

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

LAISA MARIA TORSANI

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES DO FLUIDO DE
ARREFECIMENTO EM MOTORES DE COMBUSTÃO A DIESEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2018

LAISA MARIA TORSANI

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES DO FLUIDO DE
ARREFECIMENTO EM MOTORES DE COMBUSTÃO A DIESEL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química, do Departamento de
Engenharia Química, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Matheus Pereira
Postigo

PONTA GROSSA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES DO FLUIDO DE ARREFECIMENTO
EM MOTORES DE COMBUSTÃO A DIESEL**

Por

LAISA MARIA TORSANI

Monografia apresentada no dia 19 de Novembro de 2018 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. César Arthur Martins Chornobai
(UTFPR)

Prof. Dr. Luciano Fernandes
(UTFPR)

Johnata Henrique Rodrigues
(UTFPR)

Prof. Dr. Matheus Pereira Postigo
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer minha família pelo esforço, suporte e confiança durante os anos da faculdade. Gostaria também de agradecer a toda família de amigos e amigas que construí durante esses anos, sem dúvidas todos foram essenciais para minha boa vivência em Ponta Grossa – PR, hoje os tenho como irmãos e irmãs.

Gostaria de agradecer aos professores César Chornobai e Luciano Fernandes por me acompanharem em todos os projetos e por todo apoio e suporte prestado durante os anos na Engenharia Química. Agradeço ao professor Matheus Postigo por ter aceitado me orientar neste presente trabalho e por todo o apoio

Agradeço a meus colegas de trabalho pelo apoio, paciência e compreensão. Sem sua parceria não seria possível conciliar a faculdade com o trabalho. E, por fim, agradeço a Deus por ter me dado muita paciência e energia para cumprir com mais um objetivo colocado em minha vida.

RESUMO

TORSANI, Laisa Maria. **Estudo da influência das variações do fluido de arrefecimento em motores de combustão a diesel**. 2018. 42 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Engenharia Química - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Os veículos pesados têm grande aplicação e movem o setor de transportes no país. É de interesse das montadoras e de seus clientes que um veículo, quando adquirido, tenha vida útil elevada proporcionando maior satisfação e rendimento de sua utilização. O sistema de arrefecimento em motores a diesel é de total importância para garantia de conservação dos veículos. Um arrefecimento mal projetado ou que opere em condições inadequadas pode causar danos ao motor e conseqüentemente ao veículo como um todo. Analisou-se amostras de fluido de arrefecimento fornecidas por um fabricante de veículos pesados e motores a diesel a fim de entender suas composições e estudar as influências destas composições no sistema de arrefecimento dos veículos. Através do estudo da densidade das amostras foi possível entender que as mesmas não atendiam a especificação como recomendado pelo fabricante dos veículos, indicando seu potencial degradante.

Palavras-chave: Motores Diesel. Etilenoglicol. Veículos pesados. Sistema de Arrefecimento.

ABSTRACT

TORSANI, Laisa Maria. **Study of the influence of coolant mixtures variations in diesel combustion engines.** 2018. 42 sheets. Final Paper - Bachelor in Chemical Engineering - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2018.

Heavy vehicles have great application and move the country's transportation sector. It is interesting for the brands and for their customers that a vehicle, when purchased, has a long service life, providing greater satisfaction and efficient use. The cooling system in diesel engines is of utmost importance to guarantee the conservation of the vehicles. Poorly designed or operation under inadequate cooling can cause damage to the engine and consequently to the vehicle itself. Most brands use cooling fluid based on ethyleneglycol and water mixtures. Cooling samples provided by a heavy-duty diesel engine manufacturer were analyzed in order to understand their compositions and to study the influences of these compositions on the vehicle cooling system. Through the study of the density of the samples, it was possible to understand that they did not meet the specification as recommended by the vehicle manufacturer, indicating its degrading potential.

Keywords: Diesel Engines. Ethyleneglycol. Heavy vehicles. Cooling system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo de Calor	6
Figura 2– Fluxo de ar	6
Figura 3 – Estrutura da molécula do etilenoglicol.....	12
Figura 4 – Picnômetro	14
Figura 5 – Refratômetro	15
Figura 6 – Amostras coletadas dos veículos (1-5)	18
Figura 7– Amostras coletadas dos veículos (6-11)	18
Figura 8 – Proporções preparadas (0-5)	19
Figura 9 – Proporções preparadas (6-10)	19
Quadro 1 – Características Etilenoglicol adaptado de: (SOBRINHO, 2003)	12
Quadro 2 – Proporções Etilenoglicol e água (%).....	17
Quadro 3 – Resultados de densidade e índice de refração das proporções preparadas.	22
Quadro 4 – Resultados de densidade e índice de refração das amostras coletadas.	23
Quadro 5 – Relação densidade X % de etilenoglicol na proporção.....	24
Quadro 6 – Previsão do percentual de etilenoglicol através da densidade.	25

SUMÁRIO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO	15
Departamento Acadêmico de Engenharia Química	15
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVOS GERAIS	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO A AR	5
3.2 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL	6
3.2.1 COMBUSTÃO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA – DIESEL	7
3.3 SISTEMA DE ARREFECIMENTO	8
3.3.1 Fluido De Arrefecimento	11
3.3.2 Interações Fluido-Motor	12
3.4 DETERMNAÇÃO DE DENSIDADE	14
3.5 ÍNDICE DE REFRAÇÃO	14
4 METODOLOGIA	16
4.1 PREPARAÇÃO DE PROPORÇÕES PARA ANÁLISE DE DENSIDADE E ÍNDICE DE REFRAÇÃO	16
4.2 ANÁLISE DE DENSIDADE	20
4.3 ANÁLISE DE ÍNDICE DE REFRAÇÃO	20
5 RESULTADOS E DISCUÇÃO	22
6 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Um motor é uma máquina térmica que, a partir da queima de combustível, gera trabalho mecânico, utilizada pelos automóveis para entrar em movimento. O calor gerado pela queima de combustível deve fluir por toda a estrutura do motor e, para garantir que a temperatura de seus componentes não ultrapasse a temperatura ideal de trabalho, é necessário um sistema de arrefecimento eficiente, que permita a troca de calor entre as partes, mantendo o sistema em equilíbrio.

Todo estudo e tecnologia desenvolvida no projeto e manufatura dos motores de combustão a diesel aumentam sua eficiência térmica e a temperatura de combustão nos cilindros, exigindo cada vez mais do sistema de arrefecimento.

Os motores de combustão interna surgiram no início do século XIX, e, a partir de então, cada vez mais foi visado o estudo e avanço tecnológico do tema, o que evoluiu para ao surgimento das versões Otto e Diesel. Motores Otto utilizam a gasolina ou álcool como combustível, devido a sua baixa volatilidade, e para ignição necessitam de faísca produzida por um sistema elétrico. Motores Diesel utilizam o Óleo Diesel como combustível, que é injetado no sistema sob pressão, a combustão ocorre devido à compressão de ar que em consequência eleva a temperatura do sistema.

Analisando termodinamicamente o sistema, a refrigeração do motor não é desejável, seu funcionamento ideal ocorreria caso não existissem transferências de calor entre o combustível queimado e o metal que o compõe. Tal fato aumentaria sua eficiência, garantindo maior potência disponível para um mesmo volume de mistura ar-combustível queimado. Entretanto, os motores têm que operar em uma temperatura ótima a fim de minimizar o desgaste excessivo do metal. O sistema de arrefecimento em motores garante tal equilíbrio de temperatura, desde que opere em condições ideais e com máxima eficiência de seus componentes.

