

The logo features the lowercase letters 'dnk' in a bold, black, sans-serif font. To the right of 'dnk' is a yellow arrow pointing to the left, containing the word 'AUTOMOTIVE' in a smaller, black, uppercase, sans-serif font. A registered trademark symbol (®) is located at the top right of the yellow arrow.

dnk AUTOMOTIVE[®]

A MARCA DO PROFISSIONAL

AULA 01

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

FUNÇÃO DO SISTEMA E COMPOSIÇÃO DOS LÍQUIDOS



SISTEMA DE ARREFECIMENTO

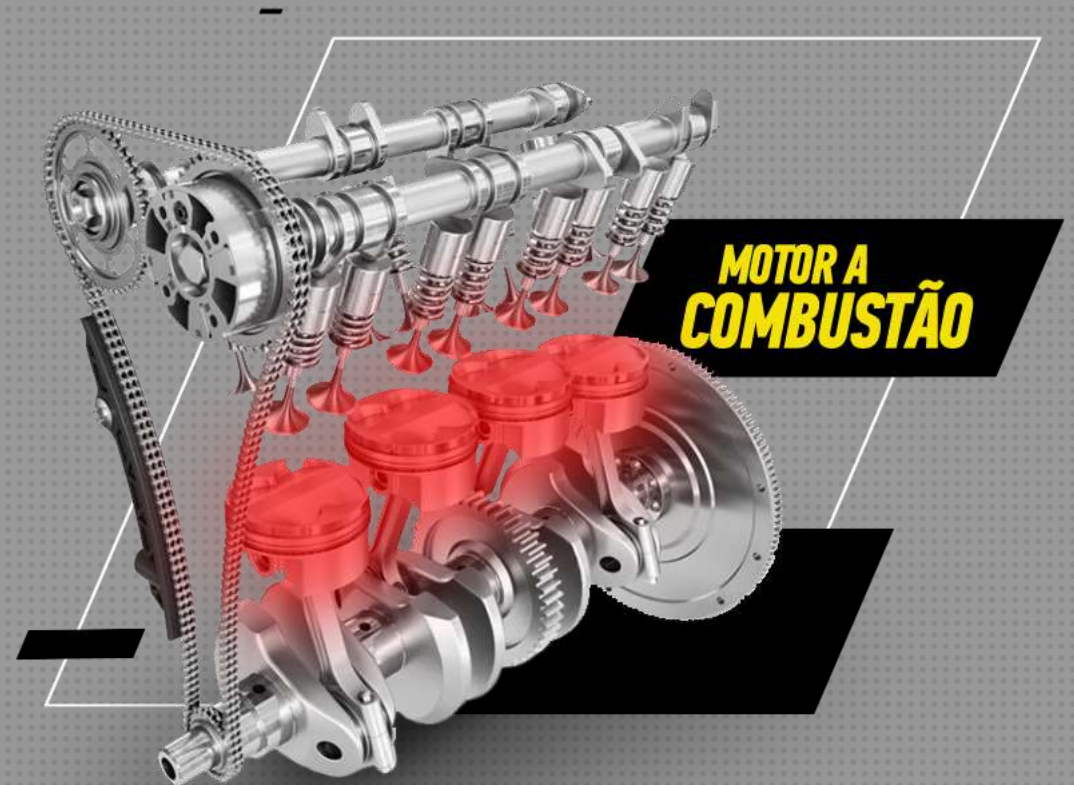
MOTORES ENDOTÉRMICOS

Antes de avaliarmos o sistema de arrefecimento, reforçar algumas características especiais dos motores endotérmicos é importante.

Motores endotérmicos são aqueles que geram movimento através da queima de um combustível (Gasolina, álcool, GNV e Diesel, por exemplo).

Existem duas condições naturais deste tipo de motor que tornam necessária a presença do sistema de arrefecimento para garantir o desempenho e rendimento corretos:

- Alta temperatura de combustão
- Baixo rendimento



SISTEMA DE ARREFECIMENTO

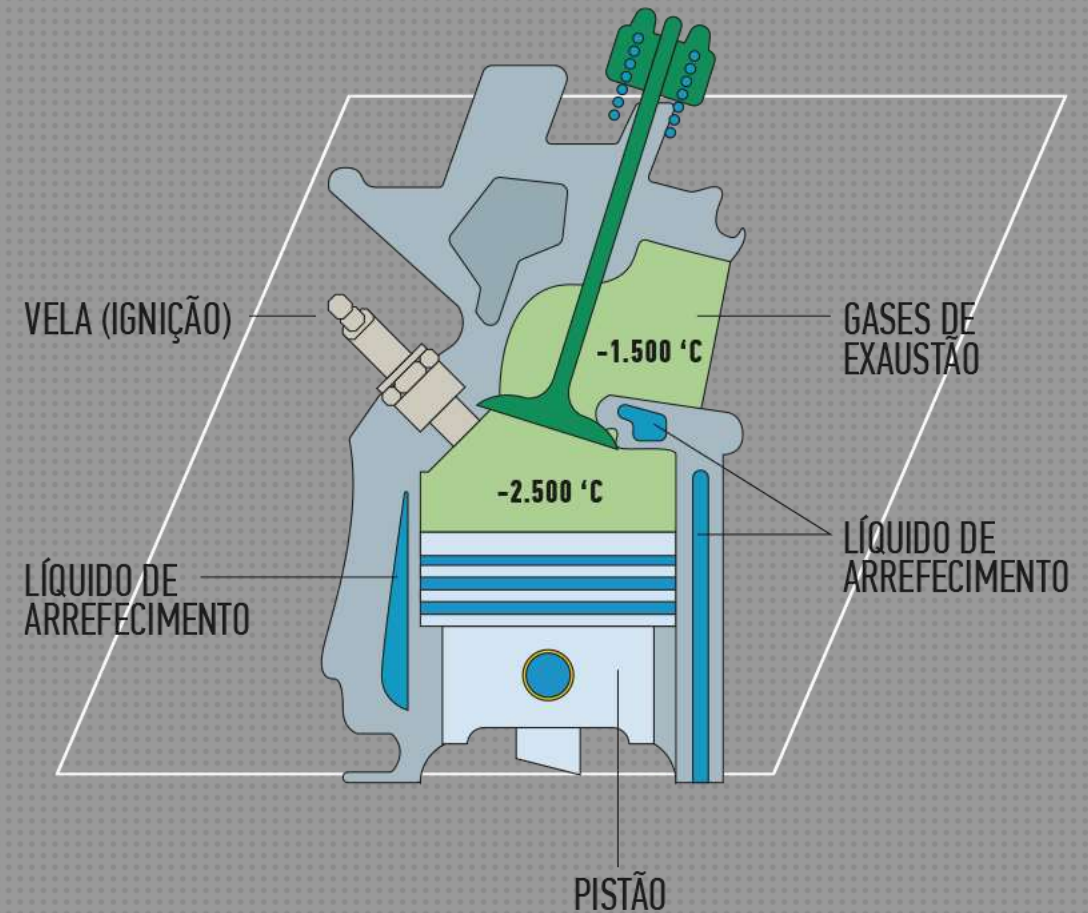
MOTORES ENDOTÉRMICOS

- Alta temperatura de combustão
Dependendo da configuração, projeto e combustível usados, a temperatura no momento da combustão pode atingir valores muito altos, na casa dos 2.500 °C.

Para comparação, o ferro fundido derrete em temperaturas próximas aos 1.200 °C.

Já o caso do alumínio é ainda mais crítico, tendo temperatura de fusão próxima aos 700 °C!

Estas temperaturas não são constantes, e duram apenas alguns instantes, mas já indicam a importância do controle da temperatura do motor...



SISTEMA DE ARREFECIMENTO

MOTORES ENDOTÉRMICOS

- Baixo rendimento

Dos 100% da energia gerada pelo motor, apenas 1/3 (33%) é aproveitada para gerar movimento ao veículo. O restante da energia (2/3 ou ~67%) são transformados puramente em calor sem uso ou aproveitamento energético relevante para a operação do motor.

Uma análise válida a ser feita é de que para cada litro de combustível gasto, utilizamos cerca de 300ml para gerar movimento e os 700ml restantes são transformados em calor...

Os 67% de energia transformados em calor são dissipados em conjunto pelo sistema de exaustão e pelo sistema de arrefecimento.



/ 1 LITRO COMBUSTÍVEL /
=
/ 700ML CALOR /
+
/ 300ML MOVIMENTO /

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

COMPONENTES DO SISTEMA

Mas toda esta quantidade de calor deve ser devidamente controlada e é por isto que existe o sistema de arrefecimento.

Este sistema tem como função realizar a gestão térmica do motor e isto é realizado com a operação conjunta dos componentes deste sistema: Radiador, bomba d'água, válvula termostática, reservatório de expansão, tampa, sensores e também do líquido de arrefecimento.

Gestão térmica é controlar a grande quantidade de calor gerada pelo motor garantindo que apenas o calor necessário para atingir a temperatura de operação e manter ela constante.

Com a gestão térmica eficiente, o motor opera em condições mais propícias para entregar o melhor desempenho e não sofre desgaste prematuro.

