

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
LINIKER PEREIRA DE FARIA

**SISTEMA DE ARREFECIMENTO MOTOR CICLO OTTO: comparativo entre dois
sistemas**

Varginha
2022

LINIKER PEREIRA DE FARIA

**SISTEMA DE ARREFECIMENTO MOTOR CICLO OTTO: comparativo entre dois
sistemas**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Dr. Luiz Carlos Vieira Guedes

Varginha

2022

LINIKER PEREIRA DE FARIA

SISTEMA DE ARREFECIMENTO MOTOR CICLO OTTO: comparativo entre dois sistemas

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

Aprovado em: ____/____/____

Prof.

Prof.

Prof.

Obs.:

RESUMO

Os motores ciclo Otto por se tratarem de máquinas térmicas necessitam que seja feito o resfriamento até a temperatura ideal de trabalho, que pode ser feito por ar ou por água. Este trabalho tem por finalidade apresentar e ilustrar os componentes do sistema de arrefecimento de motores ciclo Otto refrigerados a água e posteriormente um comparativo entre dois veículos equipados com motor 3 cilindros, que tem sido cada vez mais a escolha das montadoras, pela economia e desempenho, se comparado aos motores tradicionais de 4 cilindros. O aprofundar dessa pesquisa terá por objetivo apresentar todos os parâmetros do arrefecimento do motor, desde o acionamento do eletroventilador, a dissipação de calor do sistema, o tempo de funcionamento e também a energia utilizada do sistema até o resfriamento do líquido de arrefecimento e conseqüentemente do motor. Finalizando com um comparativo entre pontos positivos e negativos dos dois modelos estudados.

Palavras-chave: Sistema. Eletroventilador.

ABSTRACT

As the Otto cycle motors as thermal machines, they require cooling to take place for them to reach ideal working temperature, which can done with air or water. This work aims to present and illustrate the components of the Otto cycle engines water cooled cooling systems, and later provide a comparison between two vehicles equipped with 3 cylinder engines, which has been a preferable choice among automakers, for its economy and performance, in comparison to four cylinder engines. The depth of this research will aim to present all engine cooling parameters, from the activation of the electric fan, the systems heat dissipation, operating time and also energy use in order to cool the coolant and consequently, the motor. Finalizing with a comparison between the positive and negative points of the two models studied.

Key-words: *System.Electric fan.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quatro tempos do motor de ciclo Otto.	11
Figura 2: Bloco de motor.	14
Figura 3: Bomba d'água.	14
Figura 4: Reservatório de expansão.	15
Figura 5: Ilustração do funcionamento da Válvula Termostática.	16
Figura 6: Radiador.	16
Figura 7: Sensor de temperatura.	17
Figura 8: Mangueiras sistema arrefecimento.	18
Figura 9: Eletroventilador.	18
Figura 10: Segundos após o acionamento do eletroventilador.	20
Figura 11: Momento do desligamento do eletroventilador.	21
Figura 12: Segundos após o acionamento do eletroventilador.	22
Figura 13: Após o funcionamento do eletroventilador.	23

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.	10
2 MOTOR CICLO OTTO	12
2.1 Aplicação dos motores ciclo otto.....	13
3 COMPONENTES DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO	14
3.1 Bloco do motor.....	14
3.2 Bomba d'água.....	15
3.3 Reservatório de expansão.....	16
3.4 Válvula termostática.....	16
3.5 Radiador.	17
3.6 Sensor de temperatura.....	18
3.7 Mangueiras.....	18
3.8 Eletroventilador.	19
4 METODOLOGIA	20
4.1 Primeiro teste.....	20
4.2 Segundo teste.....	22
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÃO.	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Todos os automóveis com motor ciclo Otto necessitam que seja feito o arrefecimento, pois por se tratar de uma máquina térmica e trabalhar com elevadas temperaturas, há a dissipação de calor, proveniente das altas temperaturas presentes na câmara de combustão, devido ao trabalho de componentes internos, com isso o sistema de arrefecimento é o responsável por manter o motor na sua temperatura ideal de trabalho, pois a mesma é importante para garantir as propriedades dos materiais e o funcionamento correto do motor, se o sistema sofrer superaquecimento isso pode danificar as partes internas do motor, consequentemente atrapalhando seu funcionamento. Um levantamento feito por ABCR (2021) -Associação Brasileira de concessionárias de rodovias-, de janeiro a outubro de 2021, foram feitos 3.199 atendimentos nas rodovias administradas pela CCR NovaDutra em veículos apresentando problemas relacionados a superaquecimento do motor, com foco em diminuir os casos foi criada uma campanha para a conscientização da importância das manutenções preditivas nos veículos.

