



Viscosidade Dos Óleos Lubrificantes

ARTIGO ORIGINAL

CHIARELLO, Taise Gusatti ^[1] TODT, Pietra ^[2]

CHIARELLO, Taise Gusatti. TODT, Pietra. **Viscosidade Dos Óleos Lubrificantes**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 01, Vol. 01, pp. 05-22 . Janeiro de 2019. ISSN:2448-0959

RESUMO

O uso de lubrificantes automotivos é essencial para o bom funcionamento e vida útil do motor. Uma das propriedades mais importantes de um óleo lubrificante é a sua viscosidade, pois quando um óleo é muito viscoso, ele não conseguirá se emparelhar e espalhar-se por todas as peças, não cumprindo assim sua função. Ainda, ao escolher um óleo lubrificante automotivo, devemos levar em conta as condições de funcionamento do motor, como a temperatura, pois é um elemento fundamental para a alteração da viscosidade. Pensando nessa alteração, muitos fabricantes desenvolveram óleos multiviscosos, isto é, que conseguem desempenhar sua função mesmo com a alteração da temperatura sofrendo mínima variação na sua viscosidade. Este trabalho teve como objetivo analisar, com o Viscosímetro Ametek Brookfield DV2T, a variação da viscosidade dos óleos lubrificantes automotivos 25W60, 20W50 e 15W40, quando a temperatura é alterada e comprovar que o fluido trata-se de um fluido Newtoniano. Como resultados, obteve-se que a temperatura tem influência significativa na viscosidade dos óleos assim como o óleo obedece à Lei de Newton da viscosidade, possuindo reologia newtoniana.

Palavras-chaves: Viscosidade, Reologia, Temperatura.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da viscosidade é de fundamental importância em diferentes aspectos. Seja na criação de projetos de reatores, bombas, tubulações e motores ou na caracterização de uma substância definindo suas condições de uso.

Do ponto de vista da lubrificação, é muito importante o conhecimento do comportamento da viscosidade

com a temperatura, uma vez que esta propriedade influencia consideravelmente as dimensões da espessura mínima de filme lubrificante que promove a separação das superfícies em contato (PROFITO, 2010).

Como o que garante maior durabilidade das engrenagens do motor é a camada de óleo sobre elas, uma determinada faixa de viscosidade deve ser levada em conta, garantindo que esta camada permaneça entre as peças. Ao dar partida em um motor, este libera energia que resulta em um aumento da temperatura. Por conseguinte, o aumento da temperatura diminui as forças intermoleculares, gerando uma diminuição da viscosidade. Além disso, caso o óleo seja muito viscoso, ele não conseguirá espalhar-se por todas as peças e desempenhar o seu papel; por outro lado, se o óleo for pouco viscoso, ele não criará uma camada de filme lubrificante suficiente para proteger as engrenagens do atrito. Portanto, o efeito da temperatura na viscosidade desses óleos implica diretamente no seu funcionamento e qualidade.

Ainda, a caracterização dos óleos lubrificantes é de fundamental importância para que se possa determinar a aplicabilidade deste em relação à temperatura, tipo de motor a ser utilizado e camada mínima de lubrificante para não danificar a peça.

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar o comportamento dos óleos lubrificantes automotivos Petronas Mach 5 SL 25W60, Elaion Moto 4T 20W50, Petrol Diesel Plus 15W40 quando submetidos a temperaturas distintas e analisar o caráter reológico do fluido quando submetido a diferentes tensões, comprovando que o fluido trata-se de um fluido newtoniano, como observados em diversos trabalhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a concretização dos objetivos, faz-se necessário um entendimento teórico sobre os óleos lubrificantes automotivos e, também sobre as propriedades dos fluidos trabalhando conceitos de Mecânica dos fluidos e Reologia. Esta seção tem como objetivo mostrar um embasamento teórico para a realização das pesquisas.

2.1 ÓLEOS LUBRIFICANTES

Os equipamentos mecânicos possuem superfícies ajustadas de acordo com a necessidade de funcionamento deles, ao entrar em funcionamento, essas superfícies podem sofrer atrito e, com o tempo causar o desgaste das peças. A fim de minimizar esses desgastes e aumentar a vida útil das peças é usado o óleo lubrificante (FILHO; 2016).

Filho (2016) diz que os óleos podem ser de origem mineral ou sintética, sendo os de origem mineral de mais baixo custo, portanto mais comuns. Os óleos bases minerais provêm de camadas mais densas do petróleo com cadeias de 20 a 25 átomos de carbono.

