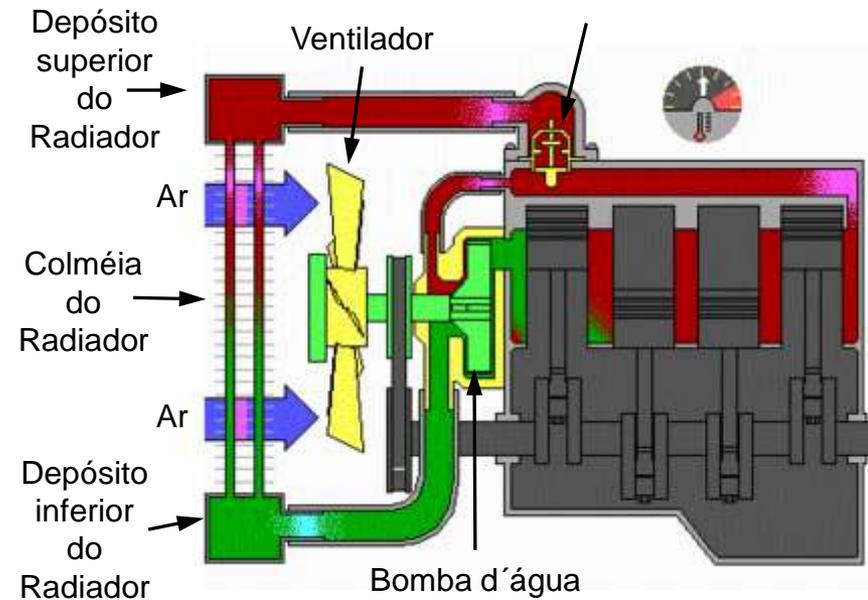
VÁLVULA TERMOSTÁTICA – PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

- Funcionam através de um elemento de cera que ao aquecer faz com que um pino se desloque forçando a abertura da válvula contra uma mola, e abrindo a passagem de líquido refrigerante para o radiador.
- Na outra extremidade permite que uma parte do líquido refrigerante volte para o motor.
- Ao receber líquido refrigerante com temperatura mais baixa a cera se contrai voltando a obstruir a passagem do líquido para o radiador.
- Essa válvula tem a função de controlar o fluxo do líquido refrigerante que circula no sistema em cada regime do motor. Está localizada na saída do líquido refrigerante do motor rumo ao radiador.

Válvula termostática fechada: Água circulando somente no motor através do by pass



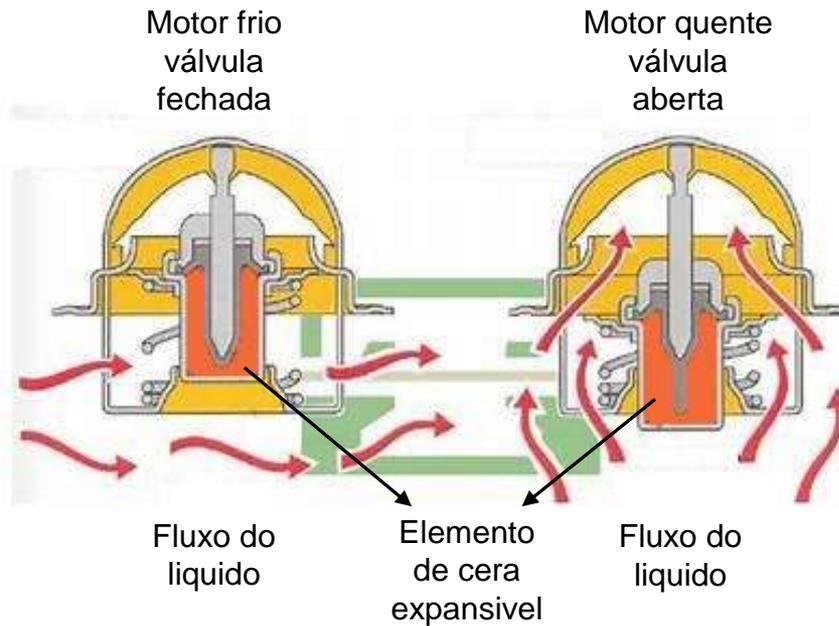
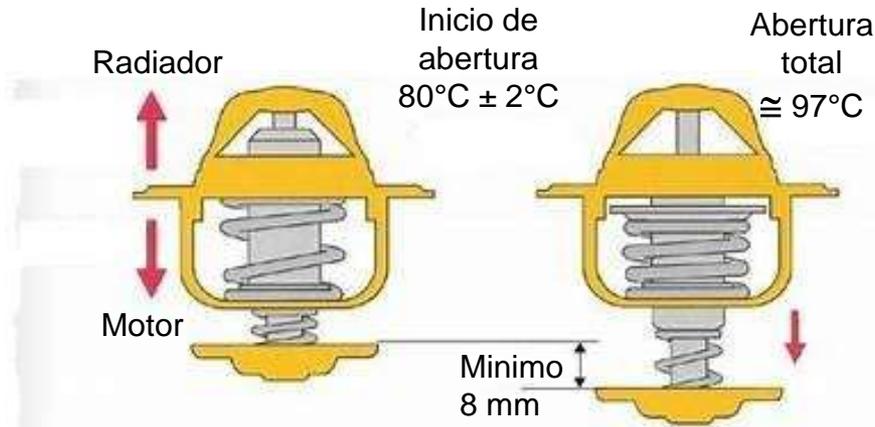
Válvula termostática aberta: Água circulando pelo radiador e através do by pass



