Lista 2 - Teoria | Akira 2017 2

3.3) (Munson).

a) A equação de Euler em coordenadas de LC é

$$\cancel{\frac{\partial V_s}{\partial t}} + V_s \frac{\partial V_s}{\partial s} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial s} - g\cancel{\frac{\partial z}{\partial s}} \Rightarrow$$

0 ← regime permanente 0 ← LC horizontal

$$\Rightarrow V_s \frac{\partial V_s}{\partial s} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial s} \quad V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0\left(1+\frac{a}{x}\right)\left(-\frac{2V_0 a}{x^2}\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{2V_0^2 a}{x^2}\left(1+\frac{a}{x}\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{2V_0^2 a\rho}{x^2}\left(1+\frac{a}{x}\right) \Rightarrow \underbrace{\frac{dp}{dx} = \frac{2V_0^2 a\rho}{x^2}\left(1+\frac{a}{x}\right)}_{\text{Gradiente de pressão}}$$

Nota-se que $\frac{\partial V_s}{\partial s} < 0 \Rightarrow$ desacelera até o ponto de estagnação.

$$dp = 2V_0^2 a\rho\left(\frac{1}{x^2}+\frac{a}{x^3}\right)dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_{p_0}^{p} dp = 2V_0^2 a\rho \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{x^2}+\frac{a}{x^3}\,dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p - p_0 = 2V_0^2 a\rho \int_{-\infty}^{x} x^{-2} + a x^{-3}\,dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p - p_0 = 2V_0^2 a\rho\left[-x^{-1} - \frac{a x^{-2}}{2}\right]_{-\infty}^{x} =$$

$$= 2V_0^2 a\rho\left[-x^{-1} - a x^{-2}/2\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p(x) = p_0 - 2V_0^2 a\rho\left[\frac{1}{x}+\frac{a}{2x^2}\right]$$

c) $$p(-a) = p_0 - 2V_0^2 a\rho\left[-\frac{1}{a}+\frac{\cancel{a}}{2a^{\cancel{2}}}\right] =$$

$$= p_0 - 2V_0^2 a\rho\left[-\frac{1}{2a}\right] = p_0 + \frac{2V_0^2 a\rho}{2a} = p_0 + 2V_0^2\rho$$

3.10) (Munson)

Como as linhas de corrente são paralelas vamos utilizar a equação de Bernoulli na direção normal

$$\frac{p_1}{\rho} + \cancel{gz_1}^{0} - \int_0^0 \cancel{\frac{v^2}{R}}^{0}\,dn = \frac{p}{\rho} + gz - \int_0^n \frac{v^2}{6-n}\,dn \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p}{\rho} + gz - \left[-\ln(6-n)\right]_0^n = \frac{p_1}{\rho} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p}{\rho} + gz - v^2\left[-\ln(6-n) + \ln 6\right] = \frac{p_1}{\rho} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p}{\rho} + gz - v^2\left[\ln\left(\frac{6}{6-n}\right)\right] = \frac{p_1}{\rho} \Rightarrow \frac{p}{\rho} = \frac{p_1}{\rho} - gz - v^2\ln\left(\frac{6}{6-n}\right)$$

$$\Rightarrow p = p_1 - \gamma z - \rho v^2 \ln\left(\frac{6}{6-n}\right)$$

$\gamma_{água} = \gamma = 9{,}8\cdot 10^3\ N/m^3$

$\rho_{água} = \rho = 999\ kg/m^3$

Para $n = 1m$: $p_2 = 40000 - 9800\cdot 1 - 999\cdot 100\ln\left(\frac{6}{5}\right)$

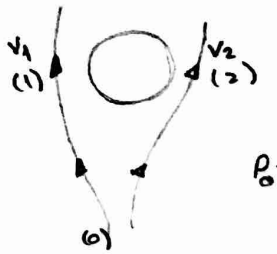
$\Rightarrow p_2 = 11{,}986\ kPa$

Para $n = 2m$: $p_3 = 40000 - 9800\cdot 2 - 999\cdot 100\ln\left(\frac{6}{4}\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow p_3 = -20{,}105\ kPa$

3.16) (Munson)

Supondo que se trata de um escoamento em regime permanente, com fluido incompressível e inviscido



Eq. de Bernoulli:

(0) → (1):

$$p_0 + \cancel{\rho g z_0}^{0} + \frac{\rho v^2}{2} = p_1 + \cancel{\rho g z_1}^{0} + \frac{\rho v_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow p_1 = p_0 + \frac{\rho v^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2}$$

(0) → (2): $$p_0 + \cancel{\rho g z_0}^{0} + \frac{\rho v^2}{2} = p_2 + \cancel{\rho g z_2}^{0} + \frac{\rho v_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_2 = p_0 + \frac{\rho v^2}{2} - \frac{\rho v_2^2}{2}$$

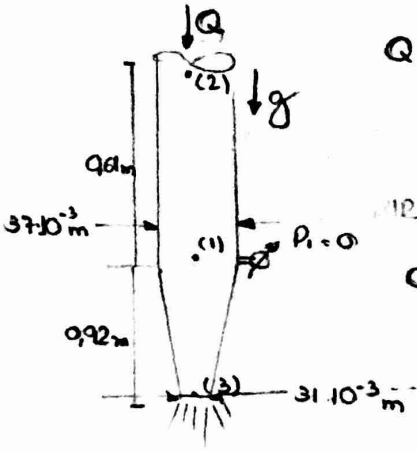
$$p_2 - p_1 = \frac{\rho v_1^2}{2} - \frac{\rho v_2^2}{2} = \frac{1{,}23}{2}\left(v_1^2 - v_2^2\right) =$$

$$= \frac{1{,}23}{2}\left(42{,}7^2 - 33{,}5^2\right) = \frac{1{,}23}{2}\ 701{,}04 = 431{,}14\ kPa$$

3.25) (Munson)

$\rho_{água} = \rho = 999\ kg/m^3$

$\gamma_{água} = \gamma = 9{,}8\cdot 10^3\ N/m^3$



$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1 = \frac{A_2 V_2}{A_1} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1 = V_2$

$Q = A_1 V_2 = A_3 \cdot V_3 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_3 = \frac{A_1 V_1}{A_3} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_3 = \frac{0{,}037^2 \pi}{4} \cdot \frac{4}{0{,}031^2 \pi} V_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_3 = \frac{0{,}037^2}{0{,}031^2} V_1 \Rightarrow V_3 = 1{,}425 V_1$

(2) → (1):

$P_1 + \gamma z_1 + \frac{V_1^2 \rho}{2} = P_2 + \gamma z_2 + \frac{V_2^2 \rho}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow 920 = P_2 + 1530 \Rightarrow P_2 = -620 Pa$

(1) → (3):

$P_1 + \gamma z_1 + \frac{V_1^2 \rho}{2} = P_3 + \gamma z_3 + \frac{V_3^2 \rho}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow 920 + \rho 0{,}5 V_1^2 = \rho 0{,}5 (1{,}425 V_1)^2 \Rightarrow$

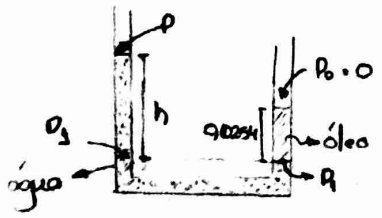
$\Rightarrow \rho V_1^2 - \rho 0{,}5 V_1^2 = 920 \Rightarrow \rho 0{,}5 V_1^2 = 920 \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1^2 = \frac{1840}{\rho} \Rightarrow V_1 = \frac{42}{\sqrt{\rho}} m/s$

$\therefore Q = \frac{42}{\sqrt{\rho}} \frac{0{,}037^2}{4} \pi = \frac{0{,}045}{\sqrt{\rho}} m^3/s$

3.27) (Munson):

Como a velocida é horizontal, podemos aplicar a Lei de Stevin no manômetro.



