

Aula 9 de laboratório de ME5330

Experiência do freio dinamométrico

Experiência do freio dinamométrico

objetivos

conhecer um freio dinamométrico

$$HB = f(Q)$$

obter as curvas

$$\text{rendimento da bomba} = f(Q)$$

comparar as curvas obtidas experimentalmente com as curvas fornecidas pelo fabricante

aprender

a calcular em uma dada rotação

vazão

carga manométrica

potência da bomba

rendimento da bomba

corrigir os cálculos acima para uma rotação n

Bancada



1 = bomba MARK de 4 CV

2 = fita adesiva para det. n

3 = motor elétrico de 5 CV

4 = esfera

5 = célula de carga

6 = manovacuômetro

7 = manômetro

8 = analisador Kratos

9 = válv. globo para controlar
a vazão (Q)

10 = tubulação de sucção

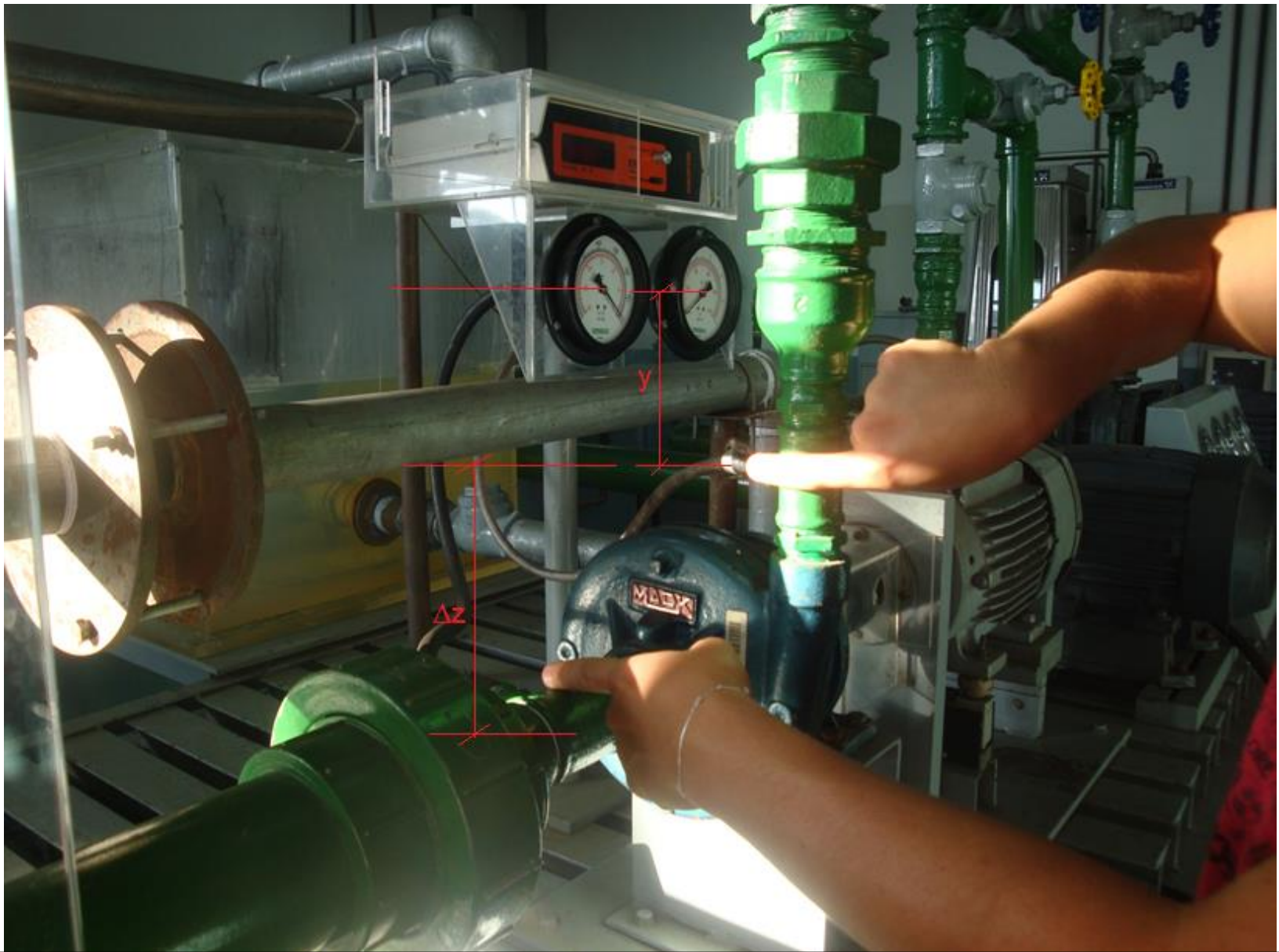
11 = tubulação de recalque

12 = tubulação de recalque

13 = tanque de distribuição

14 = piezômetro p/ det. da Q

