

N. CLASS.	m629.2504
CUTTER	m/495
ANO/EDIÇÃO	2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
FRANK HENRIQUE GUERRA MACHADO

SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE MOTORES AUTOMOTIVOS A
COMBUSTÃO INTERNA

Varginha
2015

FRANK HENRIQUE GUERRA MACHADO

**SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE MOTORES AUTOMOTIVOS A
COMBUSTÃO INTERNA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Thiago Luiz Nogueira Silva.

**Varginha
2015**

FRANK HENRIQUE GUERRA MACHADO

**SISTEMMA DE ARREFECIMENTO DE MOTORES AUTOMOTIVOS A
CONBUSTÃO INTERNA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em ____ / ____ / ____

OBS.:

Dedico este trabalho inicialmente a Deus, minha força nesta longa caminhada. A minha irmãs, namorada, principalmente aos meus pais, pelo exemplo e pelo apoio em toda esta trajetória. Finalmente aos meus colegas de sala, colegas de trabalho e professores que me auxiliaram na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelas minhas conquistas. Aos meus pais, minhas irmãs, namorada, toda minha família e amigos por nunca me deixarem desanimar nesta caminhada. Agradeço com muito carinho aos professores que me orientaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

“Não seja muito justo, e nem utilize sua sabedoria mais que o necessário, para que não venhas ser estúpido.”

Mario Quintana

RESUMO

Este trabalho vem explanar sobre métodos do sistema de arrefecimento do motor automotivo, através de pesquisas feitas em livros, revistas, artigos científicos, tendo como objetivo buscar a maneira mais viável e eficiente de se desenvolver o processo. Processo pelo qual garante o funcionamento e desempenho do motor, trabalhando a pesquisa em cima de diferenciar o sistema de arrefecimento a ar e a água, analisando custos, desempenho e manutenção destes, onde o sistema a ar apresenta-se de maneira mais simples, pois sua composição, funcionamento e manutenção ocorrem de forma vantajosa em relação ao custo de fabricação. Já o sistema a água possui uma complexidade tanto na sua composição e funcionamento, quanto na sua manutenção, mas mesmo sendo o método mais detalhado é este que trará o aprofundar de nossa pesquisa.

Palavras-chave: Sistema. Motor Automotivo. eficiencia.

ABSTRACT

This paper explains about methods of automotive engine cooling system, through research done in books, magazines, papers, aiming to seek the most feasible and efficient way to develop the process. The process by which ensures the operation and engine performance, working search over differentiate air cooling system and the water, analyzing costs, performance and maintenance of these, where the system air presents a simpler way, for its composition, operation and maintenance occur advantageously in relation to the cost of manufacturing. Since the system water has a complexity both in its composition and functioning, as its continuation, but even being the most detailed method is this that will bring the deepening of our research.

Keywords: *system. Automotive engine. efficient.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Motor de lenoir de 1860.....	11
Figura 02 – Bloco do motor (componentes fixos).....	13
Figura 03 – Representação dos componentes moveis	13
Figura 04 – Esquema do sistema de arrefecimento vw.	16
Figura 05 – Cabeçote aletado do fusca.....	17
Figura 06 – Ventilador.....	17
Figura 07 – Circuito do sistema de arrefecimento do motor	18
Figura 08 – Bomba D'Água	19
Figura 09 – Radiador	20
Figura 10 – Tampa do radiador	21
Figura 11 – Esquema de funcionamento da valvula termostática fechada.....	22
Figura 12 – Válvula termostática.....	23
Figura 13 – Reservatório de expansão.....	24
Figura 14 – Ventilador.....	25
Figura 15 – Tabela variação de densidade.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 ESTUDO TEORÍCO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO	11
2.1 Motor a combustão interna	11
2.2 Componentes do motor	12
3 SISTEMA DE ARREFECIMENTO.....	14
3.1 Sistema de arrefecimento a ar	15
3.1.1 Componentes do sistema	16
3.1.1.1 Aletas e Tubulações	16
3.1.2 Ventoinha ou ventilador	17
3.2 Sistema de arrefecimento a água.....	18
3.2.1 componentes do sistema	19
3.2.1.1 Bomba d'Água.....	19
3.2.1.2 Radiador	20
3.2.1.3 Valvula termostática	21
3.2.1.3.1 Teste de funcionamento da válvula	22
3.2.1.4 Reservatório de Expansão	23
3.2.1.5 Ventilador	24
4 LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO.....	25
4.1 Quantidade de aditivos na solução de arrefecimento.....	25
4.1.1 Vantagens	25
4.1.2 Desvantagens	26
4.2 Densidade da solução de arrefecimento	26
4.3 Anticongelantes.....	27
5 NANOFLUIDOS NO SISTEMAS DE ARREFECIMENTO	28
6 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O seguinte trabalho apresenta à análise de processo de arrefecimento dos motores automotivos (Ciclo Otto), buscando desenvolver uma forma de evitar o superaquecimento do motor, ocasionando o mal desempenho deste.

Através da evolução tecnológica automotiva, conseguimos desenvolver veículos de alto desempenho e que exigem dos motores sua maior eficiência, fazendo com que este superaqueça, necessitando de equipamentos que tem como função manter a temperatura estável, tendo assim o uso do sistema de arrefecimento, que tem como função, fazer a troca do líquido arrefecido com o calor do ar ambiente.

O processo de combustão para a geração de energia em forma de trabalho produz certa quantidade de calor, que não é utilizada para a formação de energia potencial, onde ela é dissipada através do sistema de arrefecimento, óleo lubrificante e os gases liberados da queima CROUSE e ANGLIN (1977).

O sistema tem como finalidade manter a temperatura ideal do motor a aproximadamente 90°C, para que os elementos mecânicos que o compõe não danifiquem o sistema devido ao contato direto com os gases que estão sendo comprimidos, queimados e expandidos no interior do motor, fazendo com que ocorra o aumento de temperatura imprescindível.

Segundo TILLMANN (2013), o sistema de arrefecimento a ar apresenta manutenção e execução simplificada, já o sistema arrefecido a água tem uma eficiência melhor, pois o controle de temperatura é mais estável em relação ao sistema refrigerado a ar, devido à troca de calor ser mais eficiente.

Portanto aqui demonstraremos o processo da ciência termodinâmica e transferência de calor, os principais componentes do sistema de arrefecimento e suas características, as necessidades de utilizar a porcentagem correta da mistura do líquido arrefecido e quais os principais problemas ocasionados pelo mau desempenho do processo de arrefecimento.

