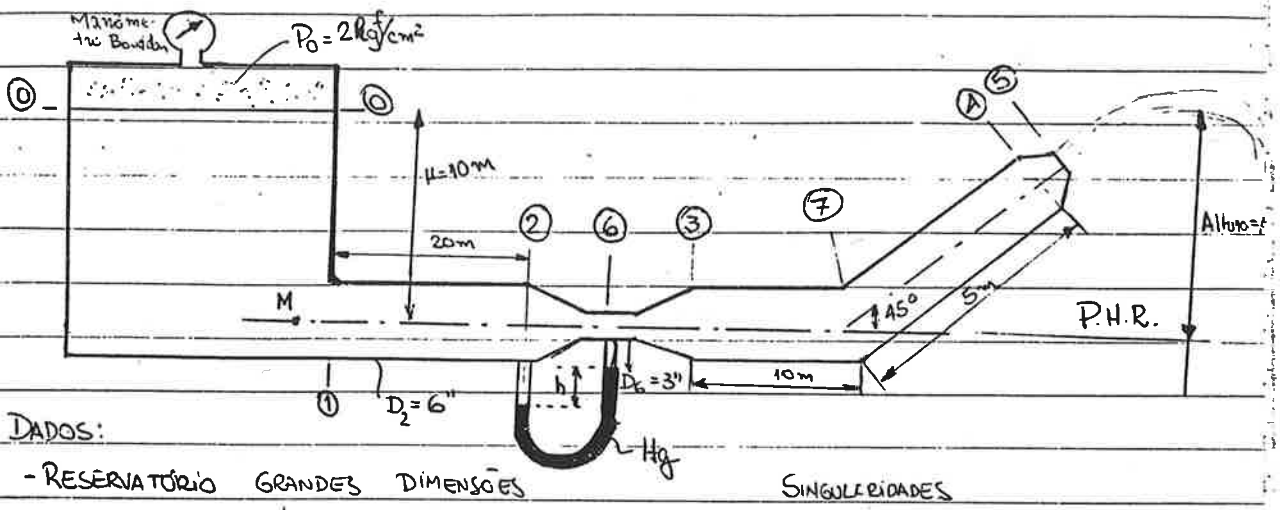
4ª AULA

EXERCÍCIOS DE CÁLCULO DE PERDAS DE CARGA

EXERCÍCIO Nº 1



DADOS:

- Reservatório grandes dimensões
- Fluido água: $\begin{cases} \gamma = 1000\ kgf/m^3 \\ \nu = 10^{-6}\ m^2/s \end{cases}$
- $g = 10\ m/s^2$
- Tubulações: $\begin{cases} D_2 = D_3 = D_4 = D_7 = 6" \\ D_6 = D_5 = 3" \\ \varepsilon = 1{,}5 \times 10^{-4}\ m \end{cases}$

Singularidades

$K_{S_1} = 0{,}5$

$K_{T2,6} = K_{T4,5} = K_{S7} = 0$

$K_{T6,3} = ,3$

No manômetro diferencial: fluido manométrico Hg $\Rightarrow \gamma_{Hg} = 136.000\ N/m^3$

DETERMINAR:

1. Carga no pto M
2. Velocidade na seção 5: V_5
3. Pressão na " 2: P_2
4. Valor de h
5. Altura: A
6. Força no Bocal: F_{Bocal}

RESOLUÇÃO

1. Carga em M (ponto do Interior do Reservatório)

$$H_M = H_0 = \frac{V_0^2}{2g} + \frac{P_0}{\gamma} + z_0 = 0 + 2 \times 10 + 10 = \boxed{30\ m}$$

② CÁLCULO DA VELOCIDADE V_S

- $H_0 = H_S + \sum \text{perdas}$ (I)

$H_0 = 30 m$

$H_S = \frac{V_S^2}{2g} + \frac{p_S}{\gamma} + z_S \Rightarrow$ { $p_S = p_{atm} = 0$ (efetiva) ; $z_S \Rightarrow \sin 45° = \frac{z_S}{5} \Rightarrow z_S = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 5 = 3{,}53\,m$ }

•• $\sum \text{perdas} = h_s + h_f$

••• Cálculo das perdas singulares, h_s :

$h_s = \sum_i K_i \frac{V_i^2}{2g} = K_{S_1} \frac{V_1^2}{2g} + K_{T_{6,3}} \frac{V_6^2}{2g}$

(ATENÇÃO: EM ALARGAMENTO ~~OU REDUÇÃO~~ DE SEÇÃO TOMAREMOS A MAIOR VELOCIDADE A MONTANTE OU JUSANTE)

