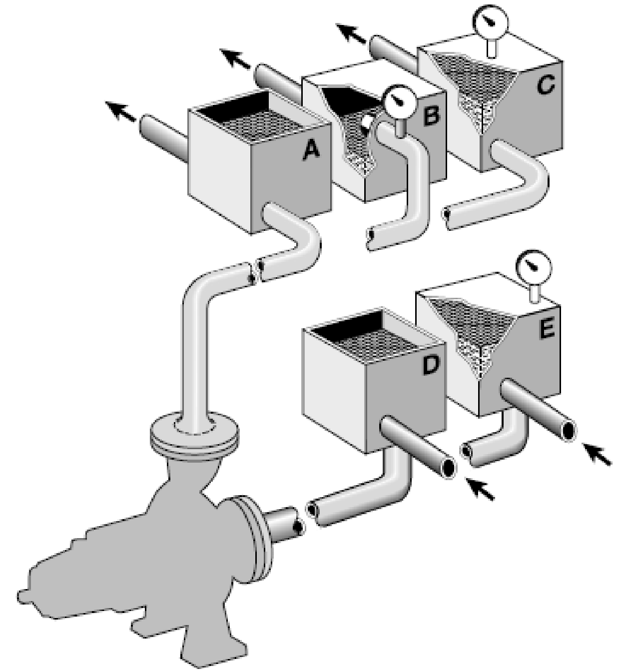
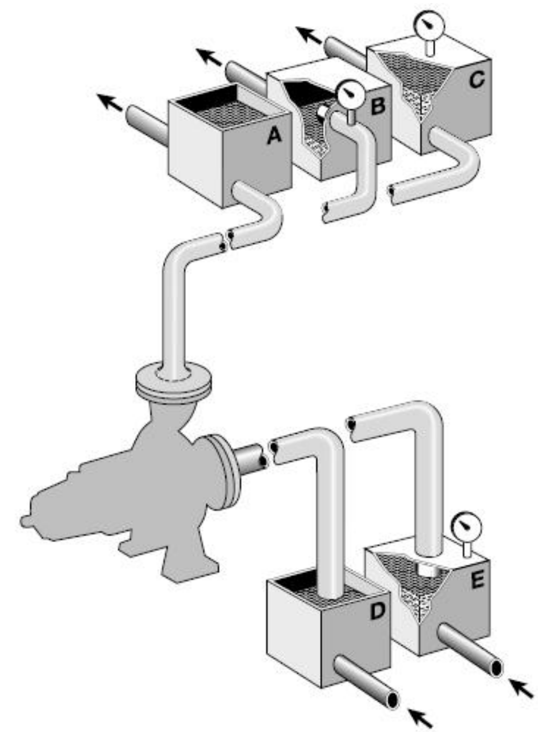
Aula 2 de teoria de ME5330

Segundo semestre de 2012


Vamos evocar o que estudamos na primeira aula e eliminar eventuais dúvidas.
LIXO

Etapas de um projeto básico de uma instalação de bombeamento





Evocamos também:

1. O cálculo da carga total (H) de um escoamento incompressível, unidirecional e em regime permanente:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{y \times \alpha \times v^2}{2g} = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{y \times \alpha \times Q^2}{2g \times A^2}$$

2. A equação da energia para uma instalação de bombeamento com uma entrada e uma saída:

$$H_{inicial} + H_B = H_{final} + H_{p_{totais}}$$

$$\text{inicial} = i \rightarrow \text{final} = f$$

$$H_B = (z_f - z_i) + \frac{p_f - p_i}{\gamma} + \frac{y_f \times \alpha_f \times v_f^2 - y_i \times \alpha_i \times v_i^2}{2g} + H_{p_{totais}}$$

