

**UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO**

**LUANA FREITAS DE SOUZA**

**A QUÍMICA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES PARA  
MOTORES AUTOMOTIVOS**

BAURU  
2016

**LUANA FREITAS DE SOUZA**

**A QUÍMICA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES PARA  
MOTORES AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro de Ciências  
Exatas e Sociais Aplicadas como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
bacharel em Química, sob orientação da  
Prof.Me.ErikCeschiniPanighelBenedicto

BAURU  
2016

S7293q

Souza, Luana Freitas de

A química dos óleos lubrificantes para motores automotivos / Luana Freitas de Souza. -- 2016.  
45f. : il.

Orientador: Prof. Me. Erik C. Panighel Benedicto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) -  
Universidade do Sagrado Coração - Bauru – SP.

1. Óleo Lubrificante. 2. Análises de óleos lubrificantes. 3. Motor Automotivo. 4. Aditivção. I. Benedicto, Erik Ceschini Panighel. II. Título.

**LUANA FREITAS DE SOUZA**

**A QUÍMICA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES PARA MOTORES  
AUTOMOTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro de Ciências  
Exatas e Sociais Aplicadas como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
bacharel em Química, sob orientação da  
Prof. Me.Erik Ceschini Panighel Benedicto

Banca Examinadora:

---

Prof.Me.Erik Ceschini Panighel Benedicto  
Universidade do Sagrado Coração

---

Profa. M.<sup>a</sup> Barbara de Oliveira Tessarolli  
Universidade do Sagrado Coração

---

Profa. Dra. Ana Paula CerinoCoutinho  
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 07 de Dezembro de 2016.

Dedico este trabalho aos meus pais, por toda a sabedoria e educação que me instruíram e o incentivo de sempre seguir em frente independente das dificuldades que encontramos ao longo da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por sempre permanecer à frente do estudo e que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo da minha vida e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais e irmãos pelo amor, paciência, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu noivo, que sempre me ajuda nos momentos que mais preciso, pelo o amor, paciência, compreensão e que me incentiva a nunca desistir.

As minhas amigas e companheiras de trabalho que estão sempre ao meu lado ouvindo os desabafos, choros, sempre mostrando que tudo é possível com muito esforço e trazendo alegria nos momentos que mais preciso. E em especial minha amiga de faculdade Amanda, que a todo o momento esteve do meu lado.

Ao meu orientador Prof. Erik pela compreensão e estímulo.

A Universidade do Sagrado Coração – USC por ter sido o canal para minha formação.

Aos meus professores pela disciplina e empenho nas ministrações das aulas.

E a todos os que fizeram e fazem parte desse ciclo e acreditaram em na minha capacidade, o meu muito obrigado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”  
(Charles Chaplin)

## RESUMO

O presente trabalho visa mostrar a importância de conhecer um óleo lubrificante e saber o quão é importante o mesmo estar conforme as especificações exigidas pelas normas API (*American Petroleum Institute*) e SAE (*Society of Automotive Engineers*) para uma boa lubrificação e bom desempenho do motor. Através das reações que acontecem no óleo lubrificante dentro do motor, consegue-se observar a função da aditivação nos óleos para evitar corrosão, desgaste, oxidação e formação de agentes contaminantes. Um óleo lubrificante que está em desacordo com as normas pode gerar problemas para o motor, diminuindo sua vida útil. Conhecer as análises típicas, como viscosidade, densidade, ponto de fulgor, ponto de fluidez, CCS (*Cold Cracking Simulator*) e IBT (índice de basicidade total) é de grande importância, pois através das mesmas pode se verificar se o óleo está dentro das especificações para ser liberado para comercialização. Através dessas análises, pode-se avaliar o comparativo de um óleo SAE 15W40 API SL usado por 10.000km e uma amostra sem uso, pelos resultados encontrados, observou-se o comportamento do óleo dentro do motor e através de cada análise foi possível identificar o tipo de problema ocorrido para a amostra usada ficar diferente a contraprova. Portanto, para que haja o aumento da vida útil do motor automotivo, o ideal é fazer a troca de óleo no tempo certo e saber se o óleo que está usando é recomendado pelo fabricante do veículo.

**Palavras-chave:** Lubrificante. Análises. Qualidade. Motor. Aditivação

## ABSTRACT

This paper aims to show the importance of knowing a lubricating oil and how important it is to comply with the specifications required by the API (American Petroleum Institute) and SAE (Society of Automotive Engineers) standards for good lubrication and good engine performance . Through the reactions that occur in the lubricating oil inside the engine, it is possible to observe the function of the additives in the oils to avoid corrosion, wear, oxidation and formation of contaminating agents. A lubricating oil that is in disagreement with the norms can generate problems for the engine , Reducing its useful life. Knowing the typical analyzes, such as viscosity, density, flash point, pour point, CCS (Cold Cracking Simulator) and IBT (total basicity index) is of great importance, because through them it can be verified that the oil is inside the Specifications to be released for marketing. By means of these analyzes, it is possible to evaluate the comparative of a SAE 15W40 API SL oil used per 10,000km and a sample without use, by the results found, it was observed the behavior of the oil inside the engine and through each analysis it was possible to identify the Type of problem occurred for the sample used is different from the control. Therefore, in order to increase the life of the automotive engine, it is best to make the oil change at the right time and know if the oil you are using is recommended by the vehicle manufacturer.

**Keywords:** Lubricant. Analyzes. Quality. Motor. Additive

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura química de cada classificação dos óleos básicos minerais .....	20
Figura 2- Estrutura química dos principais básicos sintéticos .....	21
Figura 3- Formação dos polialfaolefinas (PAO).....	22
Figura 4- Desempenho do aditivo antidesgaste, formando camadas.....	26
Figura 5- Desempenho dos polímeros nos óleos lubrificantes .....	27
Figura 6- Percentual de não conformidade relacionado a qualidade das amostras ..	33
Figura 7- Amostras do óleo SAE 15W40 API SL.....	34
Figura 8- Análise de densidade.....	35
Figura 9- Banho viscosímetro Atlantic.....	36
Figura 10- Tubo viscosimétrico .....	37
Figura 11- Ponto de fulgor Cleveland vaso .....	38
Figura 12- Titulado potenciométrico .....	39
Figura 13- Reação da formação do ácido forte provocado pela combustão .....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Teor em massa dos elementos químicos.....	19
Tabela 2- Classificação da viscosidade para óleo de motor.....	31
Tabela 3- Especificações do óleo SAE 15W40 API SL registrado na ANP .....	40
Tabela 4- Resultado da densidade.....	40
Tabela 5- Resultado da viscosidade .....	41
Tabela 6- Resultado do ponto de fulgor .....	41
Tabela 7- Resultado do IBT.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCS – *ColdCraking Simulator*

IBT – índice de basicidade total

API – *American PetroleumInstitute*

SAE – *SocietyofAutomotiveEngeneers*

ANP – Agência Nacional do Petróleo

PMOL – Programa de Monitoramento da Qualidade dos Lubrificantes

PML – Programa de Monitoramento dos Lubrificantes

CPT – Centro de Pesquisa Tecnológica

NBR- Norma Brasileira

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVO</b> .....	16
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 ESPECIFICO .....	16
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	17
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
4.1 PETRÓLEO .....	18
4.2 REFINO .....	19
4.3 BASES LUBRIFICANTES.....	19
4.3.1 Óleo básico mineral .....	20
4.3.2 Óleo básico sintético .....	21
4.4 ÓLEOS LUBRIFICANTES .....	22
4.4.1 Produção de lubrificantes.....	22
4.5 ADITIVAÇÃO DOS LUBRIFICANTES.....	23
4.5.1 Aditivos dispersantes .....	23
4.5.2 Aditivosdetergentes.....	24
4.5.3 Aditivos antioxidantes .....	24
4.5.4 Aditivos antidesgaste .....	25
4.5.5 Aditivos anticorrosivos .....	26
4.5.6 Aditivos melhoradores de índice de viscosidade (MIVs).....	26
4.5.7 Aditivos abaixadores de ponto de fluidez .....	27
4.6 PROPRIEDADES DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES.....	27
4.6.1 Viscosidade .....	28
4.6.2 Densidade.....	28
4.6.3 Ponto de fulgor.....	28
4.6.4 Ponto de fluidez .....	29
4.6.5 IBT ( Índice de basicidade total).....	29
4.6.6 CCS – <i>ColdCraking Simulator</i> .....	29
4.7 CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES.....	30
4.7.1 SAE - <i>SocietyofAutomotiveEngineers (Associação dos Engenheiros Automotivos)</i> ....	30
4.7.2 API - <i>American PetroleumInstitute</i> .....	31
4.8 CONTROLE DE QUALIDADE.....	31
4.9 TROCA DO ÓLEO LUBRIFICANTE.....	33
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	34