$P_1 = P_0 + 0{,}0254 \cdot 0{,}9 \cdot 1000$

$P_1 = 0{,}0254 \cdot 900 = 22{,}86 Pa$

$P_1 = P + 1000h \Rightarrow P = 22{,}86 - 1000h \Rightarrow$

$\Rightarrow h = \frac{22{,}86 - P}{1000}$

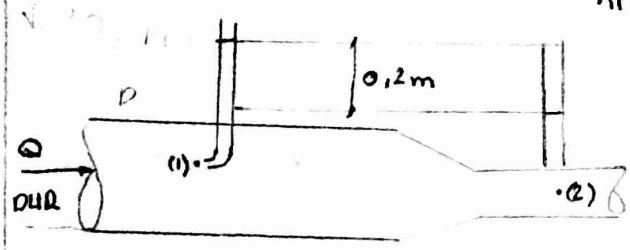
Eq de Bernoulli:

$P + \gamma z_1 + \frac{V^2}{2} = P_0 + \gamma z_0 + \frac{\rho V_0^2}{2} \Rightarrow P_0 = P + \frac{\rho V^2}{2}$

3.30) (Munson)

$z_1 \approx z_2$

$h_1 - h_2 \approx 0{,}2m$



$V_1 \approx 0$, $P_1 \approx \gamma \cdot h_1$, $P_2 = \gamma h_2$

Eq de Bernoulli:

$P_1 + \gamma z_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = P_2 + \gamma z_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow (P_1 - P_2) + \underbrace{\gamma (z_1 - z_2)}_{0} = \frac{\rho V_2^2}{2} \Rightarrow$

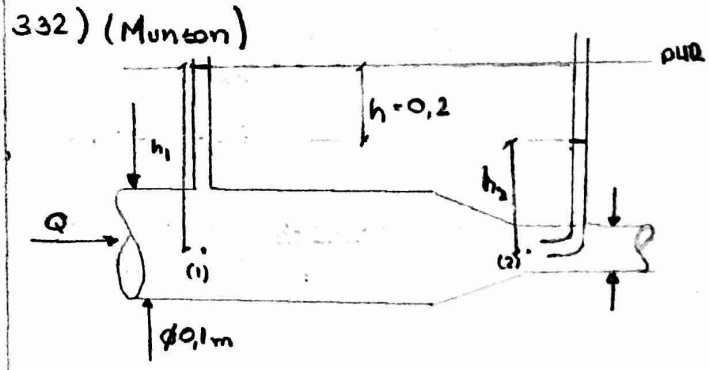
$\Rightarrow V_2^2 = \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{2\gamma(h_1 - h_2)}{\rho}} \Rightarrow V_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}2} \approx 2 m/s$

$Q = \frac{D^2 \pi}{4} V_2 = 1{,}56 D$

3.32) (Munson)



$V_2 = 0$; $P_1 = \gamma h_1$; $P_2 = \gamma h_2$; $z_1 \approx z_2$

Supondo que estamos em regime permanente, vamos utilizar a eq de Bernoulli.

$P_1 + \gamma z_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = P_2 + \gamma z_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} \Rightarrow$

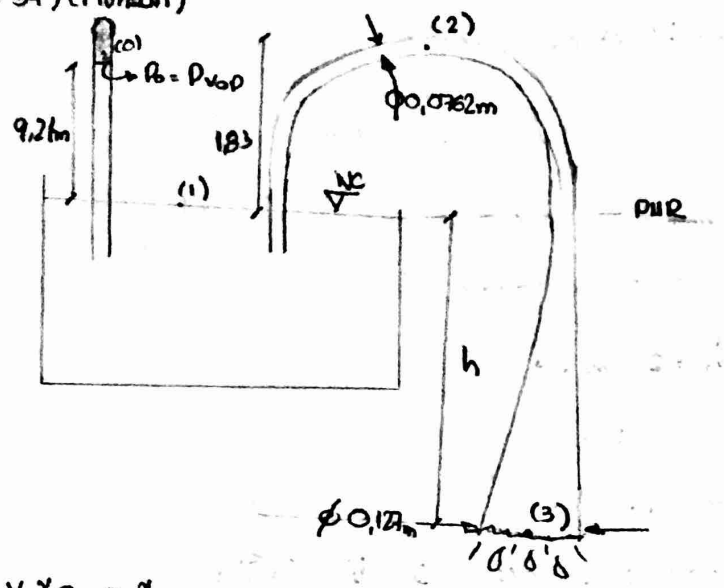
$\Rightarrow \frac{\rho V_1^2}{2} = P_2 - P_1 \Rightarrow V_1^2 = \frac{2(P_2 - P_1)}{\rho} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{2(P_2 - P_1)}{\rho}} \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{2g\rho(h_2 - h_1)}{\rho}} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1 = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}2} \Rightarrow V_1 \approx 2 m/s$

$Q = V_1 A_1 = \frac{2 \cdot 0{,}1^2 \pi}{4} \approx 0{,}0156$

3.39) (Munson)



$V_1 \simeq 0$, $P_1 \simeq 0$

A cavitação é mais propícia de ocorrer em (2), pois, este tem a menor pressão $\therefore P_2 = P_{vap} = P_0$

$P_1 = P_0 + \gamma \cdot 9{,}21 \Rightarrow P_0 = -9{,}21\gamma$ (I)

Eq de Bernoulli:

$(1) \longrightarrow (2)$ $\cancel{P_1} + \cancel{\gamma z_1} + \cancel{\frac{\rho V_1^2}{2}} = P_2 + \gamma z_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow P_0 + \gamma z_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} = 0 \Rightarrow -9{,}21\gamma + 1{,}83\gamma + \frac{\rho V_2^2}{2} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\rho V_2^2}{2} = 7{,}38\gamma \Rightarrow \frac{\cancel{\rho} V_2^2}{2} = 7{,}38 \cdot \cancel{\rho} g \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2^2 = 14{,}76g \Rightarrow V_2^2 = 144{,}648 \Rightarrow V_2 = 12\,m/s$

$Q = A_2 \cdot V_2 = A_3 \cdot V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{A_2 \cdot V_2}{A_3} = \frac{(0{,}0762)^2 \cancel{\pi} 12}{(0{,}127)^2 \cancel{\pi}} \Rightarrow$

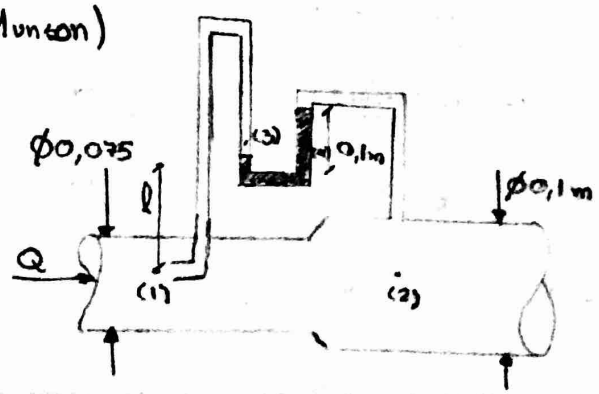
$\Rightarrow V_3 = 4{,}32\,m/s$

Eq. de Bernoulli:

$(1) \longrightarrow (3) \cdot 0 = \cancel{P_3} - \gamma h + \frac{\rho V_3^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \gamma h = \frac{\rho V_3^2}{2} \Rightarrow h = \frac{V_3^2}{2g} \Rightarrow h \simeq 0{,}95\,m$

3.45) (Munson)



Eq de Bernoulli: $V_1 \simeq 0$ $\gamma = \gamma_{óleo} = 8{,}30$

$z_1 = z_2$

$(1) \longrightarrow (2)$

$\frac{P_1}{\gamma} + \cancel{z_1} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}}^{0} = \frac{P_2}{\gamma} + \cancel{z_2} + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow V_2^2 = \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$ (I)

Lei de Stevin:

$P_1 = P_3 + \gamma l = P_4 + \gamma l$

$P_2 - \gamma(l + 0{,}1) + \gamma_{água}\, 0{,}1 = P_4 \Rightarrow$

$\Rightarrow P_2 = \gamma l + 0{,}1\gamma - \gamma_{água} \cdot 0{,}1 + P_4$

$P_1 - P_2 = (\gamma_{água} - \gamma) \cdot 0{,}1$ (II)

$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 170 \cdot 0{,}1}{999}} = 0{,}1845\,m/s$

$Q = \frac{0{,}1^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0{,}1845 = 0{,}00145\,m^3/s$

5.4) (Munson)

Do Teorema do Transporte de Reynolds:

$\frac{\partial}{\partial t} \cancel{\int_{VC} \rho\, d\forall}^{0} + \int_{SC} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \rho_1 \overline{V_1} A_1 \cos\alpha_1 + \rho_2 \overline{V_2} A_2 \cos\alpha_2 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow -\rho_1 \overline{V_1} A_1 + \rho_2 \overline{V_2} A_2 = 0 \Rightarrow \rho_1 \overline{V_1} \cancel{A_1} = \rho_2 \overline{V_2} \cancel{A_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \overline{V_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \overline{V_1}$ (1)

Considerando que o ar é compressível ($\rho_1 \neq \rho_2$) e que se aproxima de um gás perfeito

$\frac{P_1 \forall_1}{T_1} = \frac{P_2 \forall_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1 \rho_1} = \frac{P_2}{T_2 \rho_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1} \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{77\,240}{45\,268} \simeq 1{,}5323$

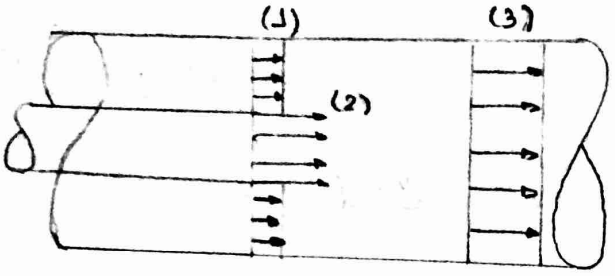
De (2) em (1):

$\overline{V_2} = 1{,}5323 \cdot 205 \Rightarrow \overline{V_2} \simeq 314{,}13\,m/s$

5.9) (Munson)

2 entradas e 1 saída

Considerando que o escoamento ocorre em regime permanente e que o fluído é incompressível



Pelo Teorema do Transporte de Reynolds.

$\cancel{\rho}\overline{V_1} A_1 \cos\alpha_1 + \cancel{\rho}\overline{V_2} A_2 \cos\alpha_2 + \cancel{\rho}\overline{V_3} A_3 \cos\alpha_3 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow Q_1 = 6 \cdot 0{,}075 - 30 \cdot 0{,}01 = 0{,}15\ m^3/s$

5.10) (Munson)

Supondo que se trata de um regime permanente e sabendo que a água é incompressível

$$\sum_{i=1}^{n_s} \dot{m}_i - \sum_{j=1}^{n_e} \dot{m}_j = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^{n_s} \rho_i Q_i = \sum_{j=1}^{n_e} \rho_j Q_j \Rightarrow$$

$$Q_3 = Q_2 + Q_1 \Rightarrow \overline{V_3} A_3 = 15{,}8 + 6{,}3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \overline{V_3} \frac{\pi D_3^2}{4} = 22{,}1\ \frac{L}{s} \Rightarrow \overline{V_3} \frac{\pi \cdot 0{,}2^2}{4} = 0{,}0221$$

$$\Rightarrow \overline{V_3} = \frac{4 \cdot 0{,}0221}{\pi\, 0{,}2^2} \Rightarrow \overline{V_3} = 0{,}7\ m/s$$

5.13) (Munson)

Como os perfis de velocidade são uniformes então as velocidades médias são iguais as velocidades dadas.

Supondo regime permanente e que o fluído é incompressível

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \Rightarrow 15{,}2 \cdot 0{,}91 \cdot 0{,}91 + 24{,}4 \cdot 1{,}52 \cdot 1{,}22 =$$

$$= 1{,}83 \cdot 9{,}1 \cdot 0{,}8V + 1{,}83 \cdot 21{,}3\ V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 57{,}8345 = 13{,}3224\ V + 38{,}9790\ V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 52{,}3014\ V = 57{,}8345 \Rightarrow V = 1{,}1058\ m/s$$

5.14) (Munson)

Como há reposição dos líquidos que saem então podemos considerar o regime permanente.

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} \rho\, d\forall = 0 \therefore \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \rho_{água} Q_1 + \rho_{óleo} Q_2 = \rho_{mistura} Q_3 \quad (1)$$

Como água e óleo podem ser considerados incompressíveis então $Q_1 + Q_2 = Q_3$ (2)

De (2) em (1):

$$1 \cdot Q_1 + 0{,}9 Q_2 = 0{,}95 (Q_1 + Q_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_1 + 0{,}9 Q_2 = 0{,}95 Q_1 + 0{,}95 Q_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0{,}05 Q_2 = 0{,}05 Q_1 \Rightarrow Q_2 = 2\ m^3/s$$

5.19) (Munson)

Supondo que o regime é permanente e que o fluído é incompressível:

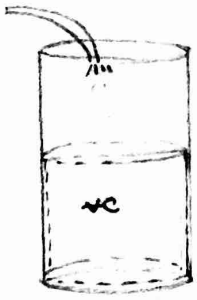
$$Q_{entrada} = Q_{saída} \Rightarrow 0{,}229 \cdot 0{,}91 \cdot V = A\,\overline{V} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0{,}20839 V = A \cdot \frac{1}{A}\int_0^{0{,}305} 4y - 2y^2\, 0{,}91 dy \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0{,}20839 V = \left[2y^2 - \frac{2y^3}{3}\right]_0^{0{,}305} 0{,}91 = 0{,}167 \cdot 0{,}91 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V \cong 0{,}73\ m/s$$

5.22) (Munson)



Adotamos como volume de controle o fluído presente na piscina. Note que poderíamos utilizar a piscina como volume de controle mas cairíamos em uma função da massa específica com o tempo, dificultando a resolução do problema já que não temos muitas informações para chegar a uma solução desta equação

Supondo que o fluído é incompressível:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} \rho_{água}\, d\forall - \rho_{água} Q_e = 0 \Rightarrow \frac{\partial}{\partial t}(\rho_{água} \forall_c) - \rho_{água} Q_e$$

