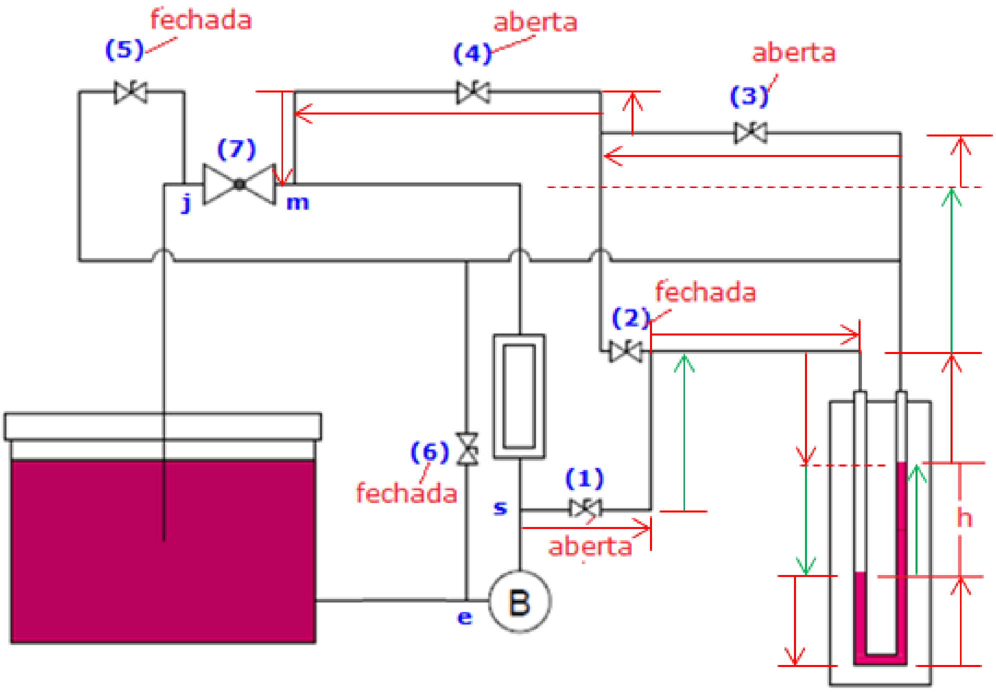
Gabarito turmas A2, A5, A8, A11, A14, A17, A20 e A23

1ª Questão:

a. explicar os procedimentos referentes as mini válvulas esfera para se obter o desnível do fluido manométrico para a determinação da diferença de pressão que possibilitará o cálculo da perda de carga entre a seção de saída (s) da bomba e a seção imediatamente a montante (m) da válvula agulha; (valor – 0,25)



b. deduzir a equação manométrica, mostrando o caminho percorrido e todas as suas cotas no desenho da página 1 que possibilitam a determinação de $p_s - p_m$; (valor – 0,25)

$$p_S - c\times\gamma_{H_2O} + h\times\gamma_{H_2O} - h\times\gamma_{bromoformio} = p_m$$
$$p_S - p_m = h\times\left(\gamma_{bromoformio} - \gamma_{H_2O}\right) + c\times\gamma_{H_2O}$$

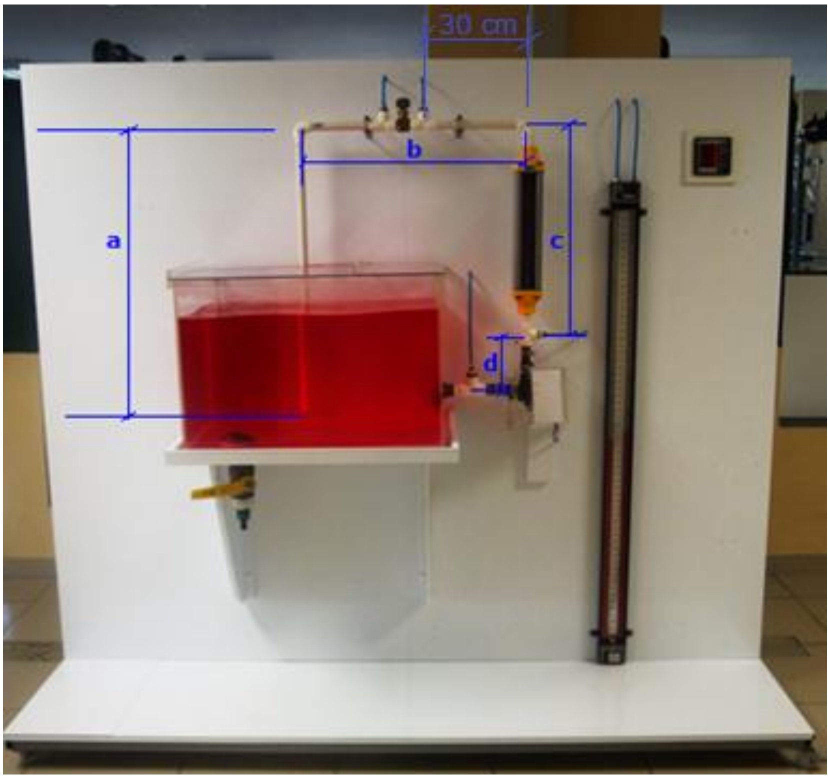
c. calcular a perda de carga em mmca (milímetro de coluna de água) no rotâmetro; (valor – 1,0)

