

# ENSINANDO O ESTUDO TÉCNICO E A AVERIGUAÇÃO DA VISCOSIDADE ROTULADA DE ÓLEOS LUBRIFICANTES COMERCIALMENTE DISPONÍVEIS: APLICAÇÃO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA E COMPONENTES MECÂNICOS

**Prof. Dr. José Luz Silveira, William da Costa Maciel, Aparecida Salette da Moura**

UNESP - Universidade Estadual Paulista

FEG - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

R. Ariberto Pereira da Cunha, 333

12516-410 - Guaratinguetá, SP, Brasil

[joseluz@feg.unesp.br](mailto:joseluz@feg.unesp.br)

**Resumo:** *A viscosidade caracteriza um lubrificante e mede a resistência interna ao deslocamento de superfícies sólidas, uma deslocando-se em relação à outra, com fluido entre as duas. Normalmente essas superfícies são separadas por um filme de fluido, evitando o atrito sólido-sólido e impedindo o desgaste ou abrasão, e ainda facilitando o movimento. É nesse sentido que um óleo lubrificante desempenha papel fundamental nos processos mecânicos, já que a viscosidade é uma das características mais importante em um óleo lubrificante. Em um motor, por exemplo, o óleo lubrificante além de reduzir a resistência causada pelo atrito, também protege contra corrosão e desgaste, facilita a partida, pois a viscosidade do óleo deve ser suficientemente baixa para permitir fácil partida sob temperaturas baixas, sem apresentar, no entanto, viscosidade excessivamente baixa sob temperatura normal de operação. Deste modo, houve o interesse em desenvolver um trabalho de análise e testes dos óleos lubrificantes mais comuns disponíveis no mercado, verificando se viscosidade rotulada realmente atende as especificações da SAE (Society of Automotive Engineers) e ASTM (American Society for Testing and Materials), não comprometendo o bom funcionamento dos motores à combustão interna.*

**Palavras-chave:** *Viscosidade, Óleo Lubrificante, Análise Experimental, Normas, Viscosímetros*

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos mecânicos normalmente possuem superfícies ajustadas ao movimento relativo. O contato direto entre estas superfícies causa um grande esforço de atrito e conseqüente desgaste devido à remoção de material, aumento da temperatura das peças (aquecimento), sobrecarga dos equipamentos de acionamento e por fim, devido à perda de ajustes e de tolerâncias, aumentando os níveis de vibração e ruído, e até provocando a paralisação do equipamento, ocasionando na necessidade de reparos com grandes prejuízos.

O princípio básico para evitar esses inconvenientes é atacar a causa, ou seja, o contato direto entre as partes móveis, interpondo e mantendo entre as superfícies, um material que atenda algumas características tais como baixo atrito interno, adesão às superfícies móveis,

estabilidade térmica, resistência a pressões, escoamento laminar, ser quimicamente inerte em relação às superfícies, entre outras. Esse material é o lubrificante. Para que ocorra uma lubrificação efetiva entre as partes móveis é, portanto necessária a formação de uma película lubrificante que deverá ser espessa o suficiente para não permitir o contato direto.

Desta forma pode-se concluir que os óleos lubrificantes desempenham papel fundamental no funcionamento de um motor à combustão ou em de outros componentes mecânicos. Assim, fica claro que os óleos lubrificantes comercialmente disponíveis ao consumidor, devem atender corretamente às suas especificações rotuladas, de modo a não prejudicar o funcionamento mecânico. A principal propriedade rotulada em um óleo lubrificante é a sua viscosidade, e este trabalho teve como objetivo medir tal parâmetro associado aos óleos lubrificantes comercialmente disponíveis e compará-las com as respectivas viscosidades rotuladas de acordo com o fabricante.