O sistema de arrefecimento é composto por, reservatório de expansão, válvula termostática, bomba d'água, mangueiras, radiador, eletroventilador que é acoplado no radiador, sensores de temperatura e fluido sendo “responsável pela troca de calor do motor com o meio ambiente, regulando sua temperatura de trabalho. O calor é transmitido ao fluido de arrefecimento que circula no bloco e cabeçote do motor e, posteriormente, dissipado para o ambiente ao passar pelo radiador” (TILLMANN, 2013, p.81).

Cada motor possui sua temperatura ideal de trabalho, o sistema de arrefecimento atua a partir do momento em que o motor excede “essa temperatura”, isso nos motores resfriados por fluido, onde o fluido que está em contato direto ou indireto com o cilindro é resfriado, consequentemente resfriando o motor, já no caso de motores resfriados por ar, o arrefecimento acontece de maneira contínua, pois o ventilador é interligado ao eixo motor, com isso acompanhando sua rotação e resfriando os cilindros com ar através de aletas que são fixadas para direcionar o ar e aumentar a área de contato do ar segundo Brunetti (2018).

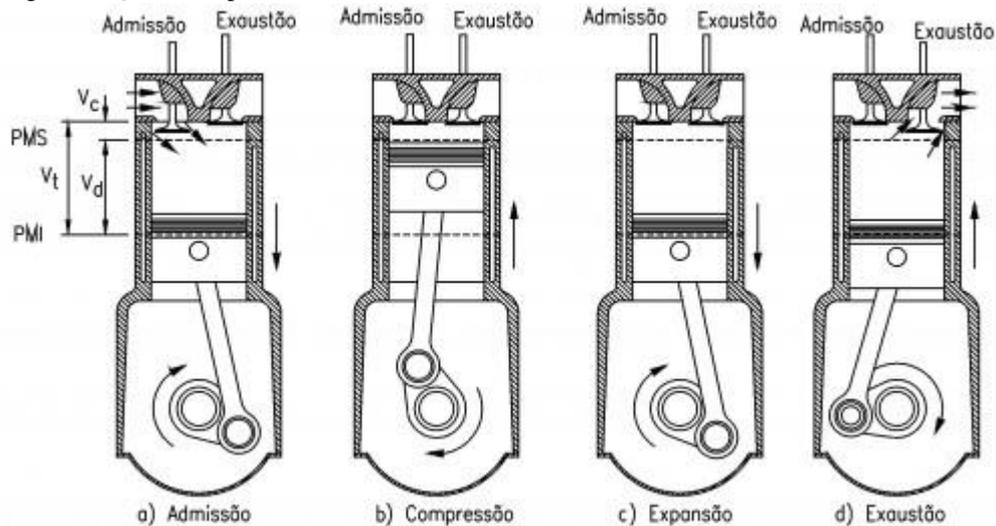
O conhecimento do sistema de arrefecimento é fundamental para quem necessita de automóvel diariamente, pois se a cada sinal de anormalidade o sistema for verificado, isso irá diminuir o risco de provocar danos mais sérios ao motor e aos seus componentes, com isso evitando acidentes e diminuindo o custo final da manutenção, como Texaco (2021) afirma, que nas autoescolas já se tem o estudo do sistema de arrefecimento com os futuros condutores. Alguns dos componentes presentes no sistema de arrefecimento podem ser analisados visualmente, o que facilita em caso de visualizar algum vazamento ou anormalidade.

A pesquisa foi motivada pela necessidade de conhecer qual dos dois sistemas de arrefecimento estudados apresenta melhor rendimento, com isso teremos como analisar como cada sistema funciona, podendo então fazer um comparativo entre eles e suas respectivas características de trabalho, como tempo de acionamento do eletroventilador, temperatura antes durante e depois do acionamento do mesmo e as variações de tensão durante o funcionamento.

2 MOTOR CICLO OTTO

O primeiro motor ciclo otto foi inventado por Nikolaus August Otto em 1876, se caracteriza por possuir quatro tempos: admissão, compressão, expansão e explosão, foi uma evolução do modelo criado por Beau de Rochas em 1862 que foi aperfeiçoado e colocado em prática por Otto segundo Brunnet (2018), por isso o modelo ganhou o nome de motor ciclo Otto

Figura 1. Quatro tempos do motor de ciclo Otto.