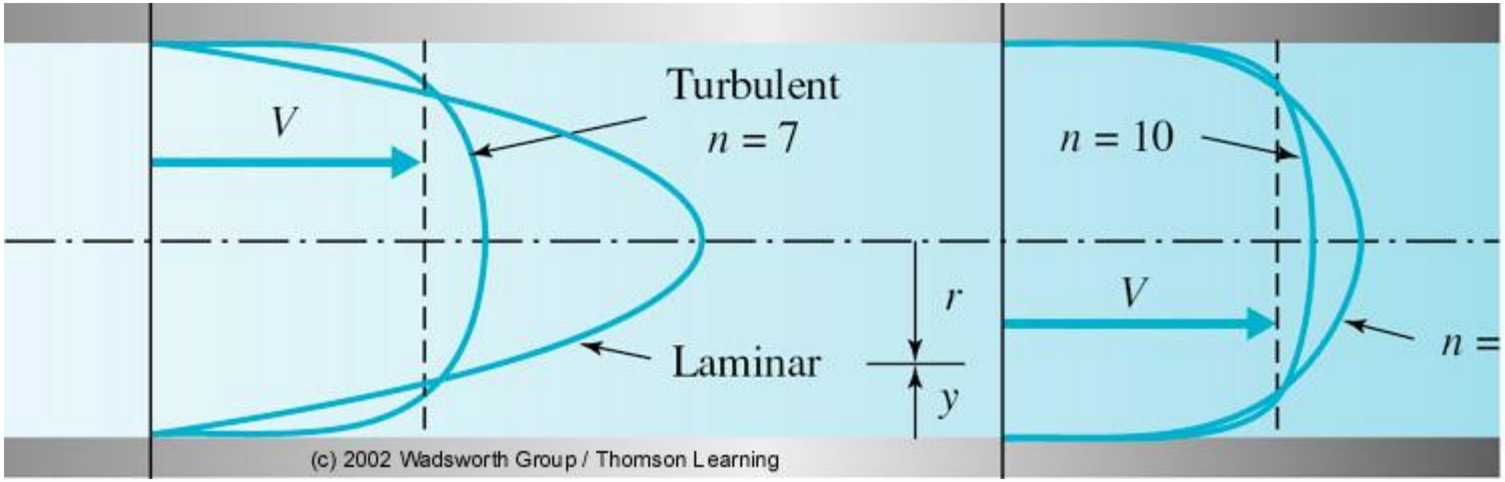
Importante:

y = 1 se existir velocidade e y = 0 se não existir velocidade (nível de reservatório) e α = 1 se o escoamento for turbulento e α = 2 se for laminar.

Importante:

$$\text{Laminar} \rightarrow v_{real} = v_{max} \times \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right] \rightarrow v_{média} = \frac{v_{max}}{2}$$

$$\text{Turbulento} \rightarrow v_{real} = v_{max} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/n} \rightarrow n = 7 \Rightarrow v_{média} = \frac{49}{60} \times v_{max}$$



Informação:

$$n = \frac{1}{\sqrt{f}}$$

3. Cálculos das perda:

   a. Perda de carga distribuída ocorre em tubo com comprimento não desprezível e área da seção transversal constante e apesar de existir várias maneiras de cálculá-la, optamos em apresentar a fórmula universal que também é denominada de fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$$

h_f = perda de carga distribuída (m)
f = coeficiente de perda de carga distribuída ou coeficiente de Darcy-Weisbach
L = comprimento do tubo (m)
D_H = diâmetro hidráulico (m)
v = velocidade média do escoamento
g = aceleração da gravidade (m/s²)

Importante: Tubulação = tubo + acessórios hidráulicos

Observações:

$$D_H = 4 \times \frac{A}{\sigma}$$

A = área da seção formada pelo fluido

σ = perímetro molhado, que é formado pelo contato do fluido com superfície sólida

$$g = 980{,}616 - 2{,}5928 \times \cos 2\varphi + 0{,}0069 \times (\cos 2\varphi)^2 - 0{,}3086 \times H$$

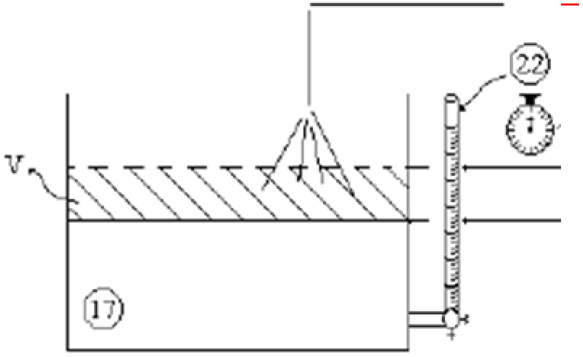
g = aceleração da gravidade (cm/s²)