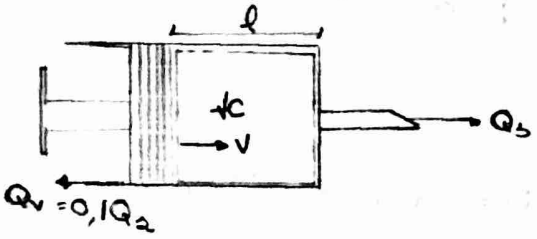
$$= 0 \Rightarrow \rho_{água} \cdot \frac{\partial \forall_c}{\partial t} = \rho_{água} Q_e \Rightarrow \frac{d\forall_c(t)}{dt} = Q_e \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_0^{\forall_{c_f}} d\forall_c = \int_0^{1} Q_e\, dt \Rightarrow \frac{\pi D^2 h_{máx}}{4} = 1 Q_e \Rightarrow$$

$\Rightarrow t\, Q_e = \frac{\pi\, 5^2\, 1{,}5}{4} \Rightarrow t\, 0{,}001 = \frac{\pi\, 25\, 1{,}5}{4} \Rightarrow$

$\Rightarrow t \cong 8{,}2$ horas

5.25) (Munson)



Supondo que o fluído seja incompressível

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} \cancel{\rho}\, d\forall + \cancel{\rho} Q_v + \cancel{\rho} Q_s = 0 \Rightarrow \frac{\partial \forall c}{\partial t} + 1{,}1 Q_s = 0 \Rightarrow$$

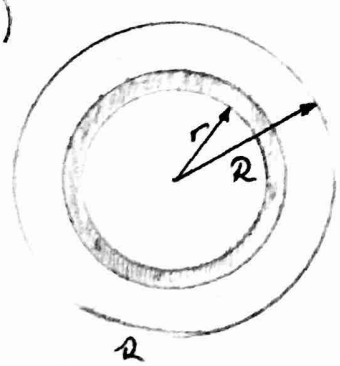
$$\Rightarrow \frac{\partial}{\partial t}(A_c\, \ell) + 1{,}1 Q_s = 0 \Rightarrow A_c \cdot (-V) + 1{,}1\, A_a \cdot V_s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_s = \frac{A_c}{A_a}\, \frac{1}{1{,}1} \cdot V = \frac{(20mm)^2}{(0{,}7mm)^2}\, \frac{(20mm/s)}{(1{,}1)}\, \frac{1}{10^3 \frac{mm}{m}} \Rightarrow$$

$\Rightarrow V_s = 14{,}8\, m/s$

4.1.1) (Ap4)

1)



$A = \pi R^2$

$dA = 2\pi r\, dr$

$$\bar{V} = \frac{1}{A}\int v\, dA =$$

$$= \frac{1}{\cancel{\pi} R^2}\int_0^R V_0\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) r\, 2\cancel{\pi}\, dr = \frac{2}{R^2} V_0 \int_0^R r - \frac{r^3}{R^2}\, dr =$$

$$= \frac{2}{R^2} V_0 \left[\frac{r^2}{2} - \frac{r^4}{4R^2}\right]_0^R = \frac{2V_0}{R^2}\left[\frac{R^2}{2} - \frac{R^2}{4}\right] = \frac{2V_0}{R^2} \cdot \frac{R^2}{4} = \frac{V_0}{2}$$

$$\alpha = \frac{1}{\cancel{\pi} R^2}\int_0^R \left[\frac{\cancel{V_0}(1 - r^2/R^2)}{\cancel{V_0}/2}\right]^3 2\cancel{\pi} r\, dr = \frac{16}{R^2}\int_0^R \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^3 r\, dr$$

$$u = 1 - \frac{r^2}{R^2} \quad \frac{du}{dr} = -\frac{2r}{R^2} \Rightarrow r\, dr = -\frac{R^2 du}{2}$$

$$-\frac{R^2}{2}\int u^3 du = -\frac{R^2}{2}\, \frac{u^4}{4} \Rightarrow \frac{16}{\cancel{R^2}}\left(-\frac{\cancel{R^2}}{8}\right)\left[\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^4\right]_0^R = 2$$

$\alpha = 3\beta - 2 \Rightarrow 2 = 3\beta - 2 \Rightarrow \beta = 4/3$

4.2.1) (Ap.4)

Supondo que se trata de um regime permanente.

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} \rho\, d\forall + \dot{m}_1 - \dot{m}_2 = 0 \Rightarrow \dot{m}_1 = \dot{m}_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_2 \bar{V}_2 = A_1 \cdot \bar{V}_1 \Rightarrow \frac{\cancel{\pi} D_2^2}{\cancel{4}} \bar{V}_2 = \frac{\cancel{\pi} D_1^2}{\cancel{4}} \bar{V}_1$$

Do exercício 4.1.1e) temos que $\bar{V}_1 = \frac{98}{120} V_{máx} =$

$= \frac{98}{120} \cdot 0{,}122 = 0{,}096\, m/s$

$$\bar{V}_2 = \frac{0{,}5^2}{0{,}1^2} \cdot 0{,}096 \Rightarrow \bar{V}_2 = 2{,}4\, m/s$$

4.2.2) (Ap4)

Vamos supor que o volume preenchido pelo combustível se mantém constante (trata-se de gases).

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} \rho\, d\forall + \dot{m}_s = 0 \Rightarrow \frac{\partial m}{\partial t} + \dot{m}_s = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\partial}{\partial t}(m_0 - \beta t) + \rho \cdot V S = 0 \Rightarrow -\beta + \rho V S = 0$$

$$\Rightarrow V = \frac{\beta}{\rho S}.$$

5.116) (Munson)

Supondo que o regime do escoamento seja permanente e que o fluído seja incompressível

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{\forall c} \rho \cdot d\forall + \dot{m}_s - \dot{m}_e = 0 \Rightarrow \dot{m}_s = \dot{m}_e \Rightarrow$$

$\Rightarrow Q_s = Q_e = Q$

$$\frac{\cancel{p_e}}{\cancel{\rho_{água}}} + g z_e + \frac{\cancel{\alpha_e V_e^2}}{\cancel{2}} + \cancel{w_b} = \frac{\cancel{p_s}}{\cancel{\rho_{água}}} + g z_s + \frac{\cancel{\alpha_s V_s^2}}{\cancel{2}} + \cancel{w_t} + e_{perda}$$

$\Rightarrow e_{perda} = g(z_e - z_s) = 9{,}8 \cdot 15{,}2 = 148{,}96\, m^3/s$

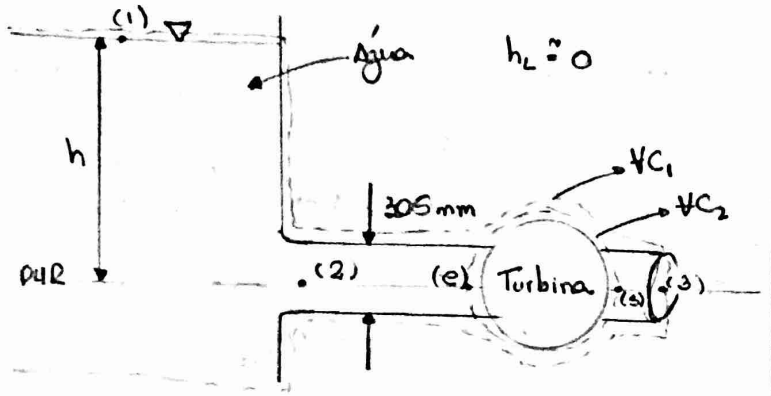
Agora, calculamos a potência de uma bomba instalada entre a entrada e a saída. Note que o fluído vai da saída para a entrada. Logo $z_e - z_s = -15{,}2\, m$