Trecho da bancada mostrando seção de entrada e saída da bomba

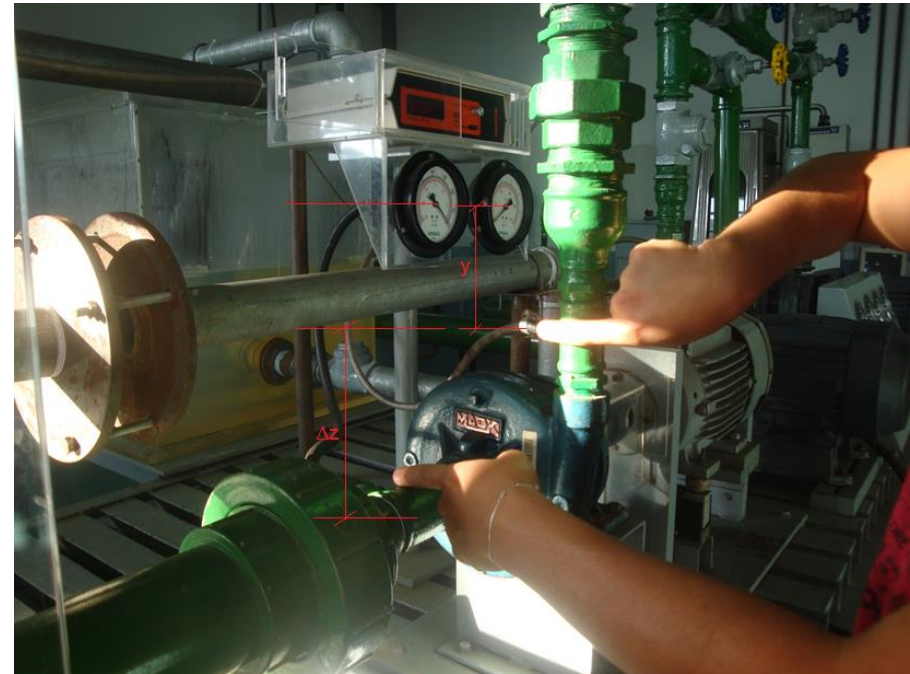


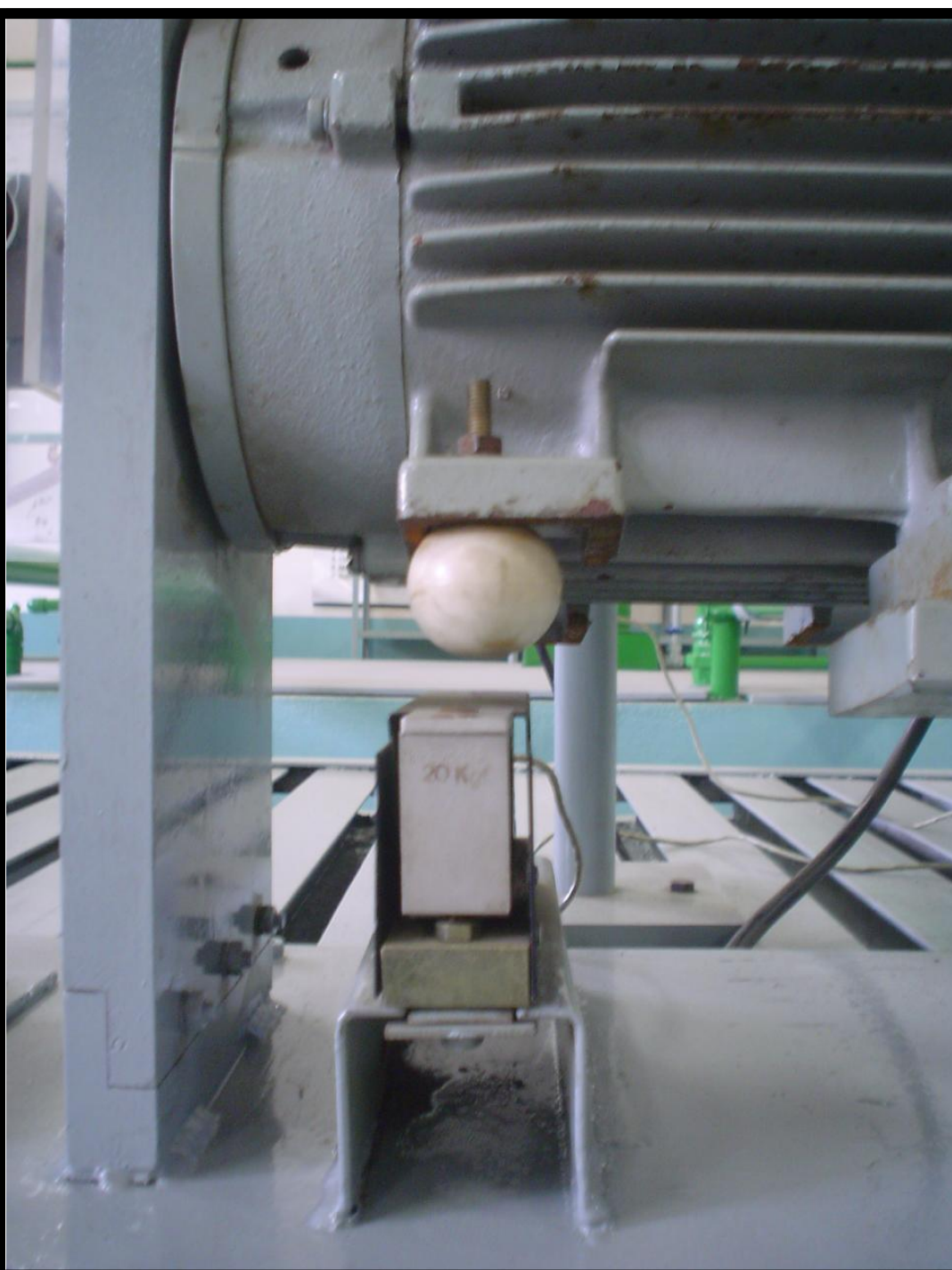
Determinação da diferença de cargas de pressão entre as seções de entrada e de saída da bomba

$$p_e = p_{me} + \gamma \times (y + \Delta z)$$

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times y \therefore p_s - p_e = p_{ms} - p_{me} - \gamma \times \Delta z$$