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

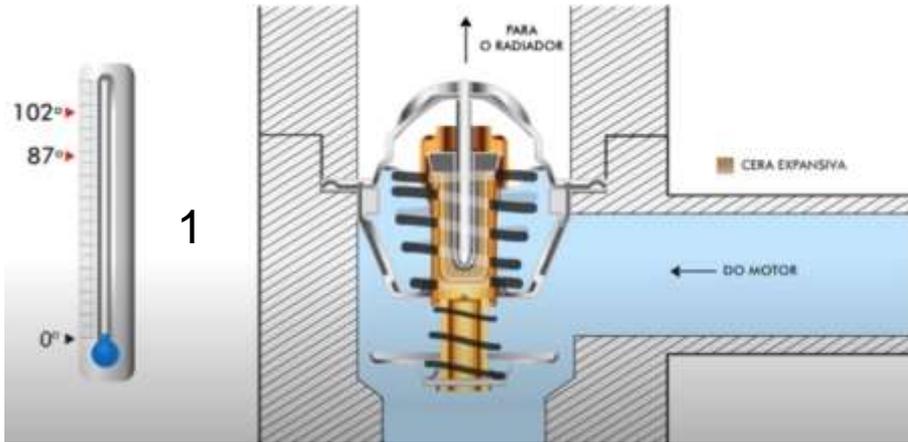
ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - COMPONENTES

VÁLVULA TERMOSTÁTICA

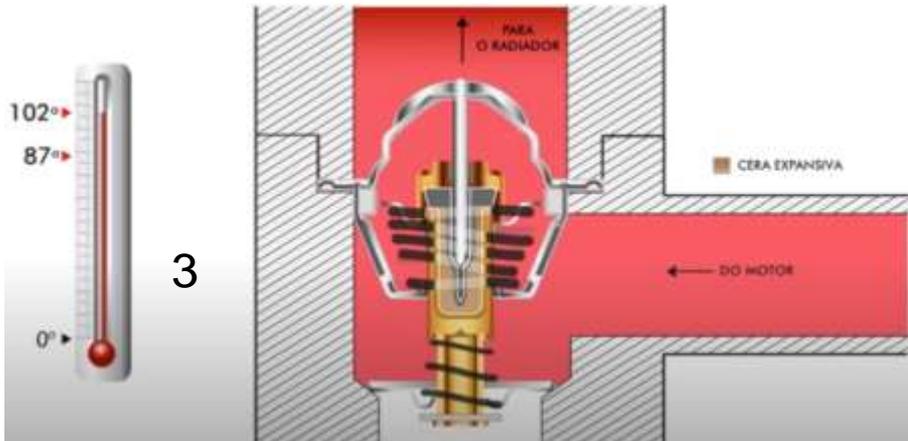
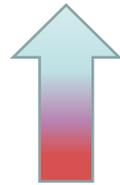


MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

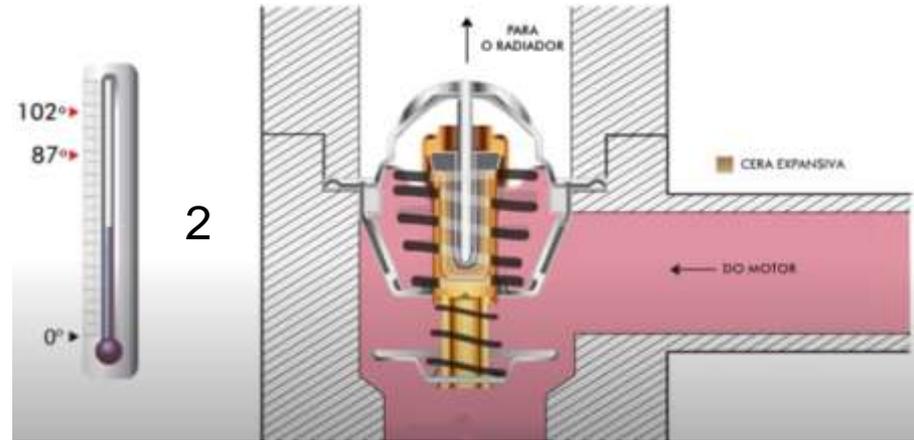
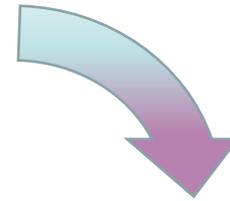
VÁLVULA TERMOSTÁTICA



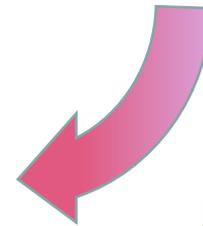
MOTOR



MOTOR



MOTOR



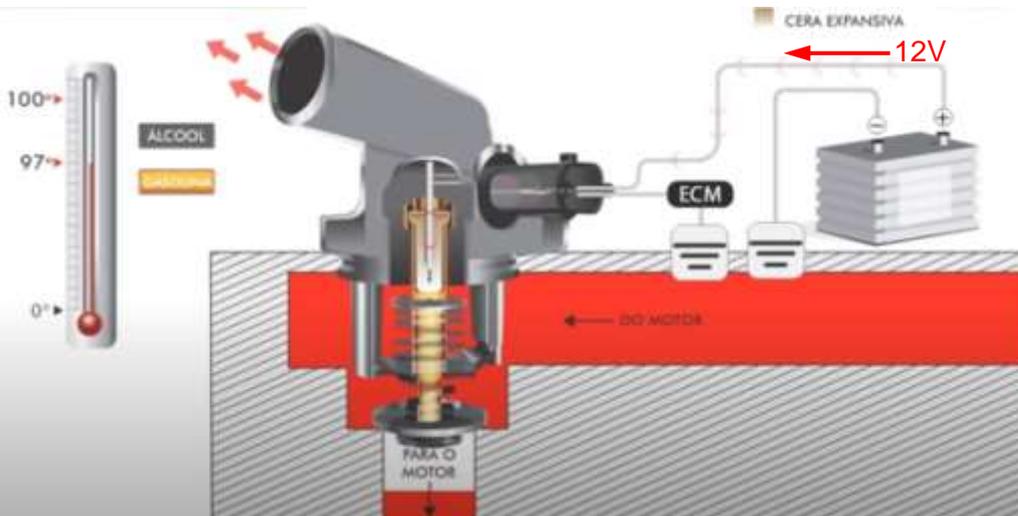
<https://www.youtube.com/watch?v=w3BK7aJb1fM>