2 ESTUDO TEÓRICO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO

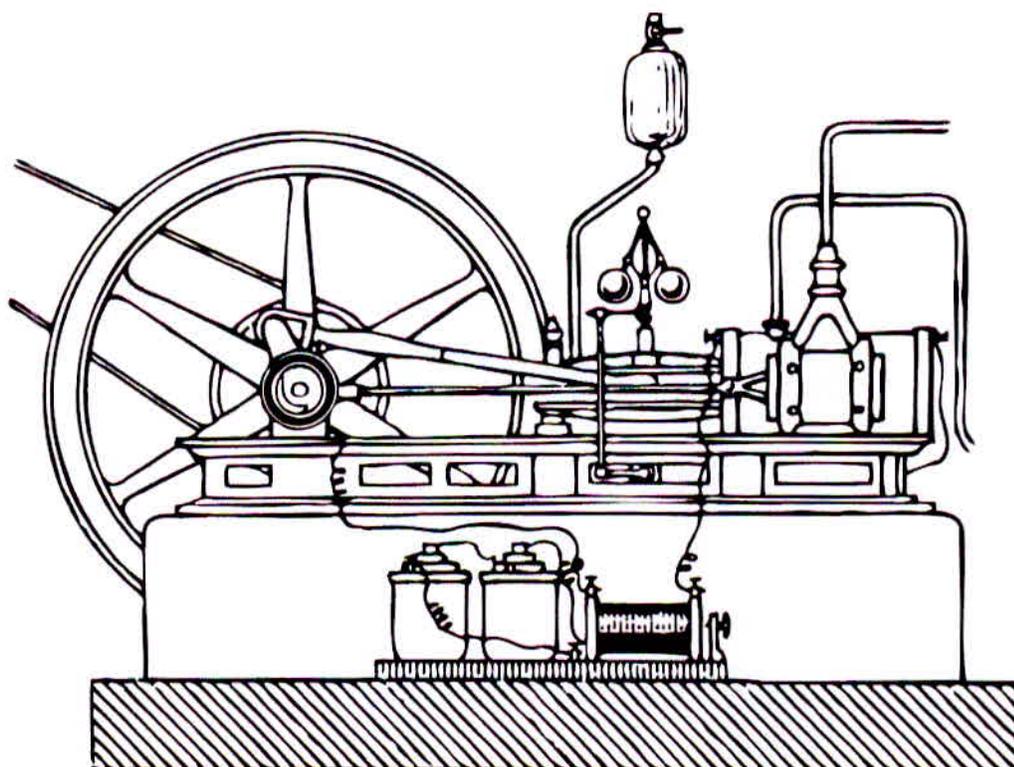
O objetivo deste está na análise de dois sistemas de arrefecimento; sistema a ar e sistema a água, buscando os conceitos de cada componente, o porquê da evolução destes e novas buscas de melhoria do Fluido de arrefecimento para obter maior eficiência.

2.1 Motor a combustão interna

Segundo relatos os motores de combustão surgiram com a invenção da arma de fogo. Na segunda metade do século XVII, quando se utilizou pólvora na movimentação de um pistão que se encontrava dentro de um cilindro Tillmann (2013).

O primeiro motor com um pistão, do qual a combustão ocorria dos dois lados foi desenvolvido por Jean Joseph Etienne Lenoir no ano de 1860, o controle acontecia através de válvulas de admissão e exaustão, onde se controlava os gases.

Figura 1: Motor de Lenoir de 1860



Fonte: (TILLMANN, 2013, p.16).

“Um dos métodos utilizados até hoje e o indicado por Beau de Rocha, onde apresenta as seguintes fases:” (TILLMANN, 2013, p. 18):

- a) Admissão durante o deslocamento do pistão “para fora”.
- b) Compressão durante o movimento do pistão “para dentro”.
- c) Ignição da carga de combustível + ar no ponto morto superior do pistão, seguida por expansão durante o deslocamento seguinte do pistão, para fora.
- d) Exaustão durante a corrida seguinte do pistão, para dentro.

Hoje em dia a indústria desenvolve constantes mudanças e aprimoramento dos projetos buscando uma melhor qualidade e eficiência na produção de motores, visando assim um melhor consumo e emissão TILLMANN (2013).

2.2 Componentes do motor

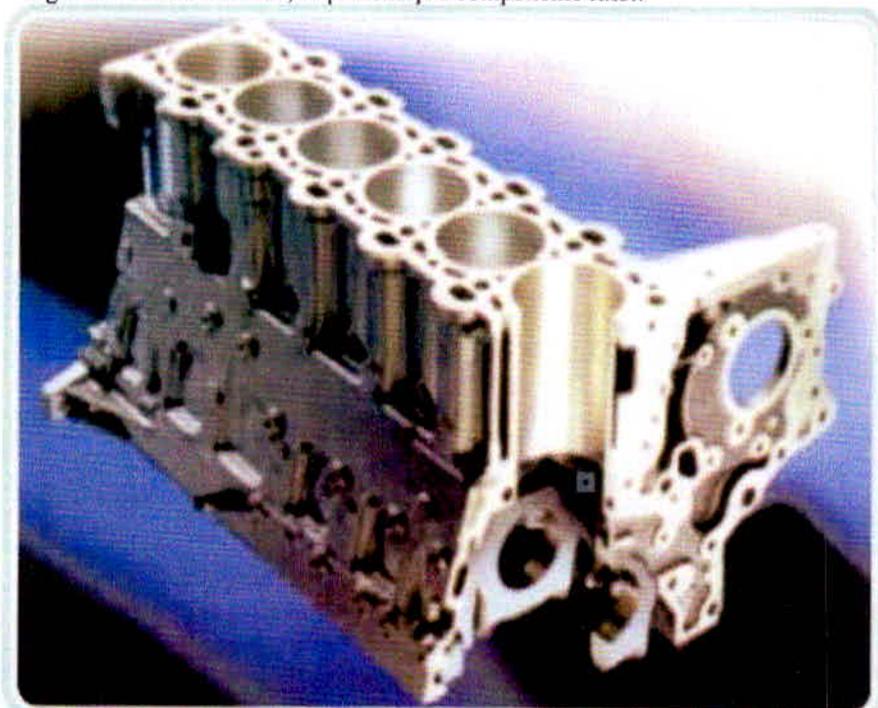
Componentes são partes que juntas trabalham para que ocorra o devido funcionamento do motor, atuando como auxiliares TILLMANN (2013).

Os componentes principais do motor são divididos em dois grupos: os fixos e os moveis. Sendo assim os fixos: o bloco do motor, cabeçote e o cárter e os moveis: pistão ou êmbolo, camisas, Biela, árvore de manivelas ou virabrequim, válvulas de admissão, válvulas de escape e árvore de comando de válvulas, guias e sede das válvulas, porcas, molas, bucha do balancim, parafuso regulador, mancais, tuchos, casquilhos ou bronzinas, compensadores de massa, volante, juntas, etc TILLMANN (2013).