$$\frac{p_s - p_e}{\gamma} = \frac{p_{ms} - p_{me}}{\gamma} - \Delta z$$



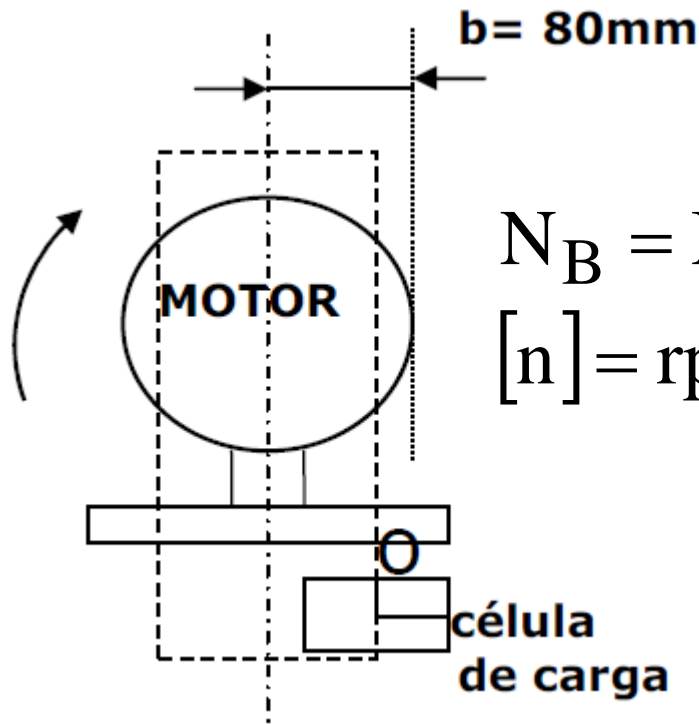


Ao acionar o conjunto motor bomba, olhando-o por trás, este girará no sentido horário, como a carcaça (estator) está solta, pelo princípio da ação e reação, ela tenderá a girar no sentido anti-horário e uma esfera presa em uma das “patas” do motor, pressionará uma célula de carga que irá registrar a força aplicada, já que a célula de carga está ligada a um analisador, no caso da Kratos.

A foto a seguir mostra o registro de uma força pelo analisador da Kratos, registro feito em “kgf”.



Através da força aplicada e registrada,
além do torque, podemos calcular a
potência da bomba, já que:



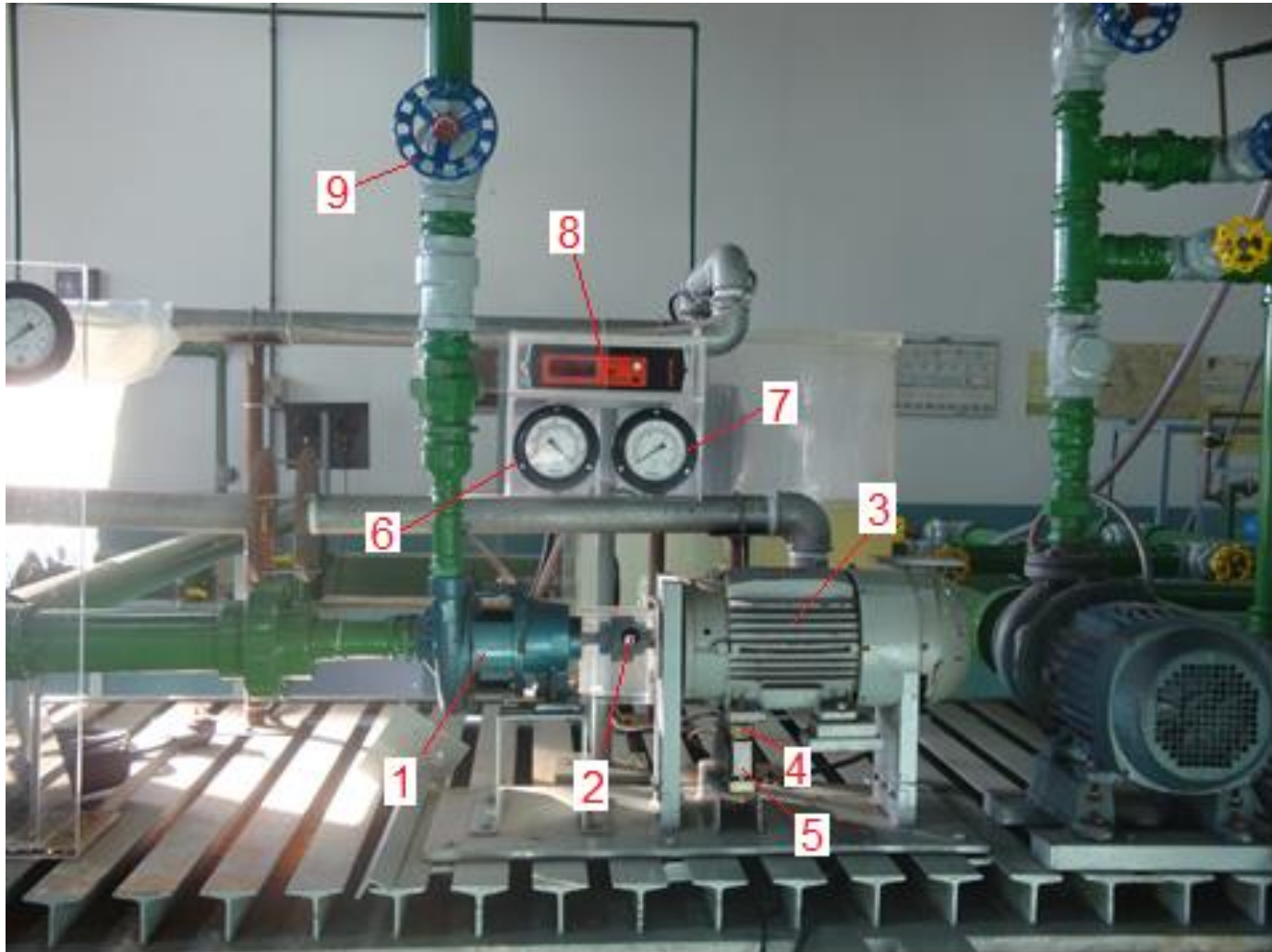
$$N_B = \text{Momento} \times \omega = F \times \text{braço} \times 2\pi \times n$$