5.2 ANÁLISES TÍPICAS DO ÓLEO LUBRIFICANTE .....	35
5.2.1 Densidade.....	35
5.2.2 Viscosidade cinemática.....	36
5.2.3 Ponto de fulgor.....	37
5.2.4 IBT (Índice de basicidade total).....	38
<b>6 RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
6.1 DENSIDADE .....	40
6.2 VISCOSIDADE .....	41
6.3 PONTO DE FULGOR .....	41
6.4 IBT (ÍNDICE DE BASICIDADE TOTAL) .....	42
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O óleo lubrificante é um dos principais produtos derivado do petróleo, trata-se de uma mistura de compostos orgânicos e inorgânicos, e sua principal composição são os hidrocarbonetos. O petróleo nas refinarias é processado para obter uma grande quantidade de subprodutos que quando tratados são denominados óleos básicos, os quais são a matéria-prima principal para produção dos diversos tipos de lubrificantes. De um modo geral, os óleos lubrificantes podem ser de origem animal ou vegetal, óleos minerais (parafínicos ou naftênicos), óleos sintéticos (produzidos a partir de reações químicas) ou compostos (podendo ser constituídos de dois ou mais tipos) (TEXACO, 2005).

A importância da lubrificação começou no Egito no túmulo de Ra-EEm-Ka, 2600-1700 a.C., onde é mostrado um tipo de trenó transportando um monumento de pedra e um homem que despeja um líquido para lubrificar os deslizadores do trenó (CARRETEIRO, 2006).

Hoje, óleo lubrificante é fundamental para o funcionamento de um motor, tendo a função de evitar que superfícies de um metal se toquem ao se movimentar. Além disso, possuem o cargo de arrefecimento, mantendo o motor em temperatura de nível adequado; reduz a oxidação, evitando a formação de ferrugem; preserva vedações internas; limpeza, facilitando a eliminação de partículas indesejáveis. As principais propriedades do óleo lubrificante para garantir um bom desempenho no serviço, é a viscosidade, índice de viscosidade, ponto de fluidez, ponto de fulgor, CCS (simulador de partida a frio), IBT (Índice de Basicidade Total) e densidade (GEMPERLÉ, 1994).

Para garantir a qualidade do óleo lubrificante, melhorando seu desempenho em certas propriedades ou eliminando propriedades indesejáveis, são adicionados aditivos a base dos seguintes elementos: Sódio, cálcio, magnésio, bário, fósforo, zinco, molibdênio e nitrogênio. Esses aditivos químicos possuem várias funções que pertencem às categorias: anticorrosivos, antidesgaste, antioxidante, detergente, agentes dispersantes, entre outros. Para cada tipo de nível de desempenho de óleo lubrificante existe uma dosagem (em massa) adequada do aditivo, se acaso a aditivação for insuficiente, pode causar sérios danos ao motor (CARRETEIRO, 2006).

O nível de desempenho do óleo lubrificante foi desenvolvido pela *American Petroleum Institute* (API), a qual estabelece o tipo de serviço que o motor está submetido, é classificado por duas letras, a primeira indica o tipo de combustível do motor e a segunda o tipo de serviço, como exemplo API SL, onde “S” significa motores ciclo Otto (gasolina) e “L” a evolução do motor, ou seja, o ano de fabricação do veículo. Este nível de desempenho é acompanhado pela norma SAE (*Society of Automotive Engineers*- EUA), um sistema de classificação de viscosidade para óleos de motor (TEXACO, 2005).

Existe um órgão no Brasil que é responsável pela fiscalização sistemática do controle de qualidade dos óleos lubrificantes para motores automotivos, a Agência Nacional do Petróleo (ANP). Todos os óleos lubrificantes que são fabricados e comercializados no Brasil, passam pelo monitoramento da ANP. Portanto, antes de fabricar e comercializar qualquer tipo de óleo lubrificante, o mesmo deve ser encaminhado a este órgão, para realizar as devidas análises e saber se o produto foi deferido para fabricação e comercialização (ANP, 2015).

O mercado brasileiro está com novas tecnologias de motores, os quais necessitam de lubrificantes mais avançados para um ótimo funcionamento, estes motores operam a temperaturas muito elevadas, fazendo com que o lubrificante do motor fique mais frágil ao processo de oxidação, por isto é de extrema importância utilizar um óleo lubrificante confiável e adequado para cada tipo de automóvel, ou seja, seguir sempre as recomendações do fabricante do veículo para evitar futuras complicações no motor (LUBES, 2016).

Um lubrificante com bom desempenho ajudará a manter o motor em boas condições de uso, aumentando sua vida útil, se o mesmo estiver fora das especificações exigidas pode causar danos ao motor.

Fabricantes de aditivos e formuladores de óleos lubrificantes vêm trabalhando no desenvolvimento de produtos com maior vida útil. Muitos consumidores de lubrificantes não compreendem sobre o assunto, a criticidade de informação é ampla. Portanto, a elaboração deste trabalho visa fornecer orientação básica e entendedora ao leitor, o qual será útil para a disseminação de conhecimentos na área.

## 2 OBJETIVO

Consta abaixo os objetivos do trabalho.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho busca apresentar a função e importância tanto dos aditivos nos lubrificantes para motor automotivo quanto das análises laboratoriais para que as especificações do mesmo possam atender as normas vigentes e poder ser comercializado.

### 2.2 ESPECIFICO

- a) Apresentar os principais compostos químicos, assim como a aditivação, que atribuem propriedades aos óleos básicos.
- b) Avaliar a finalidade de cada composto químico presente no óleo lubrificante e como agem no mesmo para a proteção contra os principais contaminantes provocados pela combustão nos motores
- c) Realizar as análises típicas como: viscosidade, densidade, ponto de fulgor e IBT (Índice de Basicidade Total) de um óleo lubrificante automotivo antes e depois do uso em um motor.

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: Inicialmente levantou-se estudos bibliográficos relacionados ao tema abordado através de monografias, periódicos, teses, artigos, laudos laboratoriais, dissertações, livros e citações para compreender melhor a importância de um óleo lubrificante com qualidade para um motor automotivo.

Em um segundo momento foi realizado, através de testes laboratoriais, um comparativo das propriedades físico-químicas entre um óleo lubrificante novo e um usado.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De maneira geral pode-se considerar os óleos lubrificantes como um produto compostos por duas partes: Uma parte majoritária de óleos básicos e aditivos. Atualmente o tipo de óleo base utilizado leva a classificação do lubrificante em minerais, sintéticos e semissintéticos (mistura proporcional entre mineral e sintético) (AZEVEDO, 2004). Na produção desses óleos tem-se o petróleo como principal fonte de matéria-prima.

### 4.1 PETRÓLEO

O Petróleo é um óleo cru, líquido menos denso que a água, escuro de odor forte, bastante viscoso e composto de hidrocarbonetos constituintes de carbono (C) e hidrogênio (H), e proporções bem menores de oxigênio, nitrogênio e enxofre, conforme Tabela 1. O petróleo é extraído de rochas denominadas rochas reservatórias, sua origem está na morte e decomposição da biomassa, animais, e microorganismos marinhos (THOMAS, 2001).