O mau funcionamento de um sistema de arrefecimento implica na alteração dos níveis de poluentes produzidos pelo sistema. Caso a temperatura de resfriamento seja abaixo do ideal, a queima de combustível ocorre de maneira incompleta, alterando as emissões do veículo. Dentro dos produtos de combustão incompleta estão água, óxidos e ácidos, podendo colaborar diretamente para o processo de corrosão. Se a temperatura do sistema for muito baixa, os produtos da combustão podem condensar e causar ataque corrosivo nas paredes e vedações dos pistões. Em

caso de superaquecimento, diminui-se o desempenho do motor e aumenta-se seu desgaste.

A temperatura de operação dos motores pode influenciar no processo de corrosão dos materiais do sistema. O fluido de arrefecimento em motores é composto principalmente por uma mistura de etilenoglicol e água. Dependendo de sua composição, este fluido pode se tornar agressivo às partes, acarretando o desprendimento de partículas.

A corrosão e o desprendimento de partículas não são desejáveis, pois interferem diretamente no bom funcionamento do sistema como um todo. Partículas suspensas podem se depositar ao longo das tubulações, bomba, radiador, reservatórios, e ainda danificar anéis de vedação, causando futura inviabilidade/saturação do sistema.

É possível então verificar que o sistema de arrefecimento dos motores tem influência direta no desempenho de veículos, podendo alterar a durabilidade do motor, seu desempenho em termos de consumo de combustível e sua influência no meio ambiente devido às alterações nos gases produzidos na queima do combustível.

Tendo em vista a necessidade de controle de qualidade de fluidos de arrefecimento, foram coletadas para análise amostras de uma empresa cujo nome não será citado por motivos de sigilo industrial. Realiza-se então um estudo dos fluidos de arrefecimento utilizados em veículos pesados com motores de combustão a diesel e suas características em diferentes composições, a fim de verificar sua eficiência e cumprimento de seu propósito ao controlar a temperatura do motor.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo estudar as variações de composição de fluidos de arrefecimento de veículos pesados com motores de combustão a diesel e sua interação com os sistemas por onde este percorre.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência de diferentes proporções de fluido de arrefecimento no processo de desprendimento de partículas no fluido;
- Entender influência das variações de proporções do fluido de arrefecimento no controle de temperatura dos motores.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Motores de combustão interna a diesel são máquinas térmicas desenvolvidas para gerar energia a ser consumida e capacitar o movimento de veículos pesados como os caminhões (BARBOSA, 2012).

Tais máquinas térmicas convertem energia proveniente da queima de combustível em energia térmica. Na combustão o gás se expande e realiza trabalho enquanto sua temperatura diminui. Sua operação térmica obedece à 1ª Lei da Termodinâmica: “Energia não pode ser criada nem destruída durante um processo, ela pode apenas mudar de forma” (A ÇENGEL; BOLES, 2012).

A conservação de energia é o princípio que se dá em qualquer sistema, assim como a conservação de massa. Parte da energia recebida pelos sistemas dos motores na forma de calor (Q) é transformada em trabalho (W), chamada de energia útil. A energia que não foi transformada em trabalho é transformada em variação de energia interna (ΔU), tal energia não é aproveitada pelo sistema (A ÇENGEL; BOLES, 2012).

$$Q = W + \Delta U \quad (1)$$

O balanço de energia pode ser entendido como a soma do trabalho realizado pelo motor com o aumento de energia interna, e esta soma deve ser equivalente a quantidade de energia fornecida pela combustão do diesel. Toda a energia produzida pode ultrapassar as fronteiras de um sistema em forma de calor ou trabalho. O calor é dado pela diferença de temperatura entre o sistema e sua vizinhança, já o trabalho é a transferência de energia associada a uma força que age ao longo de uma distância (A ÇENGEL; BOLES, 2012).

Na automobilística, o trabalho concede movimento aos veículos através de um eixo. Geralmente o torque aplicado ao eixo é constante, implicando fato que a força também será constante. O torque é proporcional à força e ao comprimento do braço de alavanca, de acordo com a equação abaixo (A ÇENGEL; BOLES, 2012).

$$T = F \cdot d \quad (2)$$

Assim, o torque transferido pelo eixo dos veículos faz com que estes entrem em movimento.

Os motores de combustão interna a diesel são compostos por diferentes sistemas que juntos trabalham para geração desta energia, são estes: Sistema de alimentação de ar, sistema de alimentação de combustível, sistema de lubrificação,

sistema elétrico e sistema de arrefecimento. E como toda máquina, a eficiência dos motores dependem da eficiência destes sistemas (TILLMANN, 2013).

3.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO A AR

O motor deve operar com quantidade ideal de ar, devendo esta ser suficiente para garantir o melhor rendimento do combustível durante o processo de explosão, por consequência, funcionamento do motor (TILLMANN, 2013).

Como exemplificado na figura 1, o ar é admitido, filtrado, interage com o combustível no processo de combustão e em seguida sai do sistema por dutos de exaustão. O processo de filtragem do ar é muito importante para retirada de possíveis impurezas deste, que podem ser poeira, fuligem, areia, etc. Apenas ar limpo deve chegar ao motor, assegurando assim a eficiência da combustão e a preservação dos componentes internos. O ar é admitido do ambiente externo através do tubo de admissão de ar e é impulsionado neste sistema através do turbocompressor (compressor centrífugo movido por uma turbina), causando superalimentação. Trata-se de uma admissão forçada, que assegura o enchimento dos cilindros com pressão mais elevada. Por garantir maior quantidade de ar injetada nos cilindros, é possível injetar mais combustível, o que aumenta a potência e o torque em até 30%, além de favorecer a homogeneidade da mistura, melhorando o rendimento da combustão (TILLMANN, 2013).

Após sair do compressor, o ar comprimido está muito quente. Este calor faz com que o ar se expanda e diminua sua densidade, fazendo-se necessário o resfriamento para ajustar a temperatura do ar antes de entrar na câmara de combustão. O componente responsável pelo resfriamento do ar é um trocador de calor. Que também, conseqüentemente, aumenta a densidade do ar (TILLMANN, 2013). O fluxo de calor deste sistema se dá como exemplificado na figura 2.

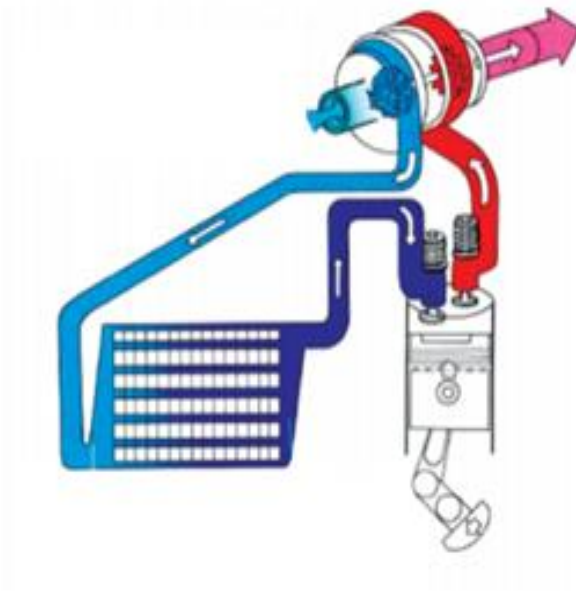


Figura 1 – Fluxo de Calor
 Fonte: adaptado de: TILLMANN (2013)

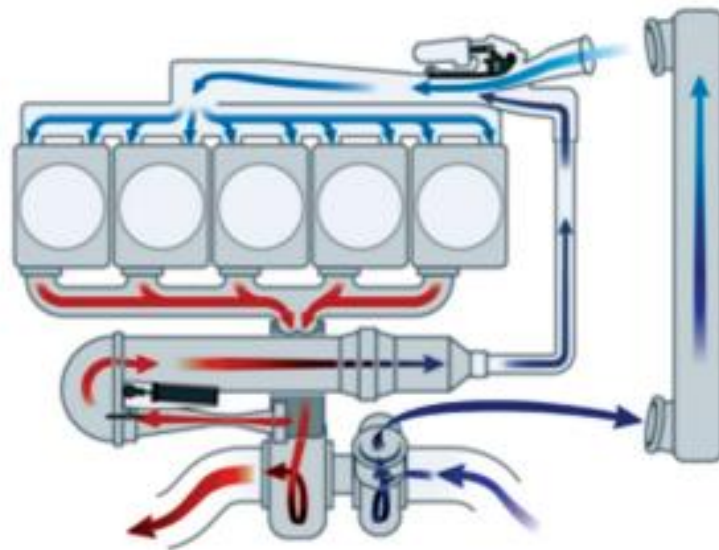


Figura 2 – Fluxo de ar
 Fonte: adaptado de: TILLMANN (2013)

Ainda, acoplada ao turbocompressor existe a válvula de alívio para alívio de pressão em casos de rotações elevadas.