$[n] = \text{rps}$

Vista frontal do conjunto motor
bomba

COMO ACHAR A
ROTAÇÃO?

A rotação é obtida através de um tacômetro a laser, o qual é apontado para o adesivo branco = 2



Cuidado para não danificar o sistema

Se acionarmos o motor sem a esfera estar apoiada na célula de carga, a mesma poderá ser danificada, por esse motivo, o acionamento do motor só deve ser feito após a esfera estar apoiada na célula de carga.



Não acionar o motor nessa situação



Acionar o motor só nessa situação

Desenvolvimento da experiência



Com a válvula controladora de vazão totalmente fechada se obtém as coordenadas do ponto de shut-off, para tal, deve-se anotar as pressões manométricas respectivamente na entrada e saída da bomba e a rotação do conjunto motor bomba. Observe que:

$$p_e = p_{me} + \gamma \times (y + \Delta z)$$

$$p_s = p_{ms} + \gamma \times y \therefore p_s - p_e = p_{ms} - p_{me} - \gamma \times \Delta z$$

$$\frac{p_s - p_e}{\gamma} = \frac{p_{ms} - p_{me}}{\gamma} - \Delta z$$

Aplica-se a equação da energia entre as seções de entrada e saída da bomba



$$H_e + H_B = H_s$$

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

$$Q = 0 \rightarrow \text{shut-off} \rightarrow v_s = v_e = 0$$

$$\therefore H_B = \Delta z + \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} - \Delta z = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma}$$

Não esquecer de registrar a rotação.