Fonte: Culturamix 2016

Segundo Braga (2007) cada cilindro é composto por no mínimo uma válvula de admissão e uma válvula de escape. Os quatro tempos do ciclo do motor ciclo Otto podem ser descritos da seguinte maneira:

- 1- Admissão (Figura _a): o pistão se movimenta para baixo aspirando ar e combustível para dentro do cilindro através da válvula de admissão que permanece aberta nessa etapa, passando do ponto morto superior (PMS) para o ponto morto inferior (PMI);
- 2- Compressão (Figura _b): o pistão estando em PMI inicia a subida em direção ao PMS já com a mistura de ar e combustível dentro do cilindro, quando o pistão se aproxima do cabeçote já com a mistura comprimida é lançada a centelha pela vela de ignição.
- 3- Expansão (Figura _c): A queima da mistura ar/combustível eleva a pressão no cilindro, provocando uma força sobre o pistão deslocando-o do PMS para o PMI, gerando trabalho no virabrequim através da biela que é acoplada em ambos.

- 4- Exaustão (Figura _d): Após a queima da mistura ar/combustível o pistão se move do PMI para o PMS com a válvula de exaustão aberta eliminando todos os gases provenientes da queima pelo escapamento, estando pronto para um novo ciclo

2.1Aplicação dos motores ciclo otto

Os motores ciclo otto são empregados para os mais diversos meios, dependendo apenas da finalidade que será utilizado e a potência necessária para o projeto, o peso também é um fator que deve ser analisado tanto na estruturação do projeto, com na escolha do motor.

3 COMPONENTES DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO

O sistema de arrefecimento é composto por diversas partes, e todas elas exercem um papel importante na manutenção de temperatura do motor. O arrefecimento dos motores ciclo otto podem ser feitos de duas maneiras, ar ou água (líquido de arrefecimento) esse segundo Brunetti (2018) tem por vantagem sua eficiência e ser mais silencioso do que os motores refrigerados a ar que trabalham com hélices gerando ar e direcionando esse ar para aletas fixadas no cabeçote, que por sua vez faz a troca de calor por convecção segundo Pizzo (2015).

A troca de calor entre as partes internas do motor e o líquido de arrefecimento, consegue ser realizada pelo fato de estarem em contato pelas galerias internas que passam por quase todas as partes do bloco do motor, com isso fazendo a troca de calor entre as partes gerando resfriamento do sistema.

O bloco de motor pode ser fabricado em ferro fundido ou alumínio dependendo do projeto em utilização, o sistema em geral também é composto por peças em polímero e borracha, portanto a composição do fluido é muito importante para que não oxide as peças internas do motor e para que o líquido não entre em ebulição antes mesmo de atingir a temperatura ideal de funcionamento, e gere bolhas de ar que podem ser prejudiciais a todo sistema, ocasionando vários problemas no motor, como a quebra de bomba d'água, rupturas de mangueiras e até a queima da junta do cabeçote pela falta de resfriamento correto, pois essas bolhas passam para central eletrônica uma informação incorreta de temperatura que em alguns motores o sistema de ignição e injeção interrompem seu funcionamento afim de proteger o sistema em geral.

A análise do trabalho será inteiramente direcionada para o tipo de motor que trabalha com líquido de arrefecimento.

3.1 Bloco do motor

O bloco do motor representado abaixo pela figura 2 é o componente central do motor pois todas as partes estão interligadas a ele, sendo constituído por cilindros fixos ou móveis, galerias de água e óleo, podendo ser fabricado de ligas de ferro fundido e alumínio.

Figura 2. Bloco de motor



Fonte: o autor

3.2 Bomba d'água

A figura 3 ilustra uma bomba d'água que é responsável por fazer a circulação de fluido dentro do motor, exerce um papel muito importante no sistema e deve ser substituída sempre dentro do tempo estimado pelo fabricante, pois por estar em contato direto com o fluido sofre desgaste, e pode ter partes corroídas atrapalhando o seu funcionamento, acarretando vários danos para o motor se não estiver funcionando perfeitamente.

Figura 3. Bomba d'água



Fonte: TECFIL 2019

3.3 Reservatório de expansão

O sistema arrefecimento necessita de líquido para funcionar, o reservatório de expansão representado abaixo na figura 4 é responsável por manter o nível ideal no sistema, pois com o funcionamento do motor o nível de líquido pode variar, pois com o aumento de temperatura a formação de gases no sistema com isso o reservatório de expansão sofre mudança no nível de líquido por isso há marcação no mesmo com a quantidade mínima e máxima de fluido necessária. O reservatório de expansão também é dotado de uma tampa com uma válvula de alívio, uma vez que o sistema ultrapasse a temperatura ideal de trabalho, ela se abre liberando a pressão excedente a fim de não comprometer o sistema e os seus componentes.