No bloco do motor os materiais mais utilizados são os com ligas em ferro fundido, aço forjado, alumínio fundido e alumínio forjado. A escolha de qual liga utilizar depende do projeto ou tipo de motor e seu custo.

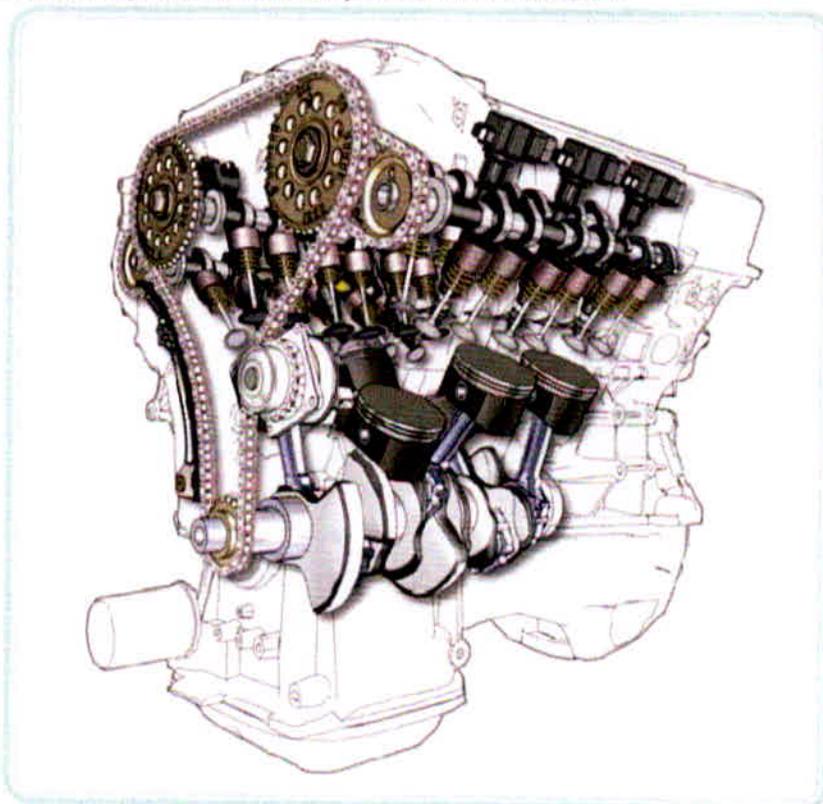
Os blocos do cilindro possuem camisas nas quais podem ter contato direto com o líquido de arrefecimento as mantendo úmidas aumentando assim a troca de calor, ou secas onde o líquido não faz contato direto.

Figura 2. Bloco do motor, representação componente fixo..



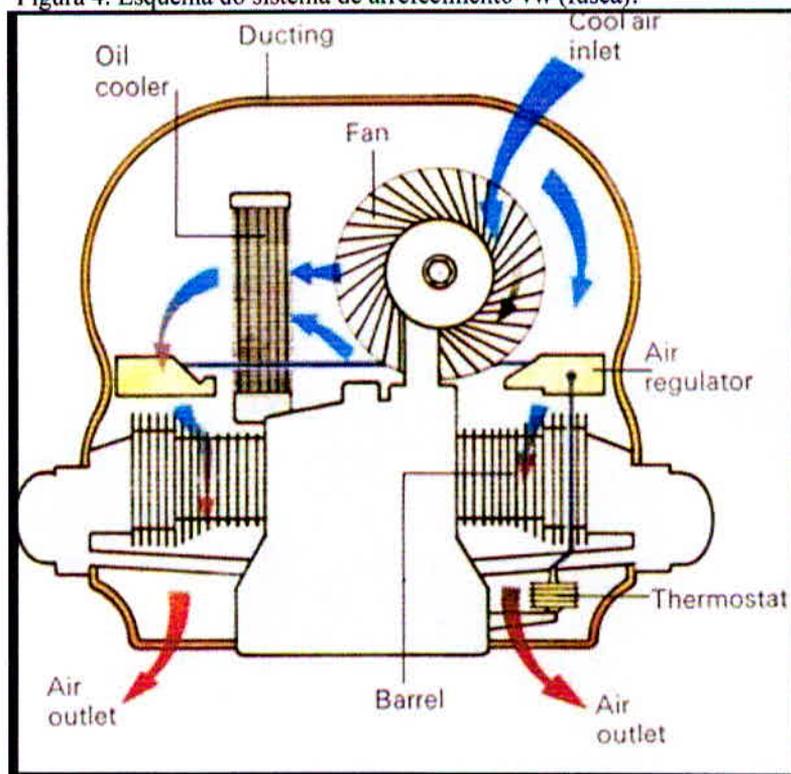
Fonte: (DAIMLER CHRYSLER, 2008 apud TILLMANN).

Figura 3. Representação dos componentes moveis do motor.



Fonte: (DAIMLER CHRYSLER, 2008 apud TILLMANN).

Figura 4. Esquema do sistema de arrefecimento vw (fusca).



Fonte: site (<http://www.carrosinfoco.com.br/>, 2014 f..3).

3.1.1 Componentes do sistema

São peças que juntas formam os sistema, como por exemplo:

3.1.1.1 Aletas e tubulação

As aletas têm como finalidade fazer a troca de calor do cabeçote e cilindros com o fluido. Quanto maior a área das aletas melhor será sua troca de calor.

Foto 5. Cabeçote aletado do fusca

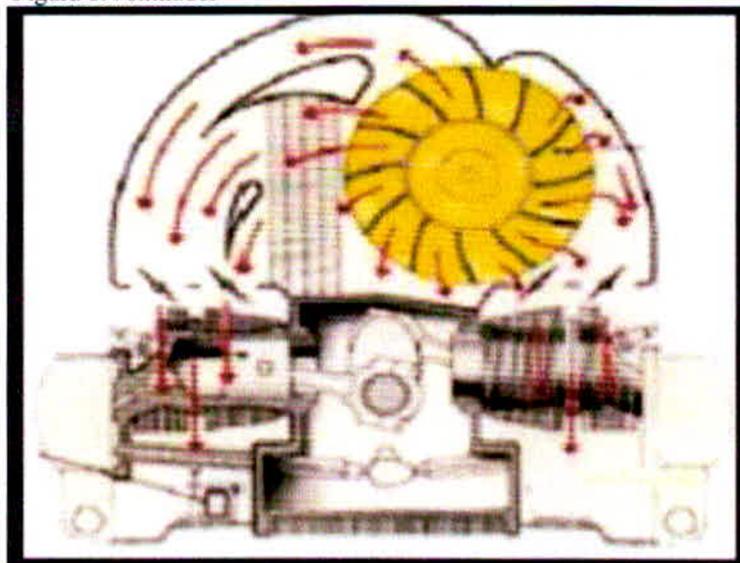


Fonte: o autor

3.1.2 Ventoinha ou Ventilador

O ventilador do motor, montado na parte posterior, aspira o ar e insufla sobre as aletas dos cilindros (Ventilação Forçada).