Aplica-se a equação da energia de (s) a (m):

$$H_S = H_m + H_{p_{S-m}}$$

$$z_S + \frac{p_S}{\gamma} + \frac{\alpha_S \times v_S^2}{2g} = z_m + \frac{p_m}{\gamma} + \frac{\alpha_m \times v_m^2}{2g} + H_{p_{S-m}}$$

$$H_{p_{S-m}} = (z_S - z_m) + \frac{p_S - p_m}{\gamma} + \frac{\alpha_S \times v_S^2 - \alpha_m \times v_m^2}{2g}$$



Adotando o PHR na seção (s), temos:

$$H_{p_{S-m}} = -c + \frac{h \times (\gamma_{bromofórmio} - \gamma_{H_2O}) + c \times \gamma_{H_2O}}{\gamma} + \frac{\alpha_S \times v_S^2 - \alpha_m \times v_m^2}{2g}$$

$$v_S = v_m$$

$$H_{p_{S-m}} = -c + \frac{h \times (\gamma_{bromofórmio} - \gamma_{H_2O})}{\gamma} + c$$

$$H_{p_{S-m}} = \frac{h \times (\gamma_{bromofórmio} - \gamma_{H_2O})}{\gamma} \Rightarrow (0,5)$$

Calculada a perda total entre a seção (s) e (m), pode-se calcular a perda de carga no rotâmetro, pois:

$$H_{p_{S-m}} = h_{f_{S-m}} + h_{s_{rotâmetro}} + h_{s_{cotovelo\_PVC}}$$

Considerando o comprimento equivalente do cotovelo de 90^0 de PVC igual a 1,1 m, temos:

$$h_{s_{rotâmetro}} = \frac{h \times (\gamma_{bromofórmio} - \gamma_{H_2O})}{\gamma} - f \times \frac{(L + Leq_{cot\_90^0})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \Rightarrow (0{,}5)$$

d. calcular a potência reativa. (valor – 0,25)

$$\text{sen}^2\phi + \cos^2\phi = 1 \therefore \text{sen}\phi = \sqrt{1 - \cos^2\phi}$$
$$N_R = V \times I \times \text{sen}\phi$$

<u>Importante: não serão aceitas só respostas, portanto todos os equacionamentos para obtenção das respostas devem ser apresentados, além disto, não serão aceitas as respostas sem as unidades.</u>

Conhecida a solução literal recorremos ao Excel para os cálculos.

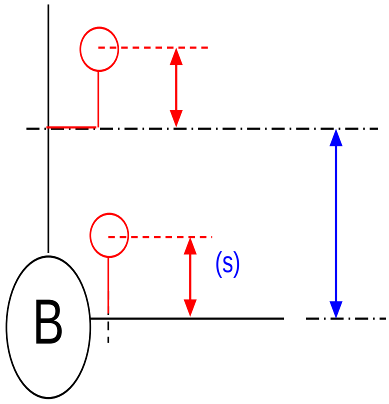
Turma			Q (L/h)	Δh_{b-v}(mm)	U(V)	I(A)	N_m(W)	cosϕ	$f_{1/2}$
2	11		160	86	127	0,35	11,6	0,26	0,0456
		20	312	96	128	0,36	13,5	0,29	0,0391
5	14		376	103	128	0,35	13,8	0,3	0,0377
		23	504	116	127	0,35	14,8	0,33	0,0358
8			568	122	128	0,36	15,4	0,33	0,0351

t_{fluido} (ºC)	$\rho_{Água}$ (Kg/m³)	$\rho_{Bromoformio}$ (Kg/m³)
22	997,8	2960
	$D_{int1/2}$(mm)	ν(m²/s)
	16,2	9,57E-07
	$As_{1/2}$(cm²)	
	2,06	