Figura 4. Reservatório de expansão



Fonte: TECFIL 2019

3.4 Válvula termostática

Todos os motores de ciclo otto são fabricados para trabalharem em uma temperatura ideal que geralmente fica entre 80°C a 100°C , com isso a válvula termostática é responsável por conter o líquido de arrefecimento no motor, com isso o mesmo não é resfriado até que o motor atinja a temperatura ideal, após atingir a válvula termostática se abre liberando o fluido para o radiador que conseqüentemente irá resfriá-lo através do eletroventilador e do fluxo de ar que bate no radiador principalmente quando o carro está em movimento.

Segundo MTE – THOMSON (2014) figura 5 o termostato começa seu estágio de abertura entre 78°C e 82°C , devendo estar totalmente aberta em 95°C com curso de no mínimo 8 mm

Figura 5 Ilustração do funcionamento da Válvula Termostática



Fonte: MTE – THOMSON 2014

3.5 Radiador

A maior parte do radiador é feita de alumínio pois é um material que dissipa bem o calor, no interior do radiador existe galerias onde o fluido percorre, já na parte exterior existe aletas que direcionam o ar para os tubos para que sejam resfriados, essas aletas também atuam como proteção os tubos. A manutenção e inspeção visual quanto a vazamentos no radiador é de extrema importância, pois é construído com galerias internas feitas de alumínio que em contato com o fluido pode haver corrosão com o tempo, principalmente se o líquido não estiver na sua composição ideal de trabalho estipulada pelo fabricante.

Figura 6. Radiador



Fonte: TECFIL 2019

3.6 Sensor de temperatura

A função do sensor de temperatura é informar ao condutor a temperatura do sistema, para que em caso de anormalidade o mesmo pare antes do sistema entrar em colapso, em conjunto ele também informa para o sistema elétrico do carro em tempo real a temperatura que está o líquido dentro do motor, a partir do momento que a temperatura atinge e ultrapassa a temperatura ideal de trabalho o sistema liga o eletroventilador, que por sua vez ira resfriar o líquido que está em contato direto ou indireto com o cilindro do motor, que consequentemente será resfriado pelo fluido de arrefecimento.

Figura 7. Sensor de temperatura



Fonte: GAUSS 2022

3.7 Mangueiras

As mangueiras do sistema de arrefecimento ilustradas na figura 8 são responsáveis por transportar o líquido de arrefecimento do motor para o radiador para que seja resfriado.

Figura 8. Mangueiras sistema de arrefecimento



Fonte: Revista o Mecânico 2022

As mangueiras por estarem em contato direto com o fluído devem ser monitoradas quanto a ressecamentos, que posteriormente pode causar vazamentos e perda de fluído, gerando assim superaquecimento do sistema.

3.8 Eletroventilador

O eletroventilador é fixado no radiador sendo responsável por resfriar o líquido de arrefecimento que circula pelas galerias internas do radiador.

Figura 9. Eletroventilador



Fonte: o autor.

O eletroventilador é acionado através do interruptor térmico, que fica em contato direto com o líquido de arrefecimento, a partir do momento em que a temperatura excede a temperatura ideal de trabalho ele libera corrente elétrica para o eletroventilador.

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do comparativo foram escolhidos dois veículos de montadoras diferentes e ambos com motores três cilindros, pois essa é uma aposta que as montadoras vêm cada vez mais inserindo no mercado, por serem motores de menor peso e mais compactos, contando com o avanço da engenharia apresentam mais desempenho e performance. Pois bem, para o comparativo foi analisado os resultados de um modelo da Ford sendo um Ford/ Ka SE 1.0 SD B ano e modelo 2018 flex com 85CV/ 997 cm³ de cilindrada, com motor 3 cilindros em linha. O outro modelo escolhido para análise foi um modelo da Fiat sendo um Mobi drive ano e modelo 2018 flex com motor de 997cm³ de cilindrada, e 3 cilindros em linha.

Para as análises foi utilizado um Napro VCI PRO PC SCAN3000 scanner automotivo profissional para que fosse informado dados confiáveis para um comparativo fundamentado e conciso.