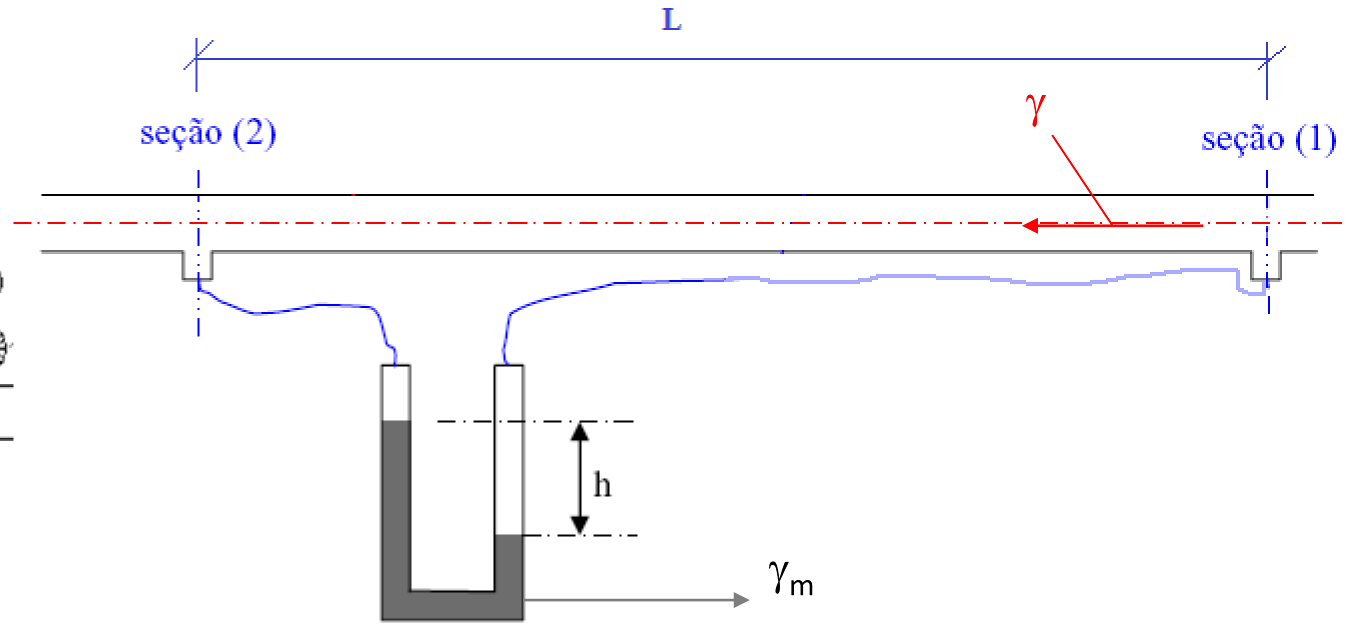
φ = latitude em graus

H = altitude em Km

Para a realidade latino-americana a melhor aproximação para o valor da aceleração da gravidade é 9,79 ou 9,8 m/s².

Na aula anterior determinamos o coeficiente de perda de carga distribuída de forma experimental e para isto, consideramos um trecho de tubo e instalamos um manômetro diferencial em forma de U e para uma dada vazão tínhamos:



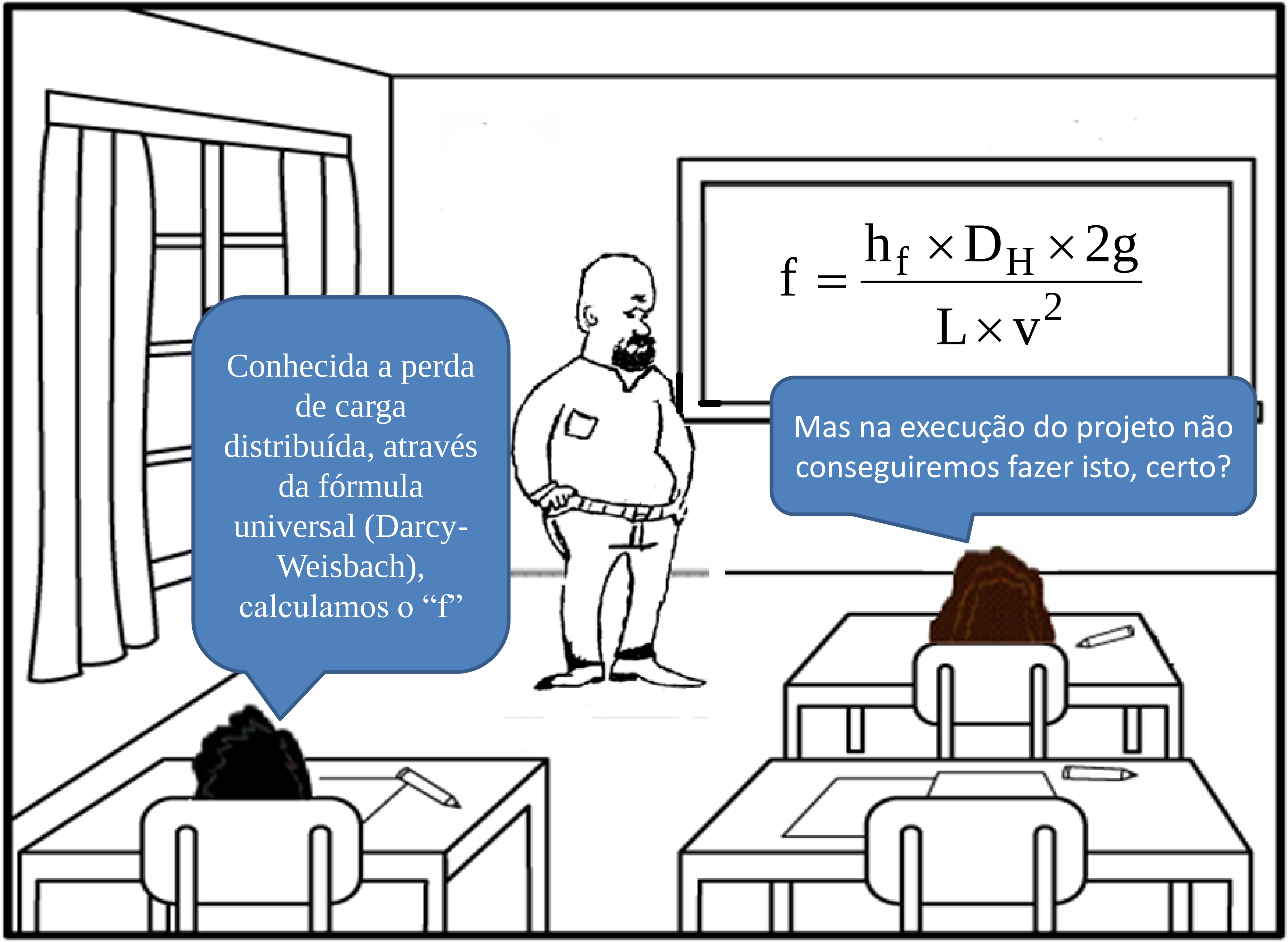


$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}}$$

$$Q = \frac{\Delta h \times A_{\text{tanque}}}{t}$$

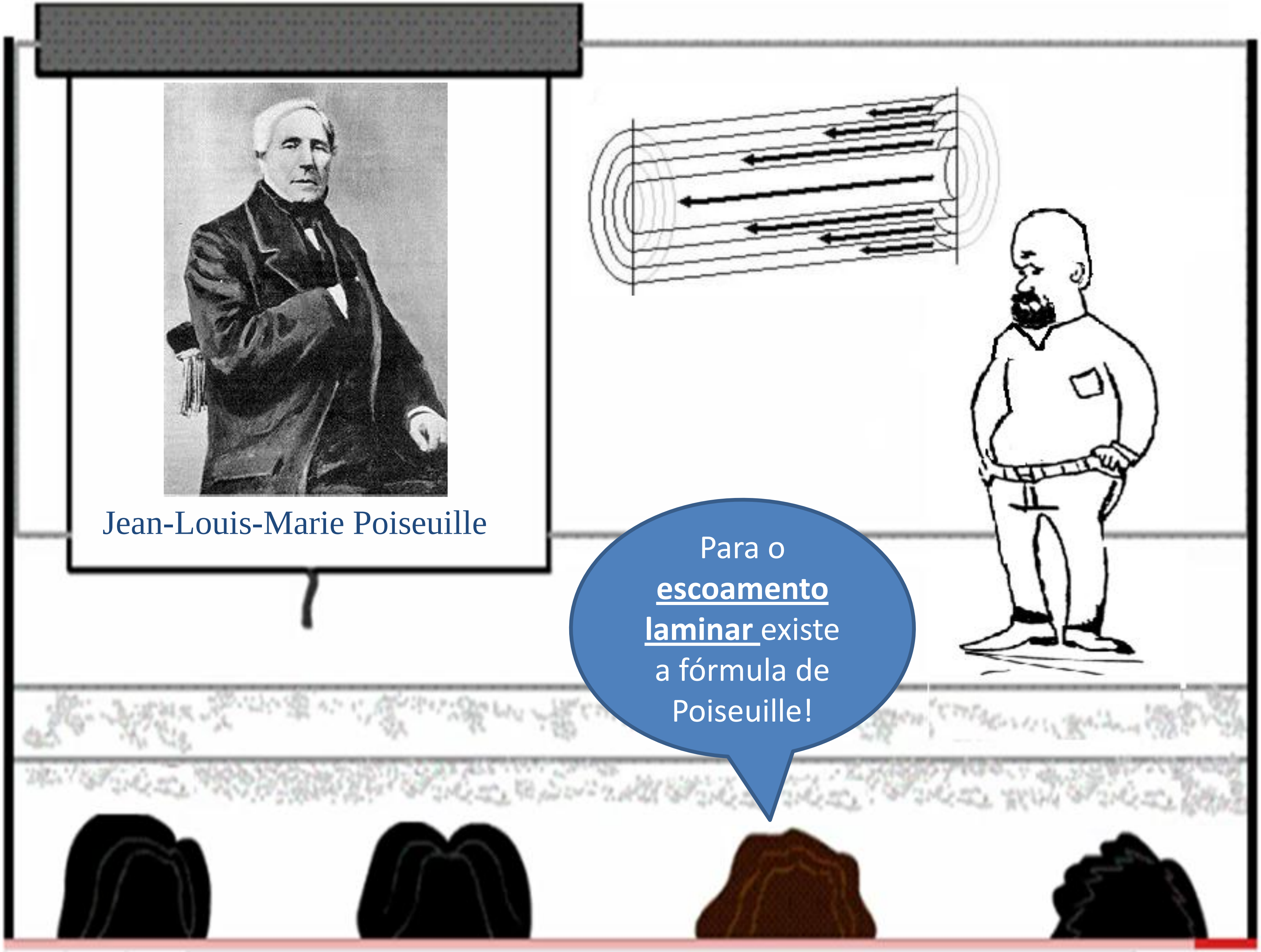
$$H_1 = H_2 + h_{f_{1-2}}$$

$$h_{f_{1-2}} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)$$



$f = \frac{h_f \times D_H \times 2g}{L \times v^2}$
Conhecida a perda de carga distribuída, através da fórmula universal (Darcy-Weisbach), calculamos o “f”
Mas na execução do projeto não conseguiremos fazer isto, certo?