$h_s = 0{,}5 \frac{V_1^2}{20} + 1{,}3 \frac{V_6^2}{20} = 0{,}025 V_1^2 + 0{,}065 V_6^2$

••• Cálculo da perda de carga distribuida, h_f

$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V_1^2}{2g} = f \cdot \frac{35}{6 \times 0{,}0254} \times \frac{V_1^2}{20}$

$h_f = 11{,}48 \cdot f \cdot V_1^2$

DA EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE: $Q = c^{te}$

- Logo: $V_1 S_1 = V_7 S_7 = V_4 S_4 = V_2 S_2 = V_3 S_3$; $S_1 = S_7 = S_4 = S_2 = S_3$ } $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_7$

- Mas: $V_1 S_1 = V_5 S_5 = V_6 S_6$

$V_5 = V_1 \frac{D_1^2}{D_5^2} \Rightarrow V_5^2 = V_1^2 \left(\frac{D_1^2}{D_5^2}\right)^2$ ou tambem $V_6^2 = V_1^2 \left(\frac{D_1^2}{D_6^2}\right)^2$

VOLTANDO A EQUAÇÃO (I)

$$30 = \frac{V_5^2}{20} + 3{,}53 + 0{,}025 V_1^2 + 0{,}065 V_6^2 + 11{,}48 f \cdot V_1^2$$

$$30 = \frac{V_1^2}{20}\left(\frac{36}{9}\right)^2 + 3{,}53 + 0{,}025 V_1^2 + 0{,}065\, V_1^2 \left(\frac{36}{9}\right)^2 + 11{,}48 f \cdot V_1^2$$

$$30 = 0{,}8 V_1^2 + 3{,}53 + 0{,}025 V_1^2 + 1{,}04 V_1^2 + 11{,}48\, f\, V_1^2$$

$$1{,}865 V_1^2 + 11{,}48 \cdot f \cdot V_1^2 = 26{,}47 \quad \text{(II)}$$

Admitimos um valor para f (Chute inicial) e vamos ao Diagrama de ~~M~~Moody fazendo a iteração:

$f' = 0{,}025$

$V_1' = 3{,}51 \text{ m/s}$

$$Re' = \frac{V_1' D}{\nu} = \frac{3{,}51 \times 0{,}0254 (6)}{10^{-6}} = 5{,}34 \times 10^{+5}$$

$$\varepsilon/D = \frac{1{,}5 \times 10^{-4}}{0{,}0254 \times 6} \cong 0{,}001$$

$f'' = 0{,}020$

$V_1'' = 3{,}55 \text{ m/s}$

$$Re'' = \frac{V_1'' D}{\nu} = \frac{3{,}55 \times 6 \times 0{,}0254}{10^{-6}} = 5{,}41 \times 10^{5}$$

$$\varepsilon/D = 0{,}001$$

$f''' = 0{,}020$

$V_1 = V_1'' = 3{,}55 \text{ m/s} = V_2 = V_3 = V_4$

$$V_5^2 = 3{,}55^2 \left(\frac{6^2}{3^2}\right)^2 \Rightarrow \boxed{V_5 = 14{,}2 \text{ m/s}} = V_6$$

(3) CÁLCULO de P_2

$$H_0 - H_2 = \Sigma \text{ perdas} \quad \text{III}$$

$H_0 = 30 \text{ m}$

$$H_2 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2$$

$\Sigma \text{ perdas} = h_s + h_f$

$$h_s = K_{s_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0{,}5 \times \frac{3{,}55^2}{20} = 0{,}315 \quad 0{,}315$$

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V_1^2}{2g} = \frac{0{,}020 \times 20}{6 \times 0{,}0254} \times \frac{3{,}55^2}{20} = 1{,}65$$

$\Sigma \text{ perdas} = 0{,}315 + 1{,}65 = 1{,}965 \text{ m}$

Substituindo na equação III

$$\frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + \cancel{z_2}^{\,0} = 30 - 1{,}965$$

$$\frac{p_2}{\gamma} = 28{,}03 - \frac{3{,}55^2}{20} = 27{,}40 \text{ m}$$

$$p_2 = 27,40 \times 10.000 = 2,74 \times 10^5 \; N/m^2 = \boxed{274 \; kPa}$$

(4) Valor de h

$H_2 = H_6$ (pois $K_{s_2} = 0$)

$$\frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + \cancel{z_2} = \frac{V_6^2}{2g} + \frac{p_6}{\gamma} + \cancel{z_6}$$