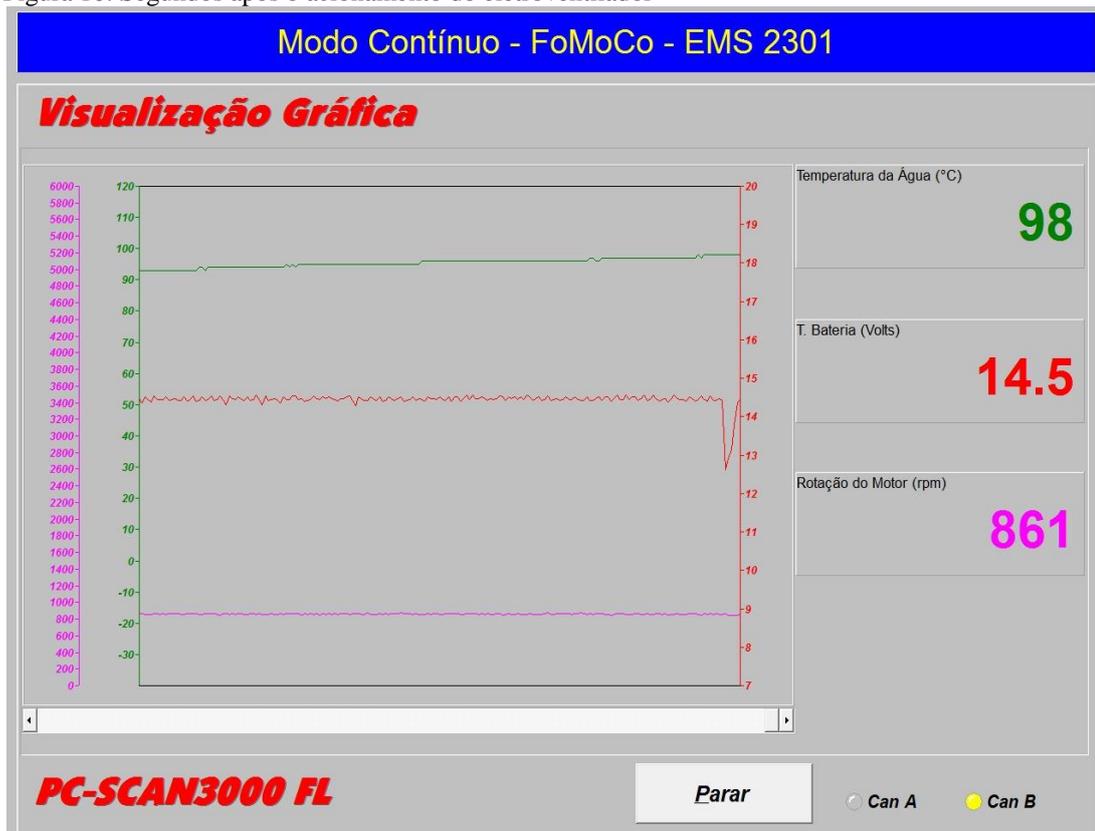
A análise levou em consideração a energia demandada do sistema para acionar e manter o eletroventilador em funcionamento até que abaixasse a temperatura do sistema, o tempo também foi analisado, pois um projeto de um radiador e eletroventilador mais potente e eficaz muda muito o projeto, pois isso faz consumir menos energia do sistema consequentemente garantindo menores quedas de tensão da linha do veículo, aumentando a vida útil da bateria, alternador entre outros componentes.

Como base para os comparativos iniciou-se ambas as análises a partir do momento em que o eletroventilador entrou em funcionamento, para que fosse feito um comparativo correto entre os dois veículos comparados, foi esperado até que o eletroventilador entrasse em funcionamento uma vez, e assim que o mesmo desligasse, iniciáramos o teste e o comparativo.

4.1 Primeiro teste

Na análise feita com o Ford/ Ka após o primeiro funcionamento e desligamento do eletroventilador foi iniciado o teste. Após o ligamento do eletroventilador quando o motor estava com 98°C e uma rotação de 861 rpm como mostrado abaixo na figura 9, onde tivemos no sistema uma queda significativa de tensão que alcançou 12,6 volts como mostrado no gráfico abaixo em vermelho, com uma duração de funcionamento de 26 segundos e tensão se mantendo instável em 14,5 volts no desligamento da ventoinha