3.2 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL

Em motores a diesel, o combustível é injetado no momento correto, na quantidade correta, exata pressão e livre de impurezas. Os componentes deste

sistema são: reservatório de combustível, tubulações de baixa e alta pressão, tubulação de retorno, bomba de alimentação de combustível, filtros, bicos injetores, dispositivo de avanço, regulador de rotações, e subcomponentes. O combustível é sugado pela bomba de admissão e transferido para filtros através de tubulações de alta pressão, seguindo posteriormente para a bomba injetora. A bomba então coordena o fluxo de combustível para os bicos injetores de acordo com a quantidade necessária, no momento exato da injeção. Para assegurar o bom funcionamento dos cilindros, a bomba envia quantidade maior de combustível em relação a necessária, o que garante a pressão do circuito, e o restante que não é utilizado retorna ao reservatório pela tubulação de retorno.(TILLMANN, 2013).

3.2.1 COMBUSTÃO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA – DIESEL

O processo de produção de energia que ocorre no interior do motor se dá pela compressão dos gases (muda-se o volume e pressão), seguido de sua queima (combustão, muda-se a temperatura), dilatação e expansão em forma de energia térmica ou trabalho mecânico (TILLMANN, 2013).

A grande carga térmica recebida pela estrutura do motor corresponde ao calor gerado pela queima dos gases nos cilindros que não foi transformada em energia mecânica. Os compostos de emissão resultantes da combustão, tanto dos motores a diesel quanto a gasolina ou de combustíveis mistos, podem não causar danos à saúde, como O_2 , CO_2 , H_2O e N_2 ; ou apresentar perigos à saúde, como hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre e material particulado; e aqueles que ainda não estão sob regulamentação: aldeídos, amônia, benzeno, cianetos e tolueno. Essas emissões têm influência direta da temperatura de operação do motor (BRAUN; APPEL; SCHMAL, 2004).

Segundo PRADO (2005), cerca de 20 a 30 % do calor produzido em cada ciclo de combustão nos cilindros é transformado em energia mecânica, o restante é transferido para as paredes do sistema e tem como destino final o radiador, que o dissipa para o ambiente externo circundante.

3.3 SISTEMA DE ARREFECIMENTO

A condição ideal de funcionamento dos motores seria se não houvesse dispersão de energia, toda energia gerada deveria ser consumida pelo sistema. Do ponto de vista termodinâmico a refrigeração dos motores não é desejada. Tal condição aumentaria a eficiência do motor resultando em maior potência fornecida aos eixos. Porém, os motores convencionais trabalham de maneira que o controle de temperatura é crucial para garantir que sistema opere em temperatura ideal sem causar danos e manter as condições de durabilidade, pois parte da energia é convertida em trabalho e parte da energia é dissipada em forma de calor (CARLOS DE MARQUI JÚNIOR, ANTÔNIO C. CANALE, GILBERTO G. LEAL, 1999).

Um motor de combustão interna emprega sistema de arrefecimento pressurizado, com líquido de arrefecimento que circula em todo o sistema. O calor produzido pelo motor devido às reações químicas é transferido da câmara de combustão (onde é gerado) para o líquido, e deste é dissipado para o ar. Em condições normais de operação, o motor requer certo fluxo de arrefecimento para manter a temperatura. Porém, em condições mais severas, pode ser exigido um fluxo maior de arrefecimento. Tal aumento de fluxo exige mais dos componentes do sistema, afetando diretamente a bomba de arrefecimento (CHANDRAN B. SANTANAM, , DIMITRIOS RIZOULIS, BALAJI MANIAM, 2005).

O sistema de arrefecimento de motores de combustão interna a diesel é composto basicamente pelo reservatório de fluido, radiador, bomba de arrefecimento centrífuga de baixa pressão e alta vazão, válvula termostática automática, ventilador e líquido de arrefecimento (TILLMANN, 2013).

O fluido de arrefecimento é levado pela bomba de fluido de arrefecimento até o bloco do motor e em seguida vai para o termostato. O termostato opera de acordo com a temperatura do fluido. Dependendo da temperatura o termostato faz a distribuição do fluido para o radiador ou de volta para a bomba de fluido de arrefecimento. (JOHN L. MASON, 1985)

O sistema possui um filtro do líquido de arrefecimento instalado no alojamento da bomba do líquido de arrefecimento. Do bloco do motor, parte do líquido de arrefecimento fluido pelo compressor de ar. Do compressor de ar, o líquido de arrefecimento retorna ao bloco do motor através de um tubo. (JOHN L. MASON, 1985)

Este fluxo é normal em sistemas de arrefecimento veiculares, o fluido de arrefecimento proveniente do radiador passa pela bomba de arrefecimento que o impulsiona para o restante do sistema, garantindo o fluxo contínuo. Como resultado tem-se um motor operando em determinada temperatura de acordo com o fluxo do líquido e com a eficiência do radiador (JOHN L. MASON, 1985).

O tempo de revisão de um motor de combustão interna de veículos pesados é cerca 4 ou 5 vezes maior em relação a motores de outros tipos de automóveis, apesar do fator de carga ser geralmente mais que o dobro e o peso bruto do veículo por cavalo ser de 5 a 8 vezes maior. Tais fatores influenciam diretamente na necessidade de um sistema de arrefecimento eficiente (RICHARD D. HERCAMP, 1985). Além disso, as partes metálicas do motor, quando operadas em condições incontroladas de temperatura podem ser danificadas ou deterioradas em casos de superaquecimento (SANT'ANA, 2016).

Além do superaquecimento, um motor operando em temperatura abaixo do ideal pode causar algumas implicações no sistema como um todo como o aumento do consumo de combustível, combustão incompleta da mistura combustível-ar, diluição do óleo lubrificante, provável ocorrência de sedimentação e oxidação dos componentes (PRADO, 2005).

Outro fato a ser observado é que a eficiência do sistema de arrefecimento tem relação direta com o consumo de combustível no motor. Segundo PRADO (2005) e CARLOS (1999), quanto maior a temperatura do fluido de arrefecimento na saída do motor, maior a economia de combustível, como pode ser identificado no gráfico 1.