Os óleos lubrificantes de origem sintética são criados em laboratórios, a partir de elementos químicos não encontrados no petróleo. Esses óleos precisaram ser criados, pois o mercado dos óleos minerais já não conseguia mais atender carros com motores cada vez mais potentes, que atingem temperaturas mais elevadas. O custo desses óleos é bem superior comparado com os óleos de origem mineral, porém possuem índices de viscosidade menores, o que mantém a faixa de viscosidade mais constante com o

aumento de temperatura, principalmente devido aos aditivos melhoradores de viscosidade presentes.

Segundo Filho (2016), os óleos lubrificantes são classificados de acordo a suas faixas de viscosidade e de acordo com sua aplicação. A Classificação SAE é muito antiga e bastante utilizada para lubrificantes automotivos. Os graus SAE podem ou não ser seguidos da letra W (que significa *winter*, inverno em inglês). Quer dizer então que os óleos SAE 15W (por exemplo) possuem temperaturas limites de bombeamento no inverno, onde essas temperaturas são baixas. Também dentro da Classificação SAE um óleo pode atender a dois graus de viscosidade. Em temperaturas baixas, um óleo multiviscoso 15W40 se comporta como um óleo grau SAE 15W e a temperaturas mais elevadas é um óleo de grau SAE 40.

Os graus da Classificação SAE não seguem uma regra padrão, são simplesmente valores adotados aos quais se têm tabelas que determinam faixas de viscosidades de partida e de bombeamento, por conta disso, não deve ser utilizado como padrão para estudos reológicos.

2.2 FLUIDOS

Um fluido é uma substância capaz de se alastrar pela superfície em que é submetida (STREETER; WYLIE; 1982). Líquidos e gases são considerados fluidos, pois não possuem forma característica, tendo a capacidade de organizar suas moléculas a fim de adquirir a configuração do molde.

O que define um fluido é sua capacidade de escoar por uma superfície. Este escoamento foi definido a partir de 1883, por Osborne Reynolds. Bistafa (2010) proferiu que os estudos de Reynolds determinaram valores adimensionais, levando em conta diâmetros de duto, viscosidade e velocidades que caracterizavam os tipos de escoamentos do fluido. Estes valores receberam seu nome e, a Equação 1 exemplifica a equação proposta por Reynolds.

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{VD}{\nu}$$

sendo:

Re: número de Reynolds (adimensional);

?: viscosidade dinâmica do fluido (Pa.s);

?: massa específica do fluido (kg.m⁻³);

V: velocidade do fluido (m.s⁻¹);

D: diâmetro do tubo (m);

?: viscosidade cinemática do fluido (m².s).

Dependendo de fatores como rugosidade superficial do tubo, vibrações da bancada, período de repouso da

água do tanque, entre outros, pode-se observar um escoamento que não pode ser caracterizado nem como laminar, nem como turbulento. Este movimento é chamado “de transição” e a ele foi associado um Número de Reynolds crítico (Re_{crit}) que é de aproximadamente 2.300. Este valor também pode variar de acordo com diversas condições experimentais (BISTAFA; 2010).

Podemos afirmar então, que quanto maior o Número de Reynolds, mais caótico e desgovernado é o comportamento do fluido, assim sendo, mais turbulento é o movimento. Por outro lado, para um escoamento laminar, onde o fluido move-se em camadas, uma camada escorregando sobre a outra, para qualquer sinal de turbulência, as forças viscosas de cisalhamento diminuem sua intensidade, mantendo o fluido escoando de maneira laminar. Isso pode ser explicado por que a viscosidade é inversamente proporcional ao número de Reynolds.

2.3 VISCOSIDADE

A viscosidade é uma característica reológica dos fluidos. Entende-se por reologia o estudo da deformação ou do fluxo dos fluidos quando submetidos à determinada força.

A viscosidade dinâmica ou absoluta mede a resistência interna do fluido ao fluxo quando submetido a uma tensão de cisalhamento. Neste caso, para um escoamento laminar em uma tubulação ao se aplicar uma força cisalhante sob uma placa móvel que está em contato com um fluido viscoso, o mesmo irá sofrer uma deformação na direção da força cisalhante. Quanto mais viscoso for o fluido, menos ele irá se deformar, pois as interações intermoleculares irão interferir e impedir o fluxo.

Existem duas formas de se expressar a viscosidade: a viscosidade absoluta ou dinâmica (μ) e a viscosidade cinemática (ν). A viscosidade cinemática pode ser representada como mostra a Equação 2:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

sendo:

μ : viscosidade dinâmica (Pa.s);

ν : viscosidade cinemática ($m^2.s^{-1}$);

ρ : massa específica ($kg.m^{-3}$).

