

ESTIMATIVA DA ENERGIA DE ATIVAÇÃO DE FLUXO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES SAE 20W30, SAE 20W40 E SAE 20W50

ESTIMATE OF THE ACTIVATION ENERGY OF FLOW OF LUBRICATING OILS SAE 20W30, SAE 20W40 AND SAE 20W50

César Augusto Canciam

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa, Avenida Monteiro Lobato, km 04, Ponta Grossa, Paraná, CEP: 84016-210. E-mail: canciam@utfpr.edu.br

RESUMO

Mudanças na viscosidade dos óleos lubrificantes afetam diretamente a capacidade de lubrificação e proteção das partes móveis de um motor de combustão interna. A energia de ativação de fluxo indica a sensibilidade da viscosidade devido à mudança de temperatura, de maneira que, quanto maior for a energia de ativação de fluxo, maior será a influência da temperatura. O objetivo deste trabalho foi estimar a energia de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes SAE 20W30, SAE 20W40 e SAE 20W50 entre 10 e 150°C. Para tanto, foram empregadas as equações de Vogel e de Arrhenius. Os valores da energia de ativação de fluxo foram determinados a partir da análise de regressão linear de dados da viscosidade em função da temperatura. Os valores da energia de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes estudados encontram-se entre 31,1385 kJ.mol⁻¹ (SAE 20W30) e 35,8579 kJ.mol⁻¹ (SAE 20W50). Em todos os casos estudados, os coeficientes de correlação foram próximos da unidade, classificando a correlação linear como muito forte.

Palavras-chave: Viscosidade; Temperatura; Energia de ativação de fluxo; Estimativa; Lubrificantes.

ABSTRACT

Changes in the lubricating oils viscosities directly affect the ability of lubrication and protection for the moving parts of an internal combustion engine. The activation energy of flow indicates the sensitivity of the viscosity to changes in the temperature, so that the greater the activation energy of flow, the greater the influence of temperature. The objective of this study was to estimate the activation energy of flow of lubricating oils SAE 20W30, SAE 20W40 and SAE 20W50 between 10 and 150°C. For that, the Arrhenius and Vogel equations were employed. The values for the activation energy of flow were determined from applying linear regression analysis to the viscosity data as a function of temperature. The found values for the activation energy of flow of lubricating oils are between 31.1385 kJ.mol⁻¹ (SAE 20W30) and 35.8579 kJ.mol⁻¹ (SAE 20W50). In all cases studied, the correlation coefficients were close to unity, indicating a very strong linear correlation.

Key-words: Viscosity; Lubricants; Activation energy of flow; Linear Regression.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de classificação SAE (realizado pela *Society of Automotive Engineers*) é o mais antigo sistema adotado nos óleos lubrificantes automotivos para motor e transmissão. Esta classificação define faixas de viscosidade, não levando em conta os requisitos de desempenho (Kimura, 2010).

Para óleos de motores, esse sistema estabeleceu 11 tipos de classificação ou graus de viscosidade: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, 30, 40, 50 e 60. O “W” que se segue à classificação corresponde à inicial de *winter* (inverno) para viscosidades determinadas a 0°F e indica que o óleo é adequado para uso em temperaturas mais frias. A classificação SAE que não incluem o “W” definem graduações de óleos lubrificantes para uso em temperaturas mais altas (Kimura, 2010; Silva, 2011).

O desenvolvimento de aditivos melhoradores de índice de viscosidade possibilitou a fabricação de óleos múltipla graduação, ou também chamados de multiviscosos ou multigrados, como por exemplo SAE 5W30, SAE 15W40, SAE 20W50, entre outros. Estes óleos lubrificantes são amplamente usados porque são fluidos o bastante em baixas temperaturas (permitindo uma partida mais fácil do motor) e suficientemente espessos a altas temperaturas (possibilitando um desempenho satisfatório) (Texaco, 2005; Kimura, 2010).

Viscosidades em baixas temperaturas (por exemplo, 5W, 10W, 20W) indicam a rapidez com que um motor fará a partida no inverno e a facilidade de escoamento para a lubrificação. Quanto mais baixo for o número precedido ao “W”, mais facilmente o motor fará a partida no tempo frio. Viscosidades em altas temperaturas (por exemplo, 30, 40 e 50) proporcionam a formação de uma película adequada para lubrificação em temperaturas operacionais (motor quente) (Texaco, 2005).