O líquido de arrefecimento também é um componente do sistema, embora não seja uma peça sólida como as demais

GESTÃO TÉRMICA

/ AUMENTA EFICIÊNCIA MOTOR /

/ REDUZ DESGASTE /

/ REDUZ CONSUMO COMBUSTÍVEL /

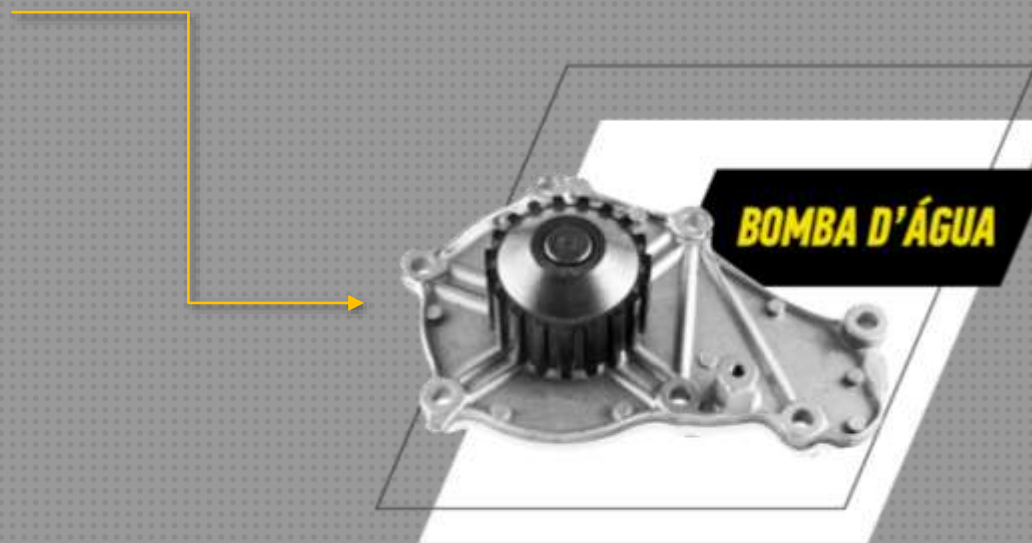
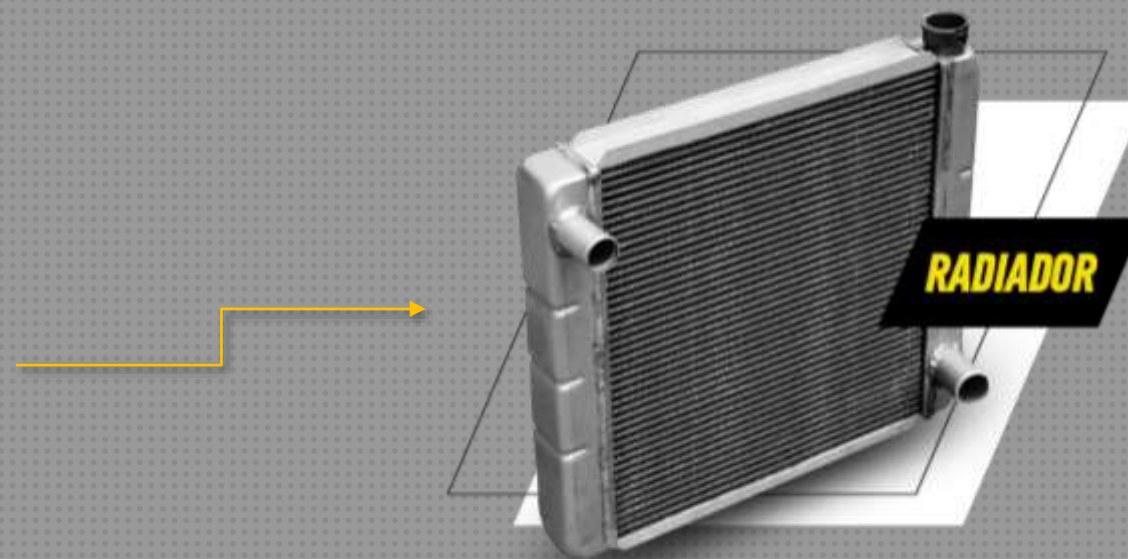
SISTEMA DE ARREFECIMENTO

COMPONENTES DO SISTEMA

O radiador, possui formato especial que possibilita eliminar rapidamente o calor acumulado no líquido de arrefecimento e é a principal ligação entre o sistema e o ambiente externo e faz isto ao forçar a circulação do líquido através de longos tubos de pequeno diâmetro e cobertos de aletas que removem o calor por convecção.

