

EXPERIMENTO 04 – VISCOSÍMETROS: STOKES E COPO FORD

1. OBJETIVO

Resolução de um problema relativo à determinação de viscosidades de fluidos a partir da utilização de viscosímetros disponíveis no laboratório.

2. VISCOSÍMETRO DE STOKES

Essencialmente, o viscosímetro de Stokes é um tubo vertical, com paredes transparentes, preenchido com fluido em repouso. No laboratório há dois viscosímetros de Stokes, conforme Figura 1. O diâmetro de cada tubo deve ser determinado com um paquímetro disponível no laboratório.



Figura 1. Viscosímetros de Stokes existentes no laboratório.

A medição da viscosidade é feita com o uso de uma esfera de aço com densidade $\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$. O diâmetro da esfera deve ser medido com um micrômetro disponível no laboratório. Os viscosímetros possuem pares de marcas espaçadas de 1 metro entre si para auxiliar na determinação do deslocamento vertical da esfera nos tubos. Um cronômetro pode ser usado para estimar o tempo da queda da esfera.

No laboratório existem várias esferas com diversos diâmetros para uso neste experimento e, portanto, o grupo é responsável por escolher a esfera mais indicada para cada um dos fluidos.

O laboratório possui densímetros para medir a densidade dos fluidos utilizados. Recomenda-se muita atenção com a escala do densímetro: é importante observar que o maior valor da densidade está na parte inferior da escala, e não na parte superior!

Sabe-se que a viscosidade varia muito com a temperatura, especialmente no caso da glicerina e dos óleos investigados neste experimento. Então, é muito importante lembrar de registrar a temperatura e de associá-la à viscosidade medida!

3. VISCOSÍMETRO COPO FORD

No copo Ford, mostrado na Figura 2, infere-se a viscosidade do fluido a partir da medida do tempo necessário para esvaziar o reservatório. É um método simples, rápido, muito vantajoso para aplicações industriais, pois funciona com pequenos volumes de fluido. Apesar de medir somente as viscosidades de fluidos na temperatura ambiente, o copo Ford é bastante adequado para os líquidos que “sujam” ou “aderem” em superfícies, como tintas e vernizes, dada a elevada facilidade de limpeza do reservatório, geralmente constituído de material metálico.

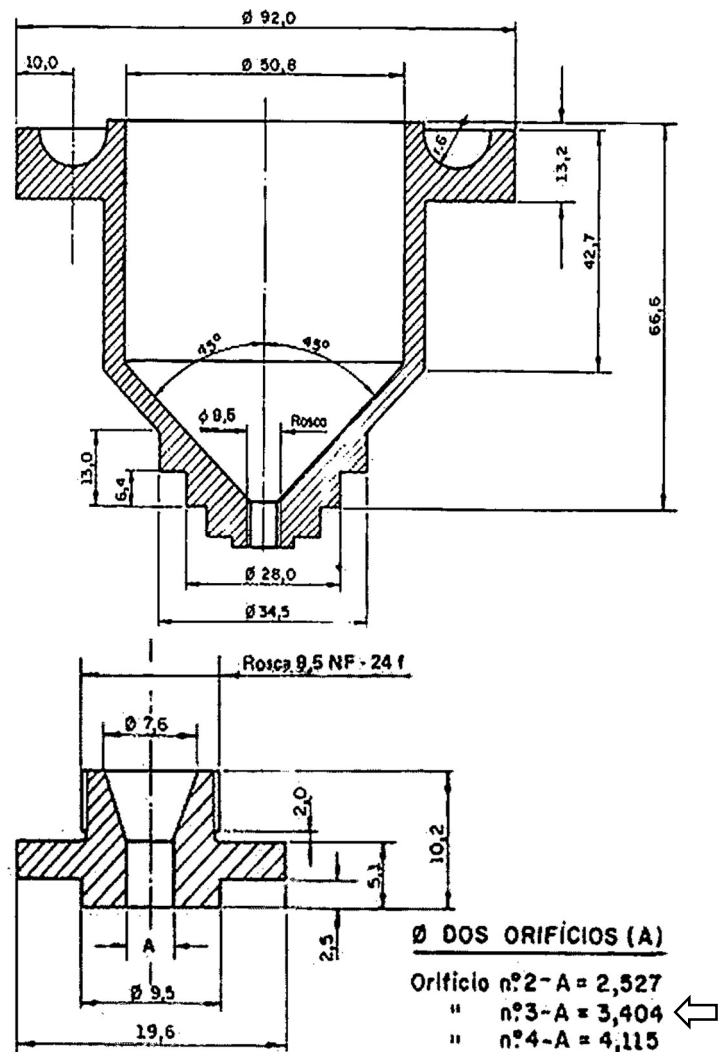


Figura 2. Fotografia e representação esquemática do Copo Ford e do seu orifício.

A Figura 2 também contém as dimensões do copo Ford utilizado no experimento (nº 3) e os principais detalhes do orifício do viscosímetro, chamado popularmente de “glicê”.

Similarmente ao caso do viscosímetro capilar, o princípio de funcionamento do copo Ford baseia-se na equação de Poiseuille. Como primeira aproximação, pode-se supor um regime de escoamento “quase-permanente” durante o esvaziamento do copo, desprezando quaisquer perdas. Desse modo, somente as perdas no escoamento através do orifício, onde a velocidade é maior, são consideradas no modelo.

Como resultado, a equação para obtenção da viscosidade cinemática pelo Copo Ford é dada por:

$$\nu \cong \frac{t \cdot \pi \cdot g \cdot D^4}{128 \cdot A_T \cdot L \cdot \ln(h_f/h_0)}$$

Onde t é o tempo de esvaziamento, g é a aceleração da gravidade, D é o diâmetro do orifício, A_T é a área transversal do copo, L é o comprimento do orifício, h_f é a altura final e h_0 é a altura inicial do fluido no interior do copo. Para medir h_f e h_0 , a saída do orifício deve ser tomada como referência.

Procedimento:

Primeiramente, fecha-se o orifício do copo Ford com o dedo e enche-se o reservatório com o fluido. Um bquer é posicionado embaixo do orifício. Então, o excesso de fluido é eliminado no topo do copo, onde uma tampa é colocada. Em seguida, prepara-se o cronômetro, que é ativado ao mesmo tempo em que a tampa é removida do topo e/ou o dedo é removido do orifício. Nesse momento, o fluido começa a escoar no bquer, formando um filme contínuo que passa através do orifício. A contagem do tempo é finalizada quando o filme de líquido sofre a primeira interrupção, ou seja, quando o escoamento muda de contínuo para intermitente. Nesse instante, deve-se fechar novamente o orifício do copo Ford com a tampa e/ou com o dedo. Tem-se, portanto, a altura final de líquido.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOX, R., PRITCHARD, P., MCDONALD, A., *Introdução à Mecânica dos Fluidos*, 7ª ed., LTC, 2010.
WHITE, F., *Viscous Fluid Flow*, 3ª ed., McGraw-Hill, 2006.
BRODKEY, R., *The Phenomena of Fluid Motions*, 2ª ed., Dover Publications, 1995.
FUNG, Y., *A First Course in Continuum Mechanics*, 3ª ed., Pearson, 1993.
TENNEKES, H., LUMLEY, J., *A First Course in Turbulence*, MIT Press, 1972.

Observação:

Este documento baseia-se no roteiro escrito em 2019 pelos PEDs Me. Leandro Alves Moya e Me. Natan Augusto Vieira Bulgarelli.