Figura 6. Ventilador



Fonte: (MERCEDEZ BENS do BRASIL, 2006, apud TILLMANN).

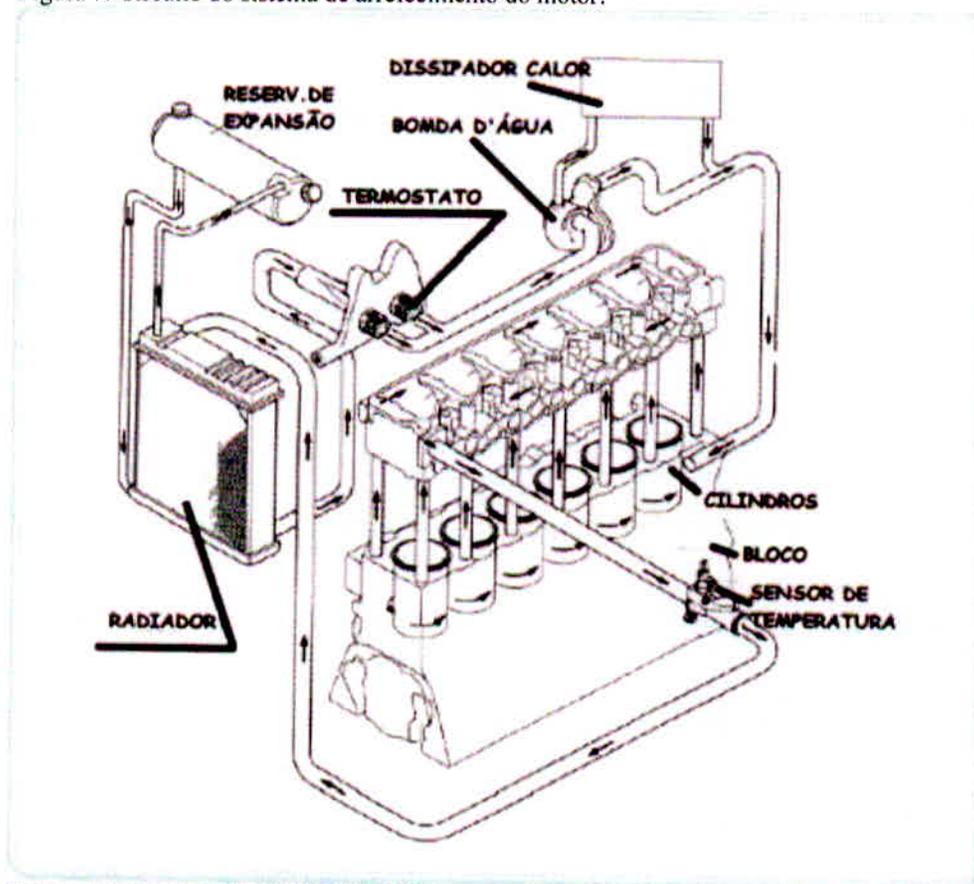
3.2 Sistema arrefecido a água

O sistema arrefecido a água tem uma melhor eficiência, pois o controle de temperatura é mais estável em relação ao sistema refrigerado a ar, devido à troca de calor ser mais eficiente.

A água mais os aditivos formam o fluido de arrefecimento que é utilizado para condução de calor entre o motor e o ar atmosférico. O simples contato do líquido de arrefecimento com o cabeçote e os cilindros, já permite com que ocorra uma excelente refrigeração TILLMANN (2013).

Seu funcionamento tem início na ignição do motor, onde o líquido de arrefecimento circula apenas por uma parte do circuito. Quando chega a temperatura ideal de trabalho a válvula termostática se abre entre 85°C a 95°C, e o fluido de arrefecimento circula por todo o sistema sob pressão. O fluido é bombeado através das camisas do motor passando por uma mangueira até radiador. O radiador com o auxílio de um ventilador e a corrente de ar externa resfria o líquido de arrefecimento. MET-THOMSON (2014).

Figura 7. Circuito do sistema de arrefecimento do motor.



Fonte: (MWM INTERNATIONAL, 2009 apud TILLMANN).

3.2.1 Componentes do sistema

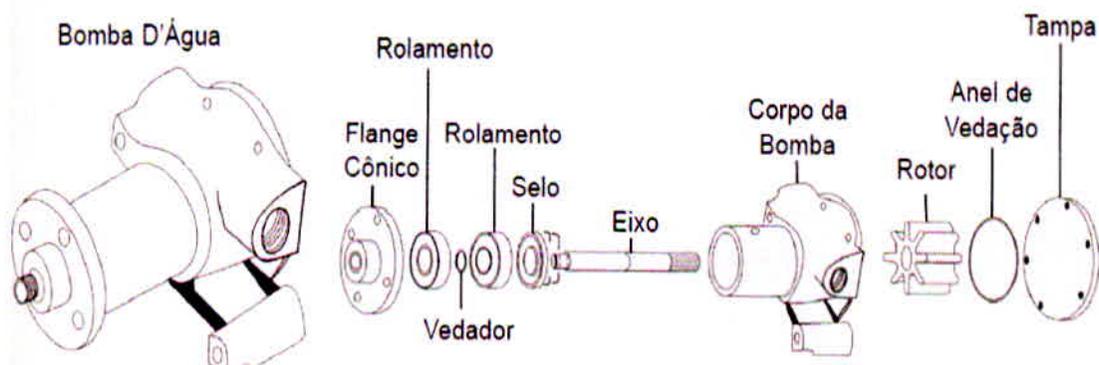
São peças que juntas formam os sistema, como por exemplo:

3.2.1.1 Bomba D'Água

Componente que tem com função criar a pressão para levar o líquido de arrefecimento, ou seja, como um acelerador de circulação. Quando acompanha a rotação do motor a mesma pode absorver até 15% da eficiência do mesmo, onde seu acionamento é feito por manivelas. MET-THOMSON (2014).

Devido ao aumento de temperatura da água, sua densidade aumenta, fazendo com que está passe do bloco do motor, cabeçote e vá para o radiador através de conectores ou mangueiras. MET-THOMSON (2014).

Figura 8 Bomba D'Água



Fonte: (MET-THOMSON, 2014, p.14).

“A quantidade de perdas está inerentemente ligado à eficiência da bomba, sendo os seguintes resultados: (CAMPOS, 2009)”.