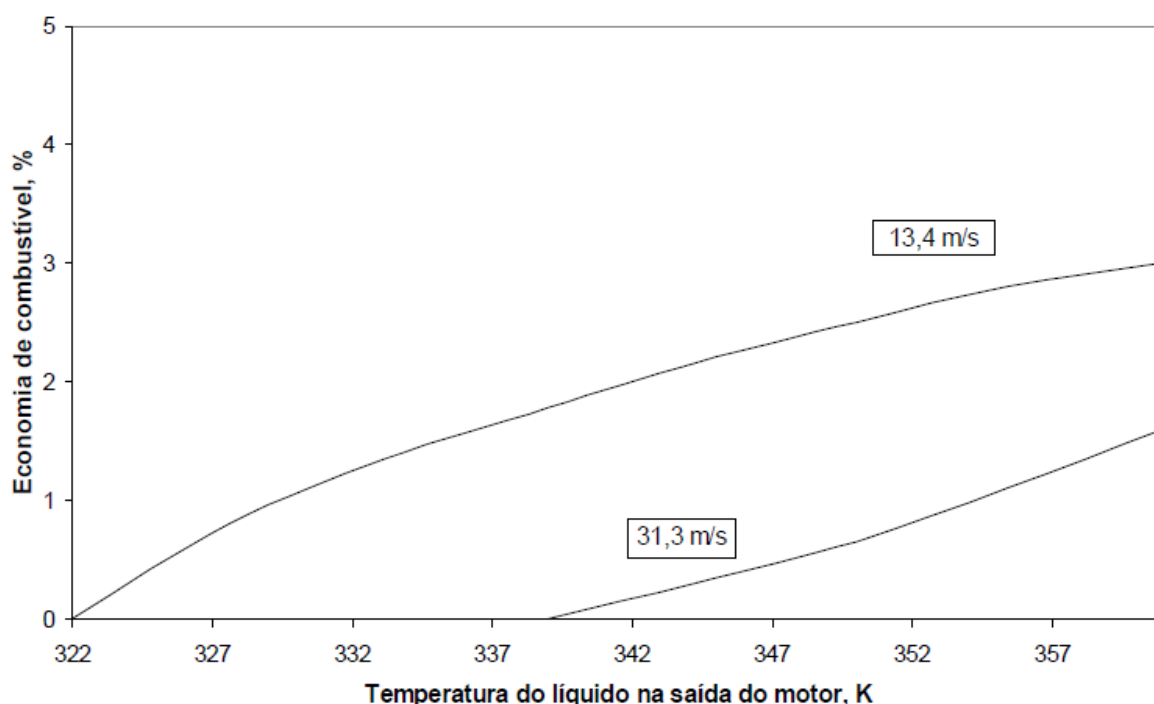


Gráfico 1 – Gráfico de economia de combustível e temperatura do fluido na saída do motor
Fonte: (CARLOS DE MARQUI JÚNIOR, ANTÔNIO C. CANALE, GILBERTO G. LEAL, 1999)

Os processos de troca térmica podem ocorrer de três maneiras diferentes: por convecção, condução ou radiação. Convecção é a troca térmica entre dois corpos, ocasionada pela movimentação de um fluido resultante de sua diferença de densidades. Radiação é o mecanismo de troca de calor entre dois corpos que tem uma distância entre si, a troca de calor será realizada devido a capacidade dos corpos de absorver e de emitir energia térmica. Condução é a troca térmica entre dois corpos que se tocam ou entre as paredes de um mesmo corpo. Todas as trocas térmicas ocorrem quando existe gradiente de temperatura entre as partes (ANÉSIA BARROS FROTA, 2003). Dada a combustão nos cilindros, o calor proveniente da queima dos gases é transferido por radiação e convecção para as paredes metálicas do sistema, onde percorre por condução toda estrutura da parede, sendo transferido por convecção através do líquido de arrefecimento. O líquido então segue para as tubulações e bomba chegando ao radiador, onde o calor é transferido através da convecção para o ar que percorre o radiador, por fim segue por radiação até o meio externo (PRADO, 2005).

3.3.1 Fluido De Arrefecimento

O resfriamento das partes é realizado através de um fluido térmico, o fluido de arrefecimento. Geralmente sua composição é a base de água e um aditivo, mistura essa que deve garantir a eficiência da troca de calor e não possuir potencial corrosivo. A retirada de calor do sistema apenas ocorre quando a válvula termostática abre devido a uma identificação de alta temperatura, sendo assim o fluido circulado pelo sistema (SANT'ANA, 2016).

O fluido mais utilizado em motores de combustão a diesel é a base de água e etilenoglicol em suas devidas proporções. O etilenoglicol é um álcool totalmente solúvel em água, e possui baixo potencial corrosivo, além de ser quimicamente estável e reduzir a pressão de vapor da água. O processo de redução da pressão de vapor da água garante aumento no ponto de ebulição da mistura (ebulioscopia) e a diminuição do ponto de congelamento (crioscopia). Assim, mesmo que ocorram grandes variações de temperatura, o fluido consegue manter sua eficiência ao realizar as trocas térmicas necessárias, sem mudança de fase (RUBENS et al., 2016).

Segundo SANT'ANA (2016), sistemas de arrefecimento que utilizam apenas água como fluido refrigerante podem sofrer processos de cavitação quando o fluido é bombeado em altas temperaturas, pois podem ocorrer momentos em que a pressão local fica mais baixa em relação à pressão de vapor saturado. Bolhas de vapor podem implodir junto ao rotor e corpo da bomba de arrefecimento, causando grande impulso de pressão e conseqüentemente danos ao sistema. A adição de etilenoglicol causa redução da pressão de vapor da água que evita o processo de cavitação.

O etilenoglicol é um líquido com odor adocicado e altamente tóxico caso ingerido. Como representado na figura 3, este possui duas hidroxilas em sua molécula, o que o torna mais miscível em água em relação a outros álcoois correspondentes (SOBRINHO, 2003).

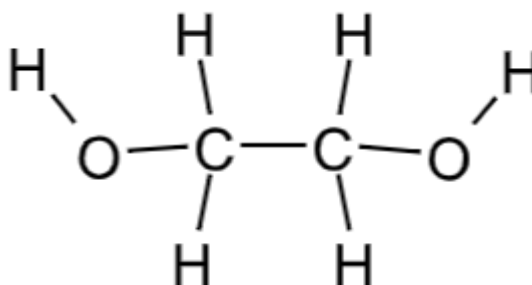


Figura 3 – Estrutura da molécula do etilenoglicol
 Fonte: adaptado de: SOBRINHO, 2003

A tabela abaixo apresenta algumas características do etilenoglicol. Como pode ser observado, trata-se de um fluido com baixo ponto de fusão e alto ponto de ebulição, certamente tem condições de absorver e dissipar calor a fim de estabilizar a temperatura de operação do sistema.

Etilenoglicol	
Nome Oficial	1,2-etanodiol
Fórmula molecular	C ₂ H ₆ O ₂
Massa molecular	62,068 g/mol
Ponto de Fusão	-11,5 °C
Ponto de Ebulição	198 °C
Densidade	1,1088 g/cm ³
Volume molar	55,99 cm ³ /mol

Quadro 1 – Características Etilenoglicol adaptado de: (SOBRINHO, 2003)
 Fonte: Autoria Própria

3.3.2 Interações Fluido-Motor

Como já citado anteriormente, o fluido de arrefecimento percorre um circuito interno e externo ao motor, entrando em contato com vários diferentes materiais de acordo com a composição das peças. Durante este percurso, caso o fluido esteja com composição alterada, pode influenciar no desprendimento de partículas do sistema e consequente depósito de materiais indesejados, que podem comprometer tanto o fluido como o sistema em geral (BRAMBILA, 2006).

Tais partículas podem se desprender devido à corrosão nas paredes do sistema. O potencial corrosivo do fluido deve ser controlado para garantir que este não ataque o sistema de arrefecimento diminuindo na vida útil das peças e do motor como um todo (BRAMBILA, 2006).

Os elementos metálicos ocasionalmente não são encontrados em seu estado puro de metal, mas sim como uma combinação química com um ou mais elementos não metálicos, formando minérios. Existem processos que envolvem grande carga de energia capaz de refinar o minério em seu elemento (metal) puro. A susceptibilidade à corrosão pode ser definida como a tendência dos elementos a voltarem para seu estado natural e de mais baixa energia.