Do ponto de vista da lubrificação, o conhecimento do comportamento da viscosidade com a temperatura é importante, pois esta propriedade influencia consideravelmente as dimensões da espessura mínima de filme lubrificante que promove a separação das superfícies em contato (Profito, 2010).

A viscosidade é a propriedade que determina o grau da resistência do fluido a uma força cisalhante (Brasil, 2004).

Existem diversas equações que correlacionam a viscosidade com a temperatura. Para aplicações em engenharia, a equação de Vogel, indicada na equação (1), apresenta resultados bastante precisos (Profito, 2010).

$$\mu = a \cdot \exp\left(\frac{b}{T + c}\right) \quad (1)$$

Em que a , b e c correspondem aos coeficientes empíricos da equação de Vogel e T e μ , à temperatura e à viscosidade absoluta, respectivamente.

A determinação da viscosidade nos líquidos tem como base na Teoria do Estado Ativado de Eyring (1941). Essa teoria considera que um líquido é constituído por moléculas intercaladas por posições desocupadas (vacâncias), e essas moléculas, mesmo com o líquido em repouso, movem-se com o propósito de ocuparem as vacâncias adjacentes a elas. A viscosidade está relacionada com a força que tende a se opor a esse movimento, sendo uma medida de fricção interna do fluido. Dessa maneira, quanto maior a barreira potencial que uma molécula terá que vencer a fim de “saltar” para a vacância adjacente, maior é a viscosidade. Essa barreira potencial é conhecida como energia de ativação viscosa ou energia de ativação de fluxo (Ribeiro *et al*, 2005; Silva *et al*, 2007).

Assim, o escoamento de um líquido pode ser considerado um processo térmico em que as moléculas devem exceder a energia de ativação de fluxo. Quando se aumenta a temperatura, a energia térmica das moléculas também aumenta, do mesmo modo como as vacâncias existentes no líquido. Dessa forma, quando um líquido escoar, são as camadas das moléculas que deslizam umas sobre as outras, para sobrepor-se às forças intermoleculares, que causam a resistência ao escoamento (Bringel *et al.*, 2009).

A temperatura é um parâmetro relacionado com a energia interna de uma substância. Vários estudos têm demonstrado que a viscosidade de um líquido é altamente influenciada por mudanças na temperatura (Oliveira *et al*, 2009).

Shames (1999) comenta que a viscosidade é diretamente proporcional à força de atração entre as moléculas. Com o aumento da temperatura, essa força de atração diminui, diminuindo também a viscosidade. Dessa maneira, observa-se nos líquidos que a viscosidade diminui com o aumento da temperatura.

A redução da viscosidade dos líquidos com o aumento da temperatura é atribuída ao aumento das distâncias intermoleculares provocadas durante o aquecimento. O aumento das distâncias intermoleculares reduz as forças de atração entre as moléculas, diminuindo a viscosidade (Granjeiro *et al.*, 2007).

Giap (2010) comenta que o efeito da temperatura sobre a viscosidade é modelado pela equação de Arrhenius, conforme a equação (2).

$$\mu = \mu_{\infty} \cdot \exp\left(\frac{E_a}{R \cdot T}\right) \quad (2)$$

Em que E_a corresponde à energia de ativação de fluxo; R , à constante universal dos gases ideais; T , à temperatura absoluta; μ , à viscosidade absoluta e μ_{∞} , à viscosidade absoluta quando a temperatura tende ao infinito.

Gratão e colaboradores (2004) comentam que a equação (2) pode ser reescrita na forma de:

$$\ln \mu = \ln \mu_{\infty} + \left(\frac{E_a}{R}\right) \cdot \frac{1}{T} \quad (3)$$

Um gráfico de $\ln \mu$ versus $\frac{1}{T}$, segundo Cancian (2008), fornece uma reta, em que o coeficiente angular é numericamente igual à razão $\left(\frac{E_a}{R}\right)$ e o coeficiente linear, à $\ln \mu_{\infty}$.