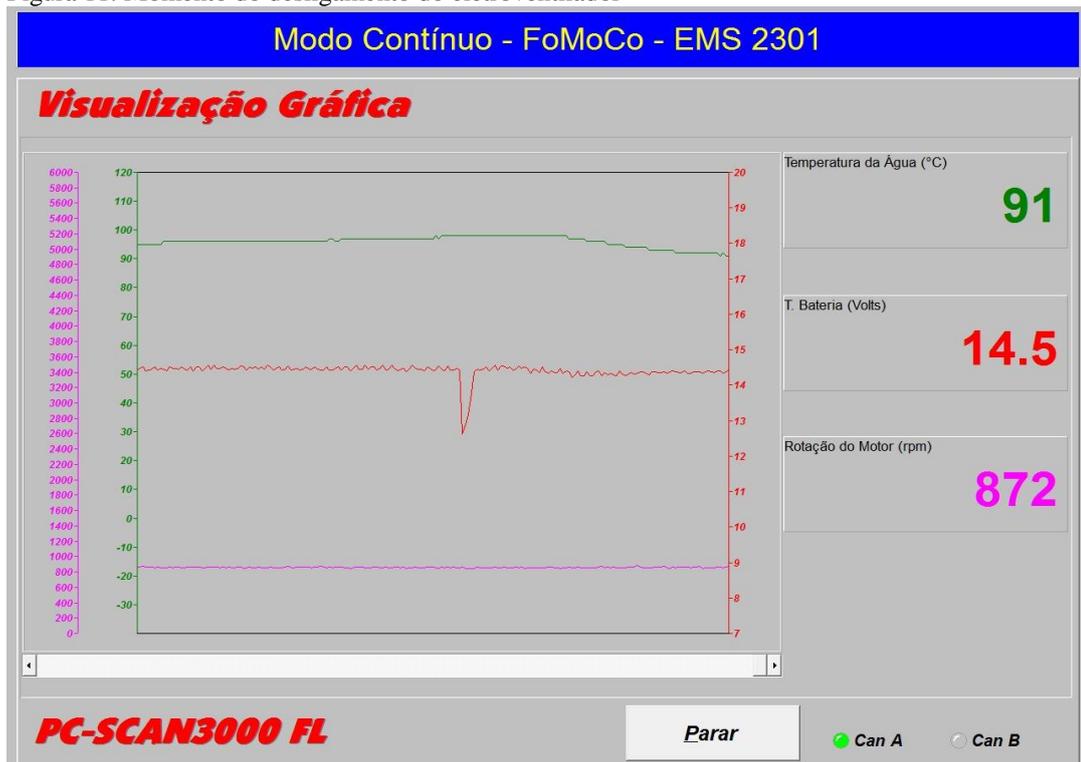
Figura 10. Segundos após o acionamento do eletroventilador



Fonte: o autor

Na figura 9, o gráfico de rosa representa a rotação, que seguiu sem alterações significativas, pode ser notado que a temperatura aumenta gradativamente, até o momento que começa o resfriamento do motor, e a temperatura começa a descer uniformemente como mostrado em verde na figura 11.

Figura 11. Momento do desligamento do eletroventilador



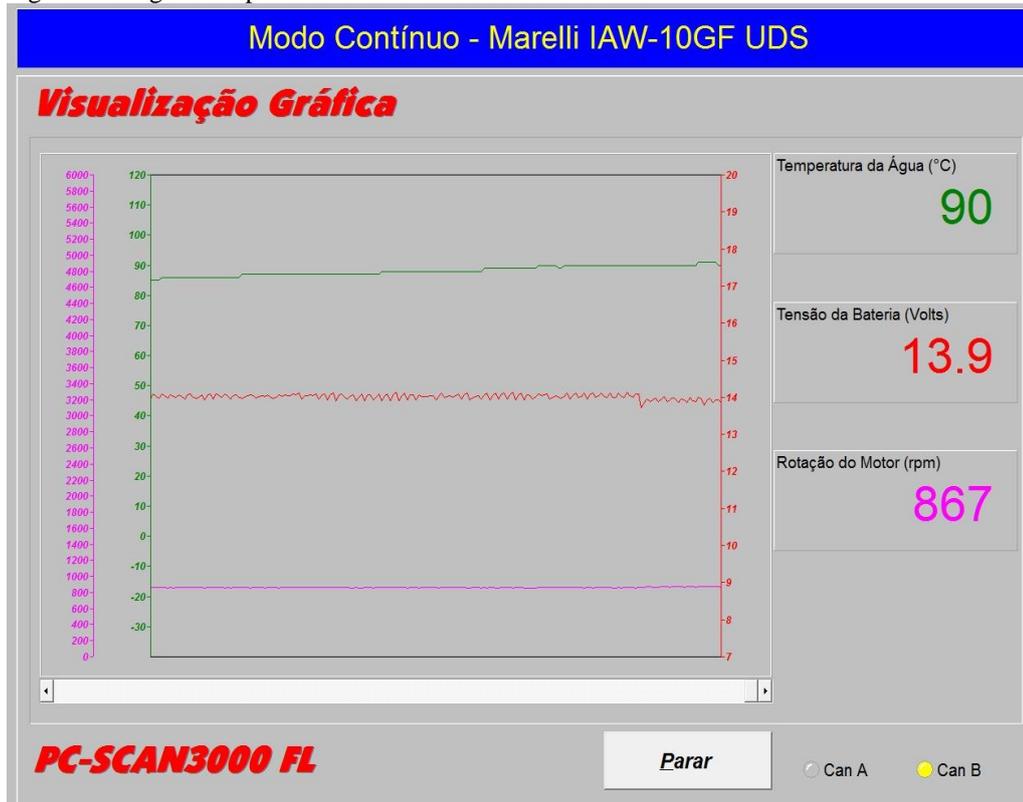
Fonte: o autor

Após os 26 segundos de funcionamento do eletroventilador a temperatura abaixou para 91°C, representado em verde no gráfico da figura 10, cessando o funcionamento através do sensor térmico.

