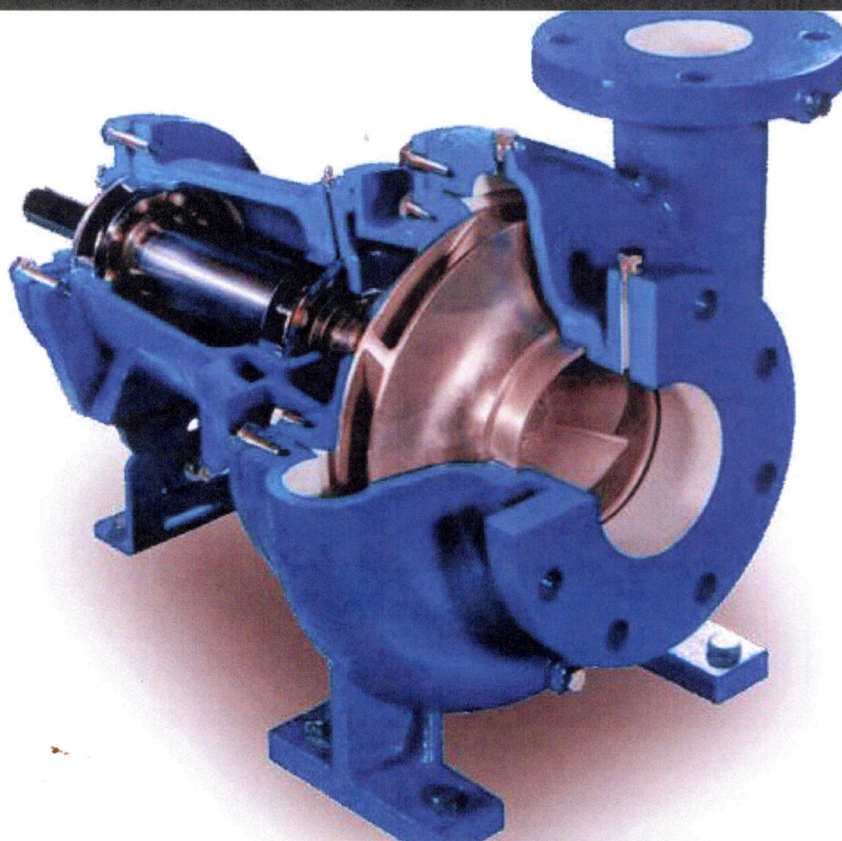


2025

Máquinas de Fluxo

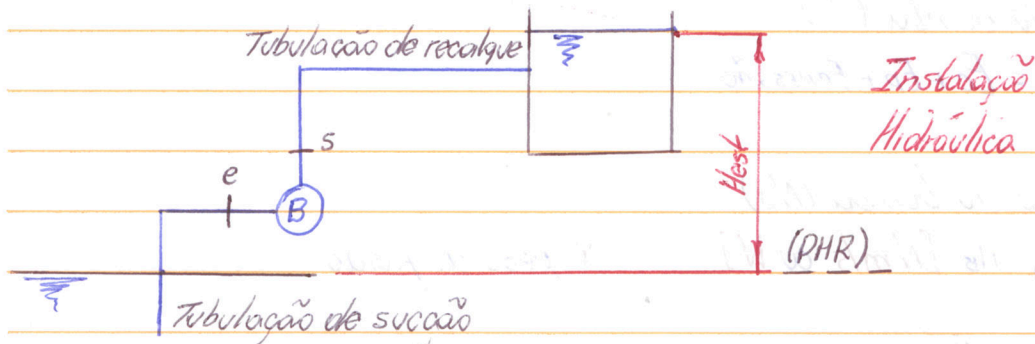


Edgard Gonçalves Cardoso
Tecnologia em
Refrigeração, Ventilação e Ar
Condicionado
2025

MAQUINAS DE FLUXO - Prof Telma Nagano de Moura

Instalações hidráulicas

- Sucção e recalque
- Custo
- Linha
- Conjunto moto bomba



Custo ótimo da instalação

- Origem do fluido
- Destino do fluido
- Tipo de fluido
- Material $\rightarrow$ aço carbono (mais utilizado), galvanizado (não pode ser soldado, preto)

$$C_T = C_{MB} + C_L$$

C_T : Custo total

C_{MB} : Custo do conjunto moto bomba

C_L : Custo da linha

Diâmetro ótimo

$$Q_v = v \cdot A$$

$$Q_v = \frac{v \cdot \pi \cdot d^2}{4}$$

Vazão volumétrica

$$Q_{ete} \Rightarrow \overset{\uparrow}{D} \rightarrow \overset{\uparrow}{H_p} \rightarrow \overset{\uparrow}{H_B} \rightarrow \overset{\uparrow}{N_B} \Rightarrow \overset{\uparrow}{C_B} + \overset{\uparrow}{C_L} = C_T$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$

D : diâmetro hidráulico

H_p : perdas totais

H_B : carga da bomba

N_B : potência da bomba

Variáveis das grandezas
em função do diâmetro

Carga da bomba (H_B)

$$H = E_m = E_c + E_p + E_{PRESSÃO}$$

Potência da bomba (N_B)

$$N_B = \gamma \cdot Q \cdot H_B \text{ [N.m/s ou W]}$$

γ : peso do fluido

$$\text{Potência hidráulica} = P_{ot Hid} = N_B$$

$$P_{ot Hid} = Q \text{ [m}^3/\text{s}] \cdot H_{mt} \text{ [m]} \cdot \gamma \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$$

75

25 03 21

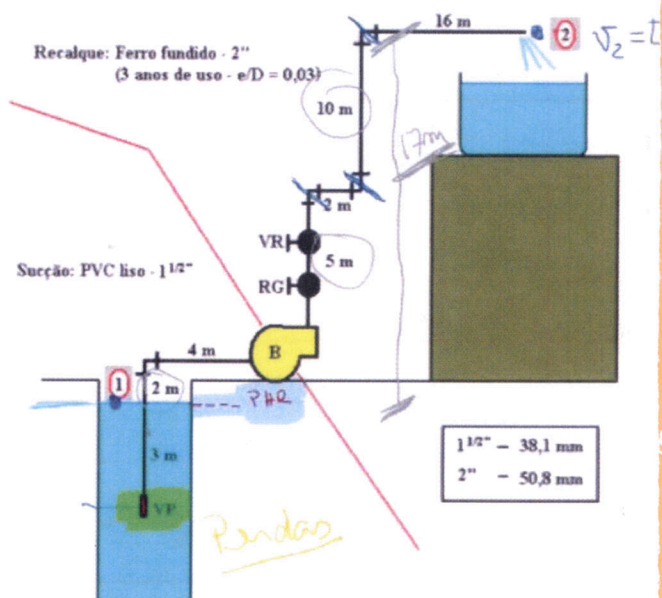
MAQFLV

EXERCÍCIO: Qual a potência teórica da bomba para a instalação esquematizada a seguir, considerando-se que a vazão de água transportada é de $10 \text{ m}^3/\text{h}$? Dados: (Suc) $Leq_{pe} = 18,3 \text{ m}$; $Leq_{cot} = 1,2 \text{ m}$; (Rec) $RG = 0,4 \text{ m}$; $VR = 6,4 \text{ m}$; $Leq_{cot} = 0,9 \text{ m}$; $v = 1,006 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

2) Qual a potência teórica da bomba para a instalação esquematizada a seguir, considerando-se que a vazão de água transportada é de $10 \text{ m}^3/\text{h}$?