## 2. VISCOSIDADE

A viscosidade é a resistência interna oferecida pelas moléculas de uma camada do óleo, quando esta é deslocada em relação à outra, sendo portanto o resultado do atrito interno no próprio lubrificante. Na prática, a viscosidade absoluta é medida pelo incremento de força necessário para deslocar uma superfície plana de um  $\text{cm}^2$  sobre outra de mesma área, à velocidade de 1 centímetro por segundo, estando os planos separados por uma película de líquido de fina espessura; a unidade dessa propriedade nesta dimensão é o "poise ( $\text{g}/\text{cm}\cdot\text{s}$ )". O quociente entre a viscosidade absoluta e o peso específico do fluido é denominado de viscosidade cinemática e é medida em "stokes ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )". Como os valores em stokes são muito grandes para os casos práticos, usa-se a indicação da viscosidade cinemática em centistokes (stokes/100). Como os mecanismos são projetados para trabalharem protegidos por uma película contínua de lubrificante entre as superfícies em contato, a viscosidade do lubrificante tem que ser grande o suficiente para assegurar a formação da película sem permitir o contato entre as partes. É interessante notar que a viscosidade do óleo lubrificante diminui com o aumento da temperatura.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Aspectos Experimentais Envolvidos na Medição da Viscosidade de Óleos Lubrificantes

#### *Classificação dos óleos lubrificantes*

A SAE (Society of Automotive Engineers), criou um critério de classificação que teve aceitação generalizada pelos fabricantes de veículos e de lubrificantes. Esta classificação é feita associando-se um número puro à viscosidade determinada em laboratório. Quanto maior o número, maior será a viscosidade. Essa classificação é feita em termos somente de viscosidade, sendo que outras características não são consideradas.

A classificação SAE divide os óleos lubrificantes em dois grupos:

- Óleos de "grau de inverno" - óleos que possibilitem uma fácil e rápida movimentação, tanto do mecanismo quanto do próprio óleo, mesmo em condições de frio rigoroso ou na partida a frio do motor, e cuja viscosidade é medida em baixas temperaturas e tem a letra W acompanhando o número de classificação. Os testes para óleos de grau de inverno levam em consideração a resistência que o mesmo oferecerá na partida a frio do motor e a facilidade de bombeamento e circulação em baixas temperaturas.

- Óleos de "grau de verão" - óleos que trabalhem em altas temperaturas, sem o rompimento de sua película lubrificante, pois quanto mais quente o óleo, menos viscoso ele se apresenta. Os óleos de grau de verão têm, portanto sua viscosidade medida a altas temperaturas e não possuem a letra W (na classificação) e trabalham em altas temperaturas. Este é o grupo que servirá como referencia para a realização desta pesquisa, tendo em vista a aplicação a que se destina.

Os valores de viscosidades de óleos são obtidos experimentalmente em laboratório, utilizando-se um aparelho chamado viscosímetro, que em sua versão mais simples, mede o tempo que uma determinada quantidade de fluido leva para escoar através de um pequeno tubo (capilar) a uma temperatura constante.

### ***Obtenção da classificação SAE***

Nesta pesquisa a classificação SAE será obtida da seguinte forma: os viscosímetros utilizados fornecem a viscosidade dinâmica " $\mu$ "[cPoise], com os valores de massa específica " $\rho$ "[g/cm<sup>3</sup>] de cada óleo lubrificante é possível obter a viscosidade cinemática " $\nu$ "[mm<sup>2</sup>/s] através da expressão:

$$\nu = \mu / \rho \quad [1]$$

Com o valor da viscosidade cinemática em mãos é possível obter o valor da viscosidade em "SSU" (Saybolt Seconds Universal) através de tabelas de conversão presentes em livros do gênero, ou pode-se seguir a indicação dos manuais dos viscosímetros Höppler e Rheotest, os quais informam que para valores de viscosidade cinemática maiores que 50 basta multiplicar este valor por 4,55. Assim com o valor da viscosidade em "SSU" e a temperatura [°F] do óleo lubrificante, no momento da medição, é possível obter a classificação SAE do mesmo através da carta de viscosidade ASTM (Temperature Charts For Liquid Petroleum Products-D341-43) também presente em livros do gênero.

O projeto de pesquisa em escopo, é de caráter prático-experimental e baseia-se na medição e averiguação da viscosidade rotulada de óleos lubrificantes comercialmente disponíveis.

