

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS I

EXPERIÊNCIA 5: PERDA DE CARGA

As perdas de pressão podem ser classificadas em:

- Perdas principais: devidas ao atrito no escoamento totalmente desenvolvido em seções de área constante.
- Perdas secundárias: devidas a “acidentes” ao longo do escoamento, tais como válvulas, joelhos, entradas e saídas.

A perda de carga é a soma das perdas de energia via transferência de calor e via dissipação viscosa. Esta definição pode ser visualizada a partir da análise da equação da energia no interior de dutos.

Equação da energia em dutos:

A equação da energia em duto é dada por:

$$\left[\frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{\bar{V}_1^2}{2} + gz_1 \right] - \left[\frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{\bar{V}_2^2}{2} + gz_2 \right] = h_T$$

onde α é o coeficiente de fluxo de energia cinética, p é a pressão, v é a velocidade, ρ é a densidade, g é a aceleração da gravidade e z é a altura. $h_T (= u_2 - u_1 - q)$ representa a perda de carga total no duto. A perda de carga total é a soma das perdas principais e secundárias.

Perda de carga principal: h_l

É a parcela da perda de carga devida ao atrito ao longo do escoamento no interior de um duto de seção transversal constante. A perda de carga principal é dada pela relação:

$$h_l = \frac{\Delta p}{\rho} = f \frac{L}{D} \frac{\bar{V}^2}{2}$$

onde f é o fator de atrito.

- *Escoamento laminar*: Em escoamentos laminares, a perda de carga principal é obtida analiticamente, a partir da solução das equações de conservação de massa e quantidade de movimento linear. Assim, o fator de atrito é dado por:

$$f = \frac{64}{Re}$$

onde $Re = \rho v D / \mu$ é o número de Reynolds.

- *Escoamento turbulento*: Em escoamentos turbulentos não é possível uma solução analítica para a perda de carga principal. Utilizando uma análise dimensional em conjunto com resultados experimentais obtêm-se a seguinte relação:

$$f = f\left(\text{Re}, \frac{e}{D}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log\left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}}\right)$$

Onde e/D é a rugosidade relativa do duto. Os resultados experimentais para o fator de atrito em escoamentos turbulentos também são apresentados no Diagrama de Moody.

Perdas de carga secundárias: h_s

As perdas secundárias são aquelas devidas a variações de área na seção transversal, presença de válvulas, joelhos, conexões, etc. A perda secundária é dada por:

$$h_s = K \frac{\bar{V}^2}{2}$$

Onde K é o coeficiente de perda, obtido experimentalmente.

Alternativamente, pode-se escrever:

$$h_s = f \frac{L_{eq}}{D} \frac{\bar{V}^2}{2}$$

Onde L_{eq} é um comprimento equivalente, obtido experimentalmente (encontrado na literatura).

1. Experiência

O objetivo desta experiência é determinar a perda de carga para diferentes tubos e acidentes, em função do número de Reynolds. As condições a serem analisadas são as seguintes:

- Tubo liso, diâmetro de 3/4", comprimento igual a 1 m.
- Tubo rugoso, diâmetro de 3/4", comprimento igual a 1 m e rugosidade $e = 0.0375$ ".
- Válvula globo, diâmetro de 1".
- Cotovelo 90°, diâmetro de 3/4".

Serão feitas medidas de queda de pressão e vazão com o intuito de obter os resultados desejados. As medidas de pressão serão obtidas a partir de um manômetro. As medidas de vazão serão feitas medindo-se o tempo necessário para atingir um determinado volume ($Q=V/t$). Será construída a seguinte tabela, para cada situação:

Volume (l)	Tempo (s)	ΔP	Re	h	$f^{(*)}$

(*): Tubulações ou acessórios (válvula e cotovelo)