Partículas indesejadas presentes em fluidos de arrefecimento podem causar entupimentos de tubulações, danos em anéis de vedação, perda de controle de temperatura do fluido e saturação do sistema. Tal caso afetaria o sistema como um todo, porém alguns componentes podem estar mais suscetíveis a sofrer danos em relação a outros. A bomba de arrefecimento é um exemplo de componente que pode sofrer danos com maior facilidade devido à sua configuração. (RUBENS et al., 2016).

A bomba de arrefecimento é uma de uma estrutura interna complexa e possui anéis de vedação para garantir que o fluido que ela bombeia não vaze pelo sistema. Estes anéis são feitos de cobre e podem dilatar de acordo com a variação de temperatura, ou serem danificados por atrito com o fluido caso saturado ou contaminado.

Nos motores da empresa em questão, dependendo da temperatura do líquido de arrefecimento, o termostato divide o fluxo do líquido de arrefecimento para ir para o radiador, para ser resfriado ou para retornar à bomba do líquido de arrefecimento, de onde o líquido de arrefecimento flui de volta para o bloco do motor. Da parte de baixo do radiador, o líquido de arrefecimento flui pela bomba do líquido de arrefecimento, através do tubo de retorno do líquido de arrefecimento.

A mistura de etilenoglicol e água que compõe o fluido de arrefecimento varia em concentração de acordo com o recomendado pelo fabricante do motor. Segundo a empresa em questão, para motores com 6 cilindros, 4 válvulas por cilindro, 12,9 L de capacidade volumétrica total, o motor opera normalmente até que a temperatura de 87 °C seja atingida. Neste momento, o fluido começa a percorrer o sistema até atingir o equilíbrio necessário. Em situações de temperatura extremamente elevada, o ventilador também é acionado, colaborando com o resfriamento do sistema.

Para esta configuração de motor, é recomendado que se utilize fluido de arrefecimento com 40 a 50% de etilenoglicol e o restante de água para garantir boa proteção contra corrosão e congelamento. Deve-se atender a esta especificação em toda troca de fluido realizada no motor, porém em muitos casos isso não ocorre.

3.4 DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE

Define-se densidade de um fluido como sendo a relação entre a massa de uma amostra fluida e o volume ocupado por ela. A densidade de um fluido pode indicar sua composição sendo utilizada para identificação de misturas. A densidade é uma propriedade importante e pode ser utilizada para diferenciar um material puro de um impuro, pois a densidade dos materiais que não são puros (misturas) é uma função da sua composição. Também, a densidade pode ser utilizada na identificação e no controle de qualidade de um determinado produto, bem como ser relacionada com a concentração de soluções (JANAÍNA CÉSAR, MARCO-AURÉLIO DE PAOLI, 2004).

O método do picnômetro é bastante seguro para determinação de densidade de líquidos. Este método se fundamenta no fato de que a amostra de líquido adicionada ao picnômetro irá ocupar um volume que será conhecido (RODRIGO SANTANA MACEDO, 2004).



Figura 4 – Picnômetro

Fonte: adaptado de JANAÍNA CÉSAR, MARCO-AURÉLIO DE PAOLI, 2004

3.5 ÍNDICE DE REFRAÇÃO

A velocidade da luz aumenta ou diminui quando ela passa de um meio para outro, devido as diferenças das estruturas moleculares das duas substâncias, ou de seus índices de refração. O índice de refração absoluto de um meio pode ser obtido experimentalmente e é dado pela relação (3):

$$n = \frac{c}{v} \quad (3)$$

Onde c é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade da luz em determinado comprimento de onda em um meio. Atravessando um meio, a luz interage com os elétrons das moléculas do meio provocando redução na velocidade de propagação da mesma. O índice de refração pode ser determinado utilizando um refratômetro que o mede em graus Brix (MARCOS L. CORAZZA, DINA G. RODRIGUES, 2001).



Figura 5 – Refratômetro
Fonte: Autoria própria

A escala Brix se baseia na refração de soluções de sacarose, mas através de uma curva de calibração, pode-se correlacioná-la com a concentração de etilenoglicol em amostras de fluido de arrefecimento (MARCOS L. CORAZZA, DINA G. RODRIGUES, 2001).

4 METODOLOGIA

Para cumprir com os objetivos propostos, foram coletadas 11 amostras de 50 mL de fluido de arrefecimento de 11 veículos com motores de combustão a diesel com diferentes aplicações e diferentes quilometragens.

Não há garantia que os fluidos que vem sendo utilizados nestes veículos estão de acordo com as especificações. Para então entender se existe contaminação nas amostras e sua divergência de concentração em relação ao que é especificado pelo fabricante dos veículos foram realizados os seguintes experimentos.

4.1 PREPARAÇÃO DE PROPORÇÕES PARA ANÁLISE DE DENSIDADE E ÍNDICE DE REFRAÇÃO

Para análises seguintes propostas, foi necessária a preparação de proporções de concentração de fluido de arrefecimento. Foram então preparadas 11 proporções utilizando água e etilenoglicol como mostrado no quadro 2.

PROPORÇÃO	% ÁGUA	% ETILENOGLICOL
10	0	100
9	10	90
8	20	80
7	30	70
6	40	60
5	50	50
4	60	40
3	70	30
2	80	20
1	90	10
0	100	0

Quadro 2 – Proporções Etilenoglicol e água (%)
Fonte: Autoria Própria

Para esta preparação foram utilizados os seguintes materiais:

- 500 mL de água fornecida pelo fabricante dos veículos;
- 500 mL de etilenoglicol fornecido pelo fabricante dos veículos;
- 11 Balões volumétricos de 100 mL;
- Pipetas volumétricas de 10 e 20 mL;
- Pipetador.

Os 11 balões volumétricos foram identificados, cada um sendo para uma proporção diferente. Foram então transferidas as proporções de água e etilenoglicol para cada balão utilizando as pipetas volumétricas.

Após as quantidades serem inseridas, os balões foram homogeneizados para garantir total mistura da água e do etilenoglicol. Os balões e amostras estão representados nas figuras 6, 7, 8 e 9.

