

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA CENTRO DE
TECNOLOGIA LABORATÓRIO DE
HIDRÁULICA EXPERIÊNCIA 02**

VISCOSIDADE DE ÓLEOS
LUBRIFICANTES

Prof. Luiz Simão de
Andrade Filho

1 - OBJETIVO

Determinação da viscosidade de um óleo lubrificante automotivo para várias temperaturas e sua classificação segundo a SAE .

2 - BASE TEÓRICA

A viscosidade de fluidos pode ser medida por vários métodos, por exemplo:

- (a) pelo torque necessário para girar um cilindro no líquido, tais como instrumentos de Michael e Storer, usados para óleos e líquidos viscosos;
- (b) pelo tempo necessário para que uma esfera caia através do líquido, como no instrumento de Gardner Holot usado para tintas e outros fluidos altamente viscosos;
- (c) pelo tempo necessário para que o líquido escoe através de um pequeno tubo capilar como nos viscosímetros Saybolt, Engler e Redwood.
- (d) Os viscosímetros do tipo capilar, possuem um reservatório, onde se coloca o líquido a ser ensaiado, ligado ao tubo capilar (Figura 1).

Figura 1- Viscosímetro Capilar Tipo Engler



A equação da energia aplicada entre a superfície líquida do fluido e a descarga do capilar nos dá:

$$h = \frac{v^2}{2g} + h_1 \quad (1)$$

o termo h_1 corresponde a perda por atrito e como o escoamento é laminaar, esta perda é dada pela equação de Hagen-Poiseulle:

$$h_1 = \frac{128\mu LQ}{\pi D^4 \rho g} \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1), e escrevendo a energia cinética de (1) em função da vazão volumétrica Q, temos:

$$h = \frac{8Q^2}{g\pi^2 D^4} + \frac{128LQ\nu}{\pi D^4 g}$$

Onde o quociente μ (viscosidade absoluta) sobre ρ (massa específica), foi substituído por ν (viscosidade cinemática).

Explicitando ν , e substituindo Q por ∇/t , sendo ∇ o volume recolhido no tempo, obtemos:

$$\nu = \left(\frac{\pi D^4 g h}{128 L \nabla} \right) t - \left(\frac{\nabla}{16 \pi L} \right) \frac{1}{t} \quad (3)$$

Observamos que os termos entre parênteses não variam para um dado viscosímetro.

A viscosidade cinemática será, portanto, dada por uma expressão do tipo:

$$\nu = At - \frac{B}{t} \quad (4)$$

Na prática, os valores de A e B se afastam um pouco daqueles nos parênteses de (3), uma vez que na sua dedução desprezamos as perdas na entrada e consideramos o escoamento no capilar como totalmente desenvolvido, o que não é verdade pois o tubo é muito curto. Além disso, o escoamento não pode ser considerado permanente, pois o nível do fluido diminui com o tempo.

A viscosidade da maior parte dos líquidos diminui com a temperatura, o efeito oposto é observado nos gases. A variação da viscosidade com a temperatura é de grande importância na engenharia, em todos os problemas de escoamento de fluidos, atrito hidráulico, bombas, ventiladores e principalmente em lubrificação.

A influência da pressão na viscosidade é pouco significativa, salvo em equipamentos de alta pressão. Por exemplo, a viscosidade de um óleo mineral a 250 atmosferas pode ser considerada mesma que à pressão atmosférica.

Para produtos de petróleo, verificou-se que a relação entre a viscosidade cinemática e a temperatura, segue a equação empírica:

$$\log \log(\nu + 0,7) = \alpha + \beta \log T \quad (5)$$

onde ν é a viscosidade em cSt (10^{-6} m²/s), T a temperatura absoluta em °K e α , β constantes específicas de cada óleo, determinadas experimentalmente.

Essa relação, conhecida como equação de Walther, posta num papel Log(Log) x Log, logaritmo do logaritmo versus logaritmo, figura 3, resulta em uma reta com coeficiente linear α e coeficiente angular β . Considerando:

$$\log\log(v + 0,7) = Y \text{ e } \log T = X$$

a relação de Walther pode ser escrita como:

$$Y = \alpha + \beta X \quad (6)$$

Para se determinar os valores de α e β a partir de uma série de pontos experimentais (X, Y), pode-se utilizar o método dos mínimos quadrados. Segundo este método de regressão linear, os coeficientes da reta que melhor se aproxima de um conjunto de pontos dados, são determinados pelas expressões:

$$\alpha = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (8)$$

onde n é o número de pontos.

Conhecendo-se os valores de α e β , a viscosidade a outras temperaturas pode ser determinada através da expressão (5).