A equação (3) indica a dependência da viscosidade de um líquido com a temperatura e a mesma pode ser utilizada com dados experimentais da viscosidade absoluta, na determinação da energia de ativação de fluxo e do parâmetro μ_{∞} . O conhecimento destes parâmetros permite verificar os efeitos da temperatura sobre a viscosidade, além de modelar matematicamente o comportamento reológico desse líquido (Gratão *et al.*, 2004).

Com relação à energia de ativação de fluxo (E_a), esta grandeza indica a sensibilidade da viscosidade devido à mudança de temperatura, de maneira que, quanto maior for a energia de ativação de fluxo, maior será a influência da temperatura, ou seja, alta energia de ativação de fluxo indica uma mudança mais rápida na viscosidade com a temperatura (Pereira *et al.*, 2003; Silva, 2008).

Flauzino (2007) comenta, considerando a equação (2), que o aumento da temperatura tem efeito de diminuir a viscosidade do líquido. Já a ordem de grandeza da energia de ativação de fluxo indica a dependência da viscosidade com a temperatura. Assim, nos líquidos com alta energia de ativação de fluxo apresentam grande variação na viscosidade em função da temperatura e vice-versa.

O objetivo deste trabalho foi estimar a energia de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes SAE 20W30, SAE 20W40 e SAE 20W50, a partir das equações de Vogel e Arrhenius.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A Tabela 1 relaciona os valores dos coeficientes empíricos da equação de Vogel para os óleos lubrificantes estudados. Estes dados foram obtidos de Profito (2010).

Tabela 1 – Coeficientes empíricos na equação de Vogel dos óleos lubrificantes estudados

Coeficientes	SAE 20W30	SAE 20W40	SAE 20w50
a (Pa.s) ($\times 10^{-4}$)	1,41328	1,63902	0,54315
b (°C)	811,962	793,329	1255,460
c (°C)	93,458	83,931	117,700

Fonte: Profito (2010).

A partir da equação (1), com base nos dados disponíveis da Tabela 1, foi calculada a viscosidade absoluta de cada um dos óleos lubrificantes. Para tanto, foram consideradas as temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 e 150°C. Os valores encontrados para a viscosidade absoluta dos óleos lubrificantes SAE 20W30, SAE 20W40 e SAE 20W50 estão indicados na Tabela 2.

Para a obtenção da razão $\frac{E_a}{R}$ e do parâmetro $\ln \mu_\infty$ foi realizada a análise de regressão linear dos dados de $\ln \mu$ versus $\frac{1}{T}$.

Tabela 2 – Valores encontrados para a viscosidade absoluta dos óleos lubrificantes estudados

Temperatura (°C)	SAE 20W30 ($\times 10^{-2}$)	SAE 20W40 ($\times 10^{-2}$)	SAE 20W50 ($\times 10^{-2}$)
10	36,1968	76,3096	101,0670
20	18,1241	33,8574	49,4923
30	10,1510	17,3253	26,6964
40	6,2014	9,8780	15,5728
50	4,0579	6,1248	9,6872
60	2,8062	4,0584	6,3567
70	2,0302	2,8369	4,3628
80	1,5247	2,0716	3,1105
90	1,1813	1,5685	2,2911
100	0,9397	1,2240	1,7357
110	0,7646	0,9799	1,3473
120	0,6342	0,8018	1,0684
130	0,5349	0,6685	0,8632
140	0,4578	0,5665	0,7091
150	0,3969	0,4869	0,5911

A análise de regressão linear de cada um dos óleos lubrificantes considerou os valores da viscosidade absoluta (μ) indicados na Tabela 2. Com relação à temperatura, para o cálculo de $\frac{1}{T}$, as temperaturas de 10 a 150°C foram convertidas para a escala de temperatura Kelvin. A relação entre as escalas de temperatura encontra-se indicada pela equação (4).

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15 \quad (4)$$

As equações (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13) e (14) fazem parte da análise de regressão linear e são adaptações do trabalho de Triola (2008).

$$\frac{E_a}{R} = \frac{(n \cdot c) - d}{(n \cdot f) - g} \quad (5)$$

Em que:

$$c = \sum \left(\frac{1}{T} \cdot \ln \mu \right) \quad (6)$$

$$d = \left(\sum \frac{1}{T} \right) \cdot \sum \ln \mu \quad (7)$$

$$f = \sum \left(\frac{1}{T} \right)^2 \quad (8)$$

$$g = \left(\sum \frac{1}{T} \right)^2 \quad (9)$$

$$\ln \mu_\infty = \frac{(n \cdot f \cdot h) - (d \cdot i)}{(n \cdot f) - g} \quad (10)$$

Em que:

$$h = \sum \ln \mu \quad (11)$$

$$i = \sum \frac{1}{T} \quad (12)$$

A equação (5) e a equação (10) determinam, respectivamente, a razão $\frac{E_a}{R}$ e o parâmetro $\ln \mu_\infty$.