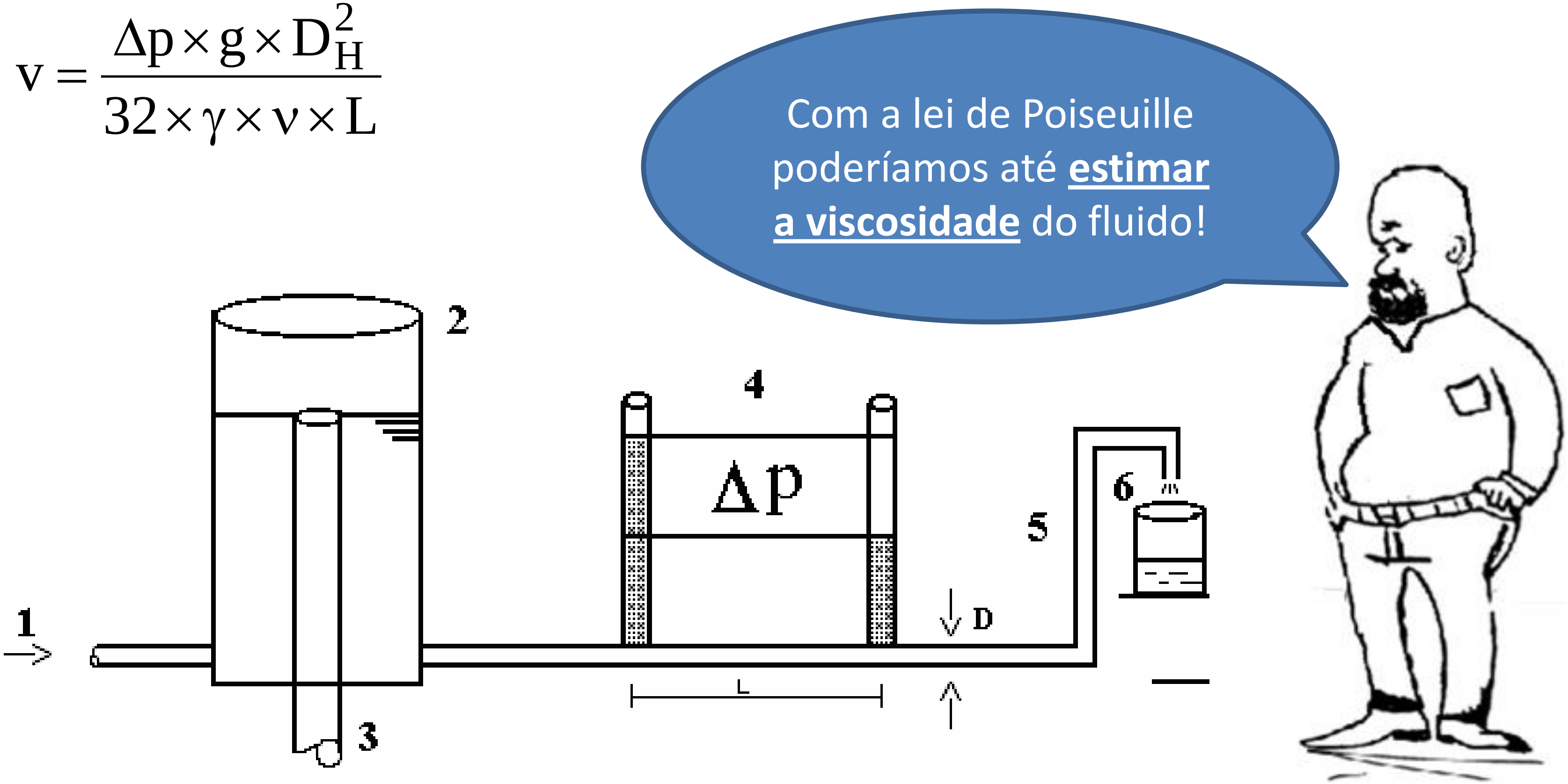

Exato, aí temos que recorrer ,ou aos diagramas, ou as fórmulas empíricas.
Para as fórmulas empíricas utilize a planilha disponível na página:
http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/primeiro2008/determinação_dos_f.xls
Diagrama de Moody
Diagrama de Rouse
Existe alguma outra maneira?


Jean-Louis-Marie Poiseuille
Para o **escoamento laminar** existe a fórmula de Poiseuille!

$$\mathrm{Re} \leq 2000 \Rightarrow f = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64 \times \nu}{v \times D_H}$$

$$h_f = \frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{64 \times \nu}{v \times D_H} \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} = \frac{64 \times \nu \times L \times v}{2g \times D_H^2}$$

$$v = \frac{\Delta p \times g \times D_H^2}{32 \times \gamma \times \nu \times L}$$



$$v = \frac{\Delta p \times g \times D^2}{32 \times \gamma \times \nu \times L} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$$\gamma = \rho \times g \rightarrow \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\Delta p = \frac{128 \times \rho \times g \times \frac{\mu}{\rho} \times L \times Q}{g \times \pi \times D^4}$$

