

## CAPÍTULO 6 - SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

### INTRODUÇÃO

O Sistema de Refrigeração tem por objetivo impedir que os elementos mecânicos do motor atinjam uma temperatura muito elevada ao contato com os gases da combustão.

Assim sendo, a manutenção da temperatura ideal de trabalho evitando o desgaste, detonação da mistura, as folgas adequadas e a viscosidade do lubrificante é responsabilidade do sistema de refrigeração.

A perda de calor do sistema durante os cursos de compressão e expansão contribui para reduções em potência e eficiência, até cerca de 10% da potência e da eficiência do ciclo equivalente de A/C.

Além do calor transmitido do fluido de trabalho durante os cursos de compressão e expansão, uma parcela ponderável é transmitida para a estrutura do cilindro e, conseqüentemente, para o meio refrigerante, durante o processo de descarga. O atrito do pistão também constitui uma fonte de mensurável fluxo de calor. Assim, o fluxo total de calor no sistema de refrigeração é muito maior do que o fluxo de calor dos gases durante o ciclo de trabalho.

O processo de refrigeração envolve o fluxo de calor dos gases, sempre que a temperatura destes excede a da parede do cilindro. O atrito é outra causa de fluxo de calor para as diversas partes do motor. O atrito mecânico ou o fluido eleva a temperatura do lubrificante e das partes envolvidas, resultando em fluxo de calor para as partes vizinhas ao resfriador e de lá para o refrigerante.

As perdas de calor, direta e por atrito, reduzem a potência disponível e a eficiência em comparação com o ciclo A/C correspondente (teórico). O estudo das perdas de calor no motor é importante não apenas do ponto de vista da eficiência, mas também para o projeto do sistema de refrigeração e, talvez, por uma razão ainda mais forte como o entendimento do efeito do fluxo de calor, sobre as temperaturas de operação dos componentes do motor.

### PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

**Condução.** É o processo de transferência de calor por meio de movimento molecular através dos sólidos e dos fluidos em repouso. Este é o mecanismo pelo qual o calor flui através da estrutura do motor.

**Radiação.** É o processo de transmissão de calor através do espaço. Ele tem lugar não apenas no vácuo mas, também, através de sólidos e fluidos transparentes aos comprimentos de onda na faixa espectral, visível e infravermelha. Uma pequena parte do calor transmitido para as paredes dos cilindros, pelos gases quentes, flui por este processo.

**Convecção.** É o processo de transmissão de calor através dos fluidos em movimento, e entre um fluido e uma superfície sólida com movimento relativo. Este tipo de transmissão de calor envolve a condução, assim como o movimento do fluido.

**Convecção natural.** É o termo usado quando o movimento do fluido se dá devido às diferenças de densidade em um campo gravitacional. (Termo-sifão)

**Convecção forçada.** É o termo usado para indicar o processo de transmissão de calor entre o fluido e uma superfície sólida com movimento relativo, quando este é provocado por forças que não

decorrem da gravidade. **A maior quantidade de calor que flui entre o fluido de trabalho e as peças do motor, e entre estas e o fluido de refrigeração, é transmitida por este processo.**

## TIPOS DE SISTEMAS

**Refrigeração a ar.** Este método apresenta uma grande simplicidade de execução e de manutenção. Os cilindros do motor (às vezes, também, o cárter) possuem aletas, de maneira a aumentar a superfície de contato com o ar, permitindo uma melhor troca de calor com o meio.

Nos sistemas de ventilação natural, é o deslocamento do veículo que provoca a circulação de ar em volta dos cilindros (motocicletas). A eficácia da refrigeração depende, portanto, da velocidade do mesmo. Ela é suficiente a velocidades normais e altas, porém insuficiente quando parado ou a plena potência em relação de transmissão inferiores.

Os sistemas de ventilação forçada são compostos por um ventilador ou por uma turbina acionada pelo motor. Esta solução é necessária sempre que os cilindros do motor são no interior do veículo. O ar recalçado pelo ventilador é conduzido por tubulações de chapa até às proximidades dos cilindros e dos cabeçotes. Em seguida, o ar sai para a atmosfera.