Dados: (Suc) $Leq_{pe} = 18,3 \text{ m}$;
 $Leq_{cot} = 1,2 \text{ m}$;
 (Rec) $RG = 0,4 \text{ m}$; $VR = 6,4 \text{ m}$;
 $Leq_{cot} = 0,9 \text{ m}$; $v = 1,006 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

PHR $\rightarrow$ no nível do reserv. inferior (1)



Dica: Entrada sempre no ponto "0" (nível do reservatório inferior)

$$H_e + H_m = H_s + H_p$$

$$H_1 + H_B = H_2 + H_{pvp2}$$

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + H_B = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + H_{pvp2}$$

$$0 + 0 + 0 + H_B = 17 + \frac{v_2^2}{2g} + 0 + H_{pvp2}$$

$$v_2 = Q \rightarrow v_2 = \frac{10 \text{ m}^3/\text{h}}{A_2} \rightarrow v_2 = 1,37 \text{ m/s}$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot (0,0508)^2}{4}$$

$$Q = \frac{10 \text{ m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \rightarrow Q = 2,78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H_B = 17 + \frac{(1,37)^2}{20} + H_{pvz}$$

$$H_B = 17,09 + (H_{psuc} + H_{prec})$$

$$\left. \begin{array}{l} \checkmark h_{fsucção} \quad \checkmark h_{frec} \\ \checkmark h_{ssucção} \quad \checkmark h_{srec} \end{array} \right\}$$

Dica: calcular separadamente H_{psuc} e H_{prec}

Cálculo do H_{psuc}

$$H_e + H_m = H_s + H_p$$

$$H_i + H_m = H_{ent} + H_{psuc}$$

$$0 + 0 = z_{ent} + \frac{(v_{ent})^2}{2 \cdot g} + p_{ent} + H_{psuc}$$

$$v_{ent} = 2,44 \text{ m/s}$$

$$H_{psuc} = h_{fsuc} + h_{ssuc} \rightarrow \sum K_s \cdot \frac{v^2}{2g} \rightarrow \text{não são dados valores de } K$$

$$H_{psuc} = f \cdot \frac{L_{real} \cdot v^2}{d \cdot 2g} + f \cdot \frac{L_{eq} \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

onde:

f : $f(\text{PVC})$

d : d_{suc}

v : v_{suc}

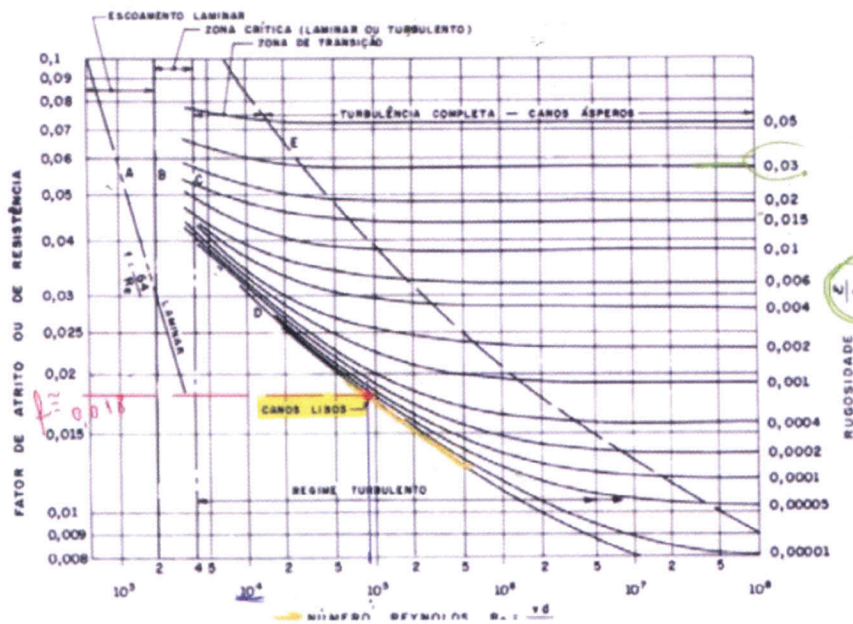
$$H_{psuc} = f_{suc} \cdot \frac{(L_{total}) \cdot v_{suc}^2}{d_{suc} \cdot 2g}$$

$$L_{total} = 9 + 18,3 + 1,2$$

$$L_{total} = 28,5 \text{ m}$$

25 03 21

MAQUFLU

Diagrama de Moody para a determinação de f 

$$H_{prec} = \frac{f_{rec} \cdot (L_{total}) \cdot V_{rec}^2}{d_{rec} \cdot 2 \cdot g}$$

$$V_{rec} = 1,37 \text{ m/s}$$

$$d_{rec} = 0,0508 \text{ m}$$

$$L_{total} = L_{real} + L_{eq} = 33 + 9,5 = 44,5 \text{ m}$$

$$Re_{rec} = \frac{V_{rec} \cdot d_{rec}}{\nu}$$

$$Re_{rec} = \frac{1,37 \cdot 0,0508}{1,001 \cdot 10^{-6}}$$

$$Re_{rec} = 6,92 \cdot 10^4$$

$$f = 0,058$$

$$H_{prec} = \frac{0,058 \cdot 44,5 \cdot 1,37^2}{0,0508 \cdot 20}$$

$$Credeal \quad H_{prec} = 4,77 \text{ m}$$

Retornando:

$$O + H_B = 17,09 \text{ m} + (4,0 \text{ m} + 4,77 \text{ m})$$

$$H_B = 25,86 \text{ m}$$

$$N_B = N$$

η_B

$$N_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{0,80}$$

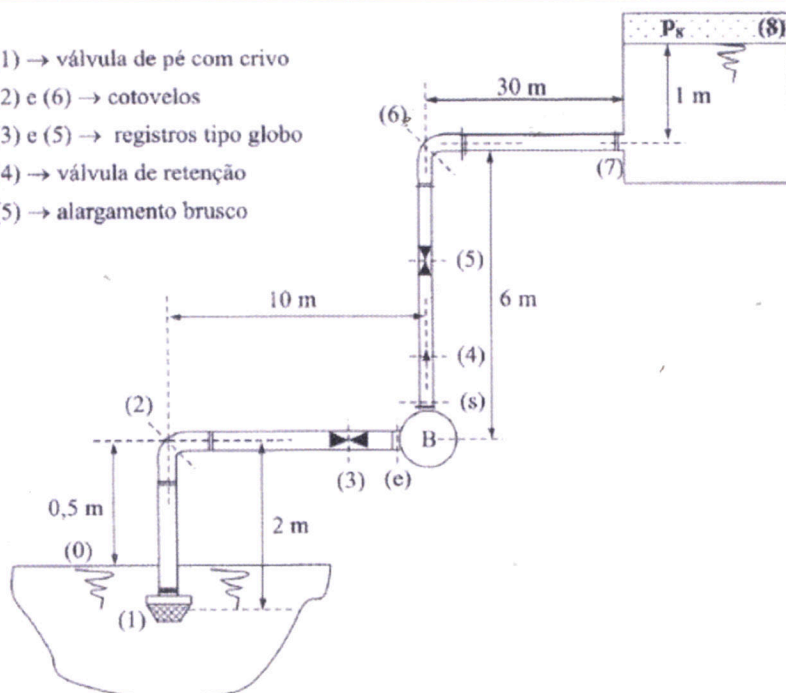
0,80

$$N_B = \frac{10^4 \text{ N/m}^3 \cdot 2,78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 25,86 \text{ m}}{0,80}$$

$$N_B = 897,92 \text{ W (N} \cdot \text{m/s)}$$

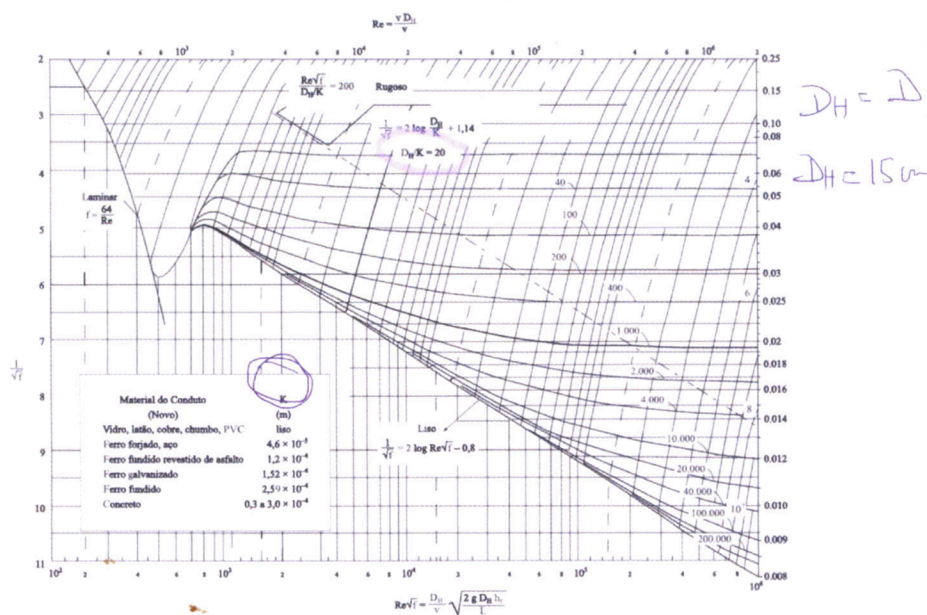
$$N_B = 0,898 \text{ kW}$$

- (1) → válvula de pé com crivo
 (2) e (6) → cotovelos
 (3) e (5) → registros tipo globo
 (4) → válvula de retenção
 (5) → alargamento brusco



K do material

$$\frac{\epsilon}{D}$$



25 05 09

MAQUILU

Máquinas de Fluxo

$$H_0 + H_B = H_{10} + H_{P1-10}$$

$$z_0 + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{P_0}{\gamma} + H_B = z_{10} + \frac{v_{10}^2}{2g} + \frac{P_{10}}{\gamma} + H_{P1-10}$$

$$-2 + 0 + 0 + H_B = 11 + 0 + 0 + (h_f + h_s) \rightarrow \text{Valores de } K \quad h_s = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{P1-10} = f \cdot \frac{L_{TOTAL} \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

(Valores de Leg

$$h_s = h_f' = f \cdot \frac{\sum L_{eq} \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

$$H_B = 11 + 2 + \left(f \cdot \frac{L_{total} \cdot v^2}{d \cdot 2g} \right) \cdot d^4$$

Obs 1: quando a Q é variável, devemos escrever essa "fórmula" de perdas (H_{P1-10}) em função de Q .

$$H_B = 13 + \frac{8 \cdot f \cdot Q^2 \cdot L_{total}}{\pi^2 \cdot d^5 \cdot g}$$

$$H_B = 13 + \left(\frac{8 \cdot 0,023 \cdot Q^2 \cdot 68,5}{\pi^2 \cdot (0,0254)^5 \cdot 10} \right)$$

Obs 2: devemos dividir o número encontrado por 3600^2 , pois utilizamos a $g = 10 \text{ m/s}^2$ e, nos gráficos, a Q é dada, normalmente, em m^3/h .

$$H_B = 13 + 0,932 \cdot Q^2 \rightarrow \text{CCI}$$

CAVITAÇÃO

Implosão de bolhas de ar na alta pressão que se formam na baixa pressão.

- Verificação quanto a cavitação
- quando $p_e \leq p_v \rightarrow$ cavitação

- A pressão atmosférica limita a altura a qual a bomba pode puxar um líquido

- NPSH

- Limite físico no qual a bomba pode trabalhar

Credeal

(1)

$$NPSH_d = \frac{(P_{atm} - P_v) - H - h - \frac{v^2}{2g}}{\gamma}$$

NPSH: Net Positive Suction Head (Altura Positiva Líquida de Sucção)

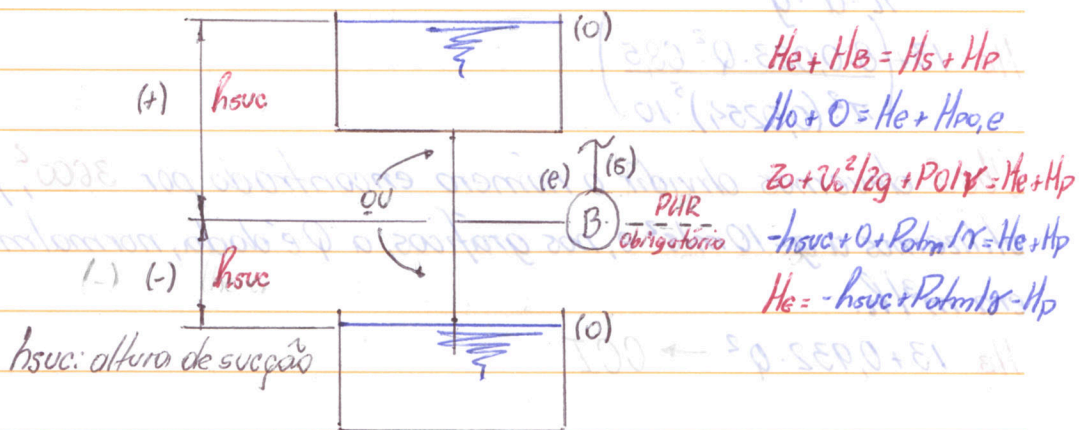
NPSH: Energia = Carga

Carga = $\frac{E_{total}}{\gamma} \rightarrow$ expresso em m

$$NPSH = \frac{H_e(ABS) - P_v(ABS)}{\gamma}$$

- NPSH requerido (NPSH_r): energia mínima exigida na entrada da bomba para evitar cavitação

$$NPSH = \frac{H_e(ABS) - P_v(ABS)}{\gamma} = NPSH_d$$



NBR 12214/1992: NPSH_d deve ser 20% maior ou 0,5 m mais

- Se $NPSH_r < NPSH_d$: não cavita

- Se $NPSH_r > NPSH_d$: cavita

Para o exemplo dado:

$$NPSH_d = \frac{P_v(ABS) - P_v(ABS) + h_{suc} - H_{psuc} - P_v(ABS)}{\gamma}$$

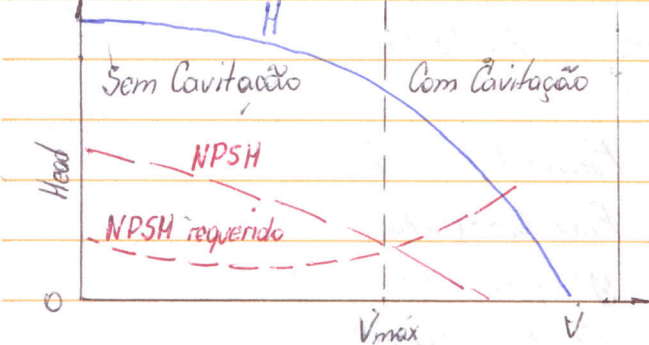
$$NPSH_d = \frac{P_v(ABS) - P_v(ABS) + h_{suc} - H_{psuc}}{\gamma}$$

$$NPSH_d = \frac{(P_{atm} - P_v) - H - h - \frac{v^2}{2g}}{\gamma} \rightarrow \text{levantar a curva CCI}$$

25 05 09

MAPRU

Curva NPSH



Exemplo: considerando a instalação a seguir e as curvas de bombas, verifique a condição de cavitação. Dado: $H_{p1,2} = 4,14 \text{ m}$; $Q = 25,24 \text{ L/s}$; $D = 4 \text{ in}$; $z_1 - z_2 = 4 \text{ ft}$; $P_0 = 101,3 \text{ kPa}$; $P_v = 3,169 \text{ kPa}$; $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$$NPSH_d = P_0 - P_v \pm h_{suc} - H_{esuc}$$

γ

$$NPSH_d = 101,3 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 - 3,169 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 + 1,2192 \text{ m} - 4,14 \text{ m}$$

$$997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$NPSH_d = 7,45 \text{ m}$$

Com a curva required NPSH, encontra-se $4,1 \text{ ft} = 1,2192 \text{ m}$; com 20% ou 0,5 m de fator de segurança, a bomba ainda não cavita.

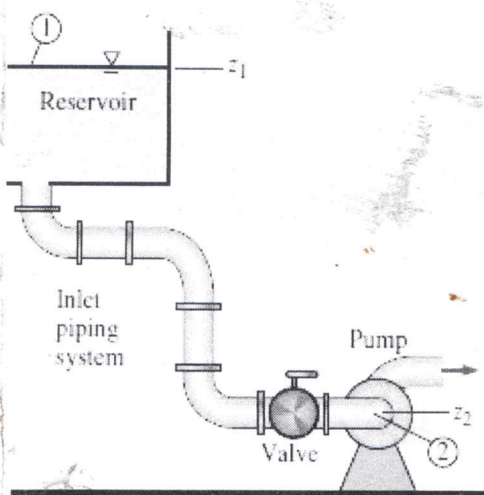
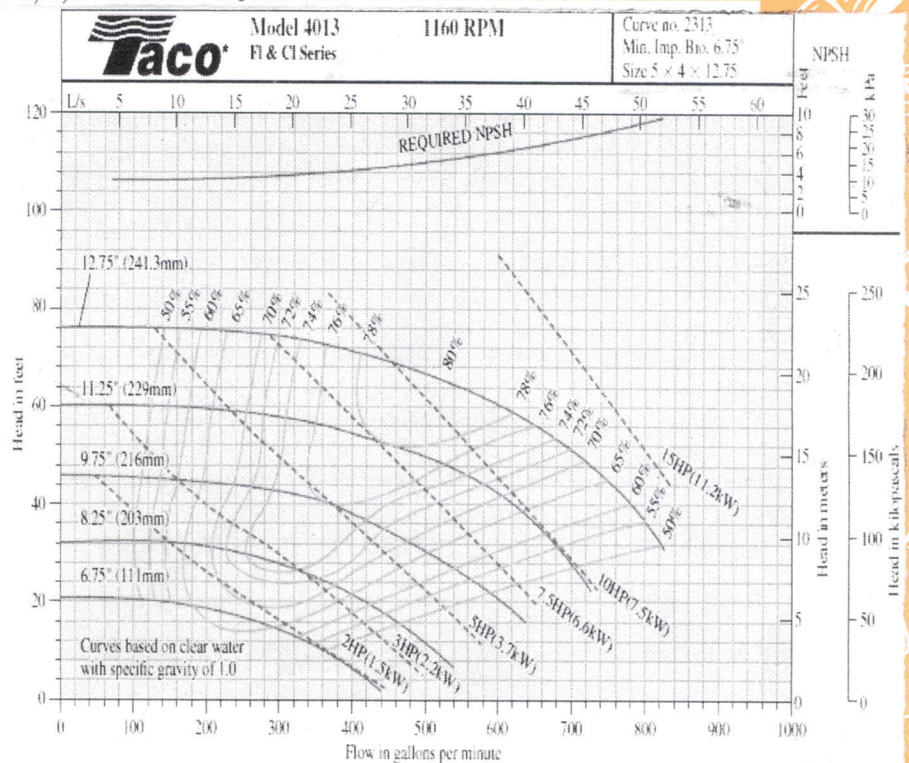


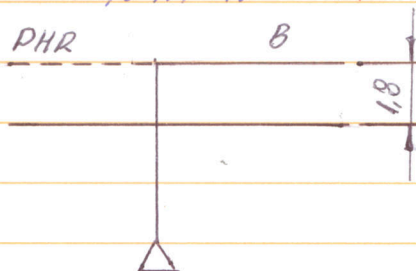
FIGURE 14-20

Inlet piping system from the reservoir (1) to the pump inlet (2) for Example 14-3.



$NPSH_R = 6,10 \text{ m}$ (fabricante)

$Q = 2556,0 \text{ m}^3/\text{h}$ $H_P = 1,22 \text{ m}$ $z = 1,83 \text{ m}$



$$P_{atm} = 101,32 \text{ kPa}$$

$$P_{vap} = 0,886 \text{ kPa}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 999,5 \text{ kg/m}^3$$

$$NPSH_d = \frac{(P_0 - P_{vap})}{\gamma} + h_{suc} - H_{psuc} \rightarrow H_{est} = \Delta z \quad H_{psuc}: \text{perda de carga até a entrada da bomba}$$

$$NPSH_d = \frac{(101,32 \cdot 10^3 - 0,886 \cdot 10^3)}{9,81 \cdot 999,5} - 1,83 - 1,22$$

$$NPSH_d = 10,24 - 3,05$$

$$NPSH_d = 7,19 \text{ m}$$

Como $NPSH_R > NPSH_d \rightarrow$ A bomba não cavita

$\rightarrow$ Devemos utilizar o "fator de engenharia" $\begin{cases} \cdot 1,2 = 7,32 \text{ m} \\ + 0,5 = 6,60 \text{ m} \end{cases}$

Colocar descreção aqui!

25 05 16

Exercício: Analise a possibilidade de cavitação no linha de sucção representada, sabendo que:

- Temperatura ambiente: 30°C
- Vazão: 40 L/s
- Diâmetro interno: 15 cm
- Perdas: 7,0 m
- $P_{\text{atm}}: 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- $\gamma: 9810 \text{ N/m}^3$
- $P_v: 31,8 \text{ mmHg} = 4,34 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$

Pressão absoluta na entrada da bomba: $P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} - \gamma \cdot \left(\frac{V^2}{2g} + z_s + h_f + h_s \right)$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow A = \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} = 1,76715 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} \rightarrow V = ?$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} - \gamma \cdot \left(\frac{V^2}{2g} + z_s + h_f + h_s \right)$$

$\frac{V^2}{2g} = \frac{2,26^2}{2 \cdot 9,81} = 0,26$

$$P_{\text{abs}} = 101000 - 9,81 \cdot 1000 \cdot 9,76$$

$$P_{\text{abs}} = 5344,4 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{abs}} > P_v$: **Não Cavita!**

$$H_e + H_m = H_s + H_p$$

$$H_e + 0 = H_e + h_s + h_f$$

$$z_0 + \frac{V_0^2}{2g} + \frac{P_0}{\gamma} = z_e + \frac{V_e^2}{2g} + \frac{P_e}{\gamma} + h_s + h_f \rightarrow z_0 + 0 + \frac{P_0}{\gamma} = z_e + \frac{V_e^2}{2g} + \frac{P_e}{\gamma} + h_s + h_f \rightarrow$$

$$\frac{z_0 + P_0}{\gamma} - \left(\frac{z_e + \frac{V_e^2}{2g} + h_s + h_f}{\gamma} \right) = \frac{P_e}{\gamma} \rightarrow P_e = \left[\frac{z_0 + P_0}{\gamma} - \left(\frac{z_e + \frac{V_e^2}{2g} + h_s + h_f}{\gamma} \right) \right] \cdot \gamma$$

Credeal $z_0 - z_e = z_s \rightarrow P_e (\text{abs})$

REVISÃO PARA PROVA (P2)

DISSERTATIVA 1: Indique todas as etapas que um fabricante deve cumprir para montar uma CCB.

- Levantar dados técnicos da bomba
 - Tipo da bomba
 - Potência do motor, rotação (rpm), número de estágios
 - Diâmetro do rotor e do tubo de recalque
 - Fluido bombeado (viscosidade, densidade, temperatura)
- Definição das variáveis hidráulicas
 - Vazão, altura manométrica total (HT), NPSH requerido
 - Eficiência da bomba (η), potência consumida (P), corrente elétrica (I)
- Ensaio de bancada (se aplicável)
 - Medição experimental da bomba em diferentes condições de operação
 - Coleta de dados: pressão de sucção e recalque, vazão, rotação, consumo de energia
 - Condições constantes de temperatura e densidade do fluido
- Tratamento dos dados
 - Cálculo da altura manométrica com base nas leituras de pressão
 - Cálculo da eficiência da bomba e da potência hidráulica
- Construção da Curva Característica
 - Traçar gráficos
 - Altura manométrica (H) x Vazão (Q)
 - Eficiência x Vazão
 - Potência x Vazão
 - NPSH x Vazão
 - Utilização de software (Excel, Matlab etc.)
- Validação da curva
- Documentação e divulgação

25 05 30

MAPFLU

DISSERTATIVA 2: O que você entende por "ponto de trabalho" de uma bomba, também conhecido como ponto ótimo?

É a interseção entre a Curva Característica da Bomba ($H \times Q$) e a Curva do Sistema (carga total requerida pela instalação para cada vazão).

Esse ponto representa a condição real de operação da bomba. O ponto ótimo ocorre quando a bomba trabalha com máxima eficiência hidráulica, com menor consumo de energia e menor desgaste dos componentes.

DISSERTATIVA 3: O que você entende por Hestático de uma instalação hidráulica?

O Hestático (ou altura estática) é a diferença de altura entre o nível do fluido no reservatório de sucção e o reservatório de sucção e o reservatório de recalque, desconsiderando perdas por atrito.

Fórmula básica: $H_{estático} = h_{recalque} - h_{sucção}$

Essa grandeza influencia diretamente na carga total da bomba.

DISSERTATIVA 4: Sobre a utilização de bombas, podemos aplicá-las em série ou em paralelo. Explique estas duas configurações de utilizá-las e qual a grandeza física impactada?

- Bombas em série

- As vazões permanecem iguais em todas as bombas
- As alturas manométricas se somam
- Usado quando é necessário vencer grandes alturas (elevatórias, prédios altos)
- Grandeza impactada: pressão (altura manométrica)

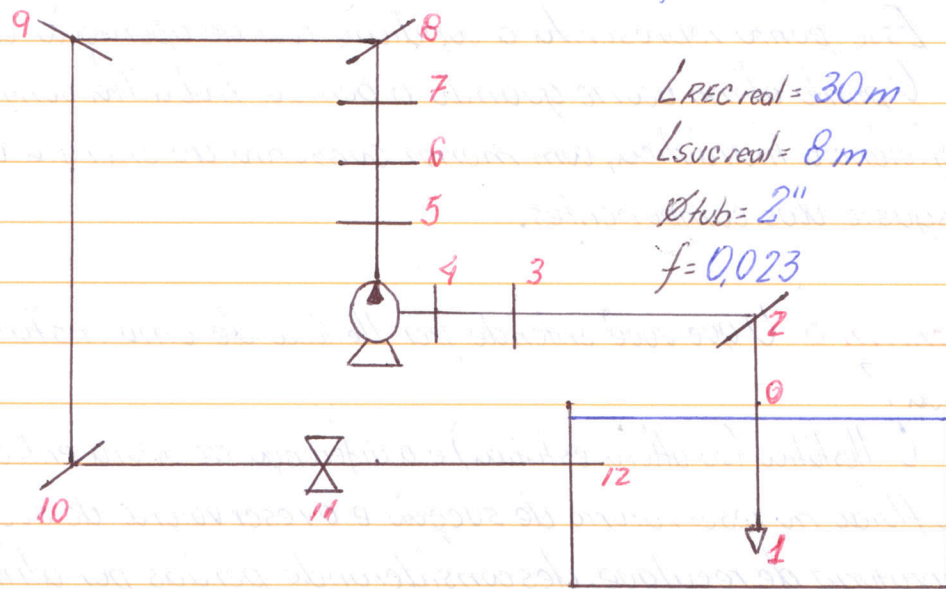
- Bombas em paralelo

- As alturas manométricas permanecem iguais

Credeal • As vazões se somam

- Usado quando se deseja maior vazão total, como em sistemas industriais com alta demanda.
- Grandeza impactada: Vazão (Q)

DISSERTATIVA 5: Construa a CCI da instalação abaixo



Comprimentos equivalentes

Leg 1: 14,0 m

Leg 2: 1,7 m: cotovelo 90°

Leg 3: 1,0 m

Leg 4: 1,2 m

Leg 5: 1,2 m

Leg 6: 1,2 m

Leg 7: 0,4 m

Leg 8: 1,7 m: cotovelo 90°

Leg 9: 1,7 m: cotovelo 90°

Leg 10: 1,7 m: cotovelo 90°

Leg 11: 0,4 m

Leg 12: 0,7 m (entrada normal)

$\Sigma Leg = 29,9\ m$

$\Sigma L_{real} = 38,0\ m$

25 05 30

maçFLU

$$H_e + H_m = H_s + H_p$$

H_e e H_s são "0", pois o sistema é fechado

$$H_m = f \cdot \frac{L_{real} \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g}$$

$$Q = v \cdot A$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

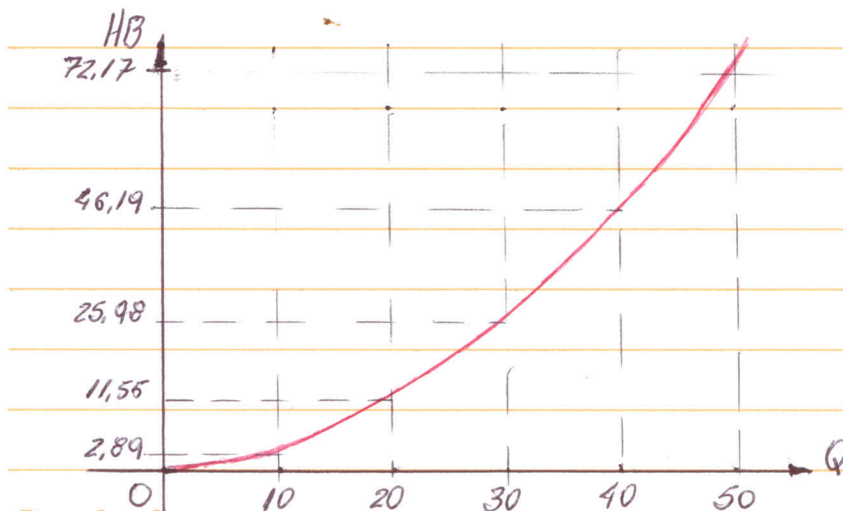
$$H_m = f \cdot L_{real} \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot d^5 \cdot g}$$

$$H_m = \frac{0,023 \cdot (67,9) \cdot 8 \cdot Q^2}{(3,14159)^2 \cdot (0,0508)^5 \cdot 10}$$

$$H_m = \frac{381,42 \cdot Q^2}{3600^2}$$

$$H_m = 0,02943 \cdot Q^2 (m)$$

HB	0	2,89	11,55	25,98	46,19	72,17
Q	0	10	20	30	40	50



Credeal

Exercício: Calcular a potência da bomba que deve ser instalada na estação de recalque a seguir. Dados:

$$L_{eqc} = 1,2 \text{ m}$$

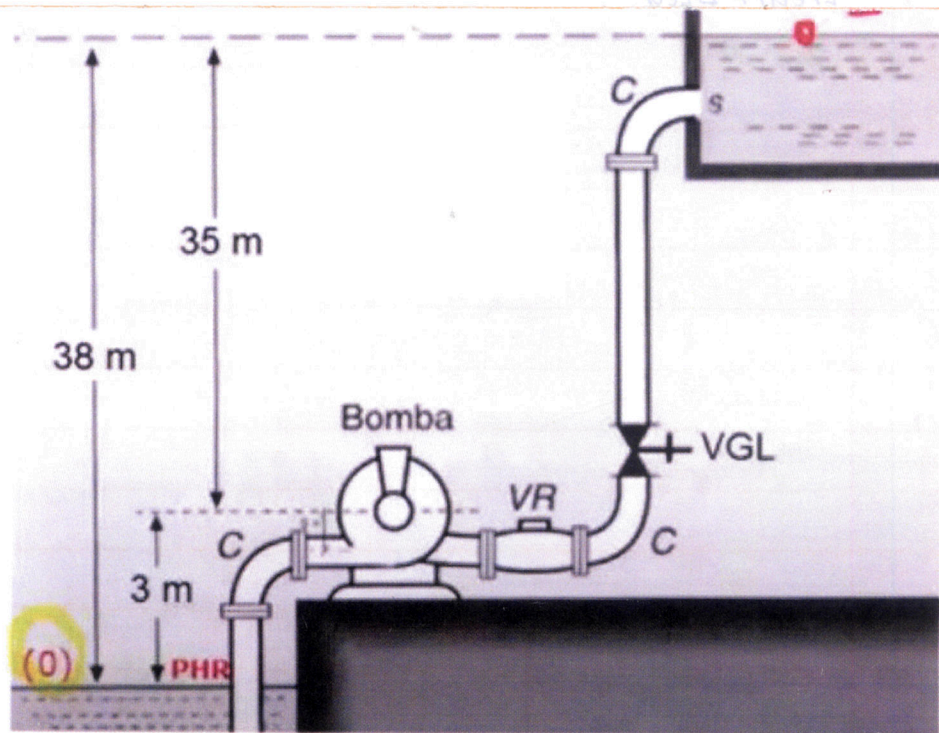
$$L_{eqVR} = 12,0 \text{ m}$$

$$L_{eqVL} = 18,0 \text{ m}$$

Material da tubulação com $\epsilon = 0,0015 \text{ m}$

$$Q = 0,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$\phi = 25 \text{ cm}$ (toda a tubulação possui o mesmo diâmetro)



$$H_e + H_m = H_s + H_{p0,i}$$

$$\frac{z_0 + v_0^2}{2g} + \frac{P_0}{\gamma} + H_B = \frac{z_1 + v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + H_{p0,i}$$

$$0 + 0 + 0 + H_B = 38 + 0 + 0 + f \cdot \frac{L_{total} \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

$$H_B = 38 \text{ m} + f \cdot \frac{L_{\text{total}} \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

$$v = \frac{Q}{A} \rightarrow v = \frac{0,85}{\frac{\pi \cdot (0,25)^2}{4}} \rightarrow v = 17,32 \text{ m/s}$$

$$d = 0,25 \text{ m}$$

$$L_{\text{total}} = L_{\text{real}} + \sum L_{\text{eq}}$$

$$L_{\text{total}} = 38 + 33,6$$

$$L_{\text{total}} = 71,6 \text{ m}$$

f no gráfico

$$\epsilon = \frac{0,0015}{0,25} = 0,006$$

$$d = 0,25$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \rightarrow Re = \frac{17,32 \cdot 0,25}{1 \cdot 10^{-6}} \rightarrow Re = 4,33 \cdot 10^6$$

$$\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$f = 0,032$$

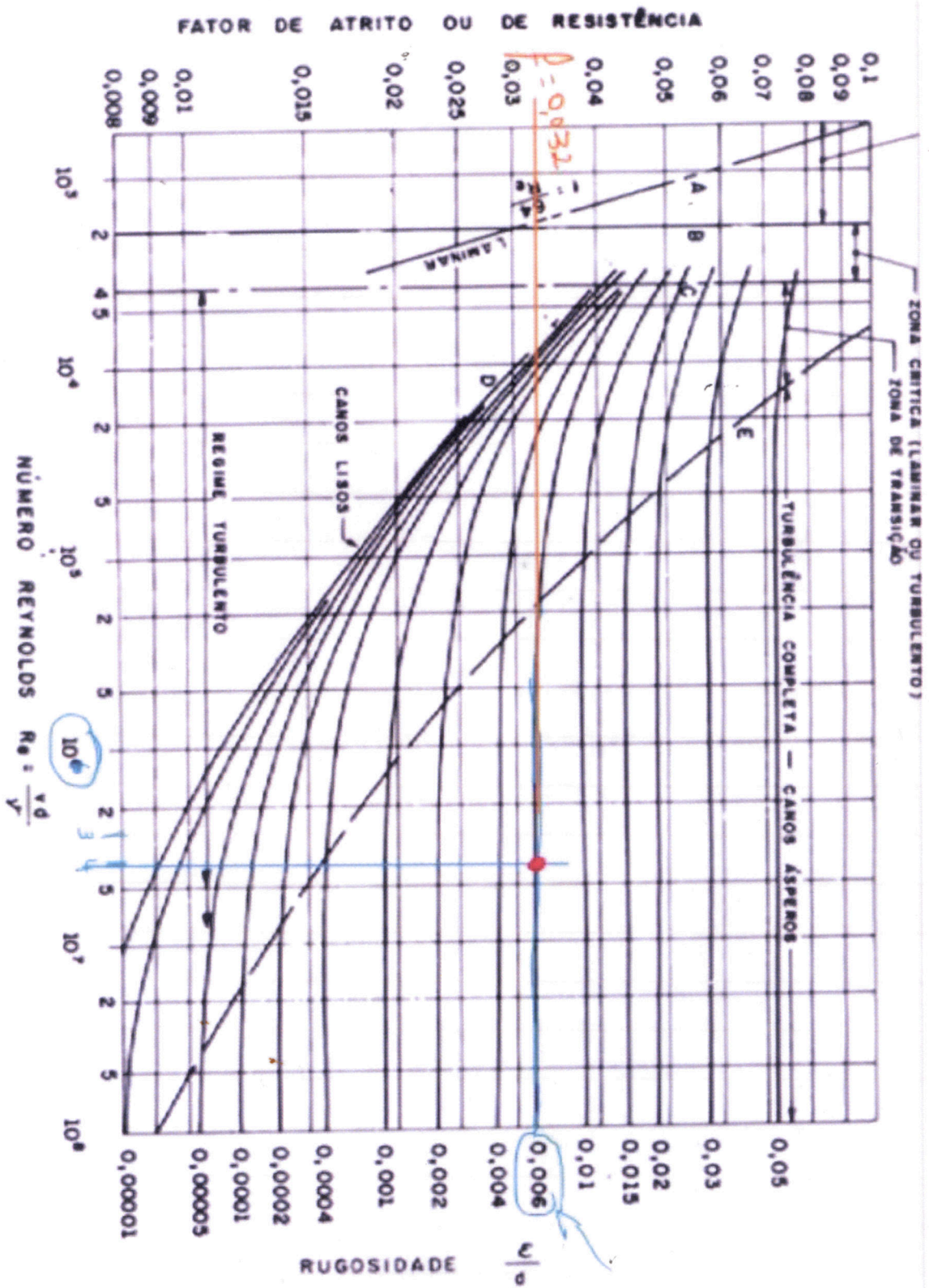
$$H_B = 38 + 0,032 \cdot \frac{71,6}{0,25} \cdot \frac{17,32^2}{20}$$

$$H_B = 128,22 \text{ m}$$

$$N_B = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_B}{\eta_B}$$

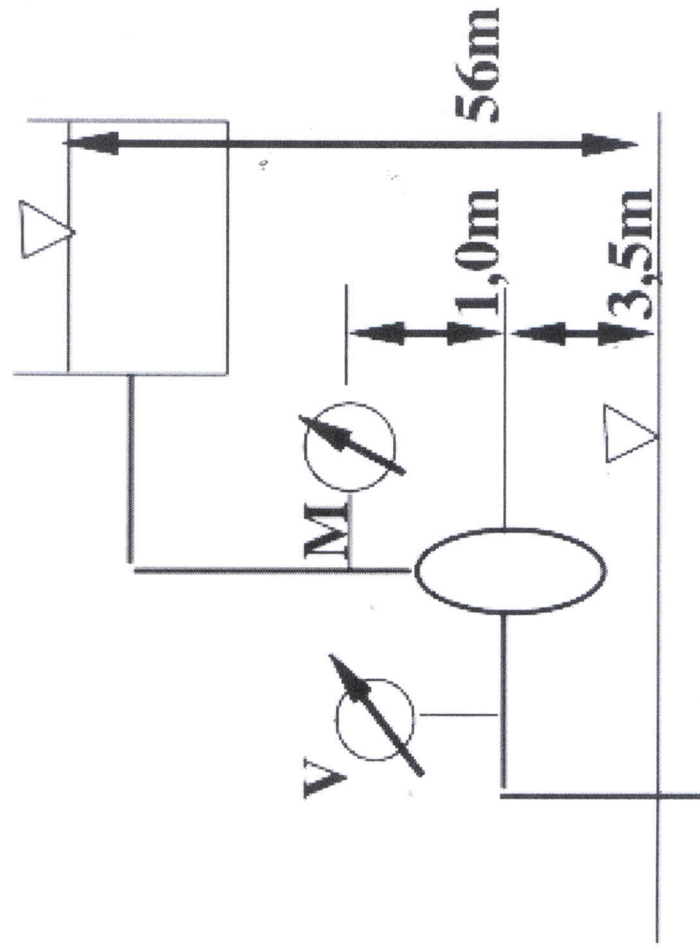
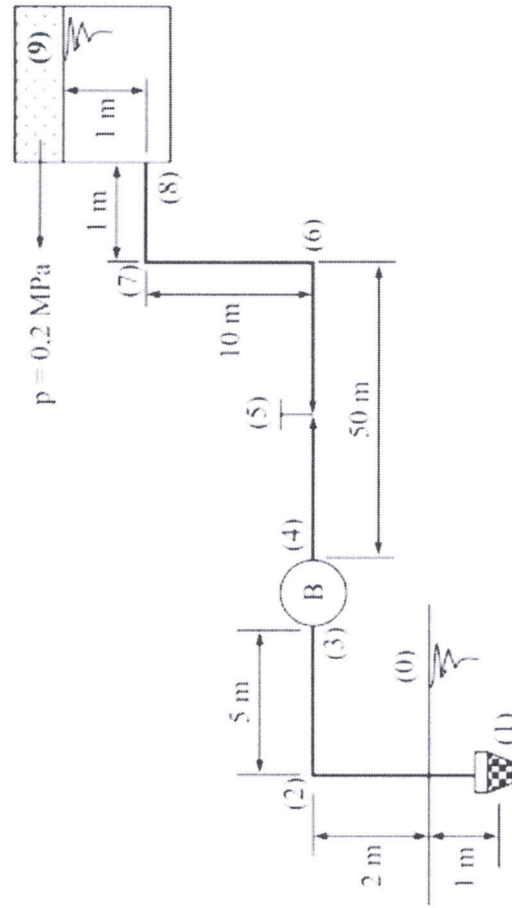
$$N_B = \frac{10^4 \cdot 0,85 \cdot 128,22}{0,8}$$

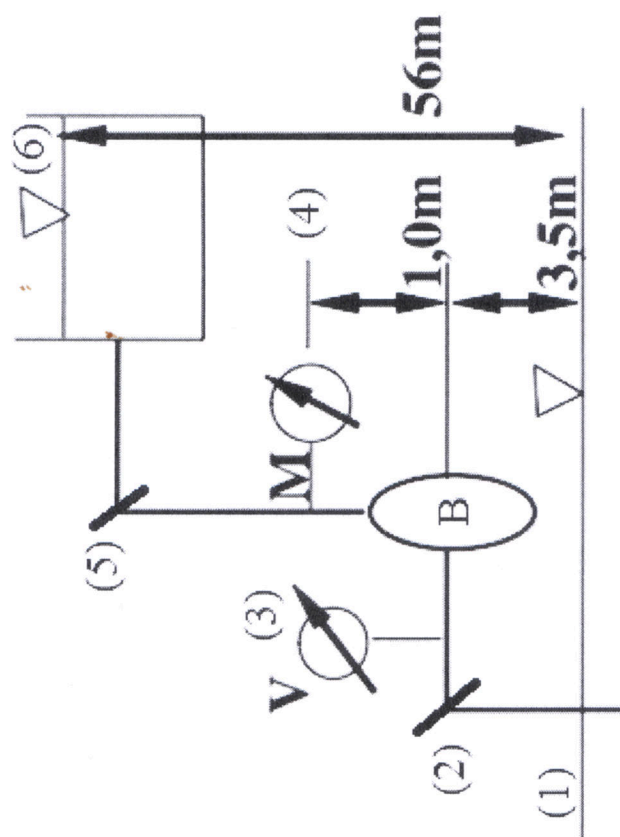
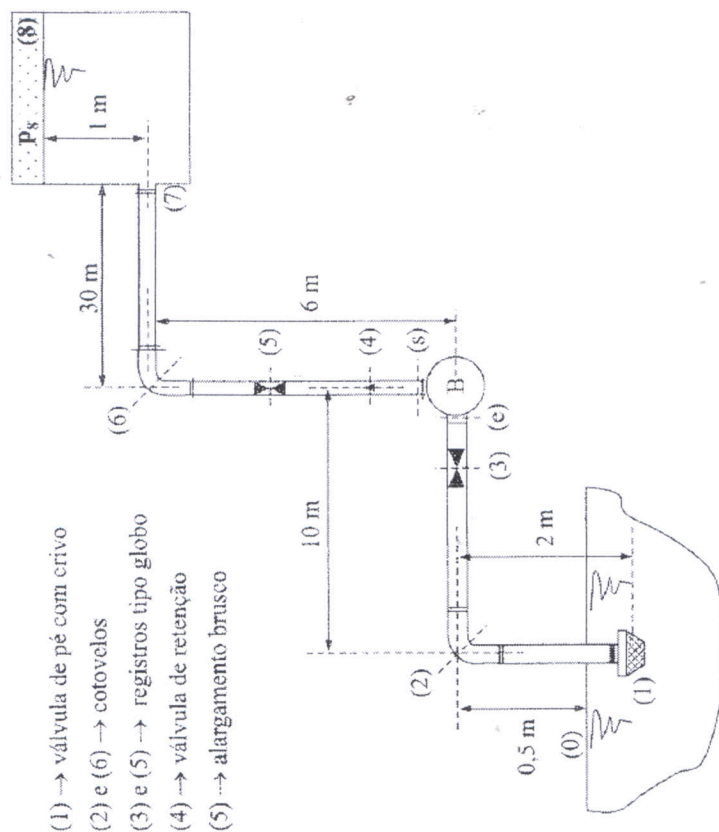
$$N_B = 1362,3375 \text{ kW}$$



Na instalação da figura, determinar a potência da bomba necessária para produzir uma vazão de 10 L/s, supondo seu rendimento de 70%. Dados: $D_{ac} = 2,5$ (6,25 cm); $D_{suc} = 4$ (10 cm); aço; $v = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$; $L_{eq1} = 20 \text{ m}$; $L_{eq2} = 2 \text{ m}$; $L_{eq6} = L_{eq3} = 1 \text{ m}$; $k = 10$; $k_{s3} = 1$.

Utilizar $f = 0,02$ tanto na sucção quanto no recalque





$z_1 = 4 \text{ ft} = 1,2192 \text{ m}$; $Q = 25,24 \text{ L/s} = 400 \text{ gpm}$; $\gamma = 9770,6 \text{ N/m}^3$; $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$; $p_v = 3,169 \text{ kPa}$; $H_{p1,2} = 4,14 \text{ m}$

Da equação:

$$NPSH_d = H_1 - H_{p,sucção} - \frac{p_v}{\gamma}$$

$$H_1 = z_1 + \frac{p_0}{\gamma} = 1,2192 + \frac{101,3 \times 10^3}{9770,6} = 11,59 \text{ m}$$

$$H_{p,sucção} = 4,14 \text{ m}$$

$$\frac{p_v}{\gamma} = \frac{3,169 \times 10^3}{9770,6} = 0,3243 \text{ m. Assim}$$

$$NPSH_d = 11,59 - 4,14 - 0,3243 = 7,126 \text{ m}$$

A energia requerida na entrada da bomba é obtida do gráfico da intersecção da curva $NPSH_r$ para $Q = 400$ gpm:

$$NPSH_r = 4 \text{ ft} = 1,2192 \text{ m}$$

Por comparação vemos que

$$NPSH_d > NPSH_r + 0,5$$

Logo não haverá cavitação.

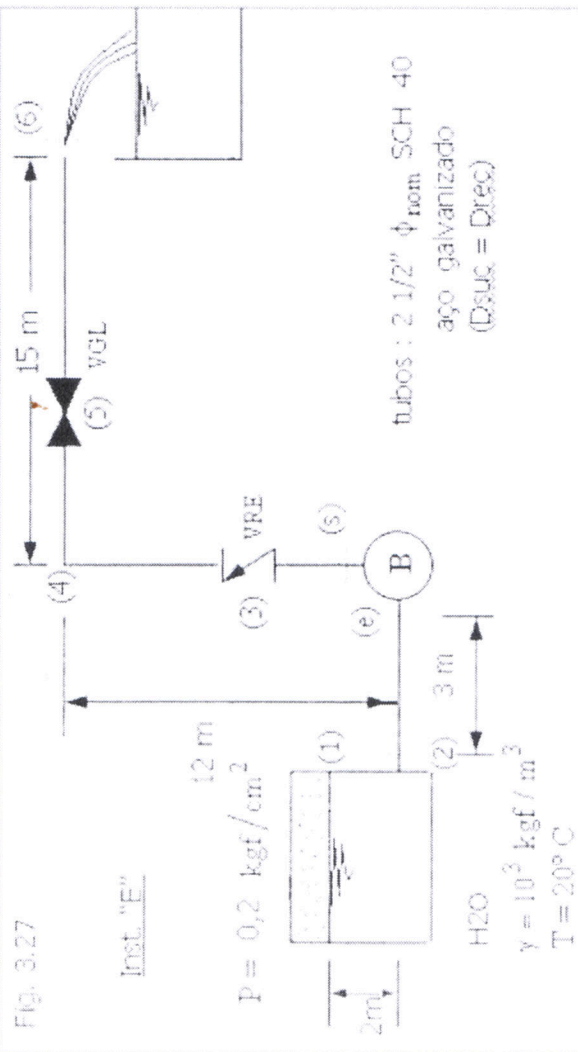
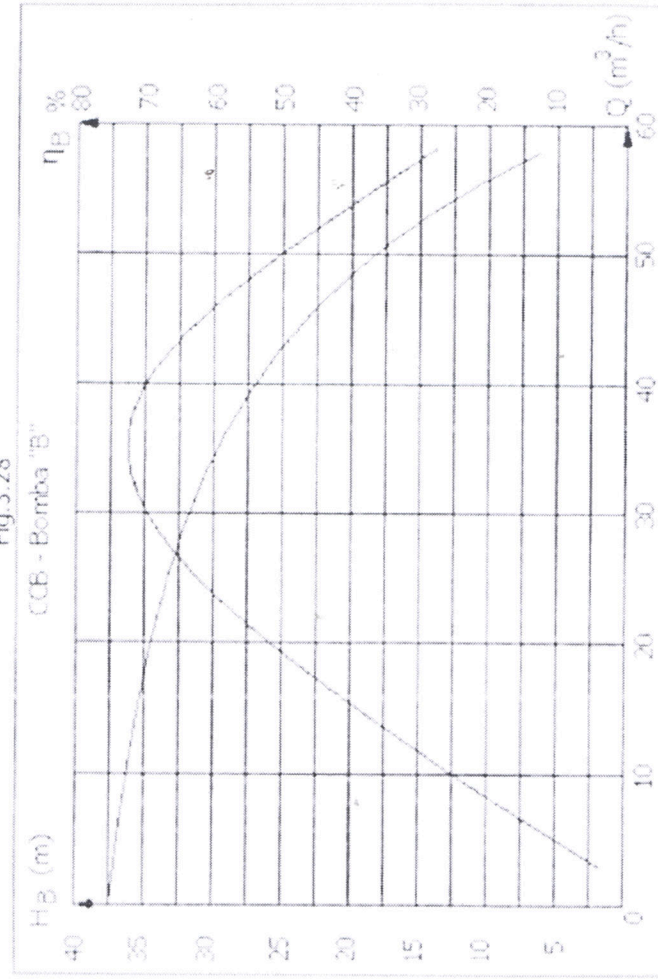


Fig. 3.28



$z_1 = 4 \text{ ft} = 1,2192 \text{ m}$; $Q = 25,24 \text{ L/s} = 400 \text{ gpm}$; $\gamma = 9770,6 \text{ N/m}^3$; $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$; $p_v = 3,169 \text{ kPa}$; $H_{p1,2} = 4,14 \text{ m}$

Da equação:

$$NPSH_d = H_1 - H_{p,sucção} - \frac{p_v}{\gamma}$$

$$H_1 = z_1 + \frac{p_0}{\gamma} = 1,2192 + \frac{101,3 \times 10^3}{9770,6} = 11,59 \text{ m}$$

$$H_{p,sucção} = 4,14 \text{ m}$$

$$\frac{p_v}{\gamma} = \frac{3,169 \times 10^3}{9770,6} = 0,3243 \text{ m. Assim}$$

$$NPSH_d = 11,59 - 4,14 - 0,3243 = 7,126 \text{ m}$$

A energia requerida na entrada da bomba é obtida do gráfico da intersecção da curva $NPSH_r$ para $Q = 400$ gpm:

$$NPSH_r = 4 \text{ ft} = 1,2192 \text{ m}$$

Por comparação vemos que

$$NPSH_d > NPSH_r + 0,5$$

Logo não haverá cavitação.

- Curva NPSH

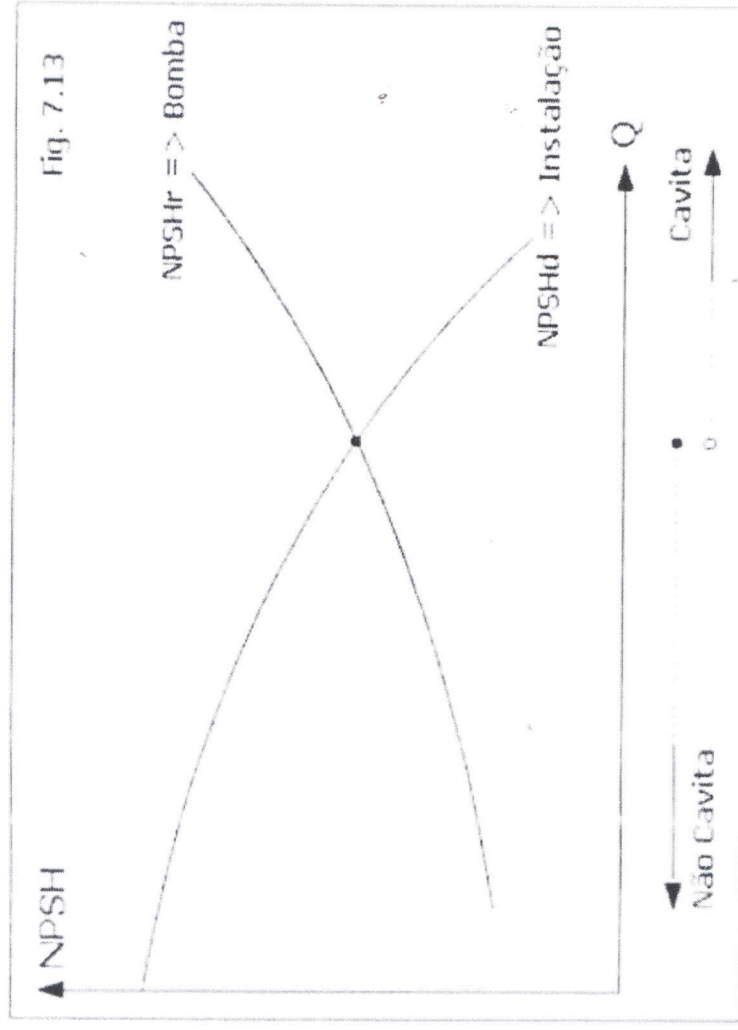
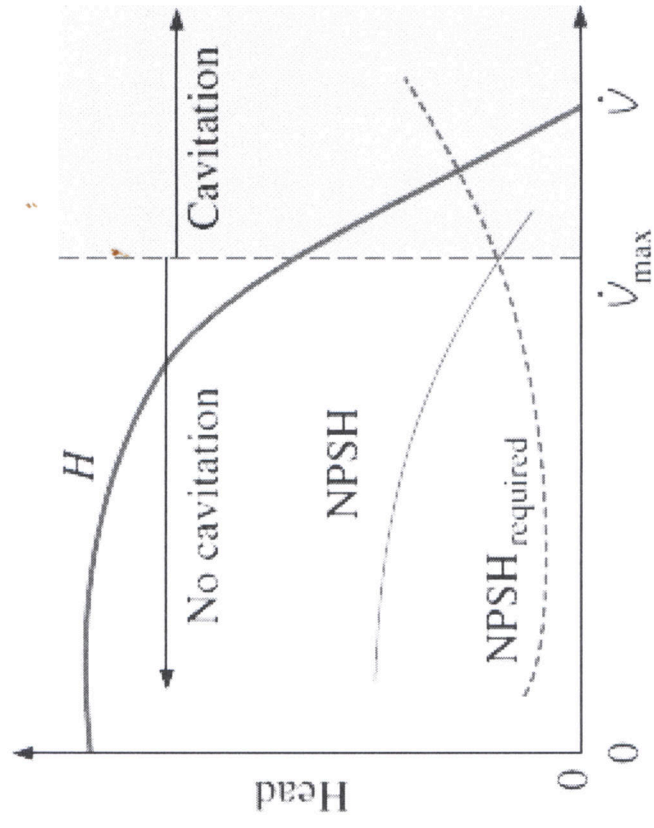


Fig. 7.13