Já a bomba **d'água** é o coração do sistema de arrefecimento. Ela é responsável por manter o líquido circulando por todo o sistema e assim permite que o calor em excesso retirado do bloco seja conduzido até o radiador.

Sistemas mais novos contam com bombas elétricas que são operadas por motores elétricos e eliminam a dependência deste componente com a rotação do motor, trazendo maior eficiência e agilidade na gestão térmica.



SISTEMA DE ARREFECIMENTO

COMPONENTES DO SISTEMA

A válvula termostática é responsável por ajudar na estabilidade da temperatura do motor e normalmente tem atuação mecânica, embora alguns modelos já operam com o auxílio de um dispositivo elétrico que aumenta a faixa de operação deste componente e dá maior flexibilidade para o controle da temperatura.

Por muito tempo a válvula termostática foi negligenciada e tratada como vilã, mas sua presença é fundamental para a correta operação do sistema de arrefecimento e do motor, principalmente em motores modernos.

O reservatório de expansão e a tampa trabalham em conjunto com o propósito de regular a pressão do sistema através da dilatação (aumento de volume) que o líquido sofre ao aquecer.

O comportamento normal da maioria massiva das substâncias é aumentar seu volume (dilatar) quando sofrem aquecimento.

A pressurização do sistema permite elevar a temperatura de ebulição e então alcançar faixas maiores de operação.



SISTEMA DE ARREFECIMENTO

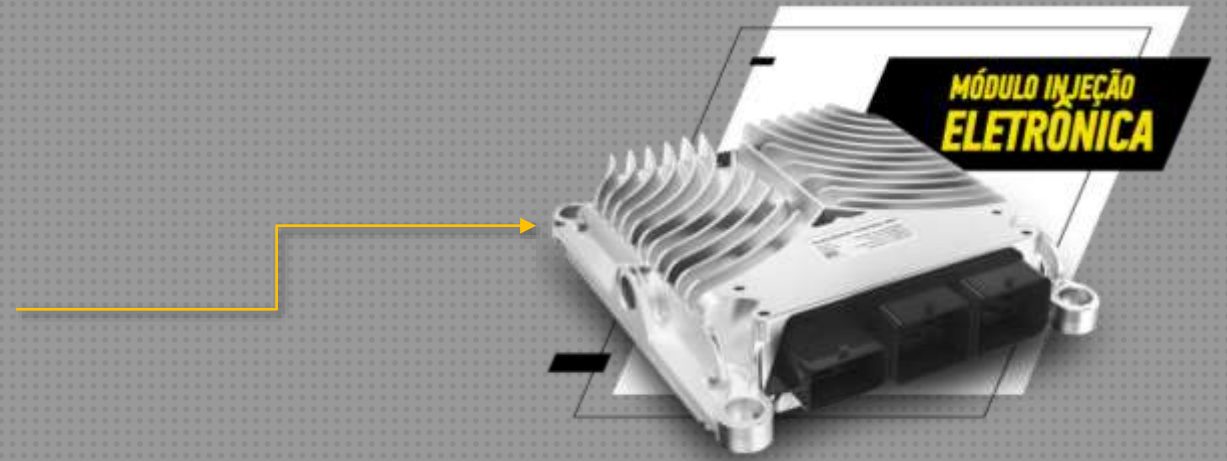
COMPONENTES DO SISTEMA

Ainda temos os sensores que fazem a leitura da temperatura e de outras informações no sistema de arrefecimento, informando estes dados para diversos módulos do veículo, otimizando a gestão térmica.

A informação obtida pelos sensores também é enviada para o módulo da injeção, por exemplo, que ajusta o fornecimento de combustível levando em consideração os dados de temperatura coletados.

A evolução tecnológica do sistema de arrefecimento, tem como origem principal a necessidade de desenvolver motores mais eficientes e menos poluentes.

Carros híbridos e elétricos também possuem sistema de arrefecimento e a diferença destes para os veículos convencionais é que atuam refrigerando também inversores e motores elétricos, além dos conjuntos de baterias.



