

DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE DINÂMICA DE ÓLEOS MINERAIS UTILIZANDO-SE DOIS MÉTODOS DIFERENTES

Fernando Luiz Barbuda de Abreu^{1,2}, Dalni Malta do Espírito Santo Filho; Claudio Roberto da Costa Rodrigues¹, Alex Pablo Ferreira Barbosa¹, José Júlio Pinheiro dos Santos Júnior¹; José Renato Real Siqueira¹, Thales de Paula Barbosa¹

¹ Inmetro, Duque de Caxias, RJ, Brasil, dsfilho@inmetro.gov.br

² IFRJ, Paracambi, Brasil, fernando.abreu@ifrj.edu.br

Sumário: Neste artigo serão mostrados os ensaios de dois materiais de referência certificados (MRCs) do Laboratório de Fluidos (Laflu) da Divisão de Metrologia Mecânica (Dimec) da Diretoria de Metrologia Científica (Dimci) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), para se medir a viscosidade dinâmica nas temperaturas 20 °C, 25 °C, 40 °C e 100 °C. Duas abordagens foram feitas objetivando se encontrar a viscosidade dinâmica destes fluidos. Na primeira, ela foi encontrada fazendo-se a relação entre os resultados obtidos por um viscosímetro capilar (que mede viscosidade cinemática) e um densímetro digital; na segunda, a viscosidade dinâmica foi obtida diretamente por um reômetro, sendo então comparados os dois resultados. Será calculado o erro percentual relativo das viscosidades cinemática e dinâmica dos dois métodos apresentados. O monitoramento dos testes do reômetro será apresentado por parâmetros que definem a viscosidade dinâmica e especificam o instrumento. Para os fluidos newtonianos utilizados, os testes serão determinados por experimentos de fluxo, ou seja, aqueles que observam a tensão de cisalhamento, a taxa de cisalhamento e a velocidade angular.

Palavras-chave: viscosidade dinâmica, viscosidade cinemática, massa específica, reômetro, viscosímetro capilar, densímetro digital.

1. INTRODUÇÃO

O Laflu é responsável no Brasil por prover rastreabilidade em massa específica e viscosidade.

Um dos padrões de trabalho de massa específica é o densímetro digital, que é rastreado pelo sistema de pesagem hidrostática (método primário do país). Os padrões nacionais de viscosidade são os viscosímetros capilares.

O Inmetro está fazendo estudos preliminares com um reômetro para estudar a possibilidade de qualificá-lo como padrão de trabalho do Laflu.

Para isso, estão sendo ensaiados nos reômetros dois MRCs.

Os fluidos newtonianos têm como definição a taxa de deformação proporcional à tensão de cisalhamento.

A viscosidade dinâmica é medida em temperatura constante, através da razão entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação.

Os viscosímetros rotacionais geralmente medem “torque” relacionado à tensão de cisalhamento. No entanto, torques muito pequenos não podem assegurar a rastreabilidade aos padrões de torque [1].

A massa específica [2] do MRC é um parâmetro necessário para converter a viscosidade dinâmica [3] em viscosidade cinemática [4], por definição.

Estão sendo utilizados neste estudo MRCs de viscosidade [5-6], produzidos pelo Laflu/Dimec/Dimci/Inmetro - laboratório primário de viscosidade e massa específica.

2. OBJETIVO

Será feita uma comparação entre os resultados obtidos com as medições com viscosímetros capilares e com um densímetro digital e diretamente com um reômetro.

Serão mostrados para cada MRC resultados da viscosidade dinâmica, nas temperaturas de 20 °C, 25 °C, 40 °C, 100 °C, para efetuar a comparação com a viscosidade cinemática em função da massa específica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os resultados das medições serão obtidos utilizando-se as equações do densímetro digital [7-8], do viscosímetro capilar [9-10-11] e do reômetro [12].