Segundo Bird *et al.* (2004), existem diversas teorias que buscam entender o comportamento da viscosidade em relação a variação da temperatura, uma vez que, ao se aumentar a temperatura de um fluido, sua viscosidade diminui. Uma teoria antiga, proposta por Eyring, a Teoria molecular da Viscosidade, assume que as moléculas de um líquido, mesmo em repouso, estão em constante movimento e, por não serem compactadas como em um sólido, elas são intercaladas e possuem espaços vazios entre elas, que também podem ser chamados de vacâncias. Uma a uma as moléculas se movem a fim de ocupar

as vacâncias adjacentes a elas. Pode-se concluir que a viscosidade está relacionada à força que se opõe a esse movimento. Assim, quanto mais difícil for para uma molécula saltar e ocupar uma vacância, maior será o valor da viscosidade.

Os valores de viscosidade dinâmica e cinemática são bastante importantes na lubrificação, pois além de determinarem a camada de filme lubrificante presente entre as peças, ainda auxiliam na determinação de um parâmetro denominado índice de viscosidade.

Este índice é uma relação criada empiricamente que utiliza dois óleos como base para os cálculos e que devem ser comparados com os dados do óleo estudado. Um óleo lubrificante multigraduado comercial usado em motores de combustão interna geralmente possui um índice de viscosidade que varia entre 150 e 200 (TANVEER; 2006). Ele relaciona a dependência de um óleo lubrificante com a variação da temperatura. Quanto maior for o índice de viscosidade, menor será a variação deste com a temperatura.

O método mais usual para expressar a relação da viscosidade cinemática com a temperatura do óleo parte de dois padrões de óleos crus, um da Pensilvânia e outro do Golfo do México (MATOS; 2011). Às viscosidades destes dois óleos, foram elaborados valores de índice de viscosidade de zero a cem em valores tabelados. A ASTM D 2270, de 1998, indica a metodologia para obter o índice de viscosidade, através de tabelas padronizadas que indicam os parâmetros adotados pelo método em questão.

2.4 LEI DE NEWTON DA VISCOSIDADE

De acordo com Bird *et al.* (2004), Newton definiu uma lei denominada Lei de Newton da Viscosidade que determina que a força cisalhante por unidade de área é proporcional ao negativo do vetor de velocidade multiplicado por uma constante de proporcionalidade, denominada viscosidade.

Portanto, a viscosidade determina a força contrária ao movimento do fluido e, quando maior seu gradiente, mais dificuldade o fluido terá para escoar. A Equação 3 demonstra a Lei de Newton da Viscosidade.

$$\frac{F}{A} = \tau_{yx} = \mu \left(- \frac{dV_x}{dy} \right)$$

sendo:

F: força cisalhante (N);

A: área da superfície (m²);

τ_{yx} : tensão de cisalhamento (Pa);

μ : viscosidade dinâmica (Pa.s);

dy: altura de fluido (m);

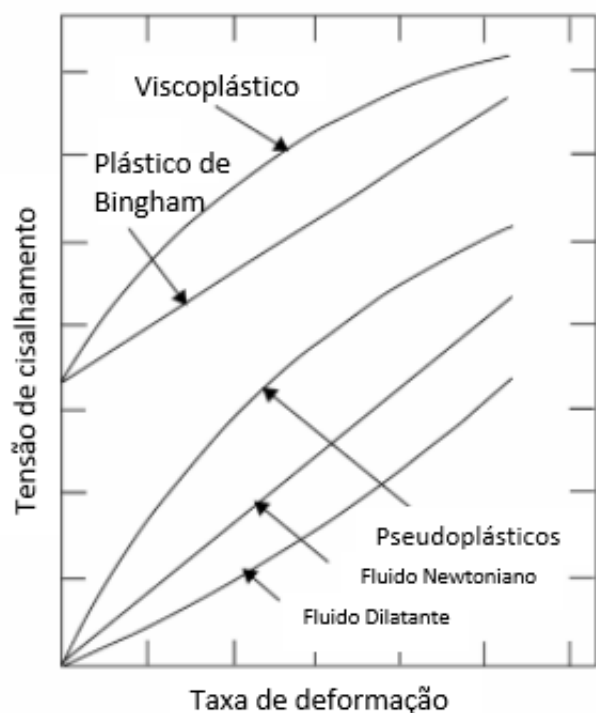
dV_x : velocidade do fluido ($m.s^{-1}$).

Os fluidos que obedecem à Lei de Newton da Viscosidade são denominados fluidos Newtonianos e, não alteram sua viscosidade com o aumento das taxas de cisalhamento aplicadas ao fluido. Ainda, possuem comportamento linear e que passa pela origem num gráfico que relaciona a tensão de cisalhamento aplicada pela taxa de deformação do fluido, também denominado Reograma.