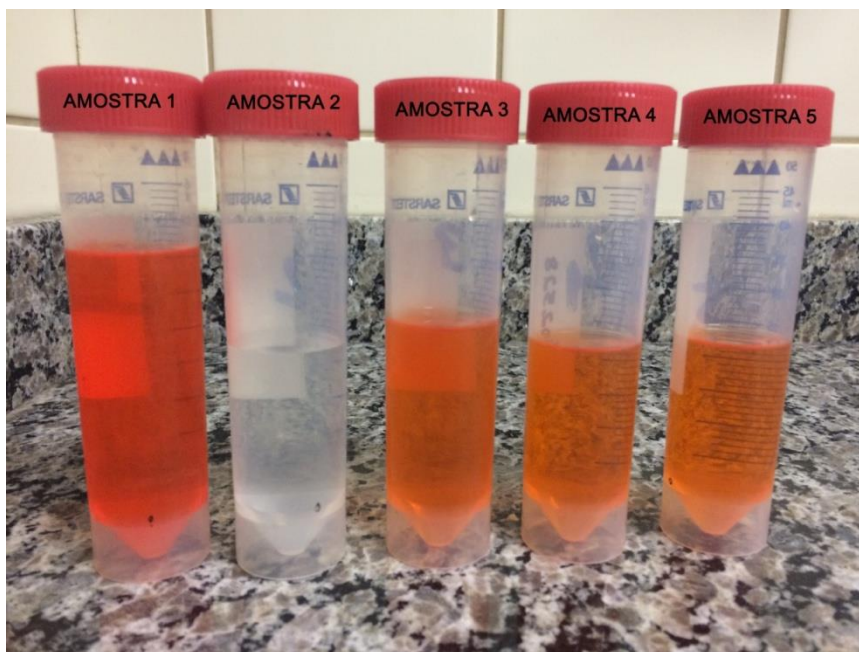


Figura 6 – Amostras coletadas dos veículos (1-5)
Fonte: Autoria Própria

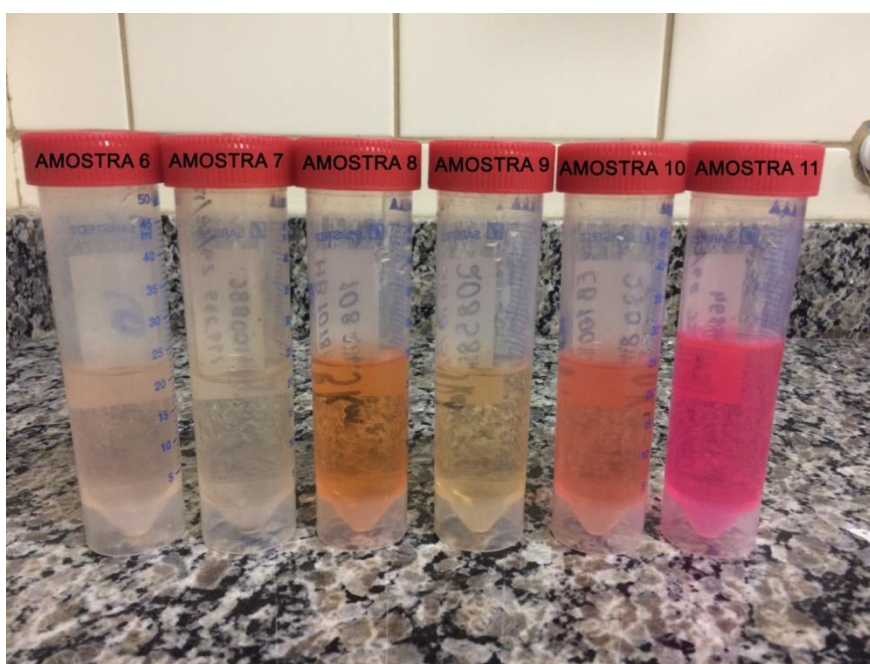


Figura 7 – Amostras coletadas dos veículos (6-11)
Fonte: Autoria Própria

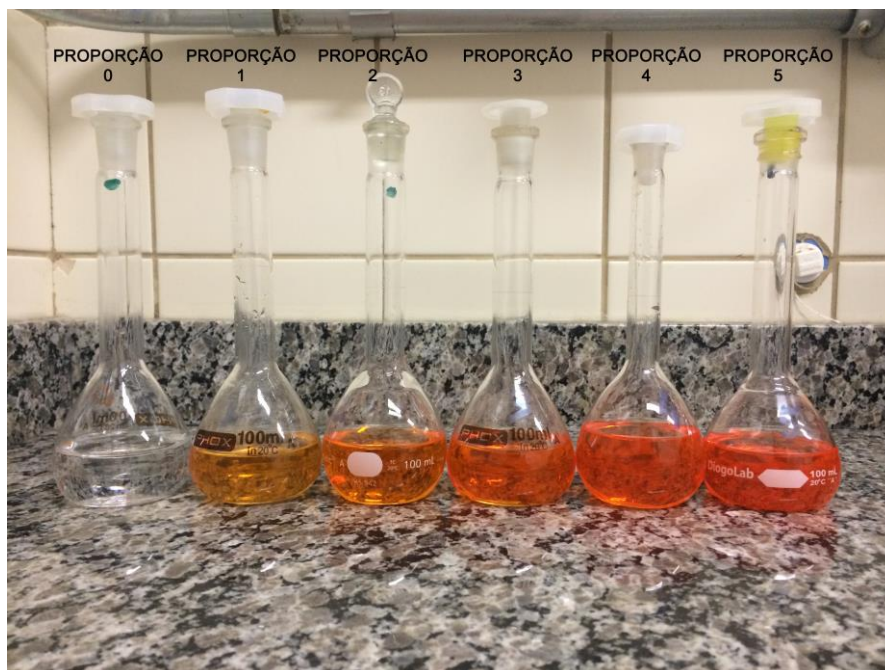


Figura 8 – Proporções preparadas (0-5)
Fonte: Autoria Própria



Figura 9 – Proporções preparadas (6-10)
Fonte: Autoria Própria

4.2 ANÁLISE DE DENSIDADE

A primeira variável a ser estudada foi a densidade das amostras coletadas. Foram então determinadas as densidades das proporções preparadas previamente e das amostras dos veículos.

Para determinação das densidades foram utilizados os seguintes materiais:

- 11 Proporções de mistura etilenoglicol e água preparadas previamente;
- 7 Amostras de arrefecimento coletadas dos veículos rodados;
- Picnômetros de 25mL;
- Balança de precisão;
- Água;
- Papel absorvente.

A análise de densidade foi realizada para o total de 18 fluidos diferentes. Em cada análise, primeiramente pesou-se o picnômetro vazio, em seguida este foi preenchido até o topo com mistura e lacrado de maneira que a mistura preenchesse também todo o orifício da tampa. Já com a mistura, o picnômetro foi novamente pesado. Com as massas obtidas e volume do picnômetro é possível obter a densidade das misturas.

4.3 ANÁLISE DE ÍNDICE DE REFRAÇÃO

Após a determinação das densidades foi realizada análise em triplicata do índice de refração das amostras e das proporções. Para esta análise foram utilizados os seguintes materiais:

- Refratômetro
- 11 Balões volumétricos com proporções previamente preparadas;
- 11 Amostras de fluido de arrefecimento coletadas dos veículos;
- Béquer de 50 mL;
- Pipetas de Pasteur de 2,0 mL;
- Água;
- Papel absorvente.

O experimento consistiu em retirar uma gota de cada proporção/amostra a ser analisado e colocar no refratômetro. Apontando-o contra a luz foi possível obter resultados do índice de refração da amostra/proporção analisado em graus Brix. Em cada intervalo de análise o refratômetro foi limpo com água e papel absorvente.

5 RESULTADOS E DISCUÇÃO

Após as análises no picnômetro, foi possível determinar a densidade das amostras utilizando a definição (4):

$$d = \frac{m}{v} \quad (4)$$

Onde “*m*” é a massa do fluido e “*v*” é o volume de fluido utilizado na análise.

Os resultados de densidade obtidos utilizando o volume de 25 mL para as proporções preparadas estão relacionados na tabela abaixo, assim como os índices de refração.

PROPORÇÃO	MASSA PICNÔMETRO VAZIO (g)	MASSA PICNÔMETRO CHEIO (g)	DENSIDADE PROPORÇÃO (g/cm ³)	ÍNDICE DE REFRAÇÃO (graus Brix)
0	12,3762	38,2649	1,0355	0,01
1	12,4365	38,9343	1,0599	5,2
2	12,9921	39,6530	1,0664	10,2
3	13,5277	40,3687	1,0736	20,01
4	12,9042	40,0454	1,0856	25,01
5	13,0434	40,3616	1,0927	31,2
6	13,0108	40,6462	1,1054	-
7	12,5471	41,1151	1,1427	-
8	12,6447	42,1915	1,1818	-
9	12,6665	42,4251	1,1903	-
10	12,6135	42,5735	1,1984	-

Quadro 3– Resultados de densidade e índice de refração das proporções preparadas.

Fonte: Autoria Própria

Da mesma forma, os resultados obtidos utilizando o volume de 25 mL para as amostras coletadas estão relacionados no quadro 4.