Para a realização da medição de viscosidade serão utilizados viscosímetros baseados na Equação de Newton e na Equação de Poiseville. Foram utilizados os três tipos de viscosímetros apresentados no próximo item.

Neste projeto a classificação do tipo de óleo lubrificante com relação à sua viscosidade seguirá a Norma SAE J300c-"Classificação da viscosidade de óleos lubrificantes para motor".

A determinação da viscosidade seguirá as normas ASTM D445-97 – "Método padrão de teste para viscosidade dinâmica de líquidos transparentes e opacos" e ASTM D446-97-"Especificações padrão e instruções de operação para viscosímetros cinemáticos de vidro capilar".

Foram selecionados previamente 12 modelos de óleos lubrificantes de diferentes marcas, de acordo com a disponibilidade no comércio de Guaratinguetá.

A análise experimental da viscosidade dos óleos será realizada através de 30 ensaios experimentais para cada tipo de óleo lubrificante comercialmente disponível. Serão efetuadas dez medidas das propriedades associadas a cada um dos três viscosímetros disponíveis no Laboratório de Mecânica de Fluidos, da Unesp – Campus de Guaratinguetá, de modo a obter um banco de dados mais completo possível e de forma a determinar os erros e incertezas associados as medidas efetuadas.

Após a coleta de dados efetuada no laboratório serão realizados cálculos de viscosidades baseando-se nas grandezas medidas e de acordo com as equações governantes associadas aos 3 viscosímetros disponíveis.

Com a viscosidade de cada óleo lubrificante determinada, serão realizadas comparações entre as viscosidades medidas nos três equipamentos disponíveis e as indicadas na rotulação dos óleos lubrificantes, de modo a permitir averiguar os resultados encontrados pelas equações governantes associadas aos viscosímetros e as especificações dos fabricantes.

Ao término das análises experimentais e dos cálculos de viscosidades associadas poderão ser descritas em detalhes as possíveis diferenças entre valores calculados e rotulados.

### ***Normas envolvidas no projeto***

Desde o início desta pesquisa teve-se a preocupação em seguir normas associadas à medição de viscosidade e classificação de óleos lubrificantes, com o objetivo de se obter resultados confiáveis, garantindo o mérito do projeto.

Assim foram estudadas as seguintes normas (anexos III, IV, V):

- SAE J300c, “Engine Oil Viscosity Classification”;
- ASTM D445-97, “Standart Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity)”;
- ASTM D446-97, “Standart Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic Viscosimeters”.

Através do estudo destas normas foram colocados em prática, aspectos fundamentais na realização do projeto como, por exemplo, faixas de classificação de óleos lubrificantes de acordo com sua viscosidade cinemática, comportamento do óleo operando em um motor, cálculo da viscosidade cinemática, viscosímetros que seguem as normas ASTM, recipientes e limpeza dos mesmos, termômetros, cronômetros, produtos para banho de aquecimento, fatores de correção, entre outros.

É necessário citar que os viscosímetros utilizados na pesquisa seguem as normas ASTM, as quais foram seguidas, praticamente com todas as orientações presentes nestas normas.

## **4. VISCOSÍMETROS E EQUAÇÕES ASSOCIADAS**

### **4.1. Viscosímetro Hagen – Poiseville (Perda de Carga).**

Procedimento: a medição da viscosidade dinâmica no viscosímetro Hagen – Poiseville é feita através do escoamento de óleo lubrificante em um duto de comprimento “L” e diâmetro “D”, onde ocorre uma diferença de pressão “ $\Delta H$ ”, que pode ser medida através de uma escala(cm) presente em um manômetro diferencial acoplado ao aparelho. A vazão pode ser calculada através da medição de tempo (através de cronômetro) em que o escoamento leva para completar um certo volume em um recipiente calibrado.