Turma			Hp_{s-m} (m)	hs_{rot} (m)	hs_{rot} (mmca)	senϕ	N_R(VAR)
2	11		0,169	0,160	159,8	0,966	42,9
		20	0,189	0,158	158,3	0,957	44,1
5	14		0,203	0,160	159,8	0,954	42,7
		23	0,228	0,155	155,2	0,944	42,0
8			0,240	0,149	149,1	0,944	43,5

2ª Questão:

a. a carga manométrica da bomba ensaiada para a rotação nominal de 3500 rpm; (valor – 0,25)



Aplicamos a equação da energia entre a seção de entrada e saída da bomba:

$$H_e + H_B = H_s \Rightarrow H_B = (z_s - z_e) + \frac{p_s - p_e}{\gamma} + \frac{\alpha_s \times v_s^2 - \alpha_e \times v_e^2}{2g}$$

$$(z_s - z_e) = 0{,}22\text{m}$$

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times h_{\text{saída}} = 125000 + 998 \times 9{,}8 \times 0{,}09 \cong 125880{,}2\ (\text{Pa})$$

$$p_e = p_{me} + \gamma \times h_{\text{entrada}} = -155 \times 133{,}3224 + 998 \times 9{,}8 \times 0{,}115 \cong -19540{,}2(\text{Pa})$$

$$Q = \frac{A_{\tan\text{que}} \times \Delta h}{t} = \frac{0{,}55 \times 0{,}1}{21{,}93} \cong 2{,}51 \times 10^{-3}\,\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$v_e = \frac{Q}{A_e} = \frac{2{,}51 \times 10^{-3}}{13{,}1 \times 10^{-4}} \cong 1{,}9\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow Re_e = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{998 \times 1{,}9 \times 0{,}0408}{0{,}001008} \cong 76751 \therefore \alpha_e \cong 1{,}0$$

$$v_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{2{,}51 \times 10^{-3}}{5{,}57 \times 10^{-4}} \cong 4{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow Re_s = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{998 \times 4{,}5 \times 0{,}0266}{0{,}001008} \cong 118512{,}5 \therefore \alpha_e \cong 1{,}0$$

$$H_B = 0{,}22 + \frac{125880{,}2 + 19540{,}2}{998 \times 9{,}8} + \frac{4{,}5^2 - 1{,}9^2}{19{,}6} \cong 15{,}93\text{m} \approx 16\text{m}$$

$$H_{B_{3500}} = 16 \times \left(\frac{3500}{3395}\right)^2 \cong 17\text{m}$$

b. sabendo que o $NPSH_{disponível}$ calculado foi de 6,2 m verificar o fenômeno de cavitação; (valor – 0,75)

Para esta verificação devemos calcular o $NPSH_{requerido}$, que é calculado adotando o PHR no eixo da bomba:

$$NPSH_{req} = H_{e_{abs}} - \frac{p_{vapor}}{\gamma}$$

$$NPSH_{req} = z_e + \frac{p_{e_{abs}}}{\gamma} + \frac{\alpha_e \times v_e^2}{2g} - \frac{p_{vapor}}{\gamma}$$

$$NPSH_{req} = 0 + \frac{-19540{,}2 + 700 \times 133{,}3224}{998 \times 9{,}8} + \frac{1 \times 1{,}9^2}{19{,}6} - \frac{2337{,}2}{998 \times 9{,}8}$$

$$NPSH_{req} \cong 7{,}49m \approx 7{,}5m \Rightarrow (0{,}25)$$

Para não ocorrer cavitação temos:

$$NPSH_{disp} - NPSH_{req} \geq 0$$

Verificando o fenômeno de cavitação:

$$NPSH_{disp} - NPSH_{req} = 6{,}2 - 7{,}5 = -1{,}3m \Rightarrow (0{,}25)$$

Portanto, está ocorrendo à cavitação $\Rightarrow (0{,}25)$

c. a perda de carga distribuída no tubo de diâmetro nominal de 1” e comprimento de 2,0 m. (valor – 0,25)