Tabela 1- Teor em massa dos elementos químicos contidos no petróleo

<b>Elemento Químico</b>	<b>% massa</b>
Carbono	81 a 88
Hidrogênio	10 a 14
Oxigênio	0,01 a 1,2
Nitrogênio	0,00 a 1,7
Enxofre	0,01 a 5%

Fonte: Thomas (2001)

Nota: Adaptado pela autora

O óleo cru existe em diferentes partes do mundo e tem uma enorme função para a vida, pois a maioria dos transportes são movidos por seus derivados. Além de vários outros produtos são derivados como o gás natural, GLP, nafta petroquímica, querosene, óleo diesel, combustível de aviação, solventes, parafina, óleos combustíveis, produtos asfálticos e óleos lubrificantes (FANIM, 2012).

## 4.2REFINO

Os óleos lubrificantes automotivos são produzidos por óleos básicos minerais ou sintéticos, os quais são derivados do petróleo. Para obter estes básicos, o petróleo precisa passar por um processo de refinação, ou seja, separar as frações desejadas de produtos (NEIVA; JUCY, 1975).

Os processos do refino classificam-se em três fases (GEMPERLÉ, 1994):

- a) Processo de separação: é de natureza física, tem o objetivo de quebrar as frações pesadas do petróleo, isso ocorre em diversas temperaturas de ebulição,
- b) Processo de conversão: é de natureza química, tem o objetivo modificar a composição química de uma fração, para melhoria da qualidade.
- c) Processo de tratamento: tem o objetivo de eliminar as impurezas que possam modificar a qualidade do produto acabado.

## 4.3 BASES LUBRIFICANTES

Os óleos básicos são normalmente obtidos do refino do petróleo (chamados minerais) ou produzidos por síntese (chamados sintéticos), estes podem ser considerados a matéria-prima principal dos óleos lubrificantes. Os básicos minerais e sintéticos são normalizados conforme a classificação proposta por Carreteiro e Belmiro (2006):

- a) GRUPO I: Teor de Enxofre maior que 0,03%, Teor de Saturados menor que 90% e Índice de Viscosidade entre 80 e 120.
- b) GRUPO II: Os óleos classificados neste grupo já receberam um tratamento com hidrogênio que coloca o Teor de Enxofre menor que 0,03% e o Teor de Saturados maior que 90%, mas o Índice de Viscosidade continua entre 80 e 120.
- c) GRUPO III: Com tratamento com hidrogênio e um processo de isomerização, o Índice de Viscosidade é elevado acima de 120,

continuando o Teor de Enxofre abaixo de 0,03% e o Teor de Saturados acima de 90%.

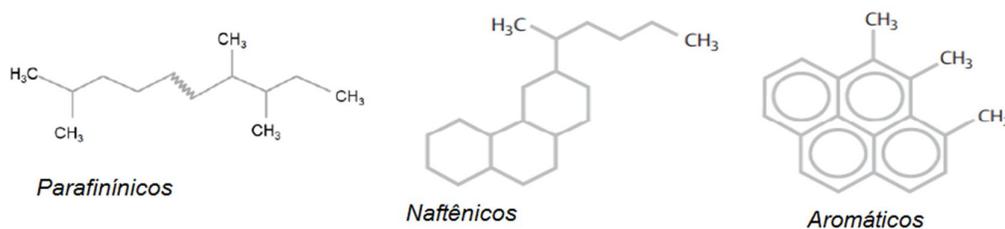
d) GRUPO IV: São polialfaolefinas (PAO's).

Os grupos I e II são os óleos minerais e o grupo V óleos sintéticos, os óleos do grupo III são nomeados como sintéticos na maioria dos países, em outros são considerados minerais, por derivarem do refino do petróleo e serem tratados comominerais. A qualidade do óleo básico define a qualidade final do lubrificante, o grupo V possui qualidade melhor em comparação com os outros grupos, por apresentar melhor resistência à oxidação (ROUSSO,1990).

#### 4.3.1 Óleo básico mineral

Óleos básicos minerais são obtidos por destilação e refino do petróleo, é formado por grande numero de hidrocarbonetos, estes óleos são os mais utilizados em lubrificação e podem ser divididos em três classificações, conforme mostra na Figura 1 (TEXACO, 2005).

Figura 1- Estrutura química de cada classificação dos óleos básicos minerais



Fonte: Texaco (2005)  
Nota: Adaptado pela autora

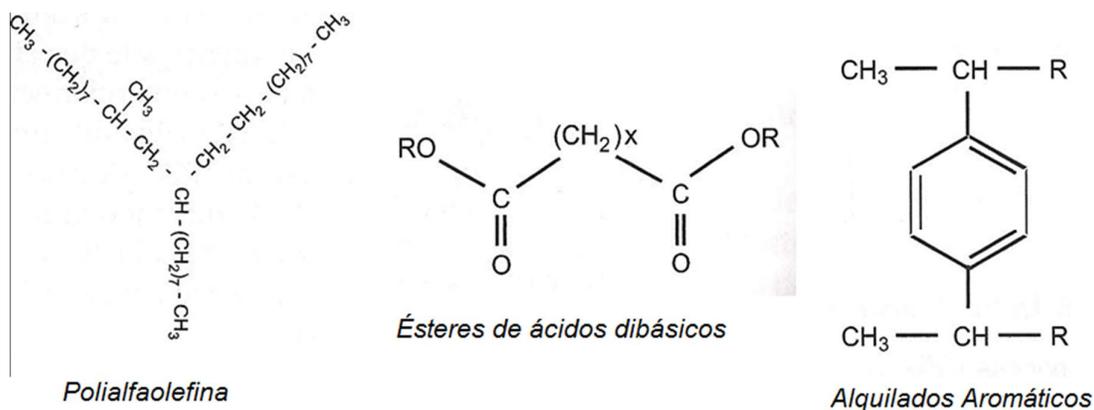
Os óleos minerais aromáticos são impróprios para utilização na formulação de óleos lubrificantes, pelo fato de possuírem baixa resistência a oxidação, baixo índice de viscosidade e por serem tóxicos. Os óleos minerais naftênicos não são permitidos de serem utilizados na formulação do lubrificante para motores automotivos, pois este causa muita formação de depósitos no motor, devido a oxidação precoce do

lubrificante. Os mais utilizados na formulação de lubrificantes são os minerais parafínicos (CARRETEIRO, 2006).

#### 4.3.2 Óleo básico sintético

Os óleos básicos sintéticos são obtidos quimicamente por indústrias petroquímicas, são sintetizados em laboratórios por processo de polimerização. Os principais óleos sintéticos podem ser classificados como polialfaolefina, ésteres de ácidos dibásicos e alquilado aromático, conforme mostra a Figura 2. Eles proporcionam características melhores do que o óleo mineral, como resistência a temperaturas extremas e suas variações, melhor resistência a oxidação, estabilidade química e maior vida útil. Este lubrificante possui um custo mais elevado em comparação com o lubrificante mineral (FARAH, 2012).