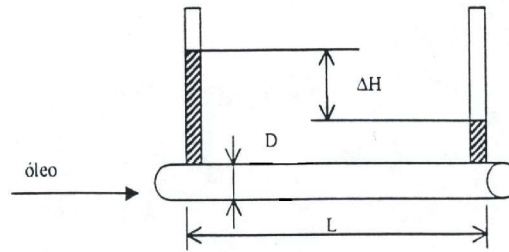


Figura 1 – Viscosímetro Hagen Poiseville.

$$\mu = (\gamma \cdot \Delta H \cdot \pi \cdot D^2) / (128 \cdot L \cdot Q) \quad [2]$$

Onde:

$\Delta P$  = diferença de pressão ou perda de carga;

$\mu$  = viscosidade dinâmica;

$L$  = comprimento da tubulação;

$D$  = diâmetro da tubulação;

$\gamma$  = peso específico;

$Q$  = vazão volumétrica (m<sup>3</sup>/s);

$\Delta T$  = tempo para o enchimento do volume.

#### 4.2 Viscosímetro Höppler (Queda de Esfera).

Procedimento: a medição da viscosidade dinâmica no viscosímetro Höppler é feita através da medição do tempo de queda “t” através de um cronômetro, em que uma esfera de aço, de constante “K”, leva para percorrer duas marcas calibradas. O aquecimento do óleo lubrificante é realizado através de uma resistência presente no interior do aparelho, a qual aquece primeiramente o fluido de banho (água destilada) e por consequência o óleo lubrificante. O controle da temperatura do óleo lubrificante é feito através de um termômetro inserido no fluido de banho de aquecimento. Vale lembrar que a massa específica do óleo lubrificante “ $\rho$ ” é medida com o auxílio de um aparelho chamado densímetro, presente no Laboratório de Mecânica dos Fluidos da FEG-UNESP (Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá). O manual de instruções indica uma faixa de precisão, para a obtenção de dados confiáveis, na qual o tempo de queda da esfera deve se encontrar no intervalo de 20 até 300 segundos. Com esta faixa de precisão escolhe-se a esfera apropriada para a realização do ensaio, e no caso desta pesquisa todos os ensaios foi utilizada a esfera 3 ( $K = 0,1302 \text{ cP} \cdot \text{cm}^3/\text{g} \cdot \text{s}$ ,  $\rho = 8,133 \text{ g/cm}^3$ ).

$$\mu = t \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot K \quad [3]$$

Onde:

$\mu$  = viscosidade dinâmica (cP);

$t$  = tempo de queda da esfera, em segundos;

$\rho_1$  = massa específica da esfera (g/cm<sup>3</sup>);

$\rho_2$  = massa específica do fluido (g/cm<sup>3</sup>);

$K$  = constante específica de cada esfera (cP.cm<sup>3</sup>/g.s)

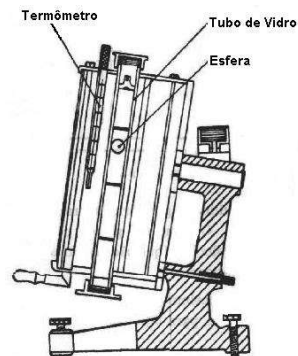


Figura 2 – viscosímetro Ubbelohde

#### 4.3. Viscosímetro Rheotest (Rotação de Estrutura).

O aparelho consiste de um cilindro giratório, imerso em um cilindro fixo contendo o fluido.

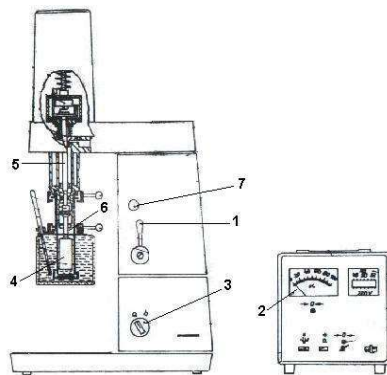


Figura 3 – Viscosímetro Rheotest.

A medida é feita determinando-se a força direta ou relativa necessária para manter um cilindro fixo, enquanto o outro gira a uma velocidade constante.