$w_b = g(z_s - z_e) + e_{perda} \Rightarrow w_b = 9{,}8\, 15{,}2 + 148{,}96$

$\Rightarrow w_B = 297{,}92 \Rightarrow \frac{\dot{W}_B}{\dot{m}} = 297{,}92 \Rightarrow$

$\Rightarrow \dot{W}_B = 999 \cdot \frac{0{,}33}{60} \cdot 297{,}92 \cong 1885\,W \Rightarrow \dot{W}_B = 2{,}52\,Hp$

5.119) (Munson)



a) $\bar{V}_1 \cong 0$, $\dot{W}_t = 74{,}6 \cdot 10^3\,W$, $P_1 = P_3 = 0$

$Q = \bar{V}_3 A \Rightarrow \bar{V}_3 = \frac{Q}{A} \Rightarrow \bar{V}_3 = \frac{4Q}{\pi D_4^2} = \frac{4\ 0{,}57}{\pi \cdot 0{,}305^2} = 7{,}08\,\frac{m}{s}$

$w_t = \frac{\dot{W}_t}{\dot{m}} \Rightarrow w_t = \frac{74{,}6 \cdot 10^3}{999 \cdot 0{,}57} = 131$

$h_t = \frac{w_t}{g} = \frac{131}{9{,}8} = 13{,}4\,m$

Supondo que o regime é permanente e o escoamento é turbulento ($\alpha_i = 1$, $i = 1,2,3$) e sabendo que a água é um fluído incompressível:

$$\underbrace{\frac{P_1}{\gamma}}_{0} + z_1 + \underbrace{\frac{\alpha_1 \bar{V}_1^2}{2g}}_{0} + \underbrace{h_B}_{0} = \underbrace{\frac{P_3}{\gamma}}_{0} + \underbrace{z_3}_{0} + \frac{\alpha_3 \bar{V}_3^2}{2g} + h_t + \underbrace{h_L}_{0}$$

$\Rightarrow h = \frac{7{,}08^2}{2 \cdot 9{,}8} + 13{,}4\,m = 15{,}96\,m$ (consideramos VC_1)

b) $$\frac{P_e}{\gamma} + \underbrace{z_e}_{0} + \underbrace{\frac{\alpha_e \bar{V}_e^2}{2g}}_{0} + \underbrace{h_B}_{0} = \frac{P_s}{\gamma} + \underbrace{z_s}_{0} + \underbrace{\frac{\alpha_s \bar{V}_s^2}{2g}}_{0} + h_s + \underbrace{h_L}_{0}$$

$\frac{P_e - P_s}{\gamma} = h_L \Rightarrow P_e - P_s = \gamma \cdot h_t \Rightarrow P_e - P_s = 131{,}2\,kPa$

(consideramos VC_2)

c) Com a turbina, vamos retomar a equação do item a) tal que:

$\frac{\bar{V}_3^2}{2g} = z_1 = h \Rightarrow \bar{V}_3^2 = 2g z_1 \Rightarrow \bar{V}_3 = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 13{,}4}$

$\Rightarrow \bar{V}_3 = 16{,}2\,m/s$

$Q = \frac{\pi D_4^2}{4} \bar{V}_3 = \frac{\pi\ 0{,}305^2}{4} 16{,}2 \cong 1{,}20\,m^3/s$

(consideramos VC_1)

5.120) Considerando que o regime é permanente então $\frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} e \rho\, dV = 0$. Como o escoamento é adiabático e sem atrito então $e_{mec,perda} = 0$

$$\sum_{i=1}^{n_e} \dot{m}_i \left(\frac{P_i}{\rho_i} + g z_i + \frac{\alpha_i V_i^2}{2} \right) + \dot{W}_{eixo} = \sum_{j=1}^{n_s} \dot{m}_j \left(\frac{P_j}{\rho_j} + g z_j + \frac{\alpha_j V_j^2}{2} \right)$$

Como o escoamento ocorre em um plano horizontal temos que $z_j \cong z_i \cong 0$

$\dot{m}_1 = 1030\ 4{,}6\ 0{,}019355 = 91{,}7\,kg/s$

$\dot{m}_3 = 1030 \cdot 13{,}7 \cdot 0{,}003226 = 45{,}5\,kg/s$

Pela Conservação da Massa:

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \Rightarrow \dot{m}_2 = 46{,}2\,kg/s$

$$\dot{W}_{eixo} = 45{,}5 \left(\frac{101000}{1030} + \frac{13{,}7^2}{2} \right) + 46{,}2 \left(\frac{340000}{1030} + \frac{10{,}7^2}{2} \right) + - 91{,}7 \left(\frac{550000}{1030} + \frac{4{,}6^2}{2} \right) = -23309{,}4\,W =$$

$\cong -31{,}3\,Hp$

5.121) (Munson)

$Q = \bar{V} \cdot \frac{D^2 \pi}{4} = \bar{V} \cdot \frac{(0{,}203)^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}0323 \bar{V} \Rightarrow$

$\Rightarrow \bar{V} = \frac{0{,}071}{0{,}0323} = 2{,}2\,m/s$

$e_{perda} = \frac{657\ 2{,}2^2}{2} = 1589{,}94\,\frac{m^2}{s^2}$

$$\underbrace{\frac{P_1}{\rho}}_{0} + g z_1 + \underbrace{\frac{\alpha_1 \bar{V}_1^2}{2}}_{0} + w_B = \underbrace{\frac{P_2}{\rho}}_{0} + g z_2 + \underbrace{\frac{\alpha_2 \bar{V}_2^2}{2}}_{0} + \underbrace{z_1}_{0} + e_{perda}$$

$\Rightarrow w_B = g(z_2 - z_1) + e_{perda} \Rightarrow$

$\Rightarrow \dot{W}_B = \rho \cdot Q\,[g(z_2 - z_1) + e_{perda}] =$

$= 999 \cdot 0{,}071 \cdot [9{,}8 \cdot 15{,}2 + 1589{,}94] =$

$= 123{,}338\,kW$

5 122) (Munson)

Supondo que o escoamento é turbulento e que o regime é permanente,

$$\frac{P_1}{\gamma_0} + z_1 + \frac{\overline{V}_1^2}{2g} + h_B = \frac{P_2}{\gamma_0} + z_2 + \frac{\overline{V}_2^2}{2g} + \cancel{h_T} + \cancel{h_L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_B = \frac{P_2 - P_1}{\gamma_0} + (z_2 - z_1) + \frac{\overline{V}_2^2 - \overline{V}_1^2}{2g} \quad (1)$$

Da conservação da massa temos que:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_{VC} \cancel{\rho_{VC}}\, d\forall + \dot{m}_2 - \dot{m}_1 = 0 \Rightarrow \dot{m}_2 = \dot{m}_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_2 = Q_1 = 0{,}142\ m^3/s$$

$$0{,}142 = \frac{\overline{V}_1 \pi D_{4,1}^2}{4} \Rightarrow \overline{V}_1 = \frac{4 \cdot 0{,}142}{\pi\ 0{,}305^2} = 1{,}943\ m/s$$

$$0{,}142 = \frac{\overline{V}_2 \pi D_{4,2}^2}{4} \Rightarrow \overline{V}_2 = \frac{4\ 0{,}142}{\pi\ (0{,}152)^2} = 7{,}825\ m/s$$

Da Lei de Stevin:

$$P_1 + \gamma_0 H + 0{,}914\ \gamma_{Hg} - (0{,}914 + H + h)\gamma_0 = P_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_2 - P_1 = \gamma_0 H + 0{,}914\ \gamma_{Hg} - (0{,}914 + H + h)\gamma_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_2 - P_1}{\gamma_0} = \cancel{H} + 0{,}914\ \frac{12181{,}92}{8800} - 0{,}914 - \cancel{H} - h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_2 - P_1}{\gamma_0} = 12{,}65 - h \quad (2)$$