$$\Delta p = \frac{128 \times \mu \times L \times Q}{\pi \times D^4}$$

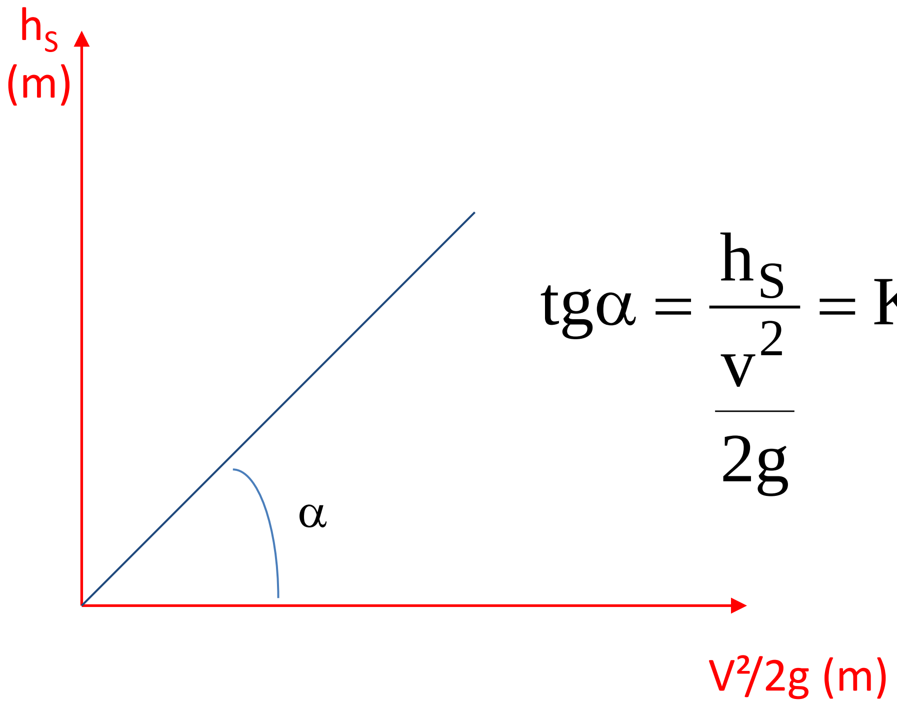
b. Na aula anterior também determinamos a perda de carga singular (ou localizada), o coeficiente de perda de carga singular (K_S) e o comprimento equivalente, isto foi feito para a válvula globo e para uma única vazão, neste caso tínhamos:

$$h_S = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)$$

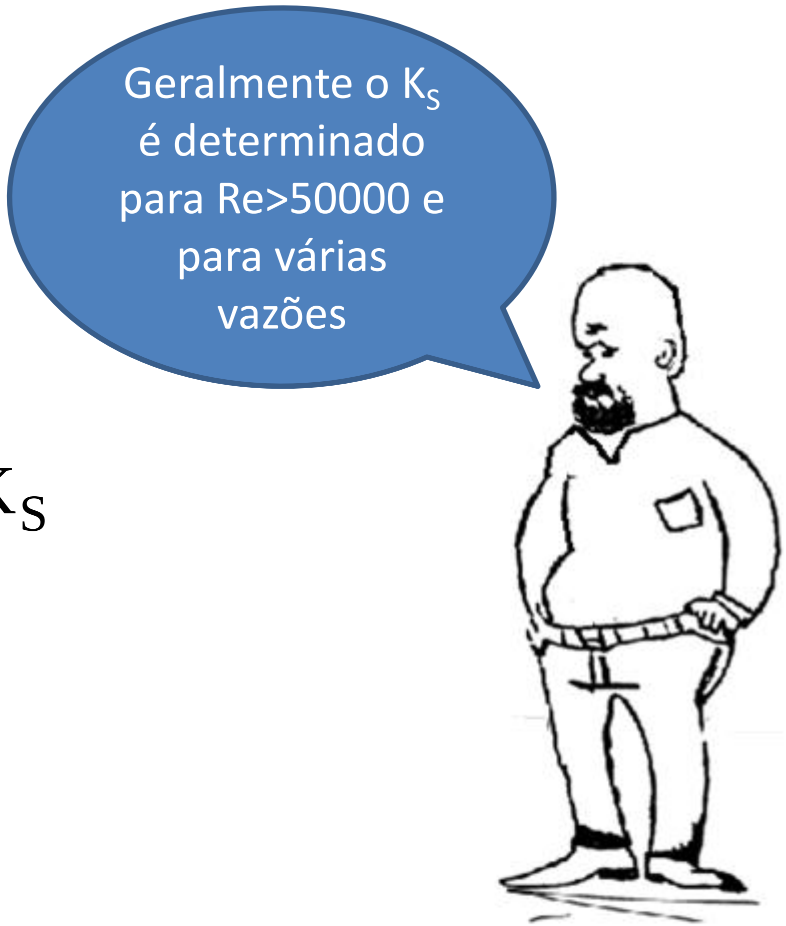
$$h_S = K_S \times \frac{v^2}{2g} = K_S \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \Rightarrow K_S = \frac{h_S}{\frac{v^2}{2g}}$$

$$Leq = \frac{K_S \times D_H}{f_{exp}}$$

<u>Importante</u>:



$$tg\alpha = \frac{h_S}{\frac{v^2}{2g}} = K_S$$



Quando na perda de carga singular existir duas velocidades, geralmente utiliza-se para o seu cálculo a velocidade maior, ou seja, a velocidade média do menor diâmetro.