4.2 Segundo teste

Para segunda análise foi adotado os mesmos parâmetros da primeira feita com o Ford Ka. Analisando o Fiat Mobi drive, após o acionamento do eletroventilador que foi iniciado quando o motor atingiu 90°C de temperatura de fluido como mostrado na figura 11, com rotação de 867 rpm houve uma queda na tensão da bateria que estava se mantendo em 14,1 volts e no momento do acionamento caiu para 13,7 volts e se manteve com 13,9 volts, como mostrado na figura 11 que ilustra no gráfico a queda de tensão em vermelho.

Figura 12. Segundos após o acionamento do eletroventilador

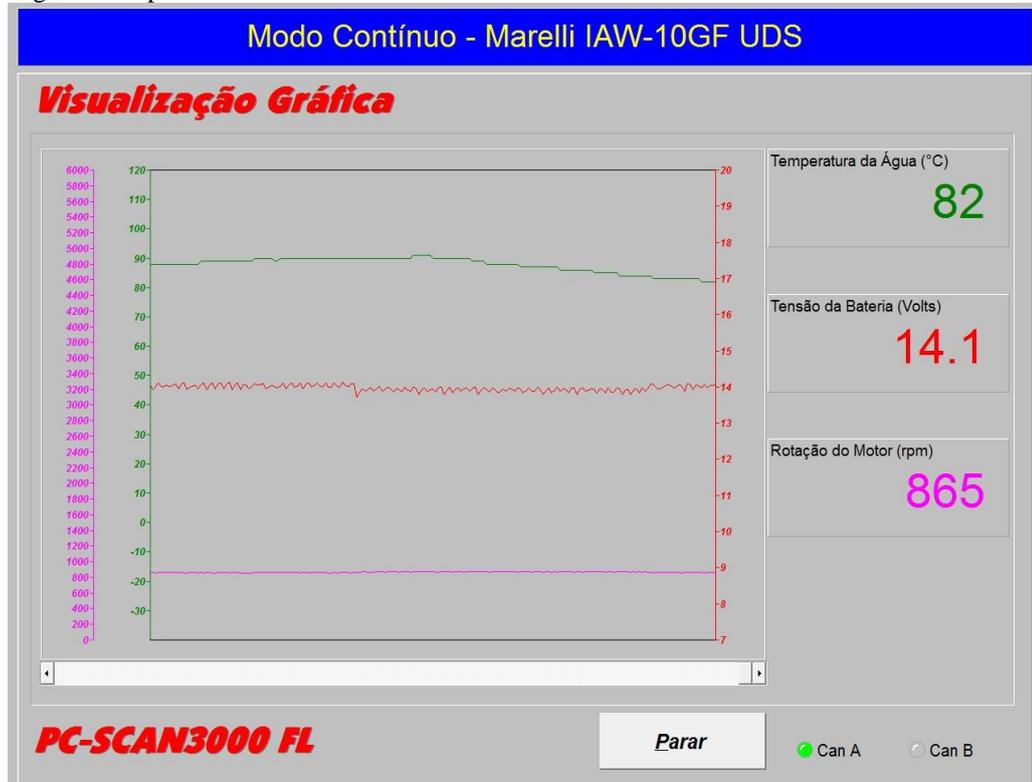


Fonte: o autor

Nota- se que esse modelo trabalha com rotação menor do que o modelo anterior, e temperatura menor, como pode ser visto na figura 11 na interface no momento exato do início do funcionamento da ventoinha.

Após atingir 90°C iniciou-se o arrefecimento com tempo de funcionamento de 47 segundos do eletroventilador. Cessando o funcionamento quando atingiu 82°C ilustrado em verde no gráfico da figura 13 abaixo.

Figura 13: Após o funcionamento do eletroventilador



Fonte: o autor

Ambos os testes foram realizados no mesmo ambiente e mesmo dia sucessivamente, pois a temperatura e condições do ambiente pode influenciar muito nos testes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um sistema de arrefecimento padrão é aquele que consegue resfriar o sistema rapidamente, sem causar quedas na linha de tensão de energia do veículo. Na análise feita com o Ford Ka o eletroventilador permaneceu funcionando por 26 segundos para abaixar 7°C do sistema até o seu desligamento, mas como consequência causou uma queda de tensão de 1,9 volts na linha de alimentação de energia do veículo, com isso a bateria e outros componentes podem sofrer desgastes prematuros e serem trocados com menos tempo do que um sistema em os níveis de tensão se mantenham mais instáveis e não apresentam quedas tão significativas.