O coeficiente de correlação (r^2) para a análise de regressão linear dos dados de $\ln \mu$ versus $\frac{1}{T}$ foi obtido através da Equação 13, que também é uma adaptação do trabalho de Triola (2008).

$$r^2 = \frac{(n \cdot c) - d}{\sqrt{[(n \cdot f) - g] \cdot [(n \cdot j) - h^2]}} \quad (13)$$

Em que:

$$j = \sum (\ln \mu)^2 \quad (14)$$

Sendo n correspondente ao número de dados amostrais emparelhados.

De acordo com a Tabela 2, o valor para n correspondeu a 15.

A energia de ativação de fluxo (E_a) foi determinada pela multiplicação da razão $\frac{E_a}{R}$ por R . Neste cálculo, foi considerado que a constante dos gases ideais (R) é igual a $8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra o gráfico de $\ln \mu$ versus $\frac{1}{T}$ para os óleos lubrificantes estudados neste trabalho.

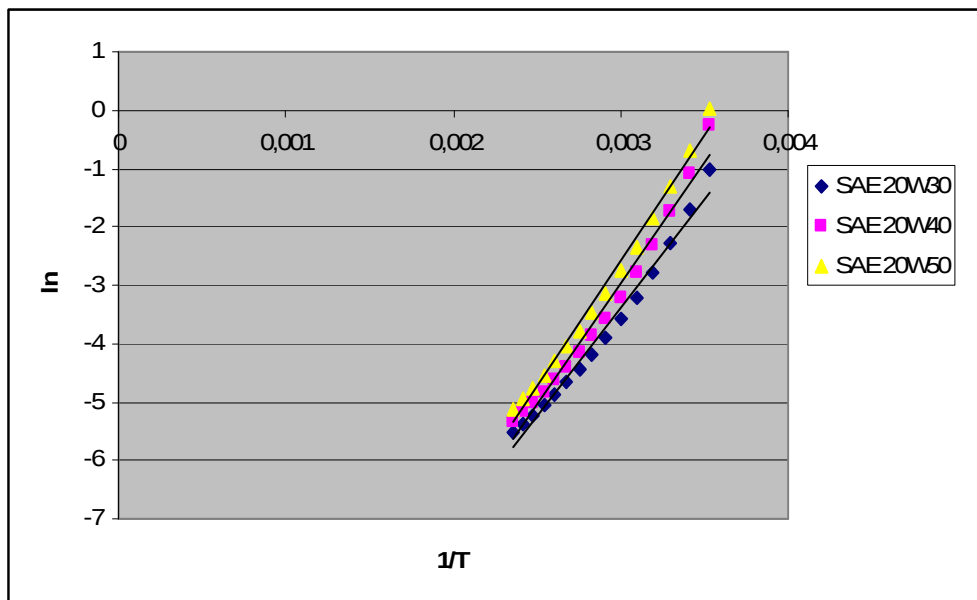


Figura 2 - Gráfico de $\ln \mu$ versus $\frac{1}{T}$ para os lubrificantes estudados

A Tabela 3 relaciona os resultados obtidos através da análise de regressão linear. Enquanto que a Tabela 4 indica os valores da energia de ativação de fluxo (E_a) e do parâmetro μ_∞ para os óleos lubrificantes.

Pode-se observar na Tabela 4, que o óleo lubrificante SAE 20W50 apresenta a maior energia de ativação de fluxo em relação aos demais. Dessa forma, os resultados sugerem que a viscosidade do

óleo lubrificante SAE 20W50 é relativamente mais sensível à mudança de temperatura, quando comparado aos demais óleos lubrificantes estudados.

Tabela 3 – Valores de $\frac{E_a}{R}$, $\ln \mu_\infty$ e r^2 para os óleos lubrificantes estudados.