Na aula anterior também vimos a utilização do diagrama de Rouse como medidor de vazão, bastanto para isto, conhecermos a perda de carga em um trecho, o fluido e a sua temperatura de escoamento e o material do tubo e a sua rugosidade.

$$Re\sqrt{f} = \frac{D}{\nu} \times \sqrt{\frac{H_p \times D \times 2g}{L}}$$

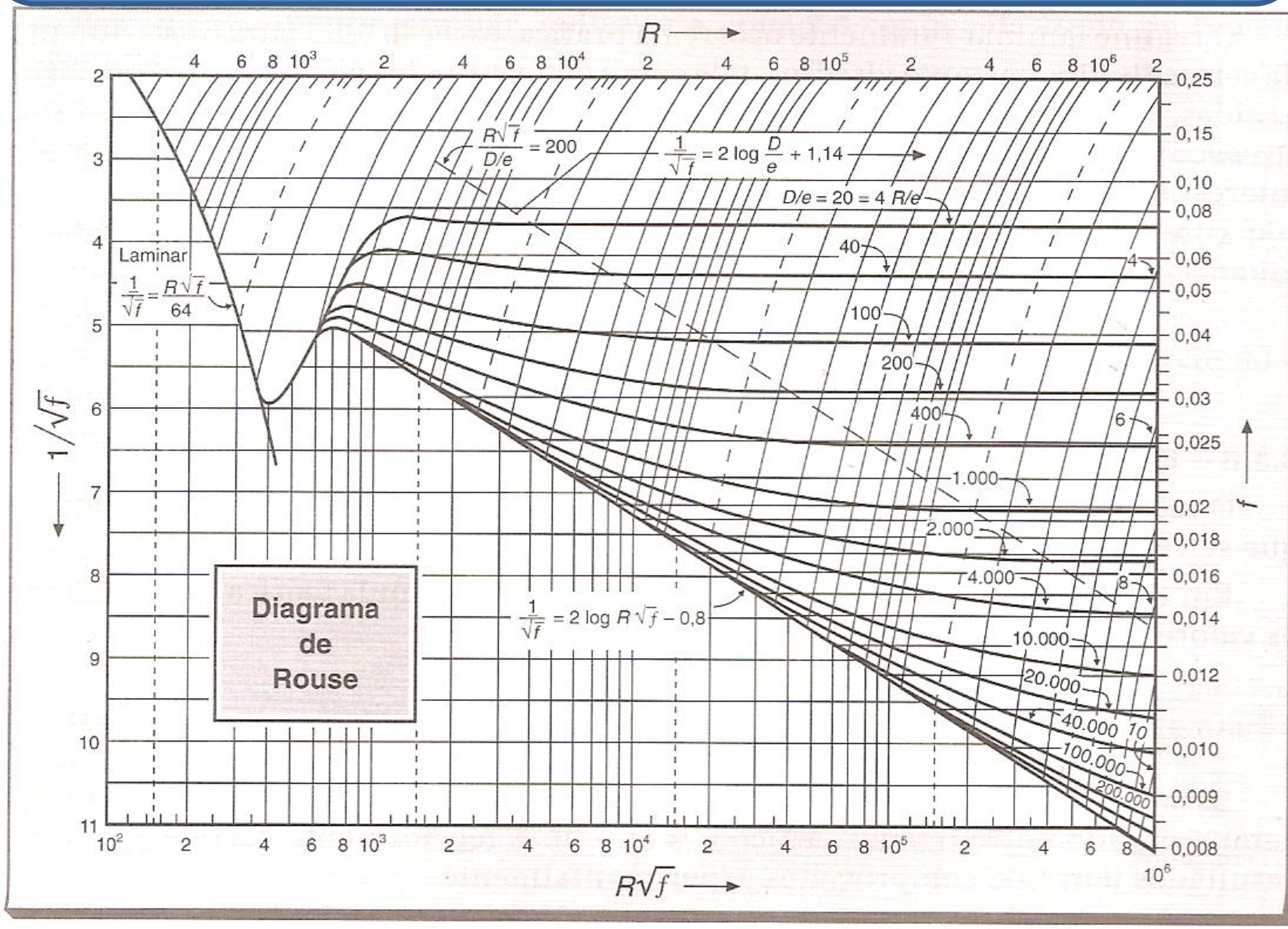


Figura 8.8 - Diagrama de Rouse