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - COMPONENTES

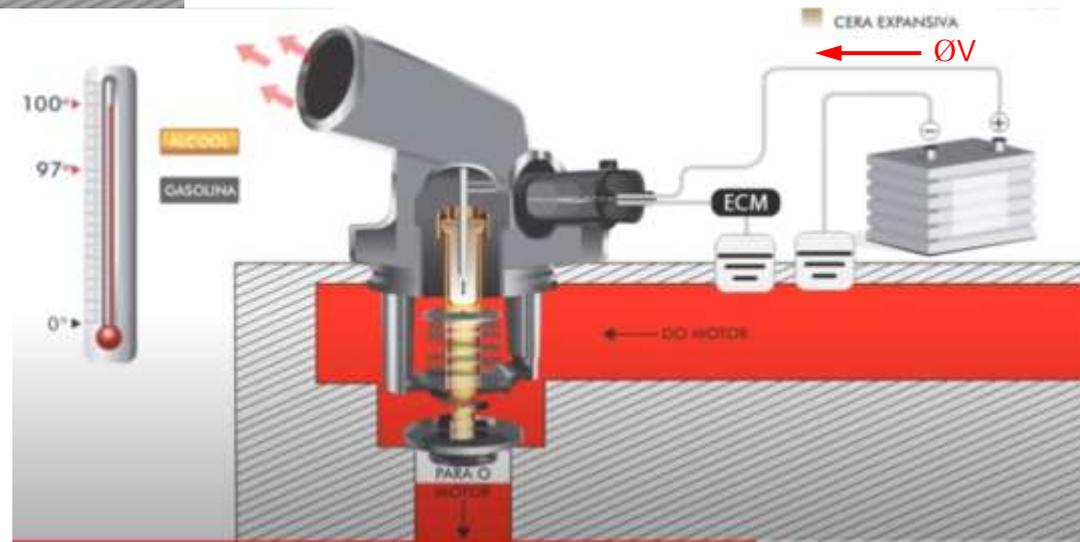
VÁLVULA TERMOSTÁTICA – COM AQUECIMENTO

- É uma válvula termostática que além da função normal tem uma resistência elétrica do tipo PTC, que pode funcionar também pelo aquecimento da resistência elétrica, esse recurso permite trabalhar com duas temperaturas distintas em função do combustível utilizado por exemplo.



Quando o motor está rodando com gasolina a temperatura é de 97°C, a resistência recebe energia e mantém a cera mais aquecida para trabalhar com essa temperatura do liquido refrigerante seja mais baixa devido ao maior fluxo.

Quando o motor está rodando com alcool a temperatura é de 100°C, a resistência não recebe energia, dessa forma a cera mais fria faz com que a válvula abra menos mantendo a temperatura mais alta devido ao menor fluxo.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - COMPONENTES

BOMBA DE ÁGUA

- É o componente do sistema de arrefecimento responsável pela circulação do líquido refrigerante pelo sistema como um todo (radiador/motor/aquecimento interno). Normalmente o acionamento é feito através de uma correia ligada ao virabrequim, pode ser uma correia V convencional, poli V ou também, em alguns tipos de motores é acionada pela correia dentada do motor. Em muitos motores diesel, por uma questão de layout, ela é acionada por engrenagem dentro da caixa de distribuição do motor.



Bomba do Motor
AP 827 VW



Bomba do Motor
GM 1,8L Cruze



Bomba do Motor
Toyota Corolla

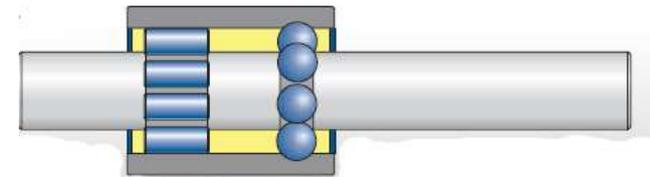
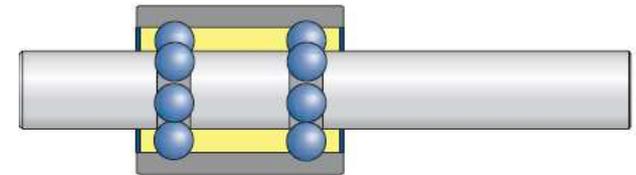
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - COMPONENTES