Óleos lubrificantes automotivos são classificados segundo a SAE (Society Automotive Engineers) de acordo com o quadro 1

| Quadro 1. Gamas de viscosidades permissíveis para as classificações SAE de lubrificantes | | | | | |
|--|-------------------------|--|--------|----------|--------|
| TIPO DE LUBRIFICANTE | GRAU DE VISCOSIDADE SAE | GAMA DE VISCOSIDADE (Centistokes) ⁺ | | | |
| | | A 0° F | | A 210° F | |
| | | MÍNIMO | MÁXIMO | MÍNIMO | MÁXIMO |
| CÁRTER | 05 W | | 1200 | 3,9 | |
| | 10 W | 1200 | 2400 | 3,9 | |
| | 20 W | 2400 | 9600 | 3,9 | |
| | 20 | | | 5,7 | 9,6 |
| | 30 | | | 9,6 | 12,9 |
| | 40 | | | 12,9 | 16,8 |
| | 50 | | | 16,8 | 22,7 |
| TRANSMISSÃO E EIXO | 75 | | 15000 | | |
| | 80 | 15000 | 100000 | | |
| | 90 | | | 75 | 120 |
| | 140 | | | 120 | 200 |
| | 250 | | | 200 | |
| FLUIDO PARA TRANSMISSÃO | TIPO A | 39'' | 43'' | 7 | 8,5 |

OBS: (+) 1 CENTISTOKE=1cSt=10⁻⁶m²/s (=1,08 x 10⁻⁵ pé²/s) (**) a 100° F

Para classificar o óleo, determina-se as viscosidades a 0°F ($\cong -18^{\circ}\text{C}$) e 210°F ($\cong 99^{\circ}\text{C}$) e verifica-se em qual ou quais faixas a viscosidade se enquadra. O índice W indica classificação a 0°F .

Óleos cuja viscosidade se enquadram simultaneamente nas faixas a 0°F e a 210°F são óleos multiviscosos, isto é, óleos cuja viscosidade varia pouco com a temperatura. Tais óleos são recomendados na lubrificação de motores de automóveis, por proporcionarem lubrificação eficiente, tanto em baixas temperaturas (manhã fria), como em altas temperaturas (meio dia nos dias de verão).

3 - EQUIPAMENTO

O viscosímetro utilizado nesta experiência é de tubo capilar tipo Engler com aquecimento elétrico, Figura 1.

Para este viscosímetro, a relação entre o tempo de escoamento de 200ml do fluido cuja viscosidade se deseja determinar, e o tempo de escoamento de igual volume de água destilada a 20°C , é uma medida da viscosidade cinemática na unidade chamada grau Engler. Ou seja:

$$v(^{\circ}E) = \frac{t_{(FLUIDO)}}{t_{(H_2O\ 20^{\circ}C)}}$$

O tempo para água a 20°C , obtido neste laboratório foi de 52,0 segundos.

As constantes A e B de (4) foram igualmente determinadas, sendo obtidos $A=0,147$ e $B=374$, para v em Centistokes ($10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$), t é o tempo necessário para recolher 200ml de fluido.

4 - PROCEDIMENTO

- (a) Encher a cuba externa do viscosímetro com água potável para banho térmico.
- (b) Tampar o orifício capilar com o pino de madeira e encher a cuba central com o fluido que se deseja determinar a viscosidade, de maneira que sua superfície livre coincida com os pinos existentes na parede da cuba. Nivelar o instrumento fazendo com que os três pinos toquem simultaneamente a superfície do fluido.
- (c) Recolher 50ml do fluido através do reservatório adequado, marcando o tempo de escoamento através do cronômetro, anotando o tempo e a temperatura do fluido. O tempo para 200ml pode ser obtido multiplicando o tempo de 50ml por 4.
- (d) Repetir os itens (b) e (c) para no mínimo cinco temperaturas, variando de ambiente até um máximo de 70°C . O aquecimento se faz ligando o interruptor do transformador, desligando-se quando atingida uma temperatura ligeiramente superior à desejada, e esperando-se que as temperaturas das cubas interna e externa, se igualem. Enquanto o aquecimento estiver ligado, a lâmpada vermelha do transformador permanecerá acesa.