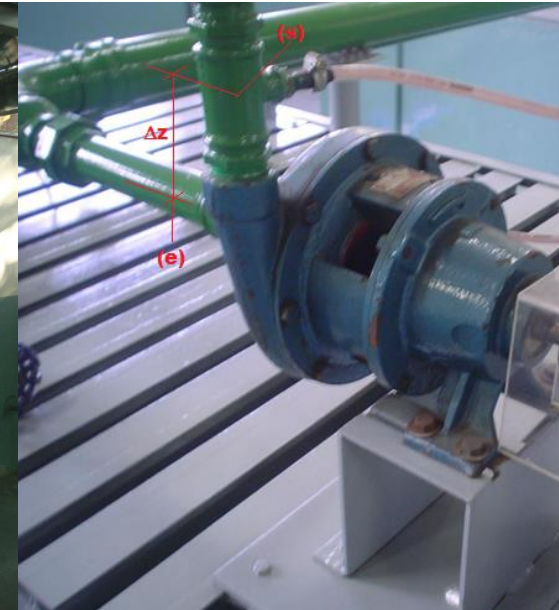


Após as leituras de p_{ms} ,
 p_{me} e da n para $Q=0$,
deve-se abrir
totalmente a válvula
controladora da vazão
(último ensaio) e para
essa situação efetuar a
leitura do Δh (mm),
 t (s), p_{me} , p_{ms} e n .

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

$$A_{\text{tanque}} = 0,681 \text{ m}^2$$

$$H_B = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} + \frac{(\alpha_s v_s^2 - \alpha_e v_e^2)}{2g}$$



A seção de entrada e a de
saída, pertencem a tubos
de aço 40 com diâmetros
nominais de 1,5" e 1"
respectivamente, portanto:

$$(e) \rightarrow D_{\text{int}} = 40,8\text{mm} \Rightarrow A = 13,1\text{cm}^2$$

$$(s) \rightarrow D_{\text{int}} = 26,6\text{mm} \Rightarrow A = 5,57\text{cm}^2$$

Portanto:

$$\alpha_s = \alpha_e = 1,0$$

$$H_B = \frac{(p_{ms} - p_{me})}{\gamma} + \frac{(v_s^2 - v_e^2)}{2g}$$

$$v_s = \frac{Q}{A_s} \rightarrow v_e = \frac{Q}{A_e}$$

Determina-se a potência e o rendimento da bomba para uma rotação n , que é lida no tacômetro a laser:

$$N_B = \text{Momento} \times \omega = F \times \text{braço} \times 2\pi \times n$$

$$[n] = \text{rps}$$

$$\text{braço} = 0,08\text{m}$$

$$\eta_B = \frac{N}{N_B} = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{F \times \text{braço} \times 2\pi \times n}$$

Fechando-se planejadamente a válvula controladora de vazão obtemos as demais leituras que originarão a tabela de dados:

Ensaio	Δh (mm)	t(s)	p_{me} (mmHg)	p_{ms} (kPa)	F (kgf)	n (rpm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Temperatura d'água:°C

Tabela de dados

Não se pode esquecer de se corrigir a vazão (Q), a carga manométrica (H_B), e o rendimento da bomba (η_B) para uma rotação estabelecida e como se deseja comparar as curvas obtidas experimentalmente com as fornecidas pelo fabricante, essa rotação é igual a 3500 rpm.

Correções

$$Q_{3500} = \left(\frac{3500}{n_{\text{lida}}} \right) \times Q_{\text{experimental}}$$

$$H_{B_{3500}} = \left(\frac{3500}{n_{\text{lida}}} \right)^2 \times H_{B_{\text{experimental}}}$$

$$\eta_{B_{3500}} = \eta_{B_{\text{experimental}}}$$

Considerando que a rotação altera o rendimento, podemos recorrer a equação a seguir para calculá-lo:

$$\eta_{B3500} = 1 - (1 - \eta_{B_{\text{experimental}}}) \left(\frac{n_{\text{lido}}}{3500} \right)^{0,1}$$

Equação obtida no livro: Bombas e Instalações de Bombeamento - Archibald Joseph Macintyre - Livros Téc. e Cient. Editora 2008- segunda edição revisada - ISBN 978-85-216-1086-1 – página 126

O slide a seguir mostra a curva do fabricante e da qual devemos, considerando a curva da bomba de diâmetro do rotor 164 de 7x