SISTEMA DE ARREFECIMENTO

LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO

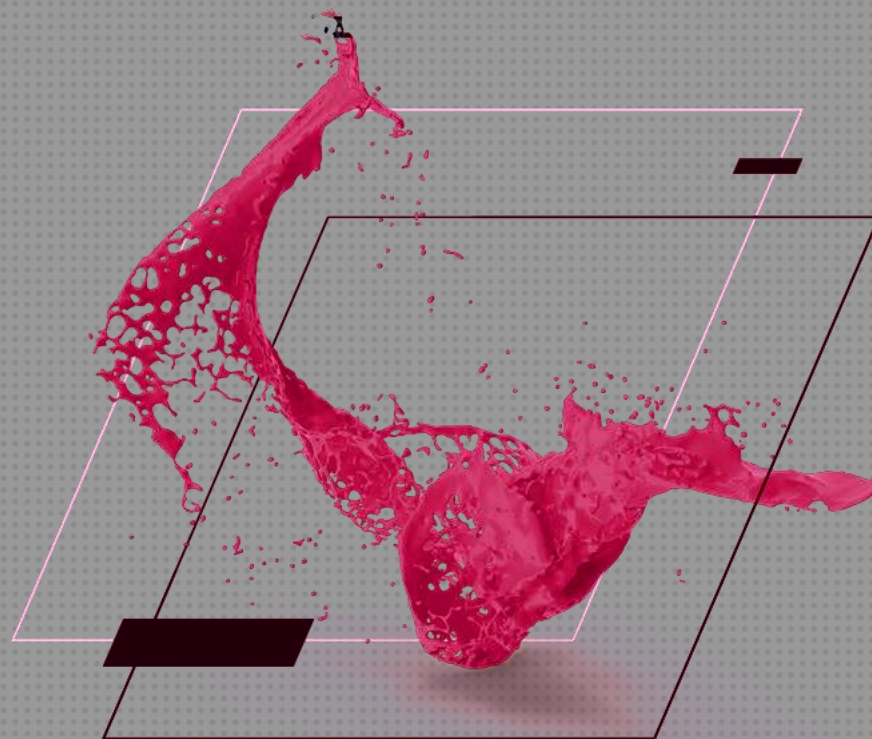
O último, mas não menos importante, componente do sistema de arrefecimento é o líquido de arrefecimento, também conhecido como aditivo, fluido ou solução arrefecedora é o coração do sistema.

- Líquido de arrefecimento ou solução arrefecedora: Mistura de aditivo concentrado e água desmineralizada aplicado ao sistema de arrefecimento.
- Aditivo ou fluido para radiador: Produto concentrado que deve ser diluído com água desmineralizada antes da aplicação no sistema de arrefecimento.

Sua papel é absorver o calor em excesso gerado pelo motor e o conduzir até o radiador onde será dissipado para o meio externo.

Para realizar isso de forma eficiente, o líquido de arrefecimento necessita algumas propriedades fundamentais:

- ANTIFERVURA
- ANTICONGELANTE
- LUBRIFICANTE



SISTEMA DE ARREFECIMENTO ANTIFERVURA

Estas três propriedades são fornecidas pelo GLICOL BASE.

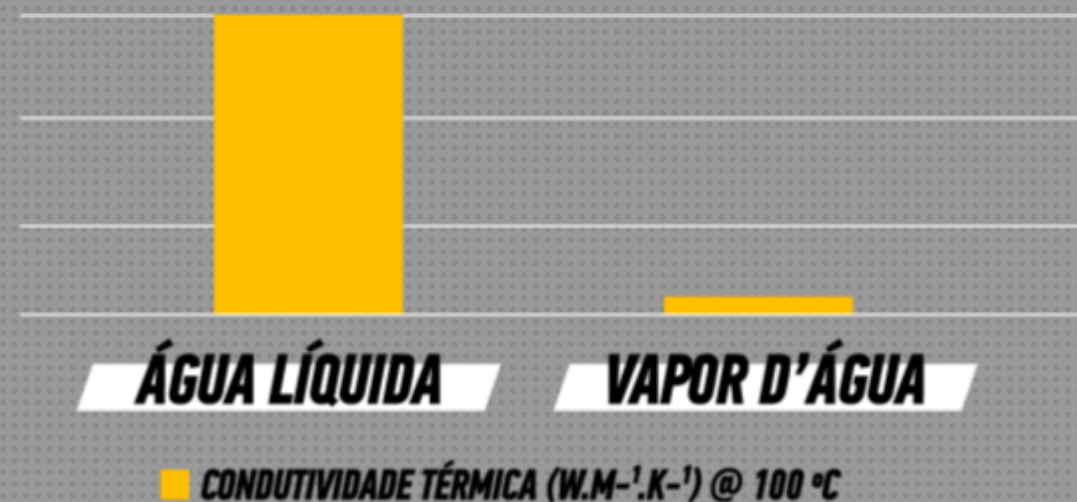
A ação antifervura é a mais importante e responsável por aumentar a faixa de temperatura em que a solução arrefecedora permanece no estado líquido.

Isto é fundamental pois a solução só é capaz de absorver e conduzir o excesso de calor corretamente enquanto estiver na fase líquida.