A ventilação forçada permite uma refrigeração suficiente em todas as condições de funcionamento do motor. Contudo, em condições climática desfavoráveis (frio) a ventilação é excessiva, e a refrigeração tende a levar o motor a funcionar a uma temperatura muito baixa. Corrige-se este defeito pelo emprego de um obturador que limita a quantidade de ar aspirado. Este obturador pode ser acionado por um comando manual ou por um dispositivo termostático situado na corrente de ar quente que sai do motor.

O comando por termostato é automático, sendo colocado de modo a ser atingido pelo ar quente que vem dos cilindros. O calor provoca a dilatação do termostato que, por um comando mecânico, abre o obturador situado à entrada do ventilador.

Para controlar a temperatura de funcionamento de uma motor de refrigeração a ar, coloca-se um termostato sobre o cárter ou no óleo de lubrificação.

De um modo geral, a refrigeração a ar faz com que o motor funcione a temperaturas muito variáveis. A ajustagem dos pistões, segmentos e válvulas exige folgas de dilatação suficientes. O óleo deve ser de excelente qualidade.

## Refrigeração a água

A água é utilizada como condutor de calor entre o motor e o ar atmosférico. O forte calor específico da água permite obter uma excelente refrigeração pelo simples contato com o exterior dos cilindros e do cabeçote. Deste fato, resulta uma maior estabilização da temperatura do motor e, conseqüentemente, condições de funcionamento mais regulares.

A refrigeração a água compreende:

1) uma câmara de água em volta dos cilindros, dos assentos das válvulas e dos cabeçotes; essa câmara possui na sua parte inferior uma entrada de água fria e, na parte superior, uma saída de água quente; freqüentemente, coloca-se um bujão de esvaziamento no local mais baixo da câmara de água;

2) um radiador cujo elemento de refrigeração tem a forma de um favo, tubular ou com tiras; a parte superior do radiador possui sempre uma saída de segurança chamada "registro"; esta saída limita a pressão na circulação quando, por aquecimento, o volume do líquido aumenta (aumento médio 0,3 a 0,81).

Alguns projetos substituem a válvula por um recipiente de expansão hermeticamente fechado. Quando a temperatura da água no radiador for elevada, a água do radiador é realçada para o recipiente, o nível do líquido eleva-se, o que provoca um aumento da pressão. A frio, a contração do líquido abaixa o nível no recipiente e a pressão diminui quando em repouso. Os bujões do radiador e do recipiente de expansão são, de um modo geral, chumbados e o líquido deve possuir permanentemente a dosagem normal de anticongelante.

Atualmente, coloca-se no bujão do radiador uma válvula com mola calibrada de modo a obter uma pressão de 0,3 a 0,5 bar (300 a 500 g/cm<sup>2</sup>) superior à pressão atmosférica. Esta pressão eleva a temperatura de ebulição de água para mais de 383 °K (110 ° C). Evita-se, assim, que a água ferva quando com o motor em funcionamento, e onde a pressão atmosférica é mais baixa.

3) um ventilador, destinado a provocar uma intensa circulação de ar através do elemento de refrigeração do radiador;

4) uma bomba centrífuga de baixa pressão e alta vazão que recalca a água do radiador para o bloco do motor.

Freqüentemente, colocam-se o ventilador e a bomba sobre o mesmo eixo, a meia altura do sistema de refrigeração. Portanto, a bomba atua apenas como acelerador de circulação.

### Sistema de refrigeração natural - Termossifão

Este tipo de motor não possui bomba (obsoleto).

A circulação de água efetua-se naturalmente pela diferença de densidade entre a água fria (menos densa) do motor e a água quente (mais densa) do radiador. É a circulação por termossifão. Nesse caso, os tubos e passagens de água tem grande seção.