Lubrificante	$\frac{E_a}{R}$ (K)	$\ln \mu_\infty$ (Pa.s)	r^2
SAE 20W30	3745,3106	-14,6244	0,9921
SAE 20W40	4169,6025	-15,4801	0,9900
SAE 20W50	4312,9530	-15,5389	0,9959

Tabela 4 – Valores da energia de ativação de fluxo e do parâmetro μ_∞ .

Lubrificante	E_a (kJ.mol ⁻¹)	μ_∞ (Pa.s)
SAE 20W30	31,1385	4,4535 x 10 ⁻⁷
SAE 20W40	34,6661	1,8927 x 10 ⁻⁷
SAE 20W50	35,8579	1,7846 x 10 ⁻⁷

De acordo com Ribeiro e colaboradores (2005), pela Teoria do Estado Ativado de Eyring, quanto maior for a viscosidade, maior será a barreira potencial (energia de ativação de fluxo) que uma molécula terá que vencer a fim de “saltar” para uma vacância adjacente.

Neste sentido, comparando os valores da viscosidade entre os óleos lubrificantes, pode-se observar que em todas as temperaturas, o valor da viscosidade do óleo lubrificante SAE 20W50 é maior em relação aos demais óleos lubrificantes; confirmando o comentário realizado por Ribeiro e colaboradores (2005).

O coeficiente de correlação (r^2) mede o grau de relacionamento linear entre os valores emparelhados das variáveis dependente e independente em uma amostra, avaliando assim, a “qualidade” do ajuste (Triola, 2008). O mesmo autor afirma que o coeficiente de correlação quanto mais próximo for da unidade, melhor é a “qualidade” do ajuste da função aos pontos do diagrama de dispersão.

Lira (2004) comenta que para valores do coeficiente de correlação maiores ou iguais a 0,90 e menores que 1,0, a correlação linear é classificada como muito forte. Dessa maneira, para os óleos lubrificantes estudados neste trabalho, a correlação linear é classificada como muito forte.

Foi realizada uma pesquisa na literatura e constatou-se a ausência de valores experimentais para a energia de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes SAE 20W30, SAE 20W40 e SAE 20W50; o que dificulta a comparação dos resultados obtidos.

Canciam (2010) encontrou valores da energia de ativação de fluxo para os óleos refinados de algodão, arroz, canola, girassol, milho e soja, além do azeite de oliva, em uma faixa de temperatura de 20 a 70°C.

Canciam (2011), estudando o óleo bruto de mamona das cultivares BRS-149 Nordestina e BRS-180 Paraguaçu, encontrou valores da energia de ativação de fluxo em uma faixa de temperatura de -15 a 80°C.

Os valores encontrados para estes óleos refinados e brutos encontram-se relacionados na Tabela 5.

Comparando as Tabelas 4 e 5, pode-se observar que os valores da energia de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes SAE 20W30, SAE 20W40 e SAE 20W50 encontram-se situados entre os valores desta grandeza para os óleos refinados e os óleos brutos.

Nos trabalhos de Canciam (2010) e Canciam (2011), ambos sugerem que a energia de ativação de fluxo está associada com a composição dos óleos estudados.

Tabela 7 – Valores da energia de ativação de fluxo de alguns óleos vegetais

Óleos vegetais	E_a (kJ.mol ⁻¹)
Refinado de soja	25,6213
Refinado de girassol	25,7215
Refinado de algodão	26,5298
Refinado de canola	27,1741
Refinado de arroz	27,4990
Azeite de oliva	27,7778
Bruto de mamona (cultivar BRS-149 Nordestina)	51,1468
Bruto de mamona (cultivar BRS-188 Paraguaçu)	52,1686

De acordo com Granjeiro e colaboradores (2007), a viscosidade está relacionada com a distância entre as moléculas e esta, por sua vez, relacionada com as forças intermoleculares.

Segundo Brown e Holme (2009), as forças intermoleculares estão associadas com a polaridade e o tamanho das moléculas.

4. CONCLUSÃO

A utilização das equações de Vogel e de Arrhenius permitiu estimar os valores para a energia de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes SAE 20W30, SAE 20W40 e SAE 20W50.

Os valores encontrados variam de 31,1385 (óleo lubrificante SAE 20W30) a 35,8579 kJ.mol⁻¹ (óleo lubrificante SAE 20W50).