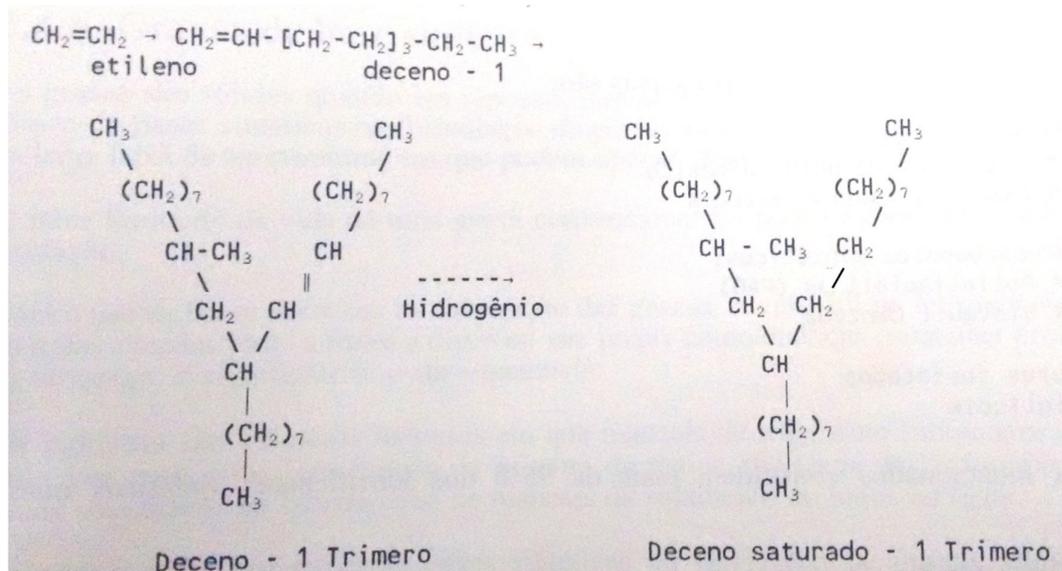
Figura 2- Estrutura química dos principais básicos sintéticos



Fonte: Carreteiro (2006)  
Nota: Adaptado pela autora

A base mais usada nas formulações de lubrificantes são as polialfaolefinas, as mesmas são feitas a partir de duas ou mais moléculas de deceno em oligômeros ou polímeros de cadeia curta, tratadas com hidrogênio a alta pressão, como exemplificado pela Figura 3 (FARAH, 2012).

Figura 3- Formação dos polialfaolefinas (PAO)



Fonte: Genperlé (1994)

#### 4.4 ÓLEOS LUBRIFICANTES

Os óleos lubrificantes são produtos compostos por uma grande parte de óleos básicos e aditivos. Sua finalidade é reduzir o atrito entre duas superfícies metálicas em movimento e entre outros benefícios, como refrigerar, manter a limpeza, controlar a formação de depósitos, vedar a câmara de combustão e atuar como inibidor de corrosão (ROUSSO, 1990).

Com o passar do tempo os lubrificantes foram evoluindo, pois antigamente eles eram de origem animal, os mesmos foram aperfeiçoados passando a ter bases de origem vegetal, mineral e sintética. Atualmente os lubrificantes acabados podem ser divididos em minerais, sintéticos e semissintéticos (mistura proporcional entre mineral e sintético) conforme o tipo de base utilizado na composição (AZEVEDO, 2004).

##### 4.4.1 Produção de lubrificantes

Os óleos lubrificantes apresentam características próprias que lhes são conferidas pela sua composição, pelo tipo de básico e pelos aditivos utilizados. Na

formulação de um lubrificante de motor utiliza entre 75% a 93% de básicos e 4% a 25% de pacote de aditivo, e seus principais componentes são: dispersantes, detergentes, antioxidante, antidesgaste, anticorrosivo, melhorador de viscosidade e abaixador de ponto de fluidez (LUBES, 2009).

Como destaca Carreiro (2006, p.35)

A qualidade de um lubrificante é comprovada somente após a aplicação e avaliação de seu desempenho em serviço. Este desempenho está ligado à composição química do lubrificante, resultante do petróleo bruto, do refino, dos aditivos e do balanceamento da formulação. Esta combinação de fatores dá ao lubrificante certas características físicas e químicas que permitem um controle da uniformidade e nível de qualidade.

#### 4.5 ADITIVAÇÃO DOS LUBRIFICANTES

O lubrificante contendo somente óleos básicos não é eficiente para atender o desempenho do motor automotivo, portanto é necessário adicionar outros componentes de extrema importância, os aditivos, que são compostos químicos com a finalidade de melhorar ou atribuir propriedades aos óleos básicos. Eles são usados para melhorar o desempenho, as condições da lubrificação, prolongar a vida útil e criar uma barreira de proteção ao motor (GEMPERLÉ, 1994).

##### 4.5.1 Aditivos dispersantes

Os aditivos dispersantes são caracterizados como polímeros de hidrocarbonetos com funções polares, sua propriedade é impedir a formação de depósitos de produtos que vêm da combustão (fuligem) e oxidação (borra). O dispersante atua em reação química, ele é atraído para os produtos insolúveis como fuligens e borras por interações polares e sua solubilidade no óleo mantém estes produtos em suspensão, sendo de fácil remoção. Os metais que este aditivo possui são Ca (Cálcio), Na (Sódio), Mg (Magnésio) e Ba (Bário) (CARRETEIRO, 2006).

#### 4.5.2 Aditivosdetergentes

Geralmente são moléculas com longa cadeia de hidrocarbonetos, sua função é manter a limpeza nas partes metálicas do motor, ele reduz a formação de depósitos contaminantes, neutralizando os ácidos da combustão. Atualmente os detergentes são a base de sulfonatos, que além de neutralizar os ácidos formados, também são muitos úteis para dispersar contaminantes. De um modo geral, os sulfonatos são produtos da reação de um ácido sulfônico com uma base metálica. Os elementos químicos encontrados neste aditivo é Ca (Cálcio), Ba (Bário) e Mg (Magnésio) (GEMPERLÉ, 1994).

#### 4.5.3 Aditivos antioxidantes

Os aditivos antioxidantes tem a função de aumentar a resistência à oxidação do óleo, desacelerando a reação com oxigênio presente no ar, impedindo a formação de ácidos e borras. Para compreender o processo de oxidação, há mais de 40 anos J.L Bolland e G. Gee, através de testes cinéticos em hidrocarbonetos saturados de baixo peso molecular na fase líquida com oxigênio, descobriram que a oxidação se correlacionava com a formação de peróxidos orgânicos, os quais são os principais produtos de oxidação que se decompõe para formar radicais que provocam reações em cadeia(Texaco, 2005)

Os compostos usados são ditiofosfato de zinco, fenóis e aminas aromáticas, sulfetos orgânicos, fosfitos orgânicos e derivados orgânicos de cobre. As reações químicas do processo de oxidação mostram os pontos de atuação dos aditivos antioxidantes (CARRETEIRO, 2006):

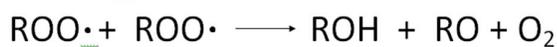
- a) **Iniciação:** Acontece a formação de radicais, devido ao calor, luz ou íons metálicos.



- b) **Propagação:** Os radicais R e HOO formam a base da reação em cadeia, esta fase ocorre rápido, e a concentração de HOO será maior em presença de oxigênio do que a de R.



- c) **Ramificação:** Nesta fase continua a decomposição mono molecular dos hidroperóxidos, porém precisa de muita energia de ativação, e se torna importante a temperaturas maiores que 150 °C, ou sob ação da luz.
- d) **Terminação:** Ocorre quando os radicais (produtos intermediários) se compatibilizam entre si para formarem produtos estáveis.



Com esse processo, as cadeias de carbono se tornam mais longas, causando um aumento na viscosidade do óleo, ocasionando borras (LUBES, 2016).

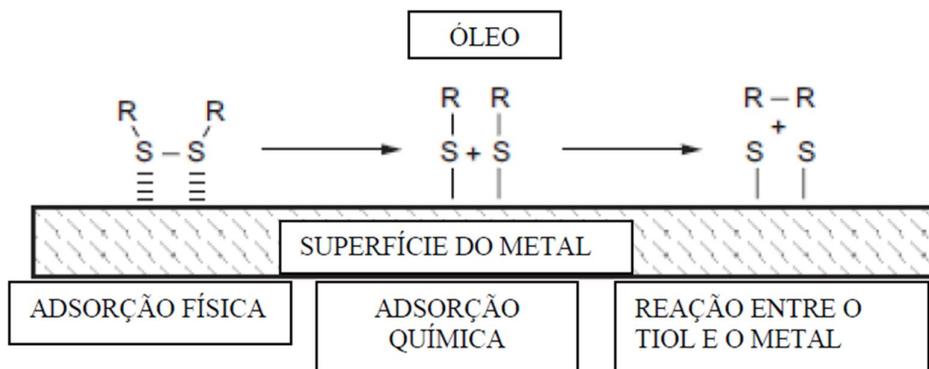
Os antioxidantes atuam de duas maneiras: eliminando os radicais orgânicos e decompondo os peróxidos formados, impedindo a continuidade do processo oxidativo (GEMPERLÉ, 1994).

