Gabarito da primeira prova de laboratório

1ª Questão:

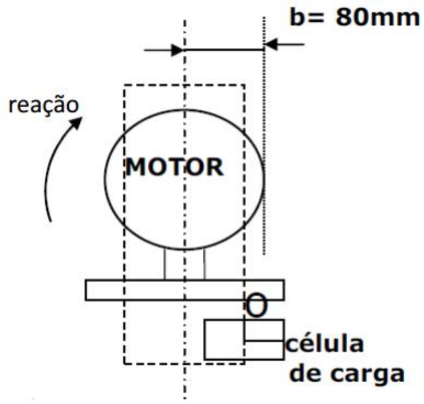
Dados coletados na experiência de freio dinamométrico:

Ensaio	Turma da prova	Δh (mm)	tempo (s)	n (rpm)	pe (mmHg)	ps (kgf/cm²)
1		0	0	3571	-80	5,1
2	**A**	100	27,13	3539	-135	4,5
3	B	100	18,35	3525	-205	3,8
4	C	100	14,41	3515	-245	3,1
5	D	100	13,75	3510	-295	2,4
6	E	100	12,57	3505	-340	1,7
7	F	100	11,53	3513	-350	1

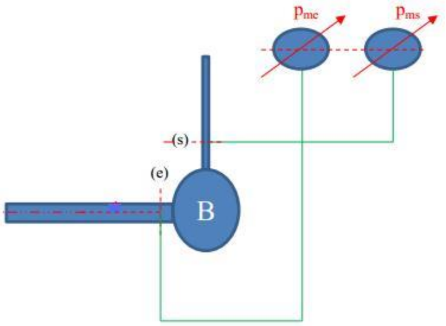
É conhecida a temperatura da água 20 ^{0}C: $\rho = 998{,}2\,\frac{kg}{m^3};\ \nu = 1{,}004 \times 10^{-6}\,\frac{m^2}{s}$

Conhecida também a área da seção transversal do tanque: 0,681 m²

Do freio dinamométrico, temos:



Da bancada, temos:



Conhecemos ainda: diâmetro na seção de entrada da bomba que é de 1,5" (Dint = 40,8 mm; A=13,1 cm²); o da seção de saída da mesma que é 1,0" (Dint=26,6 mm; A=5,57cm²) e a equação do $\eta_B = f(Q)$ que foi obtida através da curva do fabricante para a rotação de 3500 rpm: $\eta_B = -0{,}2985 \times Q^2 + 9{,}6786 \times Q$ com o rendimento dado em porcentagem (%) e a vazão em (m³/h).

Com todas informações anteriores, determine **<u>em função da sua turma</u> o valor esperado** da força lida pela célula de carga que registrará a mesma em **<u>kgf</u> (valor – 6,0)**.

Para solução do problema determinamos inicialmente a vazão de forma direta como mostrado na equação (1):

$$Q_{exp} = \frac{\Delta h \times A_{\tan que}}{t} = \frac{0{,}1 \times 0{,}681}{t} = \frac{0{,}0681}{t}\left(\frac{m^3}{s}\right) \qquad \text{equação (1)}$$

Aplicando a equação da energia entre as seções de entrada e saída da bomba, observando que os manômetros encontram-se alinhados horizontalmente e lembrando que a perda entre estas seções é considerada no rendimento da máquina, resulta a equação (2):

$$H_{B_{exp}} = \frac{p_{m_s} - p_{m_e}}{\gamma} + \frac{\alpha_s \times v_s^2 - \alpha_e \times v_e^2}{2g}$$

$$H_{B_{exp}} = \frac{p_{m_s} - p_{m_e}}{998{,}2 \times 9{,}8} + \frac{\alpha_s \times v_s^2 - \alpha_e \times v_e^2}{2 \times 9{,}8} \qquad \text{equação (2)}$$

$$H_{B_{exp}} = \frac{p_{m_s} - p_{m_e}}{9782{,}36} + \frac{\alpha_s \times v_s^2 - \alpha_e \times v_e^2}{19{,}6}$$

Evocando o conceito de vazão, calculamos as velocidades médias nas seções de entrada e saída da bomba, respectivamente as equações (3) e (4):

$$Q = v \times A$$

$$v_e = \frac{Q}{A_e} = \frac{Q}{13{,}1 \times 10^{-4}} \qquad \text{equação (3)}$$

$$v_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{Q}{5{,}57 \times 10^{-4}} \qquad \text{equação (4)}$$

Calculamos o número de Reynolds na seção de entrada da bomba, equação (5), que é a seção que apresenta a velocidade média menor e se ele já resultar em escoamento turbulento, podemos concluir que $\alpha_e = \alpha_s = 1{,}0$.

$$Re_e = \frac{v_e \times D_e}{\nu} = \frac{v_e \times 0{,}0408}{1{,}004 \times 10^{-6}} \cong v_e \times 40637{,}4502 \qquad \text{equação (5)}$$

Calculadas a vazão experimental (equação (1)) e a carga manométrica experimental (equação (2)), devemos corrigi-las para a rotação que o fabricante utilizou para fornecer o $\eta_B = f(Q)$, respectivamente as equações (6) e (7):

$$Q_{3500} = \left(\frac{3500}{n_{lida}}\right) \times Q_{exp} \qquad \text{equação (6)}$$

$$H_{B3500} = \left(\frac{3500}{n_{lida}}\right)^2 \times H_{Bexp} \qquad \text{equação (7)}$$