3.1 Equação para a determinação de massa específica.

$$\rho_{Li} = \rho_a - F_v \cdot (t_{va}^2 - t_{vl}^2) + \delta\rho_a + \delta\rho_L(T) + \delta R(\rho_L) + \delta D \quad (1)$$

Em que:

ρ_{Li} = Massa específica do líquido indicado no densímetro digital, em g / cm³

ρ_a = Massa específica do ar indicada no densímetro digital, em g / cm³

F_v = valor indicado para determinação do Fator interno de calibração g/cm³

t_{va} = valor indicado diretamente proporcional ao período de oscilação do ar

t_vL = valor indicado diretamente proporcional ao período de oscilação do líquido

$\delta\rho_a$ = Variação da massa específica do ar durante a medição da solução, em g/cm³

$\delta\rho_L(T)$ = Variação da massa específica do líquido

$\delta R(\rho_L)$ = Repetitividade das medições (aleatório)

δD = Correção devido ao amortecimento (oscilação) do fluido

3.2 Equação para a determinação da viscosidade cinemática.

A viscosidade é função da constante do viscosímetro e do tempo medido, em segundos.

$$\nu = K_1 \cdot t \quad (2)$$

sendo que:

ν é a viscosidade cinemática (mm²/s);

t é o tempo médio de escoamento (s);

K_1 é a constante corrigida do viscosímetro calibrado (mm²/s²).

Os óleos foram analisados primeiramente por viscosímetros capilares do tipo Ubbelohde, onde a força da gravidade age como força motriz.

3.3 Equação para a determinação da viscosidade dinâmica

$$\eta = \nu \cdot \rho \quad (3)$$

η é a viscosidade dinâmica (Pa.s);

ν é a viscosidade cinemática (mm²/s²);

ρ é a massa específica do óleo mineral (g/cm³).

4. RESULTADOS

Serão apresentados os resultados comparativos dos dois métodos, em função do cálculo do erro relativo e das curvas de modelos matemáticos.

5. CONCLUSÕES

Será mencionado o foco de trabalho dos equipamentos em função da qualidade de medição metrológica, da viscosidade dinâmica, medida pelo reômetro, a viscosidade cinemática medida pelo viscosímetro capilar e a massa específica pelo densímetro digital, rastreada aos resultados dos óleos dos materiais de referência do padrão nacional, Laflu/Dimec.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Faperj pelo auxílio na pesquisa.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Yamamoto, Yasuyuki; Fujii, Kenichi. Master viscometer for viscosity standard of non-newtonian fluid in Japan. AIST-NMIJ, 2008.
- [2] S V Gupta, Practical Density Measurement and Hydrometry, IOP Publishing Ltd 2002.
- [3] Mezger, Thomas G., The Rheology Handbook, 2nd revised edition, Vincentz Network, 2006.
- [4] Viswanath, Dabir S., et.Al., Viscosity of Liquids, theory Estimation, Experiment, and Data, Springer 2007.
- [5] Certificado de Material de Referência Dimci 2494/2010. Viscosidade 13 mm²/s. Inmetro, 2010.
- [6] Certificado de Material de Referência Dimci 2495/2010. Viscosidade 67 mm²/s. Inmetro, 2010.
- [7] ISO 15212-1 Oscillation-type density meters – Part 1: Laboratory Instruments, First Edition, 1998-10-01.
- [8] ISO 15212-1 Oscillation-type density meters – Part 2: Process instruments for homogeneous liquids, First Edition, 2002-03-01.
- [9] Abordagem Metrológica no Estudo da Variação da Viscosidade de Biodiesel de Soja com Relação à Temperatura, Utilizando-Se um Viscosímetro Capilar - Cláudio Roberto da Costa Rodrigues, Alex Pablo Ferreira Barbosa, Dalni Malta do Espírito Santo Filho,, Roberto Guimarães Pereira, Leandro Santos Lima – I Cimtec, 2008
- [10] ISO 3105:1994 - Glass Capillary Viscometers Specification and Operating Instructions.
- [11] ASTM Designation:D446-11. Standard Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic Viscometers.
- [12] Operator's Manual AR-G2 – Rheometers, TA Instrument, revision G, Issued September 2007.