AMOSTRA	MASSA PICNOMETRO VAZIO (g)	MASSA PICNÔMETRO CHEIO (g)	MASSA FLUIDO (g)	DENSDADE CALCULADA (g/cm³)	INDICE DE REFRAÇÃO (graus Brix)
1	27,4027	57,1352	29,7325	1,1893	32+
2	12,9607	38,5798	25,6191	1,024764	0,01
3	13,0035	39,9658	26,9623	1,078492	24,98
4	13,0133	39,8312	26,8179	1,072716	22,99
5	12,9812	39,8593	26,8781	1,075124	22,2
6	12,9844	38,7732	25,7888	1,031552	3
7	12,9955	38,7827	25,7872	1,031488	1
8	13,0404	39,7467	26,7063	1,068252	17,9
9	12,9916	38,7949	25,8033	1,032132	2,3
10	12,9781	39,5117	26,5336	1,061344	16,3
11	13,0032	39,243	26,2398	1,049592	11,4

Quadro 4 – Resultados de densidade e índice de refração das amostras coletadas.

Fonte: Autoria Própria

Com as densidades das proporções obtidas, foi possível construir uma curva de densidade baseada na quantidade de etilenoglicol presente nos mesmos.

PROPORÇÃO	DENSIDADE CALCULADA (g/cm ³)	% DE ETILENOGLICOL
0	1,035549	0
1	1,059912	10
2	1,066437	20
3	1,073642	30
4	1,085648	40
5	1,092728	50
6	1,105416	60
7	1,14272	70
8	1,181872	80
9	1,190344	90
10	1,1984	100

Quadro 5 – Relação densidade X % de etilenoglicol na proporção.
Fonte: Autoria Própria

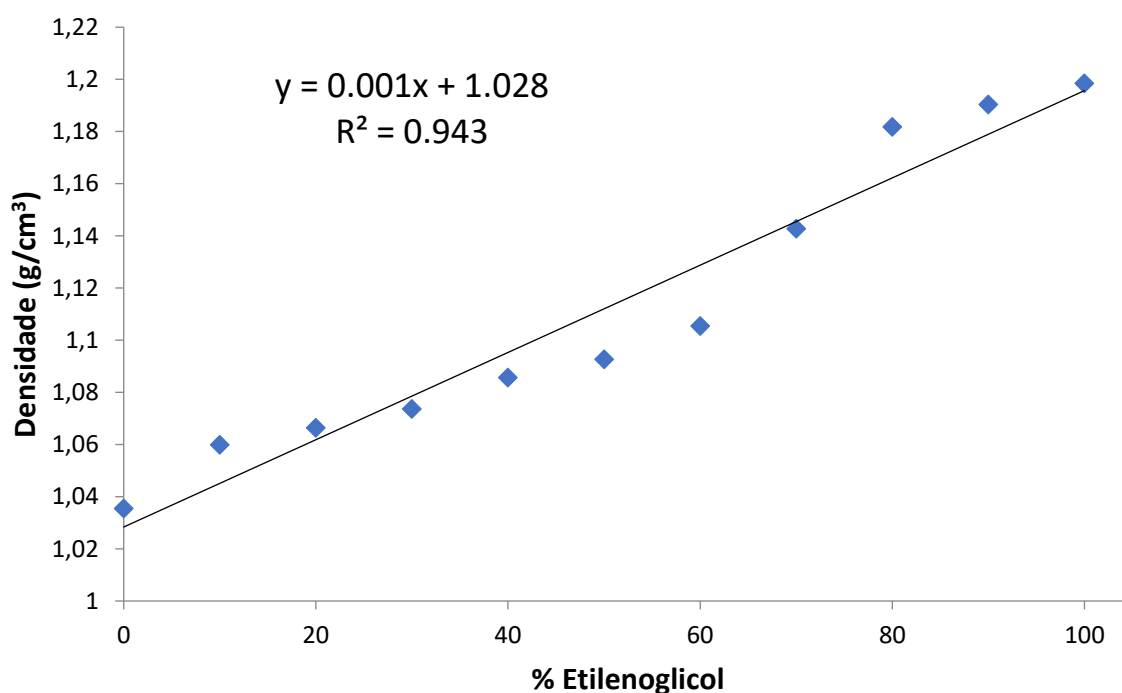


Gráfico 2 – Curva de Densidade Proporções x Densidade das amostras
Fonte: Autoria Própria

Através dos dados obtidos mostrados no Gráfico 2, é possível obter uma regressão linear que correlaciona o percentual de etilenoglicol com a densidade observada. Apesar do baixo coeficiente de correlação (que poderá ser futuramente melhorado através de experimentos mais robustos), é possível prever a densidade para as amostras conhecidas, empregando-se a equação mostrada no corpo do gráfico mostrado. Estas previsões são mostradas no Quadro 6.

AMOSTRA	DENSIDADE MEDIDA	% ETILENOGLICOL PREVISTO
1	1,0784	50,4
2	1,0727	44,7
3	1,0751	47,1
4	1,0315	3,5
5	1,0314	3,4
6	1,0682	40,2
7	1,0321	4,1
8	1,0613	33,3
9	1,0495	21,5

Quadro 6 – Previsão do percentual de etilenoglicol através da densidade.
Fonte: Autoria Própria

Foram realizadas análises de índice de refração das amostras, porém esta foi limitada pela escala do aparelho disponível, capaz de medir até 32 graus Brix somente. Dessa forma, as amostras com índices de refração acima deste valor podem ter suas densidades classificadas apenas como "acima de 30% de etilenoglicol", uma análise bastante imprecisa. Outra alternativa ao uso de um equipamento mais preciso seria a extrapolação dos dados na região entre 0 e 30 %, onde a dispersão dos dados pode ser considerada linear (curva não mostrada). Esta opção, contudo, introduziria possíveis erros por não ter os valores reais de índice de refração para amostras com mais de 30% de etilenoglicol.

Analisando a densidade obtida da amostra 1 é possível concluir que sua concentração é cerca de 92%. Segundo o fabricante dos motores a diesel o refrigerante deve conter concentração de etilenoglicol acima de 90 %, assim pode-se dizer que este refrigerante atende as especificações do fabricante e não causará danos aos sistemas.

A amostra 2 consistia em apenas água utilizada pelo fabricante dos motores a diesel na mistura e obtenção do fluido de arrefecimento. Então, a partir da análise do gráfico, podemos dizer que a água utilizada também atende as especificações do fabricante de motores, pois a % de etilenoglicol na amostra deve ser zero. Então, essa amostra quando misturada ao refrigerante não causará danos ao sistema de refrigeração.

A análise dos gráficos para a amostra 3 nos diz que a concentração de etilenoglicol da amostra 3 está entre 35-37%. Como o recomendado pelo fabricante dos motores é que o fluido de arrefecimento contenha de 40-50% de etilenoglicol, esta amostra não se adéqua a recomendação.

Assim como a amostra 3, a amostra 4 contém concentração inferior ao recomendado, neste caso, a concentração estimada fica em torno de 30% de etilenoglicol. Como pode ser observado nos gráficos de índice de refração e densidade da amostra 5, ela não atende as recomendações do fabricante dos motores. Sua concentração estimada fica em torno de 30-35% de etilenoglicol.

A concentração de etilenoglicol na amostra 6 estimada é muito baixa. Pode-se dizer que esta amostra consiste em pelo menos 95% de água, bem abaixo do recomendado pelo fabricante. A amostra 7 tem concentração estimada muito semelhante a amostra 6. Concentração de etilenoglicol inferior a 5%, não atende as especificações do fabricante.

Estima-se através dos gráficos que a concentração de etilenoglicol na amostra 8 seja cerca de 25%. Esta porcentagem é menor em relação ao recomendado pelo fabricante e pode causar danos ao motor.