De (2) em (1):

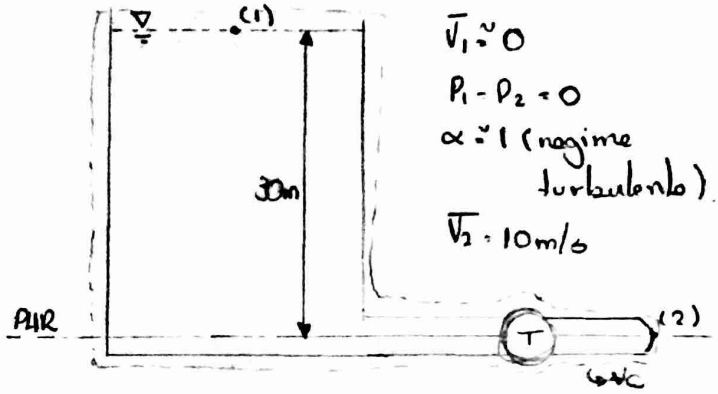
$$h_B = 12{,}65 - \cancel{h} + \cancel{h} + \frac{7{,}825^2 - 1{,}943^2}{2 \cdot 9{,}8} = 15{,}58\ m$$

$$h_B = \frac{\dot{W}_B}{g} = \frac{\dot{W}_B}{g\,\dot{m}} = \frac{\dot{W}_B}{g\,Q\rho} = \frac{\dot{W}_B}{\gamma_0 \cdot Q} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = 15{,}58 \cdot 8800 \cdot 0{,}142 = 19468{,}8\ W$$

51) (Ap 5)

Vamos supor que as perdas de carga por atrito são desprezíveis. Também supomos que trata-se de regime permanente e que o fluido é incompressível



$\overline{V}_1 \simeq 0$

$P_1 - P_2 = 0$

$\alpha \simeq 1$ (regime turbulento)

$\overline{V}_2 = 10\ m/s$

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma_a}} + \cancel{\frac{\alpha_1 \overline{V}_1^2}{2g}} + z_1 + \cancel{h_B} = \cancel{\frac{P_2}{\gamma_a}} + \frac{\alpha_2 \overline{V}_2^2}{2g} + \cancel{z_2} + h_T + \cancel{h_L}$$

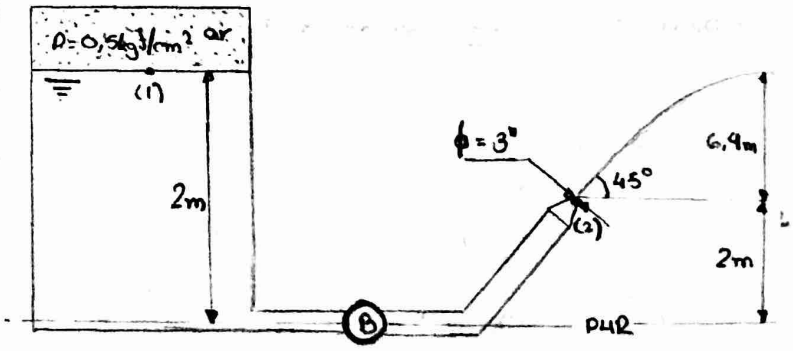
$$z_1 = \frac{\overline{V}_2^2}{2g} + h_T \Rightarrow h_T = 30 - \frac{10^2}{2g} \simeq 25\ m$$

$$Q = \overline{V}_2\ A = 10\ \frac{\pi (0{,}0762)^2}{4} = 4{,}6\ 10^{-2}\ m^3/s$$

$$h_T = \frac{\dot{W}_T}{\gamma_a \cdot Q} \Rightarrow \dot{W}_T = 25 \cdot 10^4\ 4{,}6 \cdot 10^{-2} = 11500\ W$$

$$\Rightarrow h_T = 15{,}42\ hp$$

52) (Ap 5)



$\dot{W}_L = 6{,}5\ CV = 4780{,}75\ W$

$P_1 = 5000\ kgf/m^2$

$\gamma = 1000\ kgf/m^3$

Supomos um fluido incompressível, regime permanente e que o escoamento é turbulento.

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{\alpha_1 \overline{V}_1^2}{2g}} + z_1 + h_B = \cancel{\frac{P_2}{\gamma}} + \frac{\alpha_2 \overline{V}_2^2}{2g} + z_2 + \cancel{h_T} + h_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 5 + 2 + h_B = \frac{1\ \overline{V}_2^2}{2g} + 2 + h_L \quad (1)$$

Trabalho-se de um lançamento oblíquo:

$\overline{V}_2 \cdot \operatorname{sen}45° = \sqrt{2g\,6{,}4} \Rightarrow \overline{V}_2 = \dfrac{\sqrt{2\cdot 9{,}8\cdot 6{,}4}}{\operatorname{sen}45°} = 15{,}84\,m/s$

Pela Conservação da Massa:

$$\cancel{\frac{\partial}{\partial t}\int_{VC}\rho_{VC}\,dV}^{\,0} + \rho Q_s - \rho Q_e = 0 \Rightarrow \rho Q_s = \rho Q_e \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_s = Q_e \Rightarrow Q = \pi\,\frac{(0{,}0762)^2}{4}\,15{,}84 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 7{,}22\cdot 10^{-2}\,m^3/s$$

Calculando a perda de carga:

$$h_L = \frac{4780{,}75}{9810\cdot 7{,}22\cdot 10^{-2}} = 6{,}75\,m$$

Q (1):

$$7 + h_B = \frac{15{,}84^2}{2\cdot 9{,}8} + 8{,}75 \Rightarrow h_B = \frac{15{,}84^2}{2\cdot 9{,}8} + 1{,}75 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_B = 14{,}55\,m$$

$$\frac{\dot{W}_B}{9810\cdot 0{,}0722} = 14{,}55 \Rightarrow \dot{W}_B = 10305{,}5\,W$$

$$\dot{W}_{B,eixo} = \frac{10305{,}5}{0{,}7} = 14722{,}18\,W = 20\,CV.$$

5.4) (Ap. 5)

$Q_3 = 0{,}05\,m^3/s$

Suporemos que trata-se de um fluido em regime permanente, incompressível e com escoamento turbulento. Também vamos supor que as entradas são simétricas.