Para uma dada amostra escolhe-se um conjunto de cilindros e estabelece-se uma velocidade. Com estes dados utiliza-se uma tabela própria do aparelho e anota-se os outros valores necessários para o cálculo da viscosidade.

$$\mu = Tr \cdot 100 / Dr \quad [4]$$

$$Tr = Z \cdot \alpha \quad [5]$$

Onde:

$Tr$  = tensão de cisalhamento (dina/cm<sup>3</sup>);

$Z$  = constante característica do conjunto de cilindros escolhidos ( dina/cm<sup>2</sup> – 1/SKT);

$\alpha$  = Leitura do valor de escala do instrumento SKT (graduação de escala);

$D_r$  = gradiente de cisalhamento caracterizado pelo conjunto de cilindros escolhidos e pela velocidade.

Os viscosímetros citados acima encontram-se disponíveis no Laboratório de Mecânica dos Fluidos da FEG-UNESP (Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá).

O aparelho consiste de um cilindro giratório, imerso em um cilindro fixo contendo o fluido. A medida é feita determinando-se a força direta ou relativa necessária para manter um cilindro fixo, enquanto o outro gira a uma velocidade constante.

Para uma dada amostra escolhe-se um conjunto de cilindros o qual possui uma constante característica “Z” e estabelece-se uma faixa de velocidade. Com estes dados utiliza-se uma tabela própria do aparelho, cada faixa de velocidade possui um determinado valor de “ $D_r$ ”, com o aparelho ligado anota-se o valor de “ $\alpha$ ”. A viscosidade dinâmica é obtida através das equações 5 e 6.

O manual de instruções indica uma faixa de precisão, para a obtenção de dados confiáveis, a qual indica que os valores de “ $\alpha$ ” devem se encontrar no intervalo de 20 até 80. Deste modo são utilizadas somente as faixas de velocidade que resultam valores de “ $\alpha$ ” neste intervalo.

Também foram tomadas precauções referentes às normas ASTM para a realização de testes no viscosímetro Rheotest, onde a limpeza do cilindro que contém o óleo lubrificante foi realizada com éter etílico.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados finais desta pesquisa serão apresentados a seguir em forma de tabelas com a finalidade de ilustrar com mais clareza a classificação SAE para cada óleo lubrificante em cada faixa de temperatura.

Para a classificação SAE na temperatura ambiente foram utilizados os resultados obtidos com o viscosímetro Rheotest, e para as demais temperaturas foram utilizados os resultados obtidos com o viscosímetro Höppler. Este procedimento foi adotado, pois a realização de testes à temperatura ambiente no viscosímetro Höppler não forneceu resultados satisfatórios, para esta temperatura a utilização da esfera 3 ( $K = 0,1302 \text{ cP.cm}^3/\text{g.s}$ ,  $\rho = 8,133 \text{ g/cm}^3$ ) resultava em tempos de queda da esfera superiores ao intervalo fornecido pelo manual de instruções do aparelho (30 até 300 segundos). Para corrigir esta deficiência passamos a utilizar a esfera 2 ( $K = 0,074332 \text{ cP.cm}^3/\text{g.s}$ ,  $\rho = 2,228 \text{ g/cm}^3$ ) para os ensaios à temperatura ambiente, os quais resultavam em tempos de queda de esfera dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante do aparelho, porém ao realizarmos os cálculos de viscosidade associados ao viscosímetro Höppler com as propriedades da esfera 2 foram obtidos resultados que não enquadraram os óleos lubrificantes em nenhuma classificação SAE. Deste modo foi decidido que a classificação SAE à temperatura ambiente seria apresentada com os resultados obtidos pelo viscosímetro Höppler.

Como já fora dito na introdução deste relatório, o viscosímetro Hagen – Poiseville só foi utilizado no teste de apenas um óleo lubrificante devido a impossibilidades técnicas. Este é um aparelho muito antigo então foi decidido que seus resultados serviram apenas de efeito comparativo em relação aos outros viscosímetros.