No Fiat Mobi o eletroventilador permaneceu ligado por 47 segundos para abaixar 8°C do sistema até o momento do seu desligamento, apresentando apenas 0,4 volts de queda de tensão, 21,05% da queda de tensão do Ford Ka.

Portanto podemos afirmar que o Fiat Mobi traz um conjunto de arrefecimento com funcionamento mais instável para utilização do veículo em vias urbanas, onde geralmente a velocidade é reduzida por possuir muitas paradas, portanto não há muita incidência de ar no radiador como nas rodovias, com isso a refrigeração do carro depende indiscutivelmente do eletroventilador, que não é o caso de quando se circula com o veículo em rodovias, onde se tem maiores velocidades de deslocamento incidindo maior fluxo de ar sobre o radiador.

6 CONCLUSÃO

O sistema de arrefecimento é responsável por manter a temperatura ideal de trabalho do motor, cada veículo possui um projeto que apresenta a temperatura correta para a durabilidade dos componentes, menor emissão de gases, consumo de combustível e desempenho.

Conclui-se, analisando os dados obtidos com os testes, que o modelo de eletroventilador tanto de projeto de hélices influencia muito no arrefecimento dos motores, portanto deve-se levar em consideração que a energia demandada do sistema também aumenta com o uso de eletroventiladores mais potentes, dentre as considerações pode se concluir que deve ser sempre analisado antes da compra qual será a demanda do carro e quais os principais ambientes que irá circular, pois a partir daí que se inicia o processo de fabricação e criação dos sistemas.

Para um futuro trabalho pode-se adotar como desígnio, tirar os dois eletroventiladores e inverter os carros, para analisar e comparar os resultados, pois o modelo e tamanho de radiador e suas galerias internas podem influenciar na troca de calor do fluido, alterando assim o tempo de funcionamento do eletroventilador para retirada de calor do sistema.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS, **CCR NovaDutra realiza campanha de manutenção veicular com foco no superaquecimento do motor**, disponível em: <<https://www.abcr.org.br/noticias/blogger/imprensa>>. Acessado em 16 de maio de 2022.

BRAGA, G. T. **Uma Contribuição ao Controle de Motores de Combustão Interna de Ignição por Centelha na Condição de Marcha Lenta**. Dissertação (Mestrado) — UFMG, Belo Horizonte, MG, 2007.

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna-Vol. 1**. Editora Blucher, 2018.

CULTURA MIX, disponível em: < <https://www.culturamix.com/wp-content/uploads/2010/09/imagem-500x263.jpg> >. Acesso em: 16 de maio de 2022.

Fundamentos da termodinâmica / [organizador] Sandro Megale Pizzo. São Paulo :Pearson Education do Brasil, 2015. (Série Bibliografia Universitária Pearson) ISBN 978-85-430-1718-11. Termodinâmica 2. Processos químicos I. Pizzo, Sandro Megale. II. Série." (Organizador Sandro Megale Pizzo, Fundamentos da termodinâmica).

GAUSS, Como funciona o Sistema de Arrefecimento, disponível em <<https://gauss.com.br/tecgauss/linha-arrefecimento/como-funciona-o-sistema-de-arrefecimento/>>. Acessado em 17 de maio de 2022.

MTE – THOMSON, **Curso online**, disponível em < <http://cursosonline.mtethomson.com.br/licao/aula-2-valvula-termostatica/posicao-valvula/>>. Acessado em 10 abril de 2022.

REVISTA O MECÂNICO, **quando trocar as mangueiras de arrefecimento**, disponível em <<https://omecanico.com.br/quando-trocar-as-mangueiras-de-arrefecimento/>>. Acessado em 16 de maio de 2022.

TECFIL, **Sistema de arrefecimento, entenda seu funcionamento no veículo**, disponível em <https://www.tecfil.com.br/sistema-de-arrefecimento-entenda-seu-funcionamento-no-veiculo/>>. Acessado em 17 de maio de 2022.

TEXACO LUBRIFICANTES, **Afinal, o que é o sistema de arrefecimento do motor**, disponível em: <https://blog.texaco.com.br/havoline/arrefecimento-do-motor-conceito-caracteristicas-e-manutencao-adequada/>>. Acessado em 16 de maio de 2022.

TILLMANN, Carlos Antonio da Costa. **Motores de combustão interna e seus sistemas**. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013. Disponível em: https://conaenge.com.br/wp-content/uploads/2018/05/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas-2013.pdf. Acessado em: 20 de maio de 2022