Substituindo os valores

$$\frac{3,55^2}{20} + \frac{p_2}{\gamma} = \frac{14,2^2}{20} + \frac{p_6}{\gamma}$$

$$\frac{p_2}{\gamma_{H_2O}} - \frac{p_6}{\gamma_{H_2O}} = 9,45$$

No manômetro diferencial:

$$p_2 + \gamma_{água} h = p_6 + \gamma_{Hg} h$$

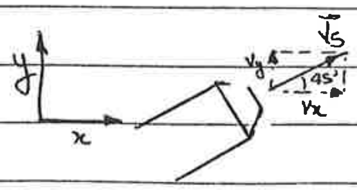
$$\frac{p_2 - p_6}{\gamma_{H_2O}} = \left(\frac{\gamma_{Hg}}{\gamma_{H_2O}} - 1 \right) h$$

Substituindo os valores:

$$h = \frac{9,45}{12,6}$$

$$\boxed{h = 0,75 \; m}$$

(5) CÁLCULO DA ALTURA A



NAS DIREÇÕES x e y:

$$V_{5y} = V_5 \frac{\sqrt{2}}{2} = 14,2 \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

PARA ALTURA MÁXIMA: $V_{5y} = 0$, na equação $V = V_0 + at$

$$0 = 14,2 \frac{\sqrt{2}}{2} + (-10)\, t$$

$$t = 1,004 \; s$$

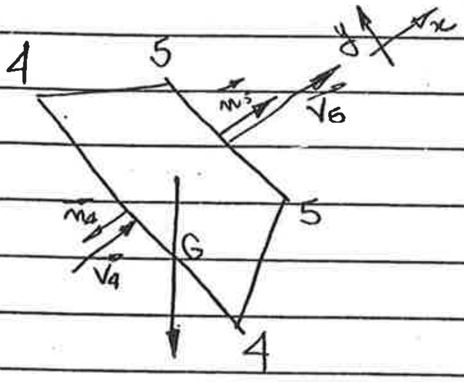
Determinando A: $S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

$$A = 3{,}53 + \frac{14\sqrt{2}}{2} \times 1{,}004 + \frac{1}{2}(-10)\,(1{,}004)^2$$

$$A = 3{,}53 + 9{,}94 - 5{,}04$$

$$\boxed{A = 8{,}43\ m}$$

6 Cálculo da Força no Bocal



Eq. da Quantidade de Movimento

$$\vec{G} + \vec{R} = \vec{\phi}_4 + \vec{\phi}_5 + \underbrace{\frac{\partial}{\partial t}\int_{VC} \rho \vec{V}\, d\forall}_{0}$$

$$\vec{G} + \vec{R} = (\beta_4 M_4 V_4 + p_4 S_4)\,\vec{n}_4 + (\beta_5 M_5 V_5 + \underbrace{p_5 S_5}_{0})\,\vec{n}_5$$

$$\vec{G} + \vec{R} = \beta_5 M_5 V_5 - \beta_4 M_4 V_4 - p_4 S_4$$

$$\frac{p_4}{\gamma} = \underbrace{\frac{p_5}{\gamma}}_{0\ (\text{atm.})} + \frac{V_5^2}{2g} - \frac{V_4^2}{2g} \Rightarrow p_4 = \gamma\,\frac{(V_5^2 - V_4^2)}{2g} = \rho\,\frac{(V_5^2 - V_4^2)}{2}$$

$\vec{G} = \rho \forall \vec{g}$ → $\forall$ é muito pequeno → $L_{4,5} \cong 0$ (desprezível)

$\therefore \vec{G} \cong 0$

$\beta \cong 1$

$$R = \rho\left(V_5^2 S_5 - V_4^2 S_4 - (V_5^2 - V_4^2)\,S_4/2\right) = \rho\left(V_5^2 S_5 - V_4^2 S_4 - \frac{V_5^2 S_4}{2} + \frac{V_4^2 S_4}{2}\right)$$

$$R = \rho\left(V_5^2\left(S_5 - \frac{S_4}{2}\right) - \frac{V_4^2 S_4}{2}\right) = 1000\left(14{,}2^2\left(\frac{\pi D_4^2}{16} - \frac{\pi D_4^2}{8}\right) - \frac{3{,}55^2\,\pi D_4^2}{8}\right)$$

$$R = 1000\left(14{,}2^2\left(-\frac{\pi D_4^2}{16}\right) - 3{,}55^2\left(\frac{\pi D_4^2}{8}\right)\right) =$$

$$\boxed{R \cong -1035\ N}$$