### 5.1. Shell Helix 20W-50:

Temperatura(°C)	24°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
-----------------	------------	------	------	------	------	------	------

Classificação SAE	SAE40	SAE30	SAE40	SAE40	SAE50	SAE50	SAE50
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Iniciamos nossa análise com os óleos lubrificantes da marca Shell. O óleo Helix 20W-50 apresentou resultados satisfatórios, atendendo o valor de sua viscosidade rotulada na principal faixa de trabalho dos motores a combustão interna automotivos, que é de 60°C a 80°C. Já para temperaturas inferiores este apresentou viscosidade inferior a sua rotulada, tal fato pode ser explicado, pois este se trata de um óleo multiviscoso, e de acordo com os grandes fabricantes de óleos lubrificantes esta propriedade tem a função de facilitar a partida do motor, a qual ocorre em temperaturas baixas.

### 5.2. Shell Helix Super SAE 15W-50:

Temperatura(°C)	24°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE30	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE50	SAE50

Este óleo lubrificante é o líder mundial de vendas em seu seguimento, segundo o fabricante, porém não apresentou resultados satisfatórios. Pode-se observar na tabela acima que para a principal faixa de operação dos motores a combustão interna automotivos, este óleo não atendeu a sua viscosidade rotulada. Para temperaturas inferiores este apresentou viscosidade inferior à rotulada por se tratar de um óleo multiviscoso.

### 5.3. Shell Helix Plus SAE 10W-40:

Temperatura(°C)	23°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE50

Este óleo lubrificante é indicado para motores de alta performance, e apresentou ótimos resultados, pois atendeu sua viscosidade rotulada em praticamente todas as faixas de temperatura. Este óleo lubrificante possui composição sintética e preço aproximadamente 100% superior aos demais (óleos lubrificantes minerais), portanto esperava-se que este apresentasse bons resultados, os quais foram comprovados através dos testes.

### 5.4. Shell Spirax SAE 90:

Temperatura(°C)	22,5°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE30	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40

Este óleo lubrificante foi sem dúvida foi o que apresentou os piores resultados entre os 12 modelos testados. Pode-se observar que em nenhuma faixa de temperatura sua viscosidade rotulada foi atendida, possuindo valores muito inferiores ao indicado pelo fabricante. Este óleo lubrificante é indicado para trabalhos pesados em transmissões de ônibus e caminhões, e através deste teste foram relatados resultados preocupantes quanto a sua utilização.

### 5.5. Petrobrás Lubrax MG4 SAE 20W-40:

Temperatura(°C)	19,5°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE30	SAE30	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40



Este óleo lubrificante apresentou bons resultados, atendendo sua viscosidade rotulada na principal faixa de funcionamento dos motores a combustão interna automotivos. Por se tratar de um óleo multiviscoso este apresentou viscosidade inferior para temperaturas mais baixas. Vale lembrar que o fabricante deste modelo é uma empresa nacional.

#### 5.6. Castrol GTX Special SAE 20W-50:

Temperatura(°C)	16°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE30	SAE40	SAE40	SAE50	SAE50	SAE50	SAE50

Este apresentou bons resultados, pois atendeu sua viscosidade rotulada na principal faixa de funcionamento dos motores a combustão interna automotivos.

Este também é um óleo multiviscoso e para temperaturas mais baixas apresentou viscosidade inferior à rotulada. Este óleo lubrificante também possui composição sintética e preço aproximadamente 100% superior aos demais (óleos lubrificantes minerais), portanto esperava-se que este apresentasse bons resultados, os quais foram comprovados através dos testes.

#### 5.7. Agip SMO SAE 20W-50:

Temperatura(°C)	22,5°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE40	SAE40	SAE40	SAE50	SAE50	SAE50	SAE50

Este óleo lubrificante apresentou bons resultados, pois atendeu sua viscosidade rotulada na principal faixa de funcionamento dos motores a combustão interna automotivos. Este também é um óleo multiviscoso e para temperaturas mais baixas apresentou viscosidade inferior à rotulada.

#### 5.8. GT-OIL SAE 50:

Temperatura(°C)	24,5°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE40	SAE30	SAE30	SAE30	SAE40	SAE40	SAE40

Este óleo lubrificante apresentou resultados ruins e não atendeu à sua viscosidade rotulada em nenhuma faixa de temperatura.