Com a vazão de 3500 rpm na equação do $\eta_B = f(Q)$ fornecida pelo fabricante, calculamos o rendimento da bomba, equação (8):

$$\eta_{B3500} = -0{,}2985 \times Q_{3500}^2 + 9{,}6786 \times Q_{3500} \qquad \text{equação (8)}$$

Conhecido o rendimento anterior e considerando que ele é praticamente igual ao $\eta_{B_{n_{lida}}}$, ou calculando o referido rendimento pela equação (9), podemos enfim calcular a potência mecânica (N_B) equação (10):

$$N_B = \frac{\gamma \times Q_{n_{lida}} \times H_{B_{n_{lida}}}}{\eta_{B_{n_{lida}}}} \qquad \text{equação (10)}$$

Com a potência mecânica conhecida, podemos calcular a força F no SI equação (11):

$$N_B = F \times \text{braço} \times 2\pi \times \frac{n_{lida}}{60} \therefore F = \frac{N_B \times 60}{0{,}08 \times 2\pi \times n_{lida}} \qquad \text{equação (11)}$$

Em kgf, basta dividir a força obtida na equação (11) por 9,8.

Turma	Q_{exp} (m^3/s)	v_e (m/s)	v_s (m/s)	H_{Bexp} (m)	η_B (%)	Q_{3500} (m^3/s)
	0	0,0	0	52,2	0	0
A	0,00251	1,9	4,5	47,8	62,7	0,00248
B	0,00371	2,8	6,7	42,7	75,9	0,00368
C	0,00473	3,6	8,5	37,4	78,3	0,00471
D	0,00495	3,8	8,9	31,4	77,7	0,00494
E	0,00542	4,1	9,7	25,6	75,3	0,00541
F	0,00591	4,5	10,6	19,5	71,1	0,00588
	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5

H_{B3500} (m)	N_B (w)	F(N)	F(kgf)	**Turma**
50,1	0	0	0	
46,7	1872,1	63,1	6,4	**A**
42,1	2044,2	69,2	7,1	**B**
37,1	2208,4	75,0	7,7	**C**
31,2	1955,3	66,5	6,8	**D**
25,5	1803,6	61,4	6,3	**E**
19,3	1584,0	53,8	5,5	**F**
0,5	0,5	0,5	1,0	

2ª Questão:

Calcule a perda de carga na tubulação antes da bomba sabendo que o diâmetro nominal na seção de entrada é 1,5” aço 40.

BANCADA	L1 (m)	L2 (m)	T (°C)
6	0,738	0,741	20

z (nível de captação até entrada da bomba) (m)	h_e (correção do manômetro entrada) (m)
1,12	0,115

Ensaio	pme (mmHg)	Turma	t (s)	Δh (mm)
1	-130		-	-
2	-160	**A**	40,81	100
3	-200	**B**	9,61	50
4	-210	**C**	11,33	50
5	-215	**D**	8,51	50
6	-220	**E**	10,42	50
7	-230	**F**	18,14	100

Para solução do problema determinamos inicialmente a vazão de forma direta como mostrado na equação (1):

$$Q = \frac{\Delta h \times A_{\tan que}}{t} = \frac{\Delta h \times 0{,}738 \times 0{,}741}{t}$$
$$Q = \frac{\Delta h \times 0{,}546858}{t}\left(\frac{m^3}{s}\right) \qquad \text{equação (1)}$$

Evocando o conceito de vazão, calculamos a velocidade média na tubulação antes da bomba equação (2):

$$Q = v \times A$$
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{13{,}1 \times 10^{-4}} \qquad \text{equação (2)}$$

Determinamos a pressão estática na seção de entrada da bomba, equação (3):

$$p_e = p_{m_e} + \gamma \times h_e = p_{m_e} + 9782{,}36 \times 0{,}115 = p_{m_e} + 1124{,}9714 \qquad \text{equação (3)}$$

Calculamos o número de Reynolds na tubulação antes da bomba, equação (4) e se ele resultar em escoamento turbulento, podemos concluir que $\alpha_{aB} = 1{,}0$.

$$Re_{aB} = \frac{v \times D_{aB}}{\nu} = \frac{v \times 0{,}0408}{1{,}004 \times 10^{-6}} \cong v \times 40637{,}4502 \qquad \text{equação (5)}$$

Aplicando a equação da energia da seção inicial até a seção de entrada da bomba, com o PHR na seção inicial e trabalhando na escala efetiva, podemos calcular a perda de carga na tubulação antes da bomba, equação (6):

$$\begin{aligned} H_i &= H_e + H_{paB} \\ 0 &= 1{,}12 + \frac{p_e}{9782{,}36} + \frac{v^2}{19{,}6} + H_{paB} \\ H_{paB} &= -\left(1{,}12 + \frac{p_e}{9782{,}36} + \frac{v^2}{19{,}6}\right) \end{aligned} \qquad \text{equação (6)}$$

Turma	Q(m³/s)	v(m/s)	pe (Pa)	Re_{aB}	α	Hp_{aB} (m)
	0	0	-16201,4	0		0
A	0,00134	1,0	-20199,8	41568,4	1	0,892
B	0,00285	2,2	-25531,0	88262,5	1	1,2
C	0,00241	1,8	-26863,8	74863,4	1	1,5
D	0,00321	2,5	-27530,2	99671,3	1	1,4
E	0,00262	2,0	-28196,6	81401,4	1	1,6
F	0,00301	2,3	-29529,4	93517,4	1	1,6
	1,0	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**1,0**