

b) Expressões empíricas

- Fórmula de Colebrook (transcendente)

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

- Fórmula de Souza–Cunha–Marques (erro máx. 0,5%)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left[\frac{\epsilon/D}{3,7} - \frac{5,16}{Re} \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{5,09}{Re^{0,87}} \right) \right]$$

- Correlação de Blasius (tubos lisos, $Re \leq 10^5$)

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

3.2 Perdas de carga localizadas

2 tipos de expressão:

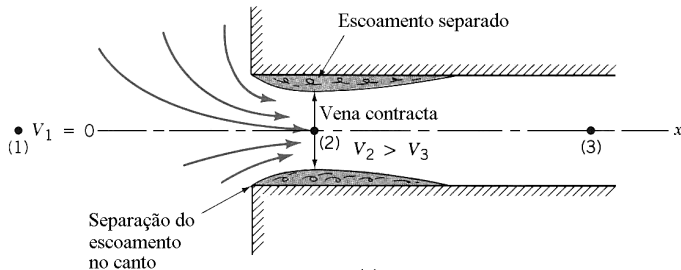
$$h_m = K \frac{\bar{V}^2}{2g}, \quad K = \text{coeficiente de perda}$$

$$h_m = f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}^2}{2g}, \quad L_e = \text{comprimento equivalente de tubo reto}$$

K e L_e dependem somente da geometria e são determinados experimentalmente

Exemplo – Entradas e saídas

Entradas – “vena contracta”[¶]



Para saídas, toda a energia cinética é dissipada.

$$\frac{\alpha \bar{V}^2}{2g} \text{ é dissipada} \Rightarrow K = \alpha$$

[¶]Tipos de entrada e níveis de arredondamento nos cantos.

4 Dutos (condutos de seção não circular)

Diâmetro hidráulico: $D_h = \frac{4A}{P}$ ($A = \text{área}$, $P = \text{perímetro molhado}$)

Tubo circular: $D_h = \frac{4 \left(\frac{\pi}{4}\right) D^2}{\pi D} = D$

Duto retangular (largura b , altura h):

$D_h = \frac{4(bh)}{2(b+h)} = \frac{2h}{1+a_r} \quad \left(a_r = \frac{h}{b}\right)$ válido para $1/4 < a_r < 4$.

5 Problemas de escoamentos em condutos

Dada a configuração do sistema, material do tubo e fluido de trabalho:

$$\Delta h = \varphi(Q, D)$$

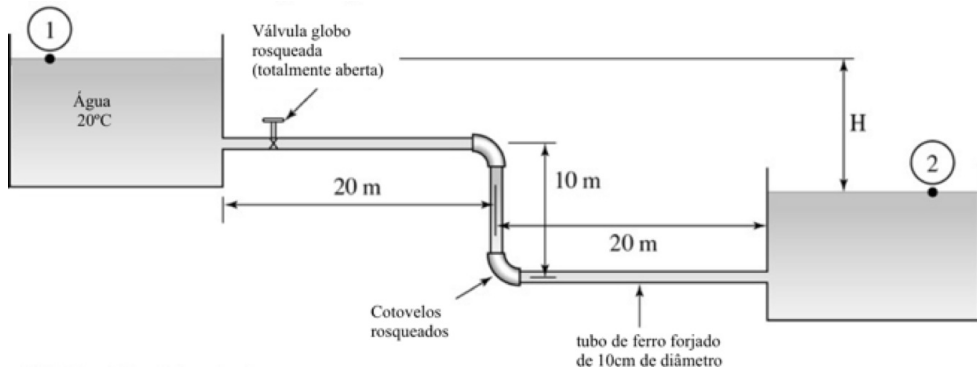
Portanto, temos 3 tipos de problemas:

I) Dados Q e D , achar Δh



Exercício 2

Se a vazão através de um tubo de ferro forjado de 10 cm de diâmetro no sistema da figura é de $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$, encontre a diferença de elevação H para os dois reservatórios.



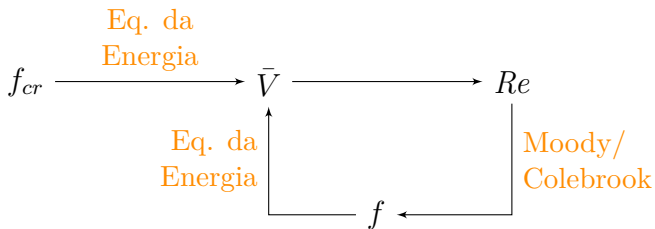
II) Dados Δh e D , achar Q

Processo iterativo!

Eq. da energia & Darcy-Weisbach $\rightarrow \bar{V} = \bar{V}(f)$

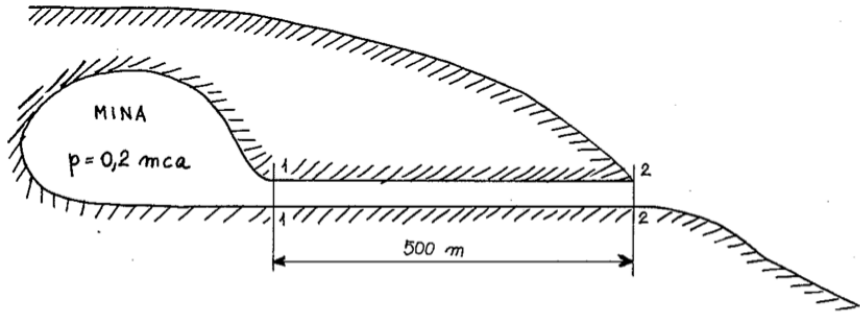
Estimativa inicial: regime completamente rugoso

$$f_{cr} = \left[-2,0 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} \right) \right]^{-2}$$



Exercício 3

Uma galeria de seção quadrada ($0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$) esgota ar de uma mina, onde a pressão é de $0,2 \text{ mca}$, para a atmosfera. Calcule a vazão de ar, desprezando as perdas singulares. Dados: $\nu_{\text{ar}} = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $\gamma_{\text{ar}} = 12,7 \text{ N/m}^3$, $\epsilon = 10^{-3} \text{ m}$.

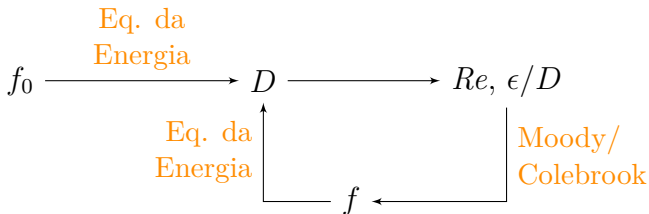


III) Dados Δh e Q , achar D

Processo iterativo!

Eq. da energia & Darcy–Weisbach $\rightarrow D = D(f)$

Estimativa inicial de f : valor escolhido na faixa do diagrama de Moody.



Exercício 4

Na instalação da figura quer se determinar o diâmetro da tubulação, para que na condição mostrada a vazão seja de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Desprezam-se as perdas de carga singulares. A rugosidade média do tubo é de $\epsilon = 0,001 \text{ m}$ e a viscosidade cinemática do fluido $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