Ao entrar em ebulição e virar vapor, a solução reduz drasticamente sua capacidade de conduzir calor levando ao sobreaquecimento do motor.

Quando falamos que um motor "ferveu", na verdade quem ferveu foi a solução arrefecedora, que levou ao acúmulo excessivo de calor e a danos gravíssimos ao motor.

CAPACIDADE DE CONDUZIR CALOR LÍQUIDO X VAPOR



SISTEMA DE ARREFECIMENTO ANTIFERVURA

Durante a operação do motor, atingimos temperaturas altíssimas, como já vimos anteriormente. Estas temperaturas, porém, não são constantes e também não se aplicam ao líquido.

Para nosso estudo, podemos assumir uma temperatura média do líquido na faixa dos 90 °C para a maioria dos veículos.

TEMPERATURA EXTERNA DO CILÍNDRO:

200 °C

A temperatura externa dos cilindros pode ultrapassar os 200 °C.

**TEMPERATURA
MÉDIA DO LÍQUIDO:**

90 °C

Como o líquido está sempre em circulação pelo sistema sem permanecer muito tempo no mesmo lugar, absorve uma parte do calor das superfícies muito aquecidas como os cilindros, e segue viagem.

Ao absorver calor, a temperatura da solução arrefecedora é aumentada. Ao elevarmos a temperatura de ebulição da solução, garantimos que não ocorra a formação de vapor enquanto circula pelas regiões quentes, o que poderia causar o colapso do sistema e do motor

SISTEMA DE ARREFECIMENTO LUBRIFICANTE E ANTICONGELANTE

A segunda função do líquido é lubrificar o sistema. Esta propriedade beneficia principalmente a válvula termostática, que conta com ação mecânica e necessita de lubrificação para sua operação.

A terceira função da solução arrefecedora é a anticongelante.

Aqui no Brasil ela perde um pouco sua importância, já que mesmo nas regiões mais frias raramente se atingem temperaturas negativas.

Mesmo com menor relevância, a ação anticongelante deve estar presente no líquido, já que ela é fornecida pelo GLICOL BASE, que entrega ao líquido também a ação antiferrugem.

A ação antiferrugem não pode ser descartada, pois como já vimos é vital para o correto funcionamento do motor.

GLICOL BASE

/ ANTIFERRUGEM /

/ LUBRIFICANTE /

/ ANTICONGELANTE /

ADITIVO = GLICOL

SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

Mas o que são exatamente estes GLICÓIS utilizados nos líquidos de arrefecimento?

São compostos orgânicos da família dos álcoois que, como já vimos anteriormente, fornecem as principais propriedades para o aditivo:

- ANTIFERVURA - ANTICONGELANTE - LUBRIFICANTE

GLICOL = COMPOSTO ORGÂNICO
GRUPO DOS ÁLCOOIS

SOLUÇÃO GLICOL + ÁGUA:

/ ELEVADO PONTO EBULIÇÃO /

/ BAIXO PONTO CONGELAMENTO /

Por entregarem estas propriedades, estas substâncias podem ser usadas como base para a fabricação dos aditivos.

Estas substâncias possuem em comum um alto ponto de ebulição e baixo ponto de congelamento quando misturadas em água.

SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

Existem três tipos de bases que podem ser utilizadas na fabricação dos aditivos:

A primeira e mais utilizada é o Monoetilenoglicol.

É referida também pelos termos:

- Etilenoglicol
- Etano-1,2-diol

Ou pelas siglas:

- M.E.G
- E.G

Quando você encontrar algum destes termos, saiba que eles se sinônimos para a mesma molécula, quando se tratar de aditivos para radiador.

ADITIVO TIPO A:
MONO ETILENO GLICOL (M.E.G)
ETILENO GLICOL (E.G)

SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

A segunda substância é o Propilenoglicol.

É conhecido também pelo termo propano-1,2-diol ou pela sigla P.G.

No Brasil esta base é pouco utilizada, pois seu custo é bastante elevado e não entrega nenhuma vantagem significativa em relação às demais bases.

O terceiro membro do grupo, chamado comercialmente de GLICÓIS, é atóxico, altamente biodegradável e derivado de fontes renováveis.

Sua utilização tem um alto ganho em sustentabilidade.