A ausência na literatura de valores experimentais para a energia de ativação de fluxo dos lubrificantes estudados dificultou a comparação com os valores estimados.

Foi observado que as energias de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes estudados encontram-se localizadas entre as energias de ativação de fluxo de óleos vegetais refinados e óleos vegetais brutos.

Em todas as análises de regressão linear, o coeficiente de correlação encontrou-se próximo da unidade, caracterizando como uma correlação muito forte.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL, N. I. Introdução à Engenharia Química. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 369p.

BRIGEL, R. M.; SOARES, S. A.; SOARES, J. B. Análise de susceptibilidade térmica de ligantes asfálticos através da energia de ativação de fluxo. Transportes, v.17, n. 1, p. 46-52, 2009.

BROWN, L. S.; HOLME, T. A. Química Geral Aplicada à Engenharia. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 653 p.

CANCIAM, C. A. Efeito da temperatura na viscosidade de soluções de sacarose. In: SANTOS JÚNIOR, G.; ALMEIDA, D. M.; MICHALOSKI, A. O. (Eds). Série em Ciência e Tecnologia de Alimentos: agroindústria, energia e meio ambiente. Ponta Grossa: UTFPR, 2008.

CANCIAM, C. A. Efeito da temperatura na viscosidade de óleos vegetais refinados. Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia, v. 16, n. 1, p. 7-12, 2010.

CANCIAM, C. A. Predição do coeficiente de expansão térmica e da energia de ativação do óleo bruto de mamona através da aplicação da análise de regressão linear. E-xacta, v. 4, n. 3, p. 7-18, 2011.

FLAUZINO, R. D. Influência da temperatura e do teor de gordura nos parâmetros reológicos do leite condensado e creme de leite. 2007. 100f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto.

GIAP, S. G. E. The hidden property of Arrhenius-type relationship: viscosity as a function of temperature. Journal of Physical Science, v. 2, n. 1, p. 29-39, 2010.

GRANJEIRO, A. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MATA, M. E. R. M. C. Viscosidades de polpas concentradas de figo-da-Índia. Revista Brasileira de Agrociência, v. 13, n. 2, p. 219-224, 2007.

GRATÃO, A. C. A.; BERTO, M. I.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 24, n. 4, p. 652-656, 2004.

KIMURA, R. K. Uso da técnica de análise de óleo lubrificante em motores diesel estacionários, utilizando-se misturas de biodiesel e diferentes níveis de contaminação do lubrificante. 2010. 129f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

LIRA, S.A. Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicação. 2004. 196f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIVEIRA, R. C.; BARROS, S. T. D.; ROSSI, R. M. Aplicação da metodologia Bayesiana para o estudo reológico da polpa de uva. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2009.

PEREIRA, E. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Comportamento reológico de mel da abelha urucu (*Melipona scutellaris*, L.). Ciências Exatas e Naturais, v. 5, n. 2, p. 179-186, 2003.

PROFITO, F. J. Modelagem unidimensional do regime misto de lubrificação aplicado a superfícies texturizadas. 2010. 193f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RIBEIRO, L. D.; CRUZ, S. R. A.; REIS, R. A. Cálculo de viscosidade de misturas não eletrolíticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6. Campinas: Unicamp, 2005. Anais...

SHAMES, I. H. Mecânica dos Fluidos – volume 1. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 192p.

SILVA, A. A.; PAREDES, M. L. L.; REIS, R. A. Modelagem de viscosidade de misturas não eletrolíticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7. São Carlos: UFSCAR, 2007. Anais...

SILVA, S. A. Estudo do comportamento reológico dos adesivos *hot melt* PSA e a sua relação com a composição e as propriedades adesivas. 2008. 123f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, A. E. O. Transposição didática: a química dos óleos lubrificantes. 2011. 59f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Licenciatura em Química, Universidade de Brasília, Brasília.

TEXACO. Fundamentos de lubrificação, p. 17-18, 2005. Disponível em: <http://www.joinville.ifsc.edu.br/~antoniobrito/Manutencao%20Mecanica/Fundamentos%20de%20Lubrifica%C3%A7%C3%A3o%20-%20Texaco.pdf> Acesso em 20 jun. 2012

TRIOLA, M.F. Introdução à Estatística. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 720p.