- a) Perdas mecânicas: originadas pelo atrito nos rolamentos e na caixa de enchimento.
- b) Atrito do impulsor: é a potência requerida para superar o torque de atrito do impulsor.
- c) Vazamentos: entre os componentes móveis e estacionários, como o anel de desgaste, labirinto de selos, selos mecânicos, etc.
- d) Perdas hidráulicas: entre o impulsor, a carcaça e o lado da sucção da bomba.

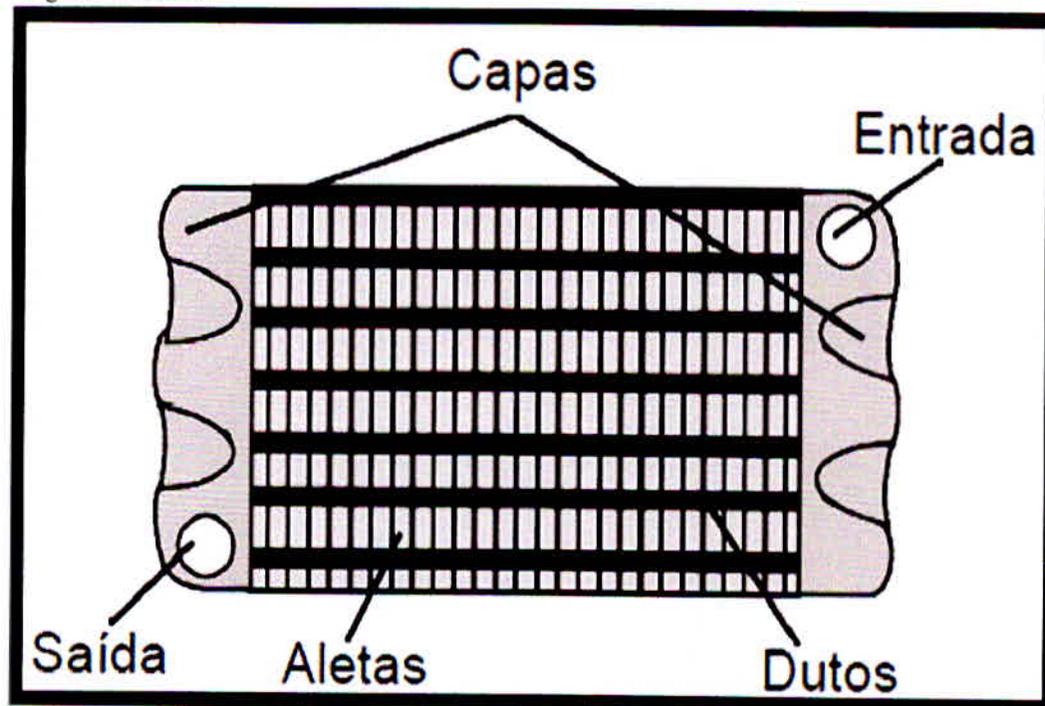
3.2.1.2 Radiador

O radiador é o componente que fica na frente do motor recebendo o fluxo de ar e refrigerando a solução de arrefecimento, devolvendo-o ao motor com temperatura mais baixa. MET-THOMSON (2014).

A constituição dos radiadores sempre é de dutos e aletas. Tal formato passou por transformações durante os anos, desde tamanho até o tipo de material utilizado. MET-THOMSON (2014).

Os primeiros radiadores eram maiores e feitos de cobre e latão, apesar da eficiência térmica, possuíam limitações que não permitiam a redução da temperatura do líquido quando estavam em uma determinada temperatura. Já os atuais são mais estreitos, construídos com materiais mais finos e com poucas fileiras, o que permite um maior tempo de contato com o líquido. MET-THOMSON (2014).

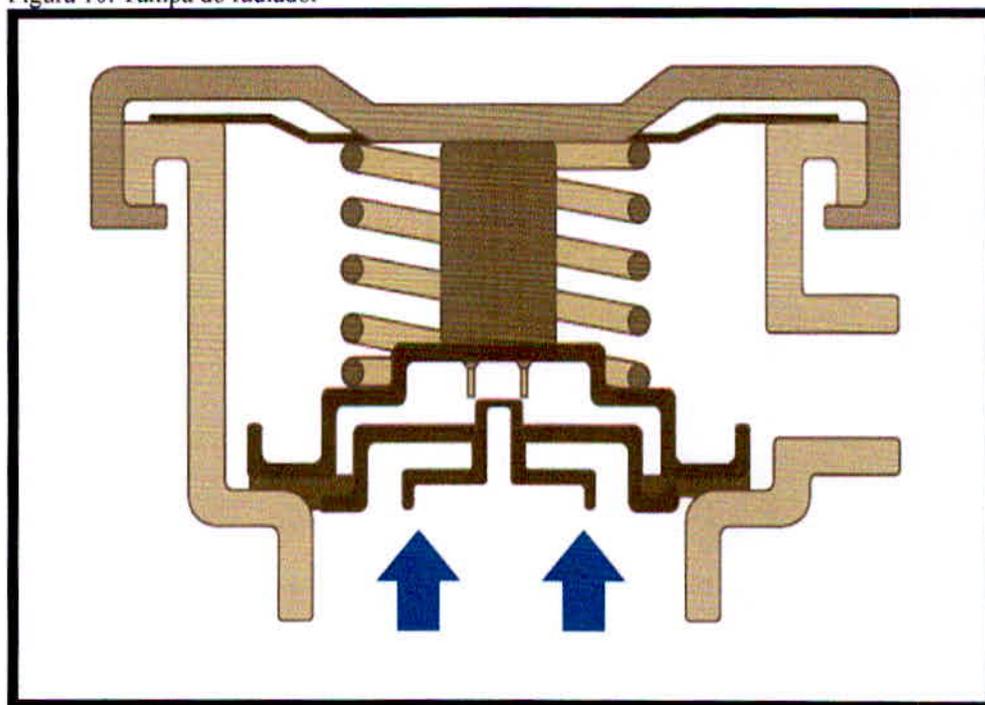
Figura 9 . radiador.



Fonte: (SISTEMA DE ARREFECIMENTO, 2014, p.14).

A tampa do radiador, na verdade, aumenta o ponto de ebulição do líquido de arrefecimento por cerca de 45 F (25°C), porem funciona como uma válvula de alívio de pressão. Quando está atingindo uma pressão superior a aproximadamente 15 psi, a tampa funciona como válvula de escape liberando o fluido do sistema. (CAMPOS, 2009)".

Figura 10. Tampa do radiador



Fonte: (MERCEDEZ BENS do BRASIL, 2006, apud TILLMANN).

