

Escoamento de líquidos

Introdução

O escoamento de um líquido incompressível sob a ação de um campo gravitacional constante, num regime de fluxo estacionário, pode ser descrito pela equação de Bernoulli, eq. (1), ao longo de uma linha de fluxo.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p + \rho gz = \text{constante} \quad (1)$$

onde ρ , v , p , g e z são, respectivamente: densidade, velocidade, pressão, aceleração da gravidade e "elevação" do fluido. Esta equação é uma consequência do princípio de conservação de energia. Se multiplicarmos a equação acima pelo volume V do fluido, cada um de seus três termos representará uma forma de energia. Pela ordem: energia cinética, trabalho associado à pressão e energia potencial gravitacional. Note que essa equação é válida para situações em que a temperatura e a pressão possuem variações desprezíveis e não há forças dissipativas. Aplicando esta equação ao caso apresentado na Figura 1, a secção transversal A_0 está aberta e, portanto, a pressão nesta área é a pressão atmosférica. A água escoar por uma saída com secção transversal A , posicionada a uma distância horizontal h (onde $h = z_0 - z$) em relação à A_0 . A pressão na saída é a pressão atmosférica. Temos como resultado:

$$v^2 = v_0^2 + 2gh \quad (2)$$

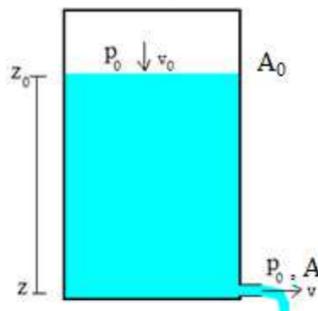
O volume de água por unidade de tempo que sai em A deve ser igual àquele que desce em A_0 , ou seja:

$$A_0 v_0 = A v \quad (3)$$

Desta forma, a eq. (2) fica:

$$h = v_0^2 \frac{1}{2g} \left(\frac{A_0^2}{A^2} - 1 \right) \quad (4)$$

Figura 1: Representação do escoamento do líquido através do orifício na base do recipiente.



Objetivos

Obter a relação empírica entre o tempo de escoamento de um líquido sob a ação da aceleração da gravidade e a altura h de elevação do nível deste líquido, utilizando a técnica de gráficos log-log. Calcular o coeficiente linear e a aceleração da gravidade da curva linearizada.

Material necessário

- Proveta de plástico de 1000 mL com orifício na base;
- Paquímetro;
- Béquero de 100 mL;
- Azul de metileno;
- Cronômetro;
- Régua.

Procedimento experimental

- Meça com uma régua a altura equivalente a 50 mL na proveta e anote sua incerteza;
- Meça a altura entre o orifício por onde a água vai escoar e o nível máximo de água (1000 mL). Anote também sua incerteza;
- Meça com um paquímetro o diâmetro dos orifícios da proveta. Anote suas incertezas;
- Mantendo o orifício na base da proveta fechado, encha a proveta até a última marcação da graduação (1000 mL);
- Tinja a água com duas gotas de azul de metileno para facilitar a visualização;
- Deixe a água escoar pelo orifício para um copo de béquer medindo o tempo decorrido para a eliminação de 50 mL de água;
- Repita esse procedimento até que o nível de água chegue ao mínimo possível;
- Realize todo o procedimento acima 4 vezes.

Apresentação de resultados

- Calcule as médias e as respectivas incertezas dos dados obtidos no procedimento experimental;
- Faça um gráfico $h \times \Delta t$ em escala linear;
- Faça um gráfico $h \times \Delta t$ em escala logarítmica;
- Encontre a relação entre a altura de elevação do nível da água h e o tempo Δt de escoamento (Dica: Partindo da eq. (1) utilize a relação de vazão);
- Linearize a equação deduzida no item *d*, utilizando propriedades de logaritmo;
- Linearize o conjunto de dados $h \times \Delta t$ obtendo assim uma tabela como mostra abaixo, propague sua incerteza, e confeccione o gráfico desses dados;

$(\log h \pm \sigma_{\log h})$	$(\log \Delta t \pm \sigma_{\log \Delta t})$
--------------------------------	--

- g) Calcule os coeficientes angular e linear do gráfico confeccionado no item *f*, com suas respectivas incertezas. Para isso utilize o Método dos Mínimos Quadrados e os dados da tabela do item *f*;
- h) Calcule o valor da aceleração da gravidade a partir do coeficiente linear obtido no item *g*. Compare com o valor teórico $(9,81 \pm 0,05) \text{ m/s}^2$;
- i) Aponte os parâmetros que estão relacionados à velocidade de escoamento da água;
- j) Discuta como se comportaria a velocidade se o experimento fosse realizado com um líquido de densidade diferente. Discuta por que o 18º tempo não pode ser medido.