Este é um óleo lubrificante monoviscoso, porém sua classificação de viscosidade variou com a mudança de temperatura nos teste, fato que não deveria ocorrer. É necessário citar também que este modelo possui valor aproximadamente 70% inferior aos demais óleos minerais, e segundo frentistas de postos de gasolina este é um óleo indicado para carros “antigos”.

#### 5.9. Texaco Havoline Superior 3 SAE 20W-50:

Temperatura(°C)	24,5°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE40	SAE40	SAE40	SAE50	SAE50	SAE50	SAE50

Este óleo lubrificante apresentou bons resultados, pois atendeu sua viscosidade rotulada na principal faixa de funcionamento dos motores a combustão interna automotivos.

Este também é um óleo multiviscoso e para temperaturas mais baixas apresentou viscosidade inferior à rotulada.

#### 5.10. Texaco URSA La3 SAE 40:

Temperatura(°C)	24°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE50

Este óleo lubrificante é indicado para motores diesel, e apresentou ótimos resultados, pois atendeu sua viscosidade rotulada em praticamente todas as faixas de temperatura. Tais resultados são de grande importância, pois motores a diesel são caracterizados por grande confiabilidade e requerem um óleo lubrificante confiável.

#### 5.11. Sete Estrelas SAE 40:

Temperatura(°C)	16°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE30	SAE40	SAE40	SAE40	SAE50	SAE50	SAE50

Este óleo lubrificante apresentou resultados ruins, pois na principal faixa de trabalho dos motores a viscosidade rotulada não foi atendida.

Este é um óleo lubrificante monoviscoso, porém sua classificação de viscosidade variou com a mudança de temperatura nos teste. Este óleo lubrificante possui valor aproximadamente 60% inferior aos demais óleos minerais, e segundo frentistas de postos de gasolina este é um óleo indicado para carros “antigos”.

#### 5.12. Mobil Super SAE 20W-50:

Temperatura(°C)	15,5°C(amb.)	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Classificação SAE	SAE30	SAE40	SAE40	SAE40	SAE40	SAE50	SAE50

Pode-se observar na tabela acima que para a principal faixa de operação dos motores a combustão interna automotivos, este óleo não atendeu a sua viscosidade rotulada. Para temperaturas inferiores este apresentou viscosidade inferior à rotulada por se tratar de um óleo multiviscoso.

## 6. CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível verificar se viscosidade rotulada de óleos lubrificantes comercialmente disponíveis realmente atende as especificações da SAE (Society of Automotive Engineers) e ASTM (American Society for Testing and Materials), não comprometendo o bom funcionamento dos motores à combustão interna.

A abordagem de estudo foi baseada na importância da viscosidade como propriedade de um fluido, métodos experimentais para medição desta propriedade, estudo de Normas SAE e ASTM associadas à pesquisa, bem como análises experimentais as quais resultam em resultados satisfatórios. Pode-se concluir que a viscosidade é a principal propriedade em um óleo lubrificante, pois ela é responsável pela diminuição de atrito em partes móveis de um motor a combustão interna ou de qualquer outro componente mecânico. Deste modo nota-se que óleos lubrificantes devem atender suas especificações rotuladas em varias

faixas de temperatura, de modo a não comprometer o bom funcionamento dos motores a combustão interna e componentes mecânicos.

Foram utilizados 3 diferentes aparelhos: Viscosímetro Hagen – Poiseville, Viscosímetro Höppler, Viscosímetro Rheotest. Foram enfrentadas algumas dificuldades para adequação dos viscosímetros aos nossos testes, porém estas foram rapidamente superadas e não comprometeram o mérito da pesquisa.