ADITIVO TIPO B:
PROPILENO GLICOL (P.G)

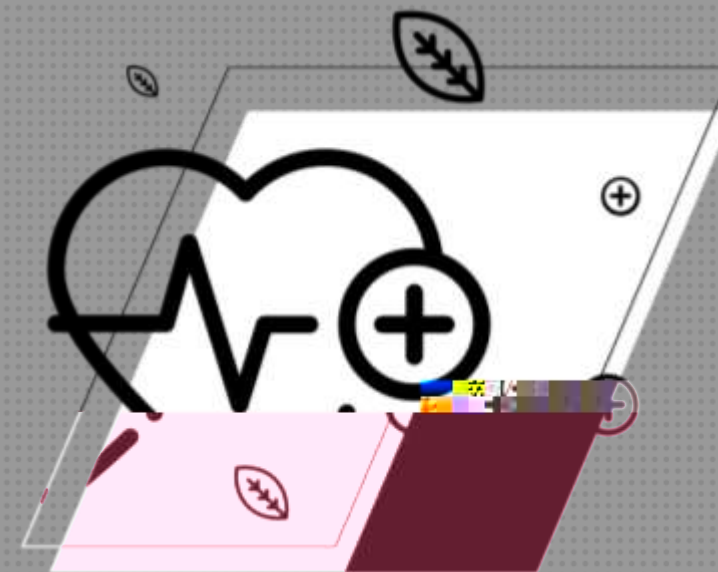
ADITIVO TIPO C:
GLICÓIS (BLEND)

SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

Quando comparamos as propriedades das três bases, é possível notar que o Monoetilenoglicol (MEG) é a única entre elas que é tóxica.

Este, infelizmente, é um ponto negativo levando-se em conta o uso contínuo do líquido de arrefecimento.

Já as demais bases são mais interessantes neste contexto, pois ambas são atóxicas.



Tipo	Glicol base	Tóxico	Biodegradabilidade	Temperatura de Congelamento °C*	Condutividade Térmica (W/m-K)	Calor Específico [J/(kg K)]	Temperatura de Ebulição °C**
A	Monoetilenoglicol	SIM	Média	-33°C	0.26	2495	~136°C
B	Propilenoglicol	-	Alta	-28°C	0.34	2400	~134°C
C	Glicóis	-	Muito Alta	-14°C	0.30	2430	~126°C

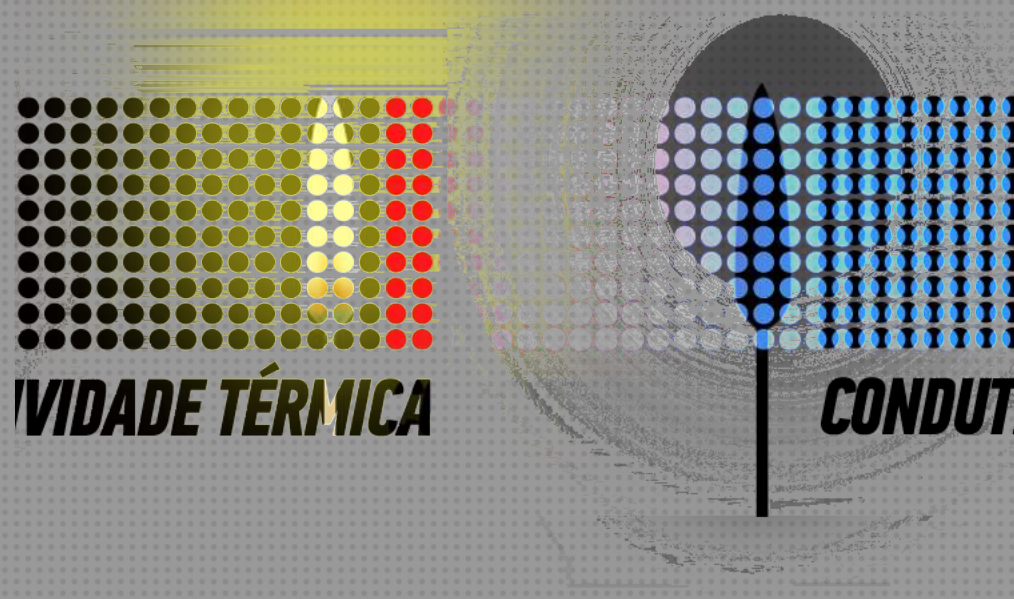
* Valores típicos para aditivo concentrado diluído à 50% com água desmineralizada. ** Valores típicos para aditivo concentrado diluído à 50% com água desmineralizada e sob pressão de 1,5 bar

SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

No conjunto de propriedades necessárias para uma substância ser considerada apta como base de aditivo, além da temperatura de ebulição e congelamento, temos a condutividade térmica e o calor específico.

A condutividade térmica nos mostra se determinada substância é capaz de absorver e dissipar o calor rapidamente.

Este parâmetro é importante, pois quando se prepara a solução de aditivo + água desmineralizada a condutividade térmica deve permanecer alta para garantir a dissipação efetiva do excesso de calor gerado no motor.



SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

O calor específico, por outro lado, é uma propriedade que indica o quanto de calor determinada substância é capaz de absorver sem que haja uma variação em sua temperatura.

Podemos pensar nela como um “amortecedor térmico” para o sistema de arrefecimento, que é capaz de absorver picos de calor gerados no motor sem causar uma grande variação na temperatura do líquido.

Quanto maior o calor específico, mais energia (calor) uma substância precisa absorver para que sua temperatura sofra variação.

Novamente, no líquido de arrefecimento é importante que este parâmetro seja elevado para garantir que após a diluição com água desmineralizada, mantenhamos valores e assim garantir que a temperatura da solução se manterá o mais estável possível.

Uma súbita elevação na temperatura, poderia ocasionar a formação de vapor e conseqüente colapso do sistema.

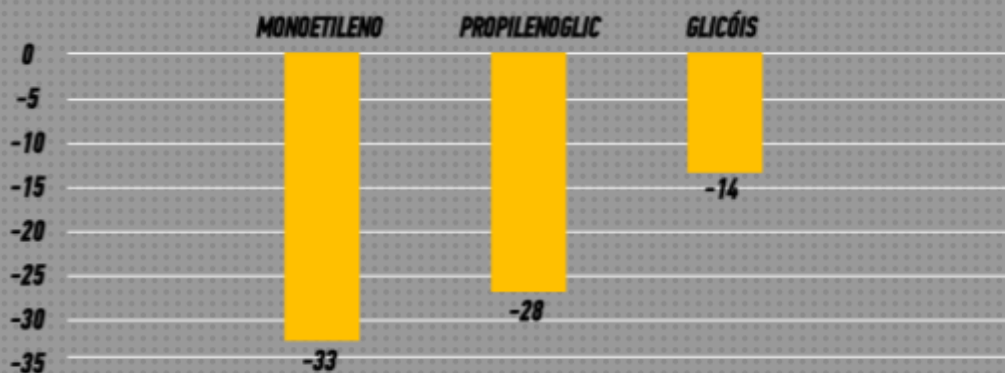


SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

A combinação ideal dos três parâmetros: condutividade térmica, calor específico e temperatura de ebulição, além da temperatura de congelamento é encontrada nas três bases:

MONOETILENOGLICOL PROPILENOGLICOL GLICÓIS

A única diferença de desempenho significativa entre elas está no ponto de congelamento, sendo o Monoetilenoglicol capaz de atingir as temperaturas mais baixas, seguido pelo Propilenoglicol e por último os Glicóis.



■ TEMPERATURA CONGELAMENTO (°C) X GLICOL BASE

**CONDUTIVIDADE TÉRMICA
CALOR ESPECÍFICO
TEMPERATURA EBULIÇÃO**
+
TEMPERATURA CONGELAMENTO
=
**MONOETILENOGLICOL,
PROPILENOGLICOL E GLICÓIS**

SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

Para regiões onde temperaturas negativas menores que $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ são esperadas, o uso de um produto à base de Monoetilenoglicol ou Propilenoglicol é obrigatório.

Para climas mais amenos, como o encontrado no Brasil e na maior parte de América Latina, um produto à base de GLICÓIS é perfeitamente capaz de proteger o sistema de arrefecimento e o motor.

Isso acontece, pois na remoção do excesso de calor (ação antiferrugem) do motor, tanto os produtos à base de GLICÓIS quanto os produtos à base de Monoetilenoglicol e Propilenoglicol possuem desempenho equiparado.

Nesta condição também é interessante a avaliação das questões ambientais e de saúde que cada base oferece, já que nos requisitos de desempenho todos os tipos são eficazes.



SISTEMA DE ARREFECIMENTO GLICOL BASE

Para regiões onde temperaturas negativas menores que $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ são esperadas, o uso de um produto à base de Monoetilenoglicol ou Propilenoglicol é obrigatório.

Para climas mais amenos, como o encontrado no Brasil e na maior parte de América Latina, um produto à base de GLICÓIS é perfeitamente capaz de proteger o sistema de arrefecimento e o motor.

Isso acontece, pois na remoção do excesso de calor (ação antiferrugem) do motor, tanto os produtos à base de GLICÓIS quanto os produtos à base de Monoetilenoglicol e Propilenoglicol possuem desempenho equiparado.

Nesta condição também é interessante a avaliação das questões ambientais e de saúde que cada base oferece, já que nos requisitos de desempenho todos os tipos são eficazes.





*FLUIDOS DE ALTO DESEMPENHO
PARA SISTEMAS DE ARREFECIMENTO*