3.2.1.3 VÁLVULA TERMOSTÁTICA

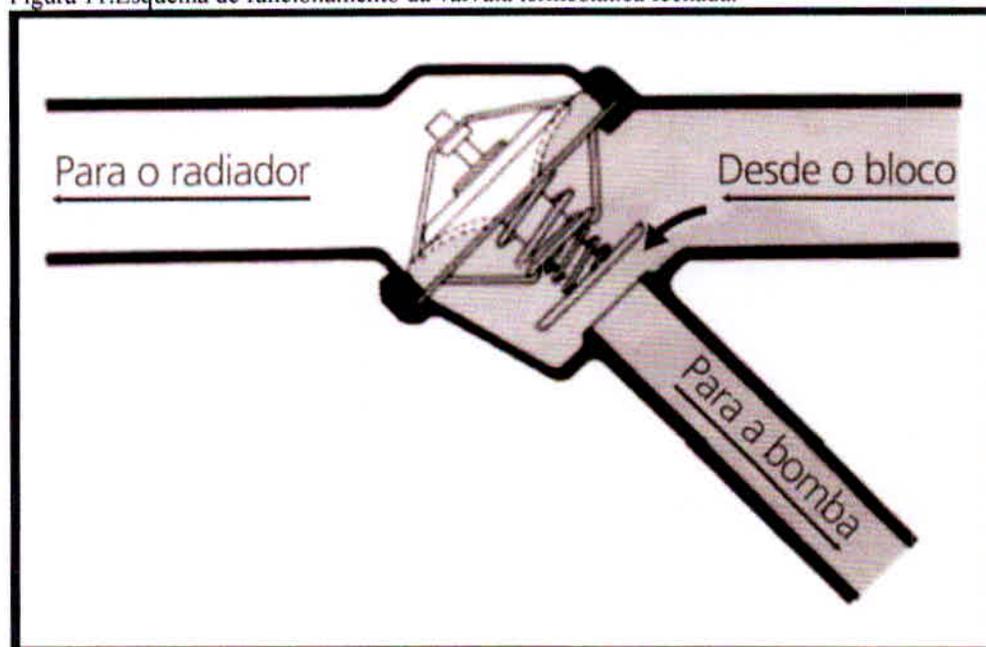
Componente de extrema importância para manter o equilíbrio da temperatura do motor. O dispositivo controla o fluxo do líquido de arrefecimento, permitindo ou não seu fluxo. SISTEMA DE ARREFECIMENTO, (2014).

Cada motor tem sua válvula termostática, assim a mesma possui uma temperatura calibrada. SISTEMA DE ARREFECIMENTO, (2014).

Existem dois tipos de válvulas termostática. O primeiro é o do tipo *by pass* que possui um flange que direciona o líquido de arrefecimento para o radiador. O segundo é o do tipo *refil*, que permite maior economia. SISTEMA DE ARREFECIMENTO, (2014).

Quando a água do arrefecimento está fria, a válvula termostática impede sua circulação pela colmeia do radiador, permitindo somente sua circulação pelo interior do bloco e cabeçote do motor através da passagem de derivação para a bomba d'água, conforme a representação da figura abaixo: (TILLMANN, 2013).

Figura 11. Esquema de funcionamento da válvula termostática fechada.



Fonte: (MERCEDEZ BENS do BRASIL, 2006 apud TILLMANN).

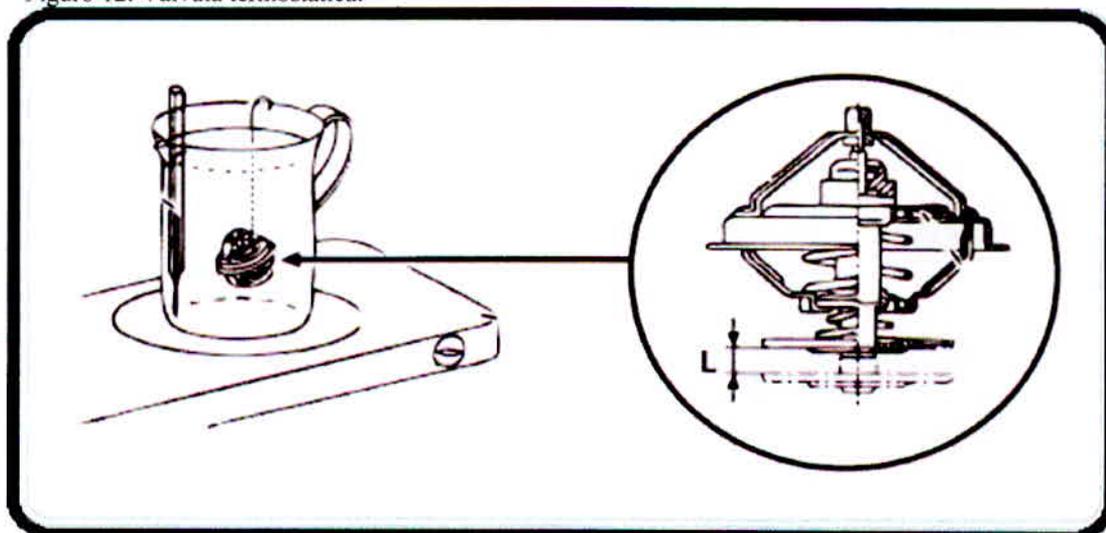
Antes da água de arrefecimento atingir a temperatura ideal, a válvula termostática permanece semiaberta, permitindo a passagem da água para o radiador e, ao mesmo tempo, diretamente para o bloco através da passagem de derivação para a bomba d'água, evitando-se dessa forma que aconteça um choque térmico no bloco do motor. (TILLMANN, 2013).

Atingida a temperatura normal de funcionamento para o motor, a válvula termostática abre a passagem para o radiador e fecha a passagem de derivação para a bomba d'água. Esta abertura se processa gradativamente, bem como o fechamento da derivação, evitando com isso variações bruscas de temperatura. (TILLMANN, 2013).

3.2.1.3.1 Teste de funcionamento da válvula

Segundo TILLMANN (2013) deve-se mergulhar a válvula termostática na água a uma temperatura elevada, onde de acordo com a variação de temperatura esta se abre ou fecha seu registro.

Figuro 12. Válvula termostática.