A concentração de água na amostra 9 é muito maior em relação a quantidade de etilenoglicol conforme apresentado nos gráficos de refração e densidade, ficando em torno de 97% e fora dos padrões de recomendação do fabricante dos motores. A amostra 10 possui cerca de 10% de etilenoglicol em sua composição e cerca de 90% de água. Estando também fora dos padrões de recomendação da fábrica. A concentração estimada de etilenoglicol na amostra 11 é inferior a 10%. Não atende aos padrões recomendados pelo fabricante dos motores em questão.

Após avaliação de todas as amostras, observamos que nenhuma das amostras de mistura (etilenoglicol e água) atendeu as especificações recomendadas pelo fabricante dos motores a diesel em questão. Apenas as amostras 0 e 1 que consistiam em refrigerante e água fornecidas pela fábrica possuíam concentrações

aceitáveis. Entende-se então que os veículos dentro da fábrica são abastecidos com fluido de arrefecimento ideal para garantir as boas condições de equilíbrio de temperatura nos motores. Porém, quando os veículos são abastecidos fora da fábrica, a quantidade de refrigerante colocada no sistema de arrefecimento é inferior ao recomendado. Uma menor concentração de etilenoglicol pode causar alteração na ebulioscopia e crioscopia do fluido de arrefecimento acarretando em menor eficiência no controle de temperatura do sistema. O etilenoglicol é utilizado como arrefecedor de motores devido as suas características capazes de garantir equilíbrio da temperatura, em menores concentrações em relação ao recomendado pode causar danos ao sistema, não garantir combustão completa do diesel, conseqüentemente alterar as emissões de gases devido a combustão incompleta do diesel. Motores que utilizam apenas água em seu arrefecimento podem sofrer cavitação e oxidação das partes metálicas internas podendo ocasionar o desprendimento de partículas das paredes do sistema. Estas partículas podem causar entupimentos ou danos a anéis de vedação por todo o circuito onde percorre o fluido, diminuindo a vida útil dos motores, aumentando o custo de operação do veículo.

Ainda, é possível que as alterações nas concentrações possam ser influenciadas pela presença de contaminantes nas amostras. Seria possível determinar esta contaminação utilizando métodos instrumentais de quantificação e qualificação de amostras. Podem ser propostas análises por Ressonância Magnética Nuclear (RMN), que podem gerar em segundos um espectro completo da amostra, revelando todos os possíveis contaminantes simultaneamente, sem destruir a amostra e com preparo mínimo da mesma (COLNAGO, 1996).

As análises quantitativas por RMN são baseadas em correlações que existem entre a intensidade do sinal RMN e a concentração do produto a ser analisado. O RMN é uma técnica comparativa, sendo necessário fazer uma calibração entre a intensidade do sinal de RMN e a concentração de amostras padrões. Com a curva de calibração, obtém-se a concentração de uma substância em uma amostra desconhecida somente com a medida da intensidade do seu sinal de RMN (COLNAGO, 1996).

6 CONCLUSÃO

Através do estudo realizado, pode-se verificar que as concentrações dos fluidos de arrefecimento de motores a diesel estão diretamente relacionadas à vida útil dos motores. Um fluido inadequado pode causar danos ao sistema em termos de reações de oxidação, ineficiência no controle de temperatura e alteração nas emissões dos gases de combustão.

O abastecimento de fluido de arrefecimento nos motores dos veículos analisados é de total responsabilidade do dono do veículo, não podendo o fabricante se responsabilizar por danos causados devido à má utilização de suas recomendações. Porém, o fabricante deve realizar frequentemente a verificação de concentração do fluido utilizado nos caminhões da fábrica, cobrar de fornecedores e manter um padrão para evitar que problemas causados pelo arrefecimento aconteçam dentro da fábrica antes mesmo do veículo sair para ser comercializado. Além disso, pode trabalhar na melhor conscientização de seus clientes através da área de pós venda, em relação aos possíveis problemas futuros que o motor pode sofrer e o que isso significa em termos de dinheiro e tempo de trabalho, afinal a economia gerada pelo uso apenas de água no sistema de arrefecimento é desprezível perto do custo de retífica do motor ou substituição de peças vitais.

REFERÊNCIAS

- A ÇENGEL, Yunes; BOLES, Michael A.. **Termodinâmica**. 7. ed. Mexico: Mcgraw-hill, 2012.
- ANÉSIA BARROS FROTA, R. S. **Manual do Conforto Térmico**. 7 ed. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- B.S. POTENSA, S. LANFREDI, M. A. L. N. Investigação da Condutividade Térmica de Suspensões de Grafite Disperso em Blendas de Etileno Glicol e Glicerol (Investigation. **61º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, n. July, p. 1786–1796, 2017.
- BARBOSA, V. L. R. **Adequação tecnológica em sistema de medição de potência para motor à combustão movido a gás natural**. [s.l.] INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA, 2012.
- BRAMBILA, J. A. **Estudo experimental e simulação termodinâmica de desempenho em um motor de combustão interna operando com óleo diesel e etanol**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2006.
- BRAUN, S.; APPEL, L. G.; SCHMAL, M. A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas à diesel - A questão dos particulados. Estratégias atuais para a redução e controle das emissões e tendências futuras. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 472–482, 2004.
- CARLOS DE MARQUI JÚNIOR, ANTÔNIO C. CANALE, GILBERTO G. LEAL, P. U. Á. Análise de Sistemas de Arrefecimento de Veículos Pesados. **XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica**, p. 10, 1999.
- CÉSAR, Janaína; PAOLI, Marco Aurélio de; ANDRADE, João Carlos de. **A Determinação de Densidade de Sólidos e Líquidos**. 2004. 8 f. - Curso de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- CHANDRAN B. SANTANAM, , DIMITRIOS RIZOULIS, BALAJI MANIAM, G. D. M. **Engine Cooling System** United States of America, 2005.
- JANAÍNA CÉSAR, MARCO-AURÉLIO DE PAOLI, J. C. DE A. A Determinação da Densidade de Sólidos e Líquidos. **Chemkeys**, p. 8, [s.d.].
- COLNAGO, Luiz Alberto. **Análise de Teor de Óleo em Sementes por RMN**. 1996. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/27416/1/CiT0396.pdf>

>. Acesso em: 11 nov. 2018.

JOHN L. MASON, R. C. E. **Engine Cooling System** United States of America, 1985.

Máquinas Térmicas. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~leila/maquina.htm>>. Acesso em: 7 nov. 2018.

MARCOS L. CORAZZA, DINA G. RODRIGUES, J. N. PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO VINHO DE LARANJA. **Quimica Nova**, v. 24, n. 4, p. 449–452, 2001.

PRADO, W. B. **Simulação do Sistema de Arrefecimento de Motores Diesel em Matlab-Simulink**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2005.

RICHARD D. HERCAMP, R. D. H. **Diesel Engine Cooling System Compositions** United States of America, 1985.

RODRIGO SANTANA MACEDO, W. G. T. **Determinação da densidade de partículas de diferentes solos da Amazônia** **Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental** Manaus Embrapa Amazônia Ocidental, , 2004. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83000/1/Determinacaodensidad eDoc-35.pdf>>

RUBENS, C. et al. Análise das propriedades físico-químicas dos fluidos de arrefecimento automotivo a base de etilenoglicol. **Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, 2016.

SANT'ANA, R. O. DE. **Análise de Transferência de Calor de Fluidos Térmicos Aditivado com Etilenoglicol e Polímeros**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

SOBRINHO, A. DE A. **Estudos de Propriedades Termodinâmicas e Estruturais dos Líquidos Etilenoglicol e Glicerol Utilizando Simulação Computacional**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlos, 2003.

TILLMANN, C. A. DA C. **Motores de Combustão Interna e seus Sistemas**. Pelotas: [s.n.].