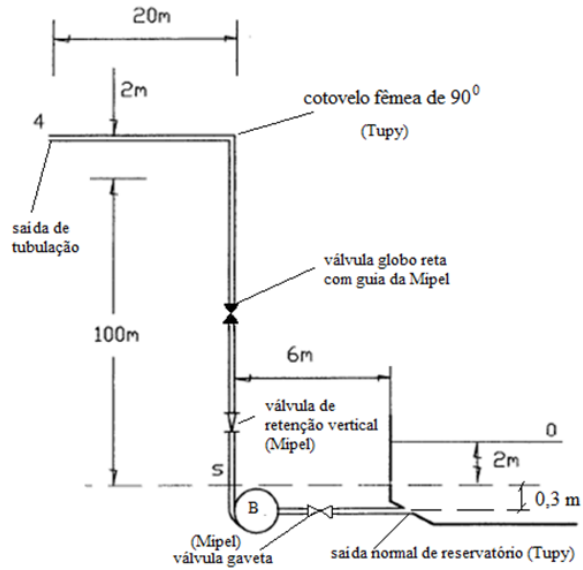


ME5330

Considerando a instalação esquematizada abaixo, sabendo que através da mesma estaremos transportando água a 20°C com uma vazão desejada de 16,5 L/s, pede-se dimensionar as tubulações e especificar a bomba adequada



Data: 15/08/2014 → (1)

Aula 3 → de teoria.

Retomando as etapas de
1 projeto básico de uma
instalação de bombeamento.

1^a → DADOS INICIAIS

Lo1 → FLUIDO E SUA TEMPERATURA

$$\left. \begin{aligned} \rho &= 998,2 \text{ kg/m}^3 \\ \nu &= 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\ p_{\text{vapor}} &= ? \end{aligned} \right\}$$

exemplo → H₂O a 20°C

↳ semana passada mostrei a
def. pelo site www.escoladavida.eng.br.

Outra maneira consultando
a bibliografia complementar
e o material da KSB, na

$$\begin{aligned} \text{pg 200} \quad \rho &= 0,9983 \text{ kg/dm}^3 & \nu &= ? \\ p_{\text{vapor}} &= 0,02337 \text{ bar.} \end{aligned}$$

PORTANTO → um está completando
o outro.



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Teríamos ainda outra
maneira na consulta,
Ver ⇒ *

(2)

Data: 15 / 08 / 2014

1.2 → Condições de captação e de distribuição e que permitem a especificação da $H_{inicial}$ e da H_{final} .

No exemplo, temos adotando o PHR em (0): $H_{inicial} = 0$

$$H_{final} = 400 + \frac{40^2}{2gA^2}$$

1.3 → A vazão desejada, que para o exemplo é 16,5 l/s.

1.4 → A aplicação da instalação a ser projetada.

No exemplo vamos considerar que é uma aplicação industrial.

(2ª) → ESBOÇO DA INSTALAÇÃO

Através do esboço podemos especificar os comprimentos (L) dos tubos, ~~os~~ ~~os~~ os acessórios hidráulicos e as cotas.



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 15/08/2014

(3)

(singularidades) que serão utilizados. isto sem especificar seus diâmetros

AB → antes da bomba
↳ $L_{AB} = 6m$
↳ acessórios → 1) saída normal de reserv.

Importante
notar que
ainda não
foi definido
 ϕ

2) válvula gaveta,
que será
utilizada ON/
OFF → Mipel.

DB → depois da bomba
↳ $L_{DB} = 122,3m.$
↳ acessórios:

IMPORTANTE

- valv. de retenção vertical (Mipel)
- valv. globo reta ~~sem~~ guia (Mipel)
- cotovelo fêmea de 90° (Tupy)
- saída de tubulação (Tupy)

também
sem definir ϕ



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Adotando PHR em (0), temos
 $Z_{inicial} = Z_0 = 0$
 $Z_{final} = Z_4 = 100m.$

4

Data: 15 / 08 / 2014

3º DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS,

SEMPRE dimensionamos o tubo depois da bomba e adotamos um diâmetro comercial imediatamente superior antes da bomba, isto com a finalidade de diminuir a probabilidade de ocorrer o fenômeno de CAVITAÇÃO.

OBS → O QUE VEM A SER O FENÔMENO DE CAVITAÇÃO?

→ É A VAPORIZAÇÃO TOTAL OU PARCIAL E POSTERIORMENTE A CONDENSACÃO DO FLUIDO NA PRÓPRIA TEMPERATURA DE ESCOAMENTO.

Para visualizar isto vamos considerar a situação a seguir e analisar a entrada e a saída da bomba.

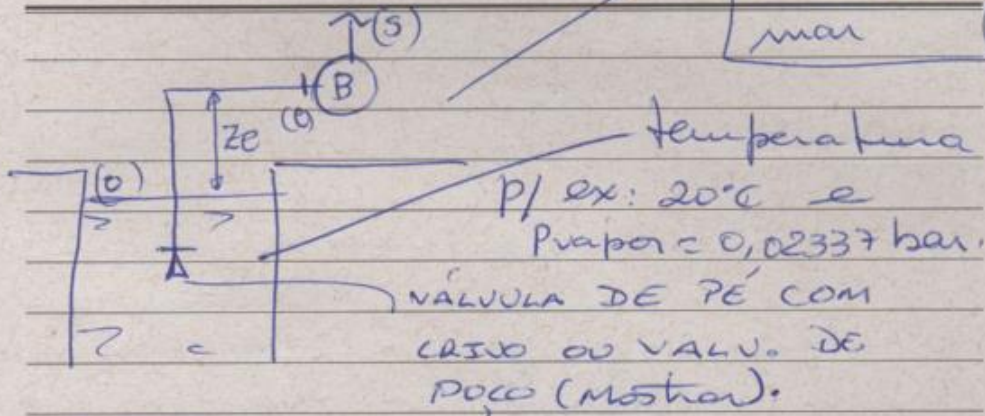


CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 15/08/2014

(5)

Supor ao nível do mar



lembra

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa, portanto}$$
$$P_{\text{vapor}} = 0,02337 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Vamos calcular a $p_e = ?$

$$H_0 = H_e + H_{p_{AB}} \Rightarrow z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} + H_{p_{AB}}$$

ADOTANDO O PHR em (0) e TRABALHANDO NA ESCALA EFETIVA, TEMOS:

$$0 = z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{v_e^2}{2g} + \int_{AB} \frac{(L + \sum L_{eq})_{AB}}{D_{HAB}} \times \frac{Q^2}{2g A_{AB}^2}$$

$$\therefore p_e = -\gamma \left[z_e + \frac{v_e^2}{2g} + \int_{AB} \frac{(L + \sum L_{eq})_{AB}}{D_{HAB}} \times \frac{Q^2}{2g A_{AB}^2} \right]$$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

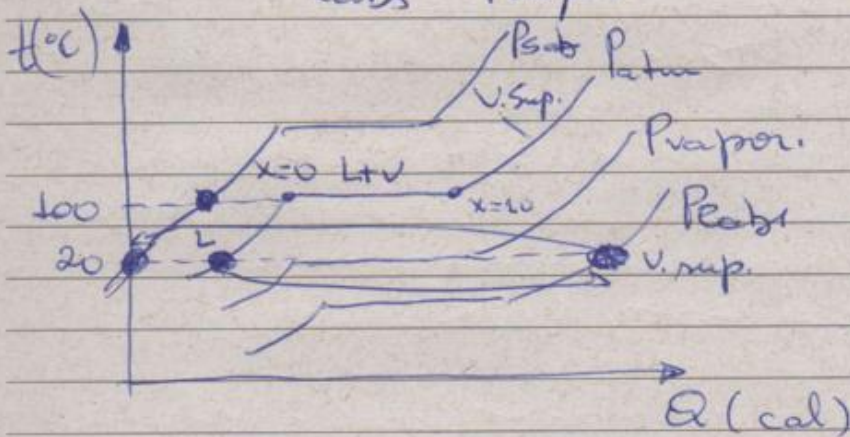
Data: 15 / 08 / 2014

6

$$P_{\text{abs}} = P_e + P_{\text{atm local}}$$

Vamos supor que $P_{\text{abs}} < P_{\text{vapor}}$
O que será que acontece?

Para responder este questionário,
vamos considerar o diagrama
a seguir, onde supomos que
 $P_{\text{abs}} < P_{\text{vapor}}$.



Observamos que ocorreu a
vaporização na entrada.

Agora vamos refletir sobre
a pressão na saída
da bomba que era

Data: 15/08/2014

(7)

maior que a $p_{atm\ local}$, portanto
ocorre a condensação \rightarrow

ISTO É O FENÔMENO DE
CAVITACÃO

Portanto, inicialmente se
pensou que a maneira
para se evitar o fenômeno
de cavitação na entrada
da bomba, seria se ter
a $p > p_{cabs\ vapor}$ e para
tal, deseja-se ter o valor
entre $[-1]$ o menor possível,
ou seja até mesmo
negativo, portanto:

① $Z_c \rightarrow$ o menor possível e
se viável até mesmo
negativo (BOMBA AFOGADA)
é o caso do
problema proposto.



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 15 / 08 / 2014.

8

② o diâmetro antes da bomba deve ser um diâmetro imediato superior ao especificado para depois da bomba, desta forma diminuímos os termos $\frac{\rho v^2}{2g}$ e a H_p Pa.B.

③ o comprimento da tubulação (L) deve ser o menor possível.

Obs: TUBO \neq TUBULAÇÃO
 $L = \text{TUBO} + \text{ACESSÓRIOS}$

④ a S_{log} deve ser a menor possível, portanto antes da bomba utilizamos os acessórios (singularidades) estritamente necessárias.

INSTALAÇÃO INDUSTRIAL \Rightarrow material + usado AÇO (NORMA ANSI B36.10)

⑤ $0,9 < v < 2,2 \text{ m/s}$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 15/08/2014

(9)

Adotamos $V = 2,0 \text{ m/s}$, temos:

$$16,5 \times 10^{-3} = 2 \times \frac{\pi \cdot D_{\text{ref}}^2}{4} \Rightarrow D_{\text{ref}} = \left[\frac{4 \times 16,5 \times 10^{-3}}{2 \times \pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

em mm.

$$D_{\text{ref}} = 102,5 \text{ mm}$$

↳ utilizado na norma ANSI B36-10 e considerando aço 40, temos:

$$D_N = 4'' \text{ aço 40} \quad \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{int}} = 102,3 \text{ mm} \\ A = 82,1 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$$

↓
DdB

isto p/ de pois da bomba, ou seja, para a tubulação de recalque.

Para a tubulação antes da bomba, adotamos um diâmetro imediatamente superior, que de princípio seria o de 6'', porém como foi informado que esta tabela não é

Data: 15/08/2014

10

completa, vamos pesquisar se não existe o de 5". Constatamos que existe, portanto:

DN = 5" aço 40 \rightarrow Dint = 128,3 mm
 \hookrightarrow Dab \hookrightarrow A = 129,3 cm².

4ª) ESCREVEMOS A EQUAÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA DA INSTALAÇÃO (CCI)

Esta equação representa a carga necessária do sistema (Hs) para que o fluido o percorra com uma vazão Q.

A equação da CCI será sempre obtida aplicando-se a equação da energia da seção inicial a final e deixando a mesma em função da vazão (Q), portanto:

$$H_i + H_s = H_f + H_{p_{ab}} + H_{p_{db}}$$

$$\frac{Z_i + p_i}{\gamma} + \frac{V_i^2}{2g} + H_s = \frac{Z_f + p_f}{\gamma} + \frac{L + Q^2}{2g A_{ab}^2} + H_{p_{ab}} + H_{p_{db}}$$



Data: 15/08/2014

11

$$0 + H_s = 400 + \frac{\alpha \times Q^2}{19,6 \times (82,1 \times 10^{-4})^2} + H_{p_{AB}} + H_{p_{dB}}$$

$$H_s = 400 + 757 \times \alpha \times Q^2 + H_{p_{AB}} + H_{p_{dB}}$$

Devemos lembrar que a perda de carga, considerando os L_{eq} , pode ser calculada pela expressão:

$$H_p = f \times \frac{(L + \sum L_{eq})}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g A^2}$$

portanto p/ aB, temos:

$$L = 6 \text{ m}$$

$$L_{eq} = 2,0 \text{ m.}$$

traida res

$$L_{eq} = 1,70 \text{ m.}$$

f valv. gaveta

$$H_{p_{AB}} = f \times \frac{(6 + 3,7)}{128,3 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (129,3 \times 10^{-4})^2}$$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

$$H_{p_{AB}} = f \times 23.072,4 \times Q^2$$

$L \rightarrow (m)$
 $L \rightarrow (m^3/\Delta)$

Data: 15/08/2014

12

Para dB, temos:

$$L = 122,3 \text{ m.}$$

$$L_{eq} = 42,65 \text{ m.}$$

\downarrow
VRetV

$$L_{eq} = 45,70 \text{ m.}$$

\downarrow
VGL.

$$L_{eq} = 3,76 \text{ m.}$$

\downarrow
cot 90°

$$L_{eq} = 3,2 \text{ m.}$$

\downarrow
Ainda
tubo

$$H_{p_{dB}} = f_{4''} \times \frac{(122,3 + 95,31) \times Q^2}{102,3 \times 10^{-3} \times 19,6 \times (83,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{dB}} = f_{4''} \times 1.610,129,6 \times Q^2$$

$$H_s = 100 + 757,4 \times Q^2 + f_{5''} \times 23072,4 \times Q^2 + f_{4''} \times 1610,129,6 \times Q^2$$

EQUAÇÃO DA CCI

Data: 15,08,2014

13

5º DEFINIMOS A VAZÃO DE PROJETO.

A vazão de projeto, será sempre a vazão desejada multiplicada por uma fator de segurança (fator_{seg}) que no mínimo é 1,1, portanto:

$$1,1 \leq \text{fator}_{\text{seg}}$$

menor que 1,2

$$Q_{\text{projeto}} = \text{fator}_{\text{seg}} \times Q_{\text{desejada}}$$

Portanto considerando o fator de segurança mínimo, temos:

$$Q_{\text{projeto}} = 1,1 \times 16,5 \cong 18,24 \text{ l/s}$$

6º CÁLCULO DA CARGA MANOMÉTRICA DE PROJETO.

Com a Q_{projeto} na equação da CCI, calculamos a $H_{\text{s,projeto}}$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 15/08/2014

(14)

que no ponto de trabalho é igual ao HB projeto.

Para viabilizar esta etapa, devemos calcular o f_5'' e o f_4'' para a Q projeto e para a temperatura de escoamento, recorrendo ao site, temos:

$$f_4'' = 0,0185 \text{ com } Q = 65,5 \text{ m}^3/\text{h};$$
$$v = 2,22 \text{ m/s e } Re = 225876, 0$$

que comprova que o $\alpha \approx 1,0$

$$f_5'' = 0,0184 \text{ com } Q = 65,5 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$v_5 = 1,41 \text{ m/s e } Re = 179873.$$

$$HB_{projeto} = 100 + 757 \times 1 \times (18,2 \times 10^{-3})^2 +$$

$$0,0184 \times 23072,4 \times (18,2 \times 10^{-3})^2 +$$

$$0,0185 \times 1650129,6 \times (18,2 \times 10^{-3})^2$$

$$\therefore HB_{projeto} \approx 110,3 \text{ m}$$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 15/08/2014

15

7º ESCOLHA PRELIMINAR DA BOMBA.

Considerando a KSB, teríamos:

$$Q_{\text{proj}} = 18,2 \text{ l/s} = 65,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{B, \text{proj}} = 110,3 \text{ m}$$

p/ 3500 rpm \rightarrow 50-250.

p/ 1750 rpm \rightarrow não temos bomba adequada

8º DEFINIMOS O DIÂMETRO DO ROTOR E O PONTO