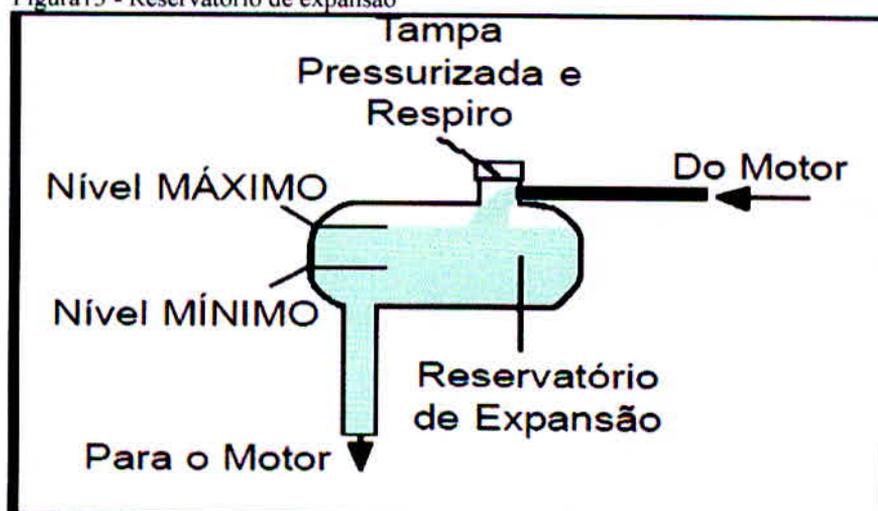


Fonte: (MERCEDEZ BENS do BRASI, apud TILLMANN, 2014 p.88).

3.2.1.5 RESERVATÓRIO DE EXPANSÃO

O reservatório de expansão permite que o nível do líquido de arrefecimento permaneça inalterado. Conforme já explanado nesse trabalho, o aumento da temperatura faz com que a densidade da solução de arrefecimento aumente. Sendo assim, é de extrema importância que o nível do reservatório seja respeitado para que líquido se mantenha em constante equilíbrio. MET-THOMSON (2014).

Figura 13 - Reservatório de expansão



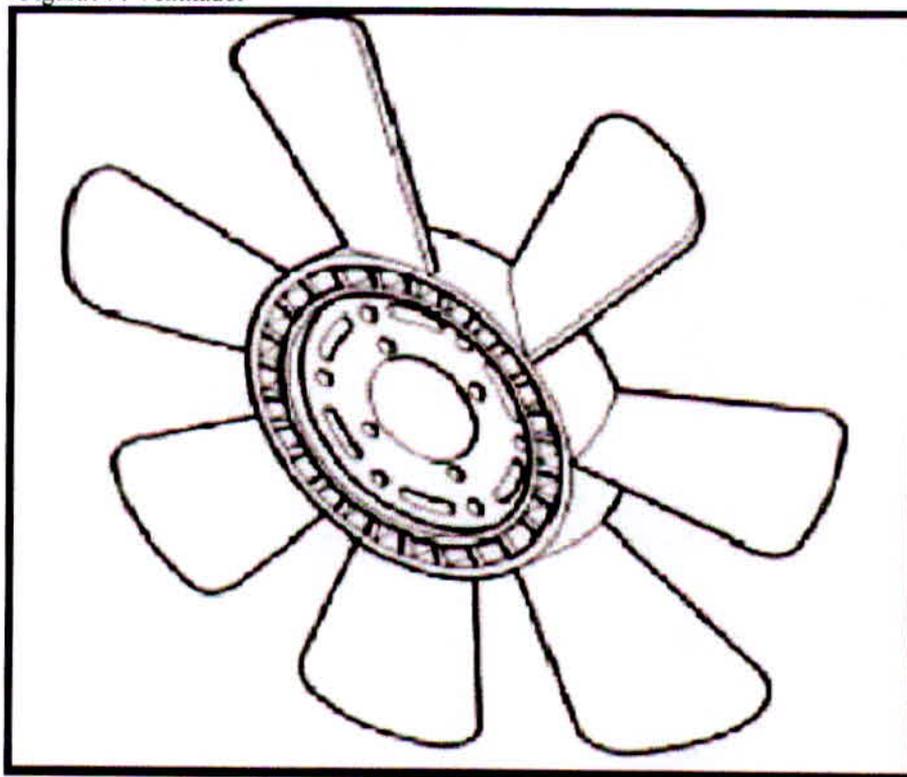
Fonte (SISTEMA DE ARREFECIMENTO, 2014, p.16)

Um dos componentes de grande importância do reservatório de expansão é a tampa que mantém a pressão do sistema ou válvula de pressão. Conforme a publicação de Sistema de Arrefecimento da MET-THOMSON (2014), o controle da pressão faz com que o líquido tenha uma circulação completa, o ponto de ebulição seja mais elevado, o vapor não se forme no interior e que seja possível a entrada de ar atmosférico. SISTEMA DE ARREFECIMENTO, (2014).

3.2.1.6 VENTILADOR

Tem como finalidade manter o fluxo de ar em forma espiral, para aumentar a corrente deste nas aletas do radiador, tornando o processo de troca mais eficiente.. O acionamento pode ser através de um motor elétrico ou de transmissão mecânica através da polia e correia com sincronismo do virabrequim. TILLMANN (2013).

Figura14 . Ventilador



Fonte: (MWM INTERNATIONAL, 2009, apud TILLMANN).

4 LÍQUIDO DE ARREFECIMENTO

A água é um excelente meio para absorver o calor e ajudar na refrigeração do sistema. A evolução dos motores obrigou que novas substâncias fossem adicionadas, tanto que hoje o nome correto para tal meio é denominado de “solução de arrefecimento” ou “líquido de arrefecimento”. MET-THOMSON (2014).

As temperaturas atingidas pelos gases de combustão (até 2482 °C), mesmo em velocidades moderadas de operação do automóvel, fazem com que as partes lubrificadas como o pistão alcancem temperaturas de pelo menos 93 °C, podendo superar com facilidade o ponto de ebulição da água. (LIMA; ITTERMAN, 1989, f. 10.).

A substância na solução de arrefecimento em geral são aqueles baseados no etileno glicol, substância que entra em ebulição somente a 197° C e se homogeneiza perfeitamente com a água. Vale dizer que tal química é antioxidante, o que dificulta a formação de crostas que possam comprometer o resfriamento do sistema.

A mistura de água com etileno glicol só começa a ferver acima de 118° C, reduzindo os vapores no interior das galerias.

Quanto à ação do líquido de arrefecimento em baixas temperaturas, a solução predominante já citada faz com que o ponto de congelamento só ocorra após os -25° C.

4.1 Quantidades de aditivo na solução de arrefecimento

A quantidade de aditivo misturado a água geralmente fica em uma proporção de quarenta a sessenta por cento. Tal proporcionalidade deve ser obedecida conforme o sistema de arrefecimento que utilizara a solução. A quantidade de aditivo pode ser observada analisando a densidade do líquido de arrefecimento. BOHACZ, (2007) apud CAMPOS”:

4.1.1 Vantagens

“As características desejáveis dos fluidos de arrefecimento no sistema são BOHACZ (2007) apud CAMPOS”:

- a) Possuir elevada condutividade térmica e calor específico, para aumentar a troca de calor e a capacidade de transporte de energia térmica.
- b) Possuir baixa viscosidade, para diminuir o trabalho de bombeamento.
- c) Apresentar baixo potencial para corrosão nas paredes do sistema.