Pela Conservação da Massa:

$$\cancel{\frac{\partial}{\partial t}\int_{VC}\rho_{VC}\,dV}^{\,0} + \dot{m}_s - \dot{m}_e = 0 \Rightarrow \underbrace{\dot{m}_s = \dot{m}_e}_{\dot{m}_1 + \dot{m}_2 - \dot{m}_3 = 0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{\rho} Q_3 = \cancel{\rho} Q_1 + \cancel{\rho} Q_2 \Rightarrow 2Q = 0{,}05 \Rightarrow Q =$$

$$= Q_1 = Q_2 = 0{,}025\,m^3/s$$

$$Q_1 = \frac{\pi D_1^2}{4}\,\overline{V}_1 = 0{,}025 \Rightarrow \overline{V}_1 = \frac{4\cdot 0{,}025}{\pi\,(0{,}038)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \overline{V}_1 = 12{,}33\,m/s = \overline{V}_2$$

$$\therefore \overline{V}_3 = 2\overline{V}_1 \Rightarrow \overline{V}_3 = 24{,}66\,m/s$$

Note que $z_1 \cong z_2 \cong z_3 = z$ e $p_1 \cong p_2 \cong p_3 = p$

$$\dot{Q}_T + \dot{W}_{eixo} = \sum_{i=3}^{2} \dot{m}_i\left(\frac{p_i}{\rho} + u_i + \frac{\alpha_i \overline{V}_i^2}{2} + gz_i\right) +$$

$$+ \dot{m}_3\left(\frac{p_3}{\rho} + u_3 + \frac{\alpha_3 \overline{V}_3^2}{2} + gz_3\right) + \dot{W}_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = p\left(\dot{m}_3 - \dot{m}_1 - \dot{m}_2\right) + \frac{\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{2} + gz\left(\dot{m}_3 - \dot{m}_1 - \dot{m}_2\right) -$$

$$- \frac{\dot{m}_2 \overline{V}_2^2}{2} - \frac{\dot{m}_1 \overline{V}_1^2}{2} + \dot{W}_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = \frac{\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{2} - \frac{\dot{m}_3}{2}\,\frac{1}{2}\cdot\frac{\overline{V}_3^2}{4} - \frac{\dot{m}_3}{2}\,\frac{1}{2}\,\frac{\overline{V}_3^2}{4} + \dot{W}_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = \frac{\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{2} - \frac{\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{16} - \frac{\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{16} + \dot{W}_L \Rightarrow$$

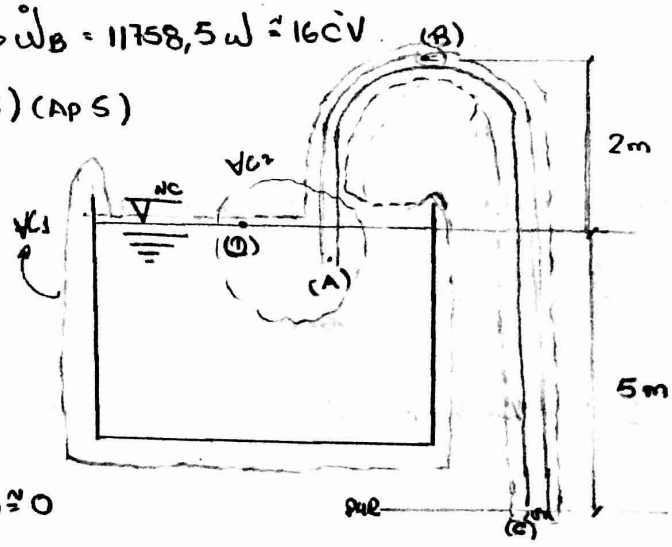
$$\Rightarrow \dot{W}_B = \frac{\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{2} - \frac{\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{8} + \dot{W}_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = \frac{3\dot{m}_3 \overline{V}_3^2}{8} + \dot{W}_L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = \frac{3\cdot 999\cdot 0{,}05\,(24{,}66)^2}{8} + 367{,}75 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = 11758{,}5\,W \cong 16\,CV$$

5.5) (Ap 5)



Tomando VC_1:

$$\cancel{\frac{p_0}{\gamma}}^{\,0} + \cancel{\frac{\alpha_0 \overline{V}_0^2}{2g}}^{\,0} + z_0 + \cancel{h_{eixo}}^{\,0} = \cancel{\frac{p_c}{\gamma}}^{\,0} + \frac{\alpha_c \overline{V}_c^2}{2g} + \cancel{z_c}^{\,0} + \cancel{h_L}^{\,0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1\cdot \overline{V}_c^2}{2g} = z_0 \Rightarrow \overline{V}_c = \sqrt{2\cdot 9{,}8\cdot 5} \Rightarrow V_c \cong 10\,m/s$$

Tomando VC_2:

$$\cancel{\frac{p_0}{\gamma}}^{\,0} + \cancel{\frac{\alpha_0 \overline{V}_0^2}{2g}}^{\,0} + \cancel{z_0}^{\,0} + \cancel{h_{eixo}}^{\,0} = \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A \overline{V}_A^2}{2g} + \cancel{z_A}^{\,0} + \cancel{h_L}^{\,0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A \overline{V}_A^2}{2g} = 0$$

$Q_A = Q_C \Rightarrow \cancel{A} \cdot \overline{V_A} = \cancel{A} \cdot \overline{V_C} \Rightarrow \overline{V_A} = 10 m/s$

$$\frac{P_A}{\rho \cancel{g}} = -\frac{\overline{V_A}^2}{2\cancel{g}} \Rightarrow P_A = -\frac{\overline{V_A}^2 \cdot \rho}{2} = -\frac{100 \cdot 999}{2} \Rightarrow P_A \cong 50 kPa$$

Tomando VC_3:

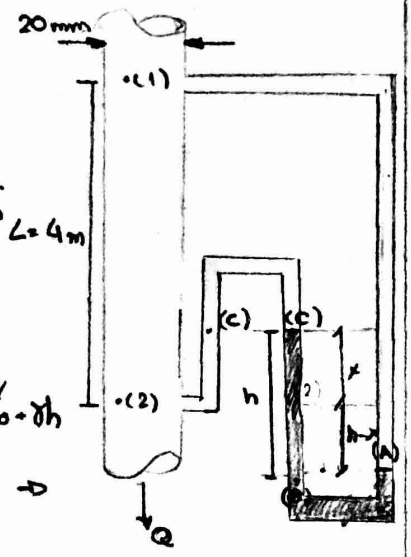
$$z_0 = \frac{P_0}{\gamma} + \frac{\alpha_0 \overline{V_0}^2}{2g} + \cancel{z_0}^{\,7m} \Rightarrow \frac{P_0}{\rho g} = -2 - \frac{10^2}{2g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_0 = -2\rho g - \frac{100\rho}{2} \Rightarrow P_0 = -70 kPa$$

Lista 2 - Laboratório

8.22) $\gamma_o = 0{,}87 \cdot 10000 = 8700 N/m^3$

(Munson) $\gamma = 1{,}3 \cdot 10000 = 13000 N/m^3$



Lei de Stevin:

$P_A = P_1 + (4 + h - x)\gamma_o$

$P_2 = P_c + x\gamma_o \Rightarrow P_c = P_2 - x\gamma_o$

$P_B = P_c + \gamma h \Rightarrow$

$\Rightarrow P_B = P_2 - x\gamma_o + \gamma h \Rightarrow$

$\Rightarrow P_1 + 4\gamma_o + h\gamma_o - \cancel{x\gamma_o} = P_2 - \cancel{x\gamma_o} + \gamma h$

$\Rightarrow P_1 - P_2 = \gamma h - 4\gamma_o - h\gamma_o \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta p = h(\gamma - \gamma_o) - 4\gamma_o =$

$= 4300h - 34800$

Supondo que a ação viscosa seja relevante. Então há uma perda de carga

$$h_f = \frac{fL}{D_H}\frac{v^2}{2g} = \frac{\Delta p}{\gamma_o} + \overbrace{(z_1 - z_2)}^{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{fL}{D_H}\frac{v^2}{2g} = \frac{4300h - 34800}{\gamma_o} + 4 \quad (1)$$

Calculo da velocidade v:

$$Q = 4 \cdot 10^{-4} m^3/s \Rightarrow 4 \cdot 10^{-4} = v \cdot \frac{\pi (0{,}02)^2}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \frac{16 \cdot 10^{-4}}{(0{,}02)^2 \pi} = 1{,}27 m/s \quad (2)$$