Porém, existem alguns fluidos que não seguem a Lei de Newton, estes foram denominados fluidos não Newtonianos. Uma substância é dita não newtoniana quando a curva de escoamento não é linear ou é linear, mas não passa pela origem do gráfico, que ocorre quando a viscosidade não é constante numa dada temperatura e pressão (CHHABRA; 2006). Os fluidos não newtonianos podem ser classificados em três grupos: visco-elásticos, dependentes e independentes do tempo.

Segundo Chhabra (2006), Fluidos não newtonianos independentes do tempo são aqueles que têm seu escoamento independente da taxa de cisalhamento. Os fluidos pertencentes a essa classificação podem ser divididos em três grupos: Pseudoplásticos, Dilatantes e Visco plástico, que podem ser subdivididos em Plásticos de Bingham e Herschel (ou somente Visco plásticos). A Figura 1 relaciona o comportamento dos fluidos citados anteriormente em comparação com o Fluido Newtoniano.

Figura 1 – Reograma comparando as diferentes classificações dos fluídos



Fonte: Adaptado de CHHABRA (2006)

Ainda, existem os fluidos dependentes do tempo, divididos em Tixotrópicos e Reopéticos. Os fluidos Tixotrópicos sofrem uma diminuição de sua viscosidade aparente até determinado ponto e, após, sofrem um ciclo de histerese voltando ao seu estado inicial. Os Reopéticos, ou fluidos de Tixotropia negativa, aumentam sua viscosidade aparente e, quando atingem determinada situação, voltam ao seu estado

original. Existem poucos estudos sobre estes tipos de fluidos, basicamente por este tipo de comportamento ser muito pouco observado em materiais do cotidiano.

2.5 VISCOSÍMETRO DE BROOKFIELD

Viscosímetros que seguem o modelo Brookfield, são os mais utilizados e encontrados em indústrias, principalmente pela sua exatidão e praticidade na obtenção dos dados.

O Viscosímetro de Brookfield mede a viscosidade de fluidos a taxas de cisalhamento conhecidas. Ele rotaciona um elemento de detecção no fluido e mede o torque necessário para superar a resistência viscosa ao movimento. A medição é feita por um elemento imerso no fluido, chamado de “spindle”, através de uma mola de cobre de berílio. O grau em que a mola é enrolada é proporcional à viscosidade do fluido.

A viscosidade é proporcional com a velocidade do spindle, sua forma e tamanho. O menor valor de viscosidade pode ser obtido usando um spindle mais largo numa velocidade alta. Já o maior valor de viscosidade pode ser obtido utilizando um spindle pequeno e com velocidade baixa.

De acordo com o manual do fabricante, ao se obter a viscosidade, duas considerações devem ser levadas em conta:

a) As medidas de viscosidade devem ser aceitas com porcentagem equivalente de torque de 10-100%, para qualquer combinação de spindle e frequência de rotação ‘rpm’. Pois, devido à precisão do equipamento, que é de $\pm 1\%$, é desencorajador fazer leituras abaixo de um torque de 10% porque nesse caso, o percentual de erro de 1% torna-se um valor relativamente alto se comparado com um percentual de 50%, por exemplo.

b) As medidas de viscosidade devem ser feitas num escoamento laminar, nunca em escoamento turbulento. Para equipamentos que utilizam sistemas rotatórios, um escoamento laminar significa que todo o fluido deve ser circunferencial. Por conseguinte, se o fluido atingir escoamento turbulento, onde o movimento das partículas do fluido se torna aleatório, o fluxo não pode ser analisado com modelos matemáticos padrão. Deve-se levar em conta esse parâmetro na hora de determinar a frequência de rotação do equipamento, uma vez que, esse comportamento turbulento pode gerar uma falsa medição de viscosidade geralmente mais alta. Portanto, existe para cada modelo do viscosímetro, uma razão Viscosidade/Frequência a qual os resultados não devem exceder, para confirmar que o fluido não está se comportando de forma turbulenta. Para o modelo utilizado nos experimentos, esse valor já é levado em conta no momento da escolha da frequência (rpm), não autorizando a medição dos experimentos neste caso. Ainda, o modelo Brookfield utilizado possuía uma rotação máxima de 200 rpm.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, será explicado como se procederam as análises laboratoriais, bem como os materiais e softwares utilizados para simplificar as operações.

3.1 AMOSTRAS

As amostras que foram utilizadas no presente trabalho são óleos lubrificantes característicos para automóvel, motocicleta e veículos pesados a motor diesel. Os óleos selecionados bem como as características principais necessárias para as análises estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características das amostras

Amostra