- d) Reter mínima quantidade de depósitos.
- e) Oferecer lubrificação ao sistema.
- f) Apresentar capacidade anticongelante em situações de baixa temperatura.

4.1.2 Desvantagens

“Os problemas encontrados com o uso da água como fluido de arrefecimento (LIMA e OTTERMAN 1989 apud CAMPOS)”.

- a) Elevada temperatura de congelamento (0 °C).
- b) Baixa temperatura de ebulição (100 °C).
- c).Geração de ferrugem nas partes metálicas do sistema de arrefecimento automotivo.

4.2 Densidade da solução de arrefecimento

A densidade da solução de arrefecimento aumenta conforme a quantidade misturada na água e aumento da temperatura. Abaixo é possível observar a densidade a partir da proporção de cinquenta por cento para água e cinquenta por cento de aditivo.

Figura15 . tabela de variação de densidade

Temperatura da Mistura	Densidade			
	50% Aditivo 50% Água	40% Aditivo 60% Água	30% Aditivo 70% Água	20% Aditivo 80% Água
20°C	1,060	1,050	1,040	1,030
25°C	1,064	1,054	1,044	1,034
30°C	1,067	1,057	1,047	1,037
35°C	1,071	1,061	1,051	1,041
40°C	1,074	1,064	1,054	1,044
45°C	1,078	1,068	1,058	1,048
50°C	1,081	1,071	1,061	1,051
55°C	1,085	1,075	1,065	1,055
60°C	1,088	1,078	1,068	1,058
65°C	1,092	1,082	1,072	1,062
70°C	1,095	1,089	1,075	1,065

Fonte:(SISTEMA DE ARREFECIMENTO, 2014, p.9).

4.3 Anticongelantes

Em épocas ou locais onde a temperatura faz com que a água congele, tem-se a necessidade de verificar a proporção periodicamente do fluido, pois a evaporação do álcool é mais fácil que a água.

O acionamento de um motor cuja temperatura esta baixa, próxima de 0oC, 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 pelo atrito frio (molas de válvulas, etc.). (LIMA e OTTERMAN 1989 apud CAMPOS).

5 NANOFLUIDOS NO SISTEMAS DE ARREFECIMENTO

“Nanofluidos são dispersões de partículas sólidas de tamanho nanométricos em fluidos comuns, tais como água etileno glicol, óleos e outros fluidos convencionais. (RODRIQUEZ, OLIVEIRA e BANDARRA, 2014)”.

Segundo (RODRIQUEZ, OLIVEIRA e BANDARRA, 2014), os pesquisadores estão estudando os nanofluidos para melhorar a capacidade de retirar calor do sistema. Os fluidos convencionais possuem uma baixa condutividade térmica, e se viu a necessidade de aumentar o número de partículas sólidas para melhorar essa capacidade, ou seja, os nanofluidos têm grande potencial para melhorar a troca térmica nos radiadores, que como consequência aumentaria a potência do motor. Podendo levar a uma diminuição do tamanho do radiador, redução no veículo, economia de combustível e redução de emissões de poluentes.

O interesse pelos nanofluidos vem crescendo devido à suas propriedades termo físicas, principalmente com relação à condutividade térmica e viscosidade. Vajha e Das (2009) mediram a condutividade térmica de três nanofluidos diferentes usando como fluido base uma mistura de etileno glicol e água (60:40 em massa) e foram dispersas nanopartículas de óxido de alumínio, óxido de cobre e óxido de zinco. Os resultados mostraram que as condutividades térmicas dos nanofluidos de óxido de alumínio (Al_2O_3), com concentração de 10% a uma temperatura de 365 K, de óxido de zinco (ZnO) com concentração de 7%, a uma temperatura de 363 K e de óxido de cobre (CuO) com 6%, a uma temperatura de 363 K, aumentaram, comparadas com a condutividade térmica do fluido de base em 69%, 48,5% e 60%, respectivamente. (RODRIQUEZ, OLIVEIRA e BANDARRA, 2014).

“A literatura apresenta alguns estudos numéricos e experimentais do uso de nanofluidos em radiadores de carro. (RODRIQUEZ, OLIVEIRA e BANDARRA, 2014)”.

Leong. (2010) investigaram numericamente a aplicação de nanofluido de cobre/etileno glicol em sistema de arrefecimento automotivo e observaram que um aumento de 3,8% na transferência de calor pode ser obtido com a adição de 2% de nanopartículas de cobre no etileno glicol a um número de Reynolds de 6000 e 5000 para o ar e para o refrigerante respectivamente. (LEONG, 2010 apud RODRIQUEZ, OLIVEIRA e BANDARRA, 2014).

6 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto que ao analisar os sistemas de arrefecimento, e notável que o sistema a ar além de ser o mais simples em sua formação, também é o que mais trás vantagens com relação ao custo para fabricação e manutenção. Porém o sistema a água mesmo que fique mais caro e possua uma complexidade maior com seus componentes, este é o mais eficiente, pois é neste que ocorre a troca de calor com mais facilidade, a partir do fluido que é a junção da água mais os aditivos proporcionam maior condução de calor, fluido este, que quando se junta com partículas solidas de tamanho nanometrico, denominadas “Nanofluidos”, proporcionam uma maior absorção de calor.

REFERÊNCIAS

MTE-THOMSON TEMPERATURA. **Sistema de Arrefecimento**. MTE-THOMSON BRASIL: São Bernardo do Campo – SP, 2014.

BOHRACZ, Ray T. **Engine Cooling Systems: Cooling System Theory, Design and Performance For Drag Racing, Road Racing, Circle Track, Street Rods, Musclecars, Imports, OEM Cars, Trucks, RVs and TOw Vehicles**. HPBooks, 2007

CROUSE, W. H.; ANGLIN, D. **Automotive Engines**. 7. Ed. Dobner: McGraw-Hill, 1977

BOHACZ, Ray T. **Engine Cooling**. Ed. HPBooks: Nova York, 2007.

TILLMANN, Carlos Antonio da Costa. **Motores de Combustão Interna e seus Sistemas**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense: Pelotas – RS, 2013. Disponível em:

http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf (Acesso em: 06/08/2015)

Leong, K.Y.; Saidur, R.; Kazi, S.N.; Mamun, A.H. **Performance investigation of an automotive car radiator operated with nanofluid-based coolants (nanofluid as a coolant in a radiator)**. *Applied Thermal Engineering*, v. 30, n. 17-18, p. 2685–2692, 2010.

LIMA e OTTERMAN 1989 - http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/15694/15694_4.PDF

RODRIGUEZ, OLIVEIRA e BANDARRA 2014 - http://www.swge.inf.br/PDF/POSMEC2014-0071_16610.PDF