BOMBA DE ÁGUA

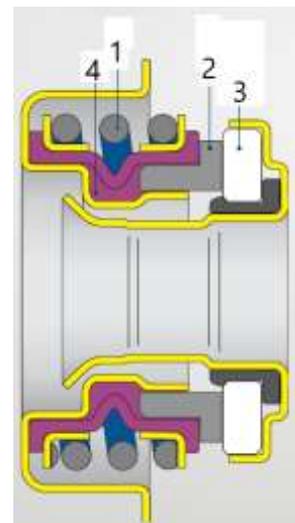
- A bomba de água é basicamente composta pelos componentes abaixo, podendo haver variações no tipo de acionamento, correia dentada, correia poliV, correia trapezoidal, etc.
- A carcaça normalmente é feita em ferro fundido ou alumínio, a vedação no bloco demanda algum tipo de junta, borracha, papel apropriado.
- O rolamento é específico e pode ser de duas carreiras de esferas ou uma de esferas e outra de rolos.
- O selo cartucho promove a vedação dinâmica da bomba.
- O rotor que faz a impulsão do líquido refrigerante pode ser feito em polímero, chapa ou ferro fundido. Sendo que pode ser aberto ou tipo turbina

Duas carreiras de esferas

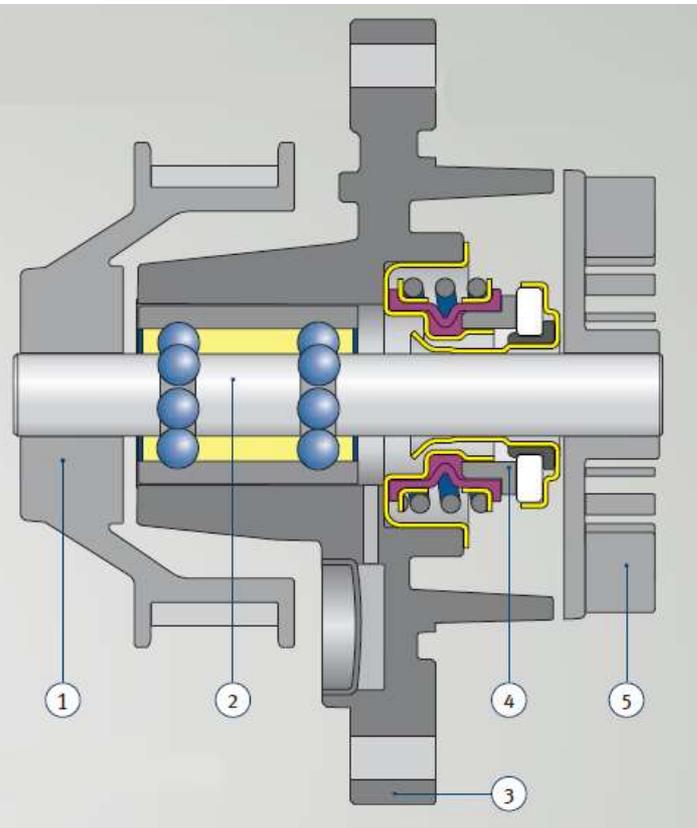


Uma carreira de rolos e uma de esferas

- 1 – Polia da bomba;
- 2 - Rolamento;
- 3 - Carcaça;
- 4 – Selo dinâmico, cartucho;
- 5 – Rotor.



- 1 – Mola espiral;
- 2 – Pista fixa;
- 3 – Pista móvel;
- 4 – sanfona de vedação.



MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

ARREFECIMENTO POR CIRCULAÇÃO DE ÁGUA - COMPONENTES

BOMBA DE ÁGUA

- A bomba também é dotada de uma câmara chamada de cata-gotas, como o selo por mais estanque que seja sempre apresenta um vazamento mínimo admissível, essa câmara tem a função de reter o pouco de líquido refrigerante dentro dela para que haja tempo de esse volume de líquido evaporar e dessa forma não pinga no chão e não causa preocupação ao proprietário.
- Junto com essa câmara há também um respiro para sair o vapor. Tanto essa câmara como o respiro são também o ponto de saída para o líquido refrigerante em caso de falha no selo de vedação, falha essa que ocorre na maioria das vezes por excesso de quilometragem ou em caso de falta de líquido refrigerante a bomba acaba trabalhando seca com excesso de temperatura nas pistas do selo, causando a falha no mesmo.