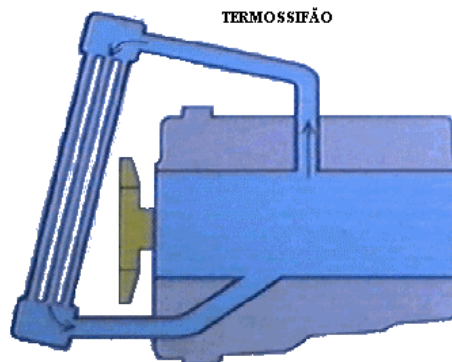
A circulação por termossifão tem as seguintes particularidades:

Aquecimento rápido do motor quando do acionamento a frio, porque a água só circula depois de ter sido aquecida;

Circulação proporcional ao calor desprendido pelo motor;

Grande diferença de temperatura entre as partes superior e inferior do radiador, daí o perigo de congelamento no inverno;

Necessidade de manter sempre o volume completo da circulação para permitir o a circulação natural.

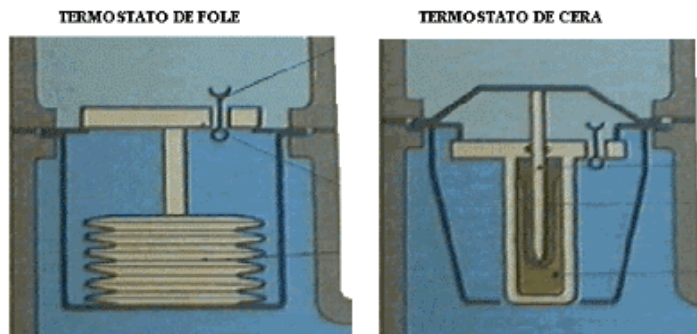


### Sistema de circulação forçada - por bomba

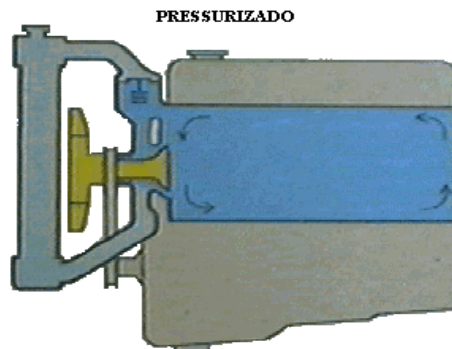
A circulação por bomba é mais rápida, o que resulta uma menor diferença de temperatura nas extremidades do radiador e menos riscos de congelamento no inverno. Contudo, quando se aciona o motor, a água fria entra imediatamente em circulação, e o aquecimento do motor é mais lento.



A utilização neste caso de um termostato freia e mesmo interrompe a circulação de água se a sua temperatura não for superior a 353 °K (80 °C). O termostato é, freqüentemente, completado por uma passagem auxiliar que, no caso de este estar fechado, permite que a água que sai do motor volte ao bloco de cilindros sem ter que passar pelo radiador. Assim, o aquecimento do motor é acelerado.



Em um motor de combustão interna, a refrigeração a água mantém uma temperatura de funcionamento mais regular que a refrigeração a ar. A temperatura das paredes do cilindro não ultrapassa 393 °K (120 °C).



## Anticongelantes

Para evitar que, no inverno a água congele, junta-se lhe álcool ou glicerina pura.

O álcool dilui-se facilmente; a mistura permanece homogênea, mas, como o álcool se evapora mais facilmente que a água, deve-se verificar a sua proporção periodicamente.

A resistência ao frio depende da quantidade de álcool ou de glicerina que se adicionou à água.

O emprego de anticongelantes é uma medida de segurança. Contudo permitir-se-ão melhores arranques se o ambiente estiver em local aquecido ou se houver um sistema de aquecimento na circulação. O acionamento de um motor cuja temperatura é inferior a 273 °K (0 °C) apresenta certas dificuldades e alguns perigos. Se não houver lubrificação, o metal mais frágil poderá sofrer, sob o efeito de choques, um começo de ruptura (molas de válvulas, etc.).