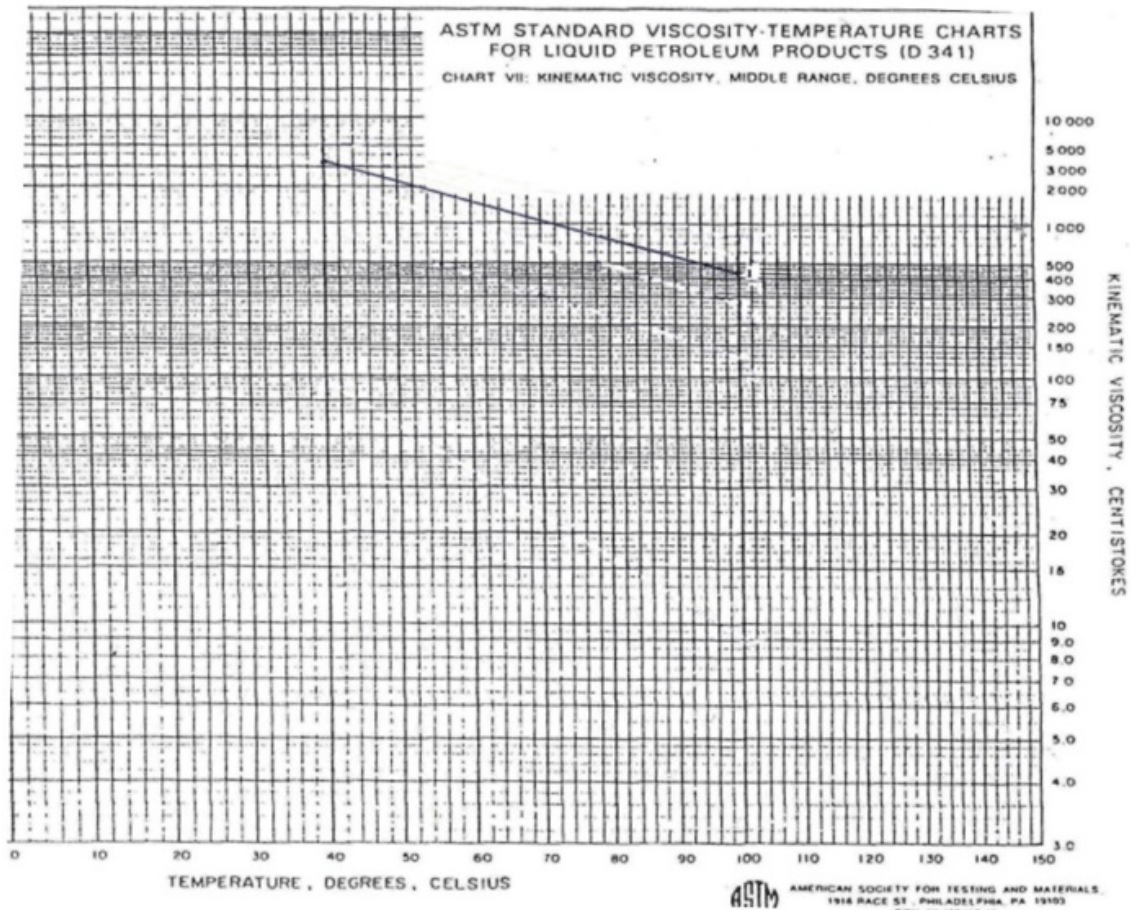


Fig. 2 - Gráfico Viscosidade -
Temperatura
ASTM D 341, Gráfico VII, referente a um óleo SAE 10W-40, típico do
motor.

5 - RESULTADOS

- (a) Traçar em planilhas eletrônicas o gráfico da Viscosidade (cSt) versus Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), para a substância ensaiada.
- (b) Lançar os pontos (v,T) em gráfico loglog x log e ajustar os pontos obtidos a uma reta.
- (c) interpolar a reta obtida no item (b) determinar as viscosidades a $-17,78^{\circ}\text{C}$ e a $98,89^{\circ}\text{C}$, e classificar o óleo segundo o Quadro 1 da SAE .
- (d) Ainda através do gráfico do item (b) determinar os coeficientes α e β da relação de Walther.

6 - CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Discutir a conveniência em se expressar os resultados do item (a) através da equação (5) obtida em (b). Comentar quaisquer observações efetuadas durante a experiência.

7 MATERIAL NECESSÁRIO

01 Viscosímetro Engler
01 Helemeyer de 50 ml
01 Cronômetro
02 Termômetros de mercúrio

8 MATERIAL DE RELATÓRIO

01 Litro de óleo;
Capa (ABNT);
Contra capa(ABNT).
Acesso a editores de planilha (Ex: Excel);
Acesso a aplicativo de texto (Ex:Word);

9 REFERÊNCIAS

Tuve, G.L. & Domholdt L.C. “Engineering Experimentation” Nova York. Mc. Graw Hill Company - 1966.

Ismail, K.A.R. “fenômenos de Transferência - Experiências de Laboratório”
Rio de Janeiro - Editora Campus - 1982

Fox, R.W. & Mc. Donald A.T. “Introdução à Mecânica dos Fluidos”.
Rio de janeiro - Editora GuanabaraDois - 1981.