Para 20^0C temos: $\rho_{Hg} = 13546 \frac{kg}{m^3}$

$$h_f = h \times \left(\frac{\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}}{\gamma_{H_2O}} \right) = 0{,}16 \times \frac{(13546 - 998) \times 9{,}8}{998 \times 9{,}8}$$

$$h_f \approx 2{,}01m \approx 2{,}0m$$

3ª Questão:

Determine o ponto de trabalho para esta situação (Q_τ; $H_{B\tau}$; $\eta_{B\tau}$ e $N_{B\tau}$). (valor – 2,0)

Para a determinação do ponto de trabalho, devemos inicialmente determinar a equação da CCI e para isto nós aplicamos a equação da energia da seção inicial a final, onde consideramos as perdas totais:

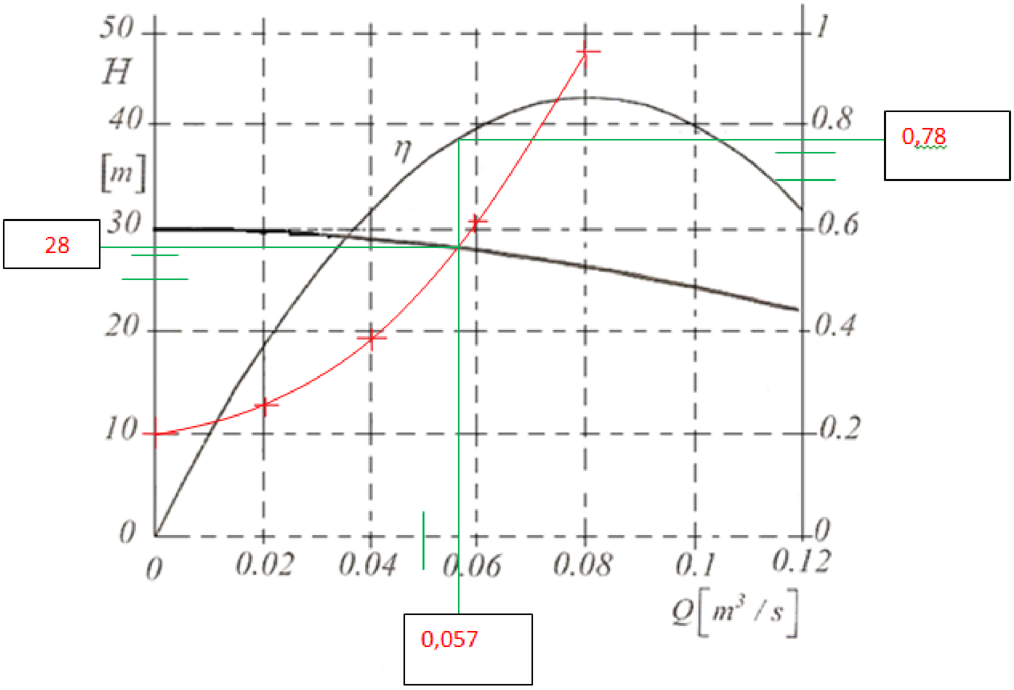
$$H_S = 10 + \left[0{,}017 \times \frac{(12 + 3{,}76 + 3{,}2)}{0{,}1244} + 2 \times 7{,}15\right] \times \frac{Q^2}{19{,}6 \times \left(121{,}5 \times 10^{-4}\right)^2}$$

$$H_S = 10 + [16{,}9] \times 345{,}6 \times Q^2$$

$$H_S = 10 + 5840{,}9 \times Q^2 \Rightarrow CCI \Rightarrow (0{,}50)$$

Tendo a equação da CCI, devemos traça-la e ler o ponto de trabalho no cruzamento da CCI com a CCB.

Q (m³/s)	H_B (m)
0	10
0,02	12,3
0,04	19,4
0,06	31,0
0,08	47,4



(0,50) – pelos gráficos

O ponto de trabalho lido é aproximadamente:

$$Q_{\tau} = 0{,}057\frac{m^3}{s} \Rightarrow (0{,}25)$$

$$H_{B_{\tau}} = 28m \Rightarrow (0{,}25)$$

$$\eta_{B_{\tau}} = 0{,}78 \Rightarrow (0{,}25)$$

$$N_{B_{\tau}} = \frac{997{,}8 \times 9{,}8 \times 0{,}057 \times 28}{0{,}78} \cong 20008{,}2W \approx 20kW \Rightarrow (0{,}25)$$