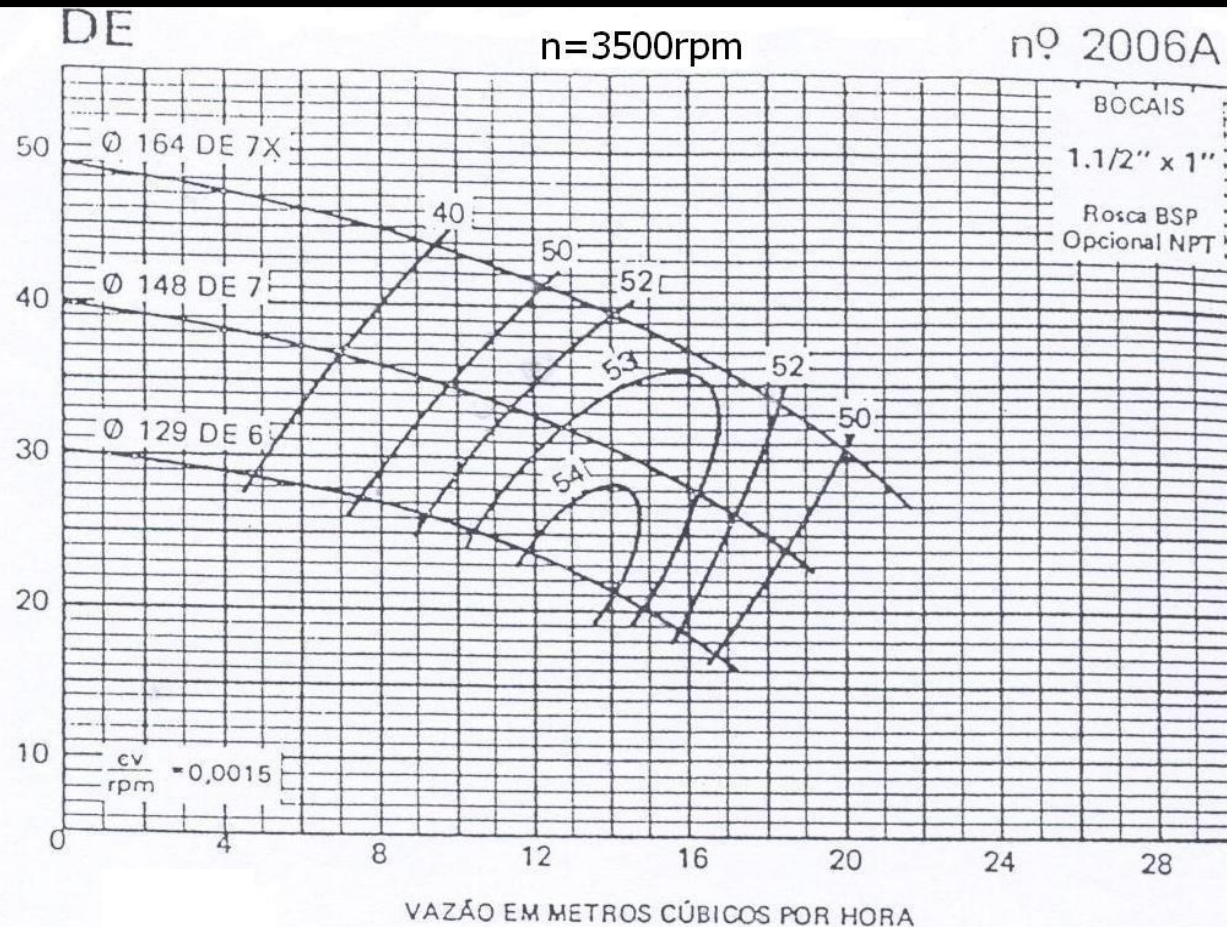


Não esqueçam da temperatura d'água.

Dado:

A da bancada é a de diâmetro 164 de 7x.

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL - METROS



POTÊNCIA - cv