#### 4.5.4 Aditivos antidesgaste

Este aditivo ajuda a reduzir o desgaste das partes metálicas, eles atuam reduzindo o contato metal com metal por meio da formação de um filme protetor entre as superfícies metálicas e conseqüentemente, diminuindo o desgaste provocado pelo atrito. As substâncias formam camadas sobre a superfície metálica por adsorção física ou química, conforme mostra Figura 4. O composto químico mais utilizado para este aditivo é o ditiofosfato de zinco  $[(\text{RO})_2\text{PS}_2]_2\text{ZN}$  e outros aditivos

também eficazes são compostos por fósforo, enxofre, ou combinações desses elementos (TEXACO, 2005).

Figura 4- Desempenho do aditivo antidesgaste, formando camadas sobre a superfície do metal por absorção



Fonte: Mang;Dresel(2007)

Nota: Adaptada pelo autor

#### 4.5.5 Aditivos anticorrosivos

Estes aditivos protegem as superfícies metálicas do ataque químico pela água e impurezas polares, formando uma película protetora sobre a superfície metálica. Os principais tipos de inibidores de corrosão são: ditiofosfato de zinco, detergentes alcalinos, ditiocarbomatos metálicos, terpenos sulfurados e terpenos fosfo-sulfurados (ALBUQUERQUE,1974).

#### 4.5.6 Aditivos melhoradores de índice de viscosidade (MIVs)

Estes aditivos são produtos que modificam as propriedades dos óleos básicos, melhorando suas características de viscosidade em relação à temperatura, conforme o aumento da temperatura a viscosidade diminui e vice-versa. Esses produtos são polímeros de estrutura linear como poliisobutenos, polimetacrilatos e copolímeros de olefinas. (ROUSSO, 1990)

Os MIVs formam estruturas como novelos nos óleos lubrificantes, na medida em que a temperatura do lubrificante se eleva, a solubilidade do polímero aumenta e

os novos se expandem, aumentando a viscosidade do lubrificante, conforme mostra Figura 5 (CARRETEIRO, 2006).

Figura 5- Desempenho dos polímeros nos óleos lubrificantes



Fonte:Carreteiro(2006).

#### 4.5.7 Aditivos abaixadores de ponto de fluidez

Os abaixadores de ponto de fluidez têm a função de evitar o congelamento do óleo em baixas temperaturas, eles formam uma película protetora na superfície dos cristais de parafina que se formam a baixa temperatura, evitando o crescimento e do cristal mantendo o óleo em estado líquido. Os abaixadores de ponto de fluidez se enquadram nos seguintes tipos: polimetacrilatos, poliacrilamidas, naftalenos alquilados, poliestireno alcoilado, polímeros de alfa-olefinas (ALBUQUERQUE, 1974).

#### 4.6 PROPRIEDADES DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

Os óleos lubrificantes apresentam características típicas que interferem diretamente na sua qualidade e em seu desempenho de lubrificação no motor, tais como viscosidade, densidade, ponto de fulgor, ponto de fluidez, IBT (índice total de basicidade) e o simulador de partida a frio CCS (TEXACO, 2005).

#### 4.6.1 Viscosidade

A viscosidade é a característica física mais importante de um óleo lubrificante, a qual pode ser definida como a resistência oferecida por um líquido ao escoamento em uma determinada temperatura. A viscosidade cinemática atualmente é o método mais aplicado, onde é medido o tempo que um volume de líquido gasta para fluir sob a ação da gravidade entre dois pontos de um tubo de vidro capilar calibrado, a grandeza física que mede a viscosidade cinemática de um líquido é a centistokes (cSt) ou em  $\text{mm}^2/\text{s}$  conforme o sistema métrico internacional (CARRETEIRO, 2006).

#### 4.6.2 Densidade

A densidade é a massa da unidade de volume, ou seja, é a relação entre a massa de uma determinada substância e o volume por ela ocupado. No caso específico de óleo lubrificante, geralmente no Brasil utiliza-se a temperatura de 20°C como temperatura de referência, para determinação de sua densidade e a temperatura de 4°C como referência para determinação de densidade absoluta da água (ROUSSO, 1990).

#### 4.6.3 Ponto de fulgor

O ponto de fulgor é a menor temperatura na qual um óleo desprende vapores, em presença do ar, inflama-se momentaneamente ao se aplicar uma chama formando um *flash*. O conhecimento do ponto de fulgor permite avaliar as temperaturas de serviços que um óleo lubrificante pode suportar com segurança. Para um óleo lubrificante de motor o ideal é obter o ponto de fulgor mínimo 200°C (CARVALHO, 2008).

#### **4.6.4 Ponto de fluidez**

O ponto de fluidez é a temperatura mínima na qual o óleo ainda flui. O conhecimento dessas temperaturas permite analisar o uso desses óleos em cidades que atingem baixas temperaturas, pois se a temperatura ambiente estiver abaixo do ponto de fluidez, o óleo não fluirá, perdendo as características de lubrificação. (TEXACO, 2005)

#### **4.6.5 IBT ( Índice de basicidade total)**

O índice de basicidade total é a medida da reserva alcalina, ou seja, a eficiência do óleo de neutralizar a formação de substância ácida resultante do processo de combustão, quanto maior o IBT, maior o poder de eliminação dos contaminantes. Alguns combustíveis contêm enxofre, quando este combustível é queimado na câmara de combustão, formam-se óxidos de enxofre, que reagem com o vapor de água e formam o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), os quais atacam as superfícies metálicas e ocorre o desgaste das mesmas (GEMPERLÉ, 1994).

O IBT é a massa em miligrama de ácido perclórico, expressa em termos de quantidade equivalente de hidróxido de potássio, necessária para neutralizar todas as substâncias presentes num grama de óleo que reagem com esse ácido (CARRETEIRO, 2006).

#### **4.6.6 CCS – *Cold Craking Simulator***

Neste teste mede-se a viscosidade do óleo em baixas temperaturas, para avaliar a resistência ao arranque de um óleo de motor. Se o limite de viscosidade for excedido ao especificado, a bateria e o motor de arranque podem não ser capazes de girar o motor em velocidade suficiente para permitir sua partida (LUBES, 2009).

## 4.7 CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

Petroleiros e engenheiros das fábricas de automóveis, precisavam padronizar seus produtos para serem melhores identificados pelo consumidor, por esta necessidade surgiu à classificação de óleos lubrificantes. Essa classificação é baseada em normas de acordo com sua qualidade, destinação e uso. Atualmente existem diversos órgãos reguladores que classificam óleos lubrificantes (FARAH, 2012).

### **4.7.1 SAE – *Society of Automotive Engineers* (Associação dos Engenheiros Automotivos)**

Uma organização internacional que classifica os lubrificantes de motor conforme sua viscosidade. Os óleos lubrificantes são classificados em óleos monoviscoso (“grau de verão”) e multiviscoso (“grau de inverno”), este critério é realizado associando um número puro de viscosidade determinada em laboratório, quanto maior o número, maior será a viscosidade. Os monoviscosos atualmente são menos utilizados em carro, devido a capacidade dos multiviscosos apresentarem menor variação de viscosidade quando se varia temperatura (ALBUQUERQUE, 1973).

A SAE desenvolveu um sistema de classificação baseado nas medições de viscosidade, estabelecendo 11 tipos de graus de viscosidade: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, 20, 30, 40, 50 e 60, conforme mostra Tabela 2. O “W” que segue enfrente ao grau de viscosidade significa inverno (*winter*) e indica que o óleo é adequado para uso em temperaturas mais frias. Os graus de viscosidade que não possui o “W”, indica que o óleo é para uso em temperaturas mais altas (GEMPERLÉ, 1994).