Com os resultados obtidos pelas análises experimentais foi possível observar visíveis diferenças entre o comportamento dos óleos lubrificantes testados. De forma geral, ao observar as tabelas do tópico 5, os óleos lubrificantes que apresentaram os melhores resultados foram os de composição sintética, ou seja atenderam a classificação SAE em praticamente todas as faixas de temperatura. É preciso também destacar o ótimo desempenho do óleo lubrificante “Texaco Ursa La3” o qual é utilizado na lubrificação de motores a diesel. Tal resultado é de grande importância, pois este tipo de motor é caracterizado por grande confiabilidade e requer um óleo lubrificante com qualidade confiável. Ocupando um nível intermediário os óleos lubrificantes minerais comuns multiviscosos apresentaram resultados satisfatórios, com exceção do óleo Shell Helix Super. Já os óleos minerais monoviscosos apresentaram resultados ruins, não atendendo a classificação SAE em várias faixas de temperatura, este tipo de óleo tem um custo de aproximadamente 60% inferior aos demais óleos lubrificantes minerais multiviscosos.

A característica de multiviscosidade tem a finalidade de facilitar a partida do motor, ou seja, para temperaturas baixas o óleo lubrificante apresenta viscosidade inferior à sua rotulada, e com o acréscimo de temperatura a classificação SAE é atingida para a principal faixa de trabalho dos motores a combustão interna (60°C a 80°C).

Os óleos lubrificantes que apresentaram ótimos resultados nesta pesquisa, ou seja, atenderam a sua viscosidade rotulada foram: Shell Helix Plus SAE 10W-40, Castrol GTX Special SAE 20W-50, Texaco URSA La3 SAE 40.

Em uma faixa intermediária os seguintes óleos apresentaram resultados satisfatórios: Shell Helix 20W-50, Petrobrás Lubrax MG4 SAE 20W-40, Agip SMO SAE 20W-50, Texaco Havoline Superior 3 SAE 20W-50, Mobil Super SAE 20W-50.

Os óleos lubrificantes que apresentaram resultados ruins serão apresentados a seguir, em destaque o último, o qual apresentou resultados péssimos: Shell Helix Super SAE 15W-50, GT-OIL SAE 50, Sete Estrelas SAE 40, Shell Spirax SAE 90.

Acredita-se que o conteúdo da pesquisa foi consistente e que a mesma mostrou-se satisfatória, pois contribui para que a Engenharia sirva de instrumento fiscalizador, a serviço do consumidor de óleos lubrificantes.

As etapas realizadas pelo bolsista foram concluídas dentro do prazo estabelecido pelo cronograma de atividades. A área em estudo mostrou-se de amplo campo de conhecimento e de aplicação e, acredita-se que o bolsista adquiriu sólidos conceitos na área de Engenharia.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALBUQUERQUE, O. A. “*Lubrificação*”, Ed. Macgraw-Hill, 1973.
- [2] ASTM, “*Annual Book of ASTM Standards – D445, D446*” Vol 05.01.
- [3] CARRETEIRO, R. P., MOURA, R. S. “*Lubrificantes e Lubrificação*”, Makron Books, 1998.
- [4] CASTROL LUBRIFICANTES. Disponível na Word Wide Web, (22 nov 02): [www.castrol.com.br](http://www.castrol.com.br)

- [5] DUDLEY D. FULLER, “*Teoria y Pratica de la Lubrificacion*”, Ed. Taller, Madrid, 1961.
- [6] FOX & MACDONALD “*Introdução à Mecânica dos Fluidos*”, 4ª Edição, Ed. LTC.,
- [7] HERSEY, M. D. “*Theory and Research in Lubrication*”, Ed. John Wiley and Sons, 1975.
- [8] Manual de Instruções do Viscosímetro HÖPPLER tipo BH 2, produzido por VEB MWL PRUFGERATE-WERK MEDINGEN, Dresden, 1979.
- [9] Manual de Instruções do Viscosímetro RHEOTEST 2, produzido por VEB MWL PRUFGERATE-WERK MEDINGEN, Berlin, 1978.
- [10] SAE, “*Handbook – Materials Parts and Components*”, Part 1, 1977
- [11] SHELL LUBRIFICANTES. Disponível na Word Wide Web, (15 mar 03): [www.shell.com.br](http://www.shell.com.br)
- [12] TEXACO LUBRIFICANTES. Disponível na Word Wide Web, (05 Dez 02): [www.texaco.com.br](http://www.texaco.com.br)