Calculo do número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \cdot D_H}{\nu} = \frac{1{,}27 \cdot 0{,}02}{2{,}2 \cdot 10^{-4}} \simeq 115{,}45 < 2000$$

∴ trata-se de um escoamento laminar

$$f = \frac{64}{115{,}45} \Rightarrow f \simeq 0{,}554 \quad (3)$$

De (2) e (3) em (1):

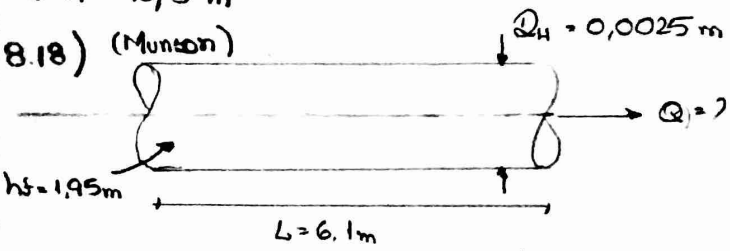
$$\frac{0{,}554 \cdot 4}{0{,}02} \cdot \frac{1{,}27^2}{2 \cdot 9{,}8} = \frac{4300h - 34800}{8700} + 4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4300h - 34800}{8700} = 9{,}12 - 4 = 5{,}12 \Rightarrow$$

$\Rightarrow 4300h - 34800 = 44544 \Rightarrow 4300h = 79344 \Rightarrow$

$\Rightarrow h \simeq 18{,}5 m$

8.18) (Munson)



$Re = 1500 < 2000$ o escoamento é laminar

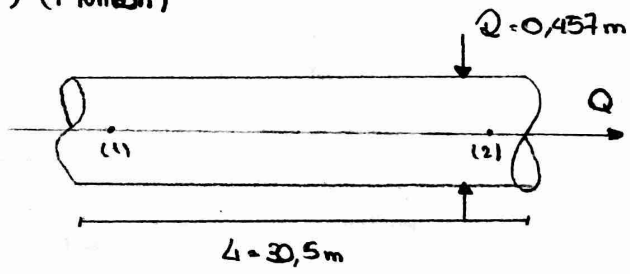
$$f = \frac{64}{Re} \Rightarrow f = \frac{64}{1500} = 0{,}0427$$

$$h_f = f \frac{L}{D_H} \cdot \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v^2 = \frac{h_f D_H 2g}{fL} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{h_f \cdot D_H \cdot 2g}{f \cdot L}} = \sqrt{\frac{1{,}95 \cdot 0{,}0025 \cdot 2 \cdot 9{,}8}{0{,}0427 \cdot 6{,}1}} \Rightarrow$$

$\Rightarrow v \simeq 0{,}61 m/s$.

8.28) (Munson)



$$Q = 0{,}283 m^3/s \Rightarrow v \cdot \frac{\pi 0{,}457^2}{4} = 0{,}283 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \frac{4 \cdot 0{,}283}{0{,}457^2 \pi} \Rightarrow v \simeq 1{,}725 m/s$$

$$Re = \frac{\rho v D_H}{\mu} = \frac{999 \cdot 1{,}725 \cdot 0{,}457}{1{,}12 \cdot 10^{-3}} = 703157$$

$Re > 4000 \Rightarrow$ escoamento é turbulento

Para concreto, temos: $\xi = 0{,}003$ $\frac{\xi}{D_H} = \frac{0{,}3 \cdot 10^{-3}}{0{,}457} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{\xi}{D_H} = 6{,}56 \cdot 10^{-4} = 0{,}000656$$

Do diagrama de Moody, obtemos $f = 0{,}019$

$$f \frac{L}{D_H} \frac{v^2}{2g} = \frac{\Delta p}{\gamma} + \overbrace{(z_1 - z_2)}^{0} \Rightarrow 0{,}019$$

$\Rightarrow 0{,}019 \cdot \frac{30{,}5}{0{,}457} \frac{1{,}725^2}{2\,9{,}8}\, 9{,}8\, 999 = \Delta p \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta p \simeq 1884{,}74\ Pa$

Agora, se $z_1 - z_2 = -0{,}6\,m$

$\Delta p = 1884{,}74 + \frac{999 \cdot 9{,}8}{\gamma} \cdot 0{,}6 = 7758{,}86\ Pa$

Se $z_1 - z_2 = -0{,}6\,m$:

$\Delta p = 1884{,}74 - 999 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}6 = -3989{,}38\ Pa$

8.30) (Munson)

$Q = 0{,}0566\ m^3/s \Rightarrow V = \frac{4 \cdot 0{,}0566}{\pi (0{,}152)^2} = 3{,}12\,m/s$

$h_f = \frac{(p_1 - p_2)}{\gamma} + (z_1 - \cancel{z_2}^{\,0}) \Rightarrow h_f = \frac{29 \cdot 10^3}{999 \cdot 9{,}8} = 2{,}96\,m$

$2{,}96 = f \cdot \frac{30{,}5}{0{,}152} \cdot \frac{(3{,}12)^2}{2 \cdot 9{,}8} \Rightarrow f = \frac{2{,}96}{99{,}65} \simeq 0{,}03$

8.1) (Ap8)

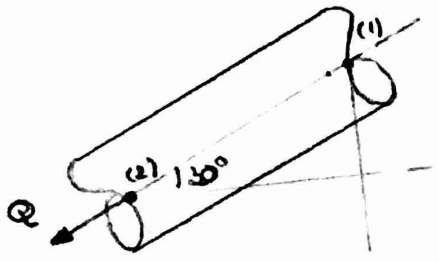
a) $\nu = 1{,}1 \cdot 10^{-4}\ m^2/s$

$\gamma_0 = 900\ kgf/m^3 = 8825{,}98\ N/m^3$

$D_H = 0{,}0127\,m$

$Q = 0{,}142\ m^3/h$

$L = 1\,m$



Calculo da velocidade:

$Q = \frac{0{,}142}{3600}\frac{m^3}{s} \Rightarrow V \cdot \frac{\pi (0{,}0127)^2}{4} = \frac{0{,}142}{\cancel{3600}\ 900} \Rightarrow$

$\Rightarrow V = \frac{0{,}142}{\pi\, 900\, (0{,}0127)^2} \Rightarrow V = 0{,}31\,m/s$

Calculo do número de Reynolds

$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D_H}{\mu} = \frac{V \cdot D_H}{\nu} = \frac{0{,}31 \cdot 0{,}0127}{1{,}1\ 10^{-4}} \Rightarrow$

$\Rightarrow Re \simeq 35{,}8$

Como o escoamento é laminar:

$f = \frac{64}{Re} \Rightarrow f = \frac{64}{35{,}8} \Rightarrow f = 1{,}79$

Calculo da perda de energia distribuída

$h_f = f \cdot \frac{L}{D_H} \cdot \frac{V^2}{2g} \Rightarrow h_f = 1{,}79 \cdot \frac{1}{0{,}0127} \cdot \frac{0{,}31^2}{2\,9{,}8} \Rightarrow$

$\Rightarrow h_f \simeq 0{,}69\,m$

$\therefore 0{,}69 = \frac{(p_1 - p_2)}{\gamma_0} + (z_1 - z_2) = \frac{\Delta p}{\gamma_0} + L \sin 30°$

$\Rightarrow \frac{\Delta p}{\gamma_0} = 0{,}19 \Rightarrow \Delta p \simeq 1676{,}9\ Pa$

b) $\Delta p = 0 \Rightarrow L \sin\alpha = 0{,}69 \Rightarrow \alpha = \arcsin(0{,}69)$

$\Rightarrow \alpha = 0{,}76\,rad$