Tabela 2- Classificação da viscosidade para óleo de motor

<b>Grau de viscosidade SAE</b>	<b>Viscosidade máxima a baixa temperatura - CCS (cP)</b>	<b>Viscosidade (cSt a 100°C)</b>
0W	6200 a -35	-
5W	6600 a -30	-
10W	7000 a -25	-
15W	7000 a -20	-
20W	9500 a -15	-
25W	13000 a -10	-
20	-	5,6 - 9,3
30	-	9,3 - 12,5
40	-	12,5 - 16,3
50	-	16,3 - 21,9
60	-	21,9 - 26,1

Fonte: Texaco(2005)

Nota: Adaptada pela autora

#### **4.7.2 API - American Petroleum Institute**

Uma organização internacional que classifica o nível de desempenho, em termos de serviços dos óleos lubrificantes que o motor atende. A classificação é definida da seguinte forma: A letra S (*Service*) significa que é para motores movidos a gasolina, etanol ou gás natural, a letra C (*Commercial*) significa que é para motores movidos a diesel, após estas letras S ou C, vêm uma letra que já é a identificação do nível de desempenho do lubrificante, ou seja, a evolução do lubrificante, quanto maior o avanço da segunda letra, maior é a concentração de aditivo (ALBUQUERQUE, 1973).

#### **4.8 CONTROLE DE QUALIDADE**

Existe um órgão no Brasil que é responsável pela fiscalização sistemática do controle de qualidade dos óleos lubrificantes para motores automotivos, a Agência Nacional do Petróleo (ANP), e uma de suas atribuições é proteger os interesses dos consumidores quanto à qualidade dos derivados de petróleo (LUBES,2009)

Em Janeiro de 2006 a ANP implantou o Programa de Monitoramento da qualidade dos lubrificantes (PMQL), porém para melhorá-lo, em agosto de 2011, o PMQL passou a ser chamado de Programa de Monitoramento dos Lubrificantes (PML), afim de não somente monitorar a qualidade, mas também dados de registro e rótulo do produto (ANP, 2016).

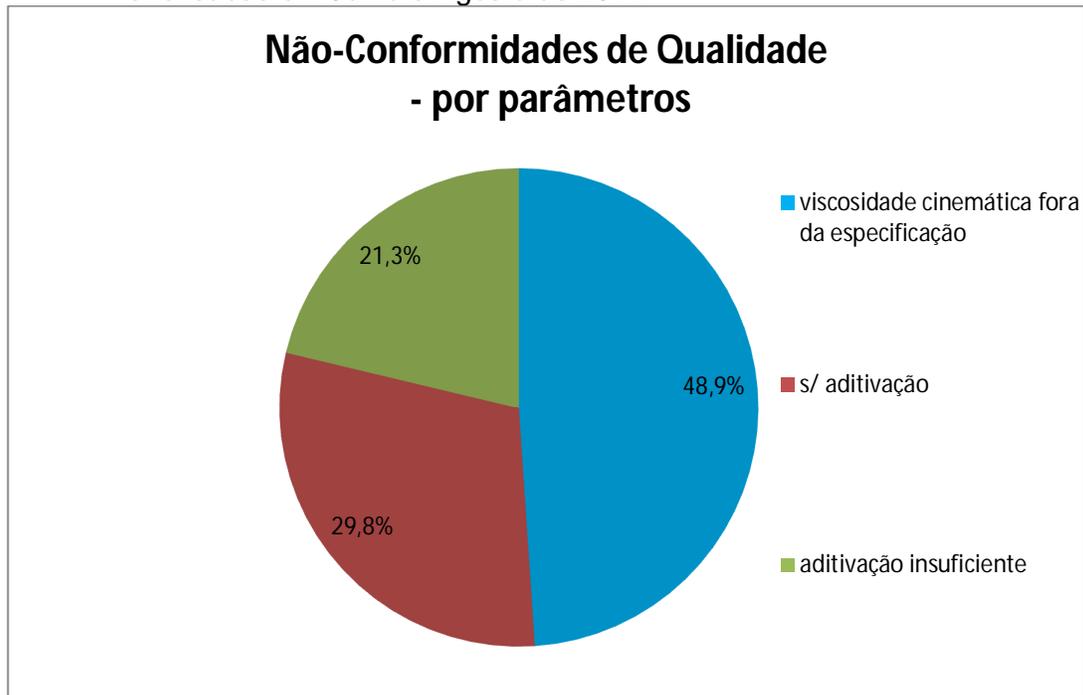
Antes da fabricação e comercialização dos óleos lubrificantes, o mesmo deve ser registrado na ANP, para isso precisa enviar uma amostra de um litro, rótulo com as informações solicitadas pela ANP e preencher o formulário de formulação, e o formulário de todas as análises que são exigidas pela norma API e SAE, estes formulários são disponibilizados pela ANP. A liberação demora aproximadamente 3 meses após o envio. (NOBREGA, 2010)

É publicado bimestralmente pela ANP um boletim com os resultados obtidos pela PML, através desse monitoramento é possível verificar se a quantidade de aditivo está atendendo ou não ao nível de desempenho do óleo lubrificante e se as especificações estão de acordo com o que foi registrado (ANP, 2016).

É por meio do registro de lubrificantes que a ANP obtém as especificações desses produtos, que variam conforme as inúmeras aplicações existentes, desde máquinas industriais, motores automotivos, ferroviários ou marítimos até turbinas de aviação. Uma vez de posse das especificações de determinado produto registrado, a ANP tem condições de avaliar sua qualidade no mercado comparando os resultados de testes realizados em seu laboratório próprio (CPT) com os valores das especificações de registro (LUBES, 2009).

Em Julho e Agosto de 2014 foram avaliadas pela ANP 346 amostras de óleo lubrificante para motor automotivo para fins de verificação da conformidade quanto à qualidade e o índice de não conformidade foi de 12,7% nas amostras analisadas. As principais não conformidades observadas nas amostras foram viscosidade cinemática fora da especificação e sem aditivação, como pode ser visto na Figura 6 (ANP, 2015)

Figura 6- Percentual de não conformidade relacionado a qualidade das amostras analisadas em Julho e Agosto de 2014



Fonte: ANP (2015)

#### 4.9 TROCA DO ÓLEO LUBRIFICANTE

A troca do óleo deve ser no prazo determinado pelo fabricante do veículo quando não houver controle através de análises laboratoriais para verificar se pode ou não continuar usando o mesmo (API 1509, 2014).

Não se deve prolongar o tempo da troca do óleo, pois conforme o tempo de uso pode ocorrer alterações nas propriedades, essas alterações podem prejudicar o motor diminuindo sua vida útil. As recomendações por quilometragem ou período são sempre são sempre conservadoras para não prejudicar a vida útil dos motores. Os períodos podem ser antecipados dependendo das condições de uso (CASTRO, 2014).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

É de extrema importância o óleo lubrificante estar dentro das especificações exigidas pelas normas vigentes, portanto este trabalho apresenta as análises para um óleo lubrificante antes e depois de ser utilizado.

Foi realizado um comparativo de análises em duas amostras de óleo lubrificante classificado como SAE 15W40 API SL de natureza semissintético, onde “S” significa para motores ciclo Otto, ou seja, motores movidos à gasolina, etanol, flex ou gás natural, e “L” a evolução do motor. Sendo que, uma amostra era contraprova, ou seja, sem uso e a outra foi usada por 10.000 km em um Fiat Pálio 1.4 Atractice 2011, movido a gasolina e etanol, ambas do mesmo lote de produção (Figura 7).

As análises foram realizadas no laboratório de uma indústria petroquímica, situada na cidade de Pederneiras/ SP.

Utilizaram-se os seguintes materiais e aparelhos: Densímetro Incoterm, proveta de 500ml, banho viscosímetro cinemático Petrodidática, ponto de fulgor Cleveland vaso aberto, titulador potenciométrico titrinoplus Metrohm, ácido acético glacial, monoclorobenzeno e ácido perclórico em ácido acético 0,1 mol/l.

Figura 7- Amostras do óleo SAE 15W40 API SL



Fonte: Elaborado pela autora

## 5.2 ANÁLISES TÍPICAS DO ÓLEO LUBRIFICANTE

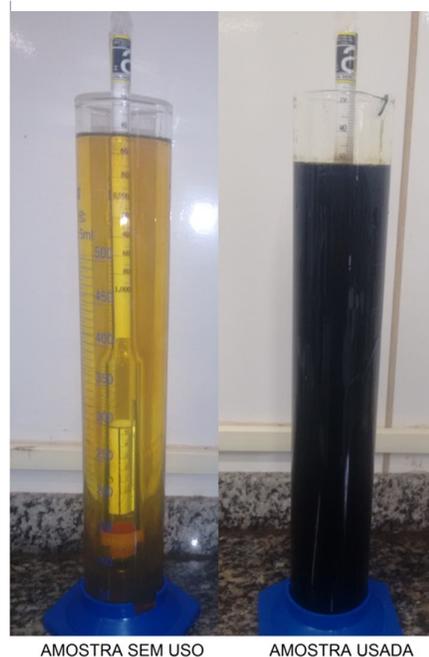
As análises nos óleos lubrificantes devem ser realizadas corretamente conforme metodologia que escreve nas normas ABNT ou ASTM. Os equipamento e padrões devem estar calibrados para que o resultado seja correto (GEMPERLÉ, 1994).

Para comparar a análisesnas amostras sem uso e usada do óleo lubrificante SAE 15W40 API SL, foram feitas as análises de viscosidade cinemática a 100°C, densidade, ponto de fulgor e IBT (índice basicidade total).

### 5.2.1 Densidade

Esta análise foi realizada conforme o método da ABNT NBR 7148 – Determinação da massa específica – Método do densímetro. As amostras do óleo SAE 15W40 API SL, foram transferidas para uma proveta de 500ml cuidadosamente para não formar bolhas e mergulhou o densímetro, conforme Figura 8. Aguardou a estabilização da temperatura, realizou-se a leitura na escala do densímetro ao nível de interseção do plano da superfície livre do liquido com a haste.

Figura 8- Análise de densidade



Fonte: Elaborado pela autora

### 5.2.2 Viscosidade cinemática

Esta análise foi realizada em banho de 100°C do viscosímetro Atlantic, conforme mostra na Figura 9. Com a ajuda de uma bomba de vácuo, as amostras foram sugadas para o tubo viscosimétrico, conforme Figura 10, em seguida fechou-se a torneira da parte superior do tubo para que o óleo não escorresse e aguardou-se 10 minutos (tempo de equilíbrio seguro), para que a temperatura do óleo alcançasse a temperatura do banho (100°C).

Após os 10 minutos abriu-se a torneira para escoar o óleo pelo tubo. Disparou-se o cronômetro quando o óleo passou pelo menisco superior e quando esse passou pelo menisco inferior o cronômetro foi parado, e o resultado anotado.

Para os resultados do ensaio da viscosidade deve-se seguir o seguinte cálculo:

Viscosidade cinemática em CST= Constante do tubo x tempo (segundos)

Onde:

Constante do tubo= 0,0261(Valor encontrado após calibração externa)

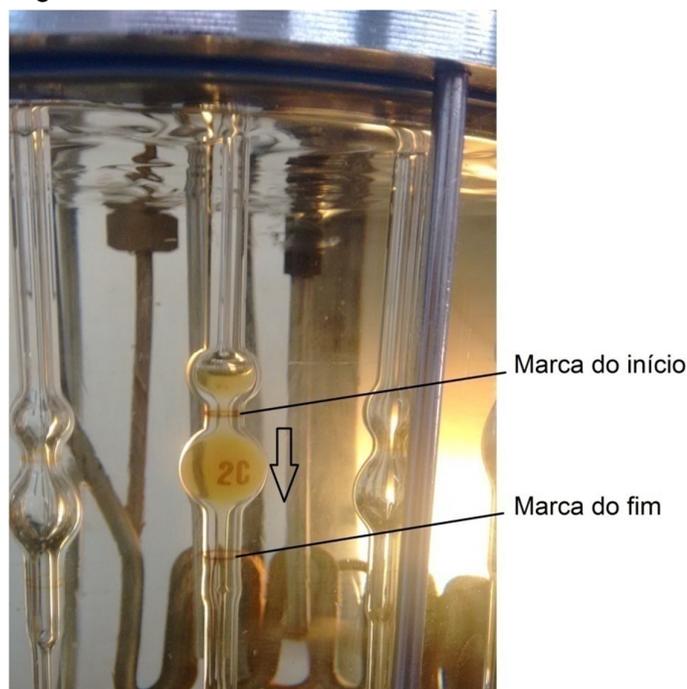
Figura 9- Banho viscosímetro Atlantic



Fonte: Elaborado pela autora

Este método de análise foi realizado conforme ABNT NBR 10441- Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática.

Figura 10- Tubo viscosimétrico



Fonte: Elaborado pela autora

### 5.2.3 Ponto de fulgor

Para esta análise foi utilizada a metodologia da ABNT NBR 11341- Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. O procedimento foi realizado em um ponto de fulgor Cleveland vaso aberto, conforme a Figura 11. 70 ml da amostra foi adicionado na cuba de ensaio do ponto de fulgor, regulou-se o aparelho para aquecimento de 5°C a 6°C por minuto, em seguida aplicou-se uma pequena chama de 2°C em 2°C até ocorrer o ponto de fulgor.

O tempo consumido na passagem da chama através da cuba deve ser de 1,0 em 1,0 segundos. O ponto de fulgor ocorre quando a mistura dos vapores da amostra com o ar causa a formação de um lampejo (*flash*) sobre a superfície do líquido.

Figura 11- Ponto de fulgor Cleveland vaso aberto



Fonte: Elaborado pelo autora

#### 5.2.4 IBT (Índice de basicidade total)

Esta análise foi baseada no método da ABNT NBR 5798- Determinação do número de basicidade por titulação potenciométrica com ácido perclórico. Para este procedimento foi utilizado o titulador potenciométrico Titrino Plus, conforme ilustra a Figura 12. Este ensaio é muito importante, pois através dele consegue-se verificar se a quantidade de aditivo está atendendo ao nível de desempenho do lubrificante, pois ele determina a capacidade de um óleo de motor para neutralizar os ácidos formados durante a queima de combustível.

Inicialmente foi preparado o solvente de titulação adicionando um volume de ácido acético glacial a dois volumes de monoclorobenzeno.

A amostra foi pesada conforme formula abaixo:

$$\text{Massa em grama} = 28 / \text{IBT esperado}$$

Geralmente o IBT esperado é calculado com referência ao que foi registrado na ANP.

Pesou a amostra no béquer de titulação e adicionou 120 ml de solvente de titulação e homogeneizou completamente a amostra. Colocou a amostra no aparelho e iniciou a titulação.

Figura 12- Titulado potenciométrico



Fonte: Elaborado pela autora

O IBT determina os constituintes básicos de produtos de petróleo por titulação com ácido perclórico em ácido acético glacial. É a quantidade de ácido perclórico expressa em termos do número de equivalente de miligramas de hidróxido de potássio, necessárias para a neutralização de um grama de amostra, diluída em solvente especificado, a um ponto de inflexão bem definido.

## 6 RESULTADO E DISCUSSÃO

Neste tópico apresentam-se os resultados obtidos com relação às análises de viscosidade cinemática a 100°C, densidade, ponto de fulgor e IBT (Índice total de basicidade), as quais foram realizadas nas amostras sem uso e usadas do óleo 15W40 API SL.

Os resultados consistem basicamente em um comparativo da amostra sem uso, a qual está de acordo com as normas API e SAE e com o que a indústria petroquímica registrou na ANP conforme mostra Tabela 3, com a amostra usada por 10.000Km. Este comparativo permitira verificar o desempenho do óleo no motor automotivo.

Tabela 3- Especificações do óleo SAE 15W40 API SL registrado na ANP

<b>Grau de viscosidade SAE</b>	<b>API</b>	<b>Viscosidade (cSt a 100°C)</b>	<b>Densidade A 20°C</b>	<b>Ponto de Fulgor, °C min.</b>	<b>IBT</b>
15W40	SL	12,5 - 16,3	0,856 - 0,880	200	7,34 - 7,86

Fonte: Elaborado pela autora

### 6.1 DENSIDADE

Na tabela 4, pode se verificar os resultados obtidos da densidade entre a amostra sem uso e usada.

Tabela 4- Resultado da densidade

<b>Amostra</b>	<b>Densidade g/cm<sup>3</sup> a 20°C</b>
Sem uso	0,864
Usada	0,876

Fonte: Elaborado pela autora

Através do resultado obtido da densidade, verificou-se que houve um aumento após o uso do óleo 15W40 API SL.

Este aumento indica que o óleo foi muito usado, pois com o uso, o lubrificante tem sua densidade aumentada devido à presença de insolúveis, ou seja, de produtos de sua degradação.

## 6.2 VISCOSIDADE

A Tabela 5 apresenta os resultados da viscosidade encontrados nas amostras. Estes resultados foram obtidos através do seguinte cálculo:

Viscosidade cinemática em cSt= Constante do tubo x tempo (segundos)

Viscosidade da amostra sem uso=  $0,0261 \times 566,29s = 14,78 \text{ cSt}$

Viscosidade da amostra usada=  $0,0261 \times 612,65s = 15,99 \text{ cSt}$

Tabela 5- Resultado da viscosidade

<b>Amostra</b>	<b>Viscosidade Cinemática, mm<sup>2</sup>/s (cSt), 100°C</b>
Sem uso	14,78
Usada	15,99

Fonte: Elaborado pela autora

Através dos resultados da viscosidade cinemática encontrado nas amostras, verificou-se uma elevação na viscosidade.

Esta elevação pode ser pelo fato da própria degradação do óleo ou até mesmo na mistura de um óleo com viscosidade diferente, pois no momento da troca de óleo, quando não esgotado totalmente o óleo que estava antes, pode contaminar com o óleo novo adicionado (MANG; DRESEL, 2007).

## 6.3 PONTO DE FULGOR

A Tabela 6 mostra os resultados do ponto de fulgor encontrados nas amostras.

Tabela 6- Resultado do ponto de fulgor

<b>Amostra</b>	<b>Ponto de fulgor, °C</b>
Sem uso	224
Usada	226

Fonte: Elaborado pela autora

O ponto de fulgor foi realizado para verificar se houve contaminação por combustível, pois quando há contaminação o ponto de fulgor tende a abaixar, porém conforme o resultado encontrado não apresentou contaminação por combustível, o aumento do ponto de fulgor significa perda das partes leves por evaporação, esta perda é ocasionada pela degradação (GEMPERLÉ, 1994).

#### 6.4 IBT (ÍNDICE DE BASICIDADE TOTAL)

Na tabela 7 são apresentados os resultados do IBT encontrados nas amostras.

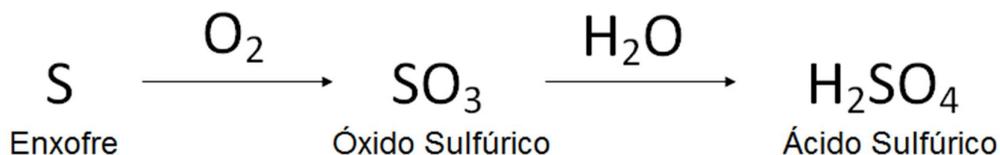
Tabela 7- Resultado do IBT

<b>Amostra</b>	<b>IBT, mgKOH/g</b>
Sem uso	7,6
Usada	3,5

Fonte: Elaborado pela autora

O resultado apresentado na Tabela 6 mostra uma queda no valor entre a amostra usada e a sem uso, esta queda foi ocasionada pela contaminação de ácidos fortes que se formam durante a oxidação do óleo, conforme mostra a figura 13 (LUBES, 2009).

Figura 13- Reação da formação do ácido forte provocado pela combustão



Fonte: Petrobrás, 2006

Nota: Adaptado pela autora

O IBT mede a capacidade que o óleo possui para neutralizar os ácidos presentes, um óleo usado deve considerar o mínimo de IBT 2,5 mgKOH/g. Quanto mais próximo de zero, significa que a reserva alcalina do óleo acabou, podendo se tornar ácido (CARRETEIRO, 2006).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho pode-se verificar a importância de conhecer as propriedades e características dos óleos lubrificantes, as reações químicas que acontecem dentro do motor conforme o uso do mesmo.

O comparativo entre os resultados obtidos na amostra usada por 10.000 km e a amostra sem uso do óleo lubrificante SAE 15W40 API SL, permitiu avaliar o desempenho do óleo no motor e que realmente conforme o tempo de uso as características e propriedades do óleo lubrificante sofrem alterações e que há uma química que provoca estas alterações.

Conforme orientação do químico da indústria petroquímica de Pederneiras/SP onde foram realizadas as análises, no caso da amostra sem uso é recomendado não utilizar mais e sim fazer uma troca e diminuir o tempo da mesma, o óleo rodou por 10000 km e sofreu muita alteração, o ideal é começar a fazer a troca em aproximadamente 7500 km para diminuir estas alterações nas propriedades.

O importante é usar o óleo lubrificante no tempo certo, ou seja, recomendado pelo fabricante do veículo ou quando houver condições de fazer o monitoramento por análises laboratoriais.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Olavo A. L. Pires e. **Lubrificação.1 ed. São Paulo: MacGraw-Hill do Brasil, 1977.**
- API. Techninal Info, c1993–2016. **Apresenta serviço de graxa para a indústria.** Disponível em:< <https://www.api.org/>>. Acesso em 02 de setem. 2016.
- ANP o mercado de lubrificantes. **Lubes em Foco**, Rio de Janeiro, v.1, n 12, 2009.
- AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Qualidade de produtos**, Disponível em:< <https://www.anp.gov.br/>>. Acesso em 20 de Outub. 2016.
- AZEVEDO. Joyce B. **Efeito da degradação em motor automotivo nas propriedades termogravimétricas de óleos lubrificantes mineras e sintéticos.** Campina Grande, Universidade federal de Campina Grande, 2014.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API 1509: **Engine oil licensing and certification system.** 17th ed. Washington, 2014. Apostila
- CASTRO, Fabio Daniel de; Rahde, Sérgio Barbosa; **Motores automotivos**, Edipucrs. Porto Alegre/ RS, 2014.
- CARRETEIRO, R. P.; BELMIRO, P. N. A. **Lubrificantes e lubrificação industrial.** Interciência: IBP, Rio de Janeiro, 2006.
- CARVALHO, Nilson. **Lubrificação**, São Paulo, 2008. Apostila
- FARAH, M.A. **Petróleo e seus derivados.** Rio de janeiro 2012. Apostila
- LUZ, Luiz A. R; **Testes físico químicos em derivados do petróleo.** Ed. Pulodogato, 2007
- MANG, Theo; DRESEL W. **Lubricants and Lubicants**, 2<sup>nd</sup>Edition, Published by WILEY-VCHVerlag GmbH & Co, Weinheim, Germany, 2007.p. 86
- NOBREGA, Guilherme. **O papel da agencia nacional do petróleo (ANP) na repressão aos catéis de combustíveis.** Revista espaço acadêmico, n104, 2010
- PETROBRÁS. **Lubrificantes: fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Petrobras. 1999. Apostila
- RUNG, P. R. F.; DUARTE, G. N.; GEMPERLÉ, R. **Lubrificação automotiva.** São Paulo: Triboconcept, 1994.
- ROUSSO, J. **Lubrificação industrial.** Rio de Janeiro: Departamento de assistência à média e pequena indústria,1990.p.32
- TEXACO. **Fundamentos de Lubrificação:** Campinas, SP, 2005. 45. Apostila.

THOMAS, J. Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

Tendências tecnológicas para óleos de motor. **Lubes em Foco**, Rio de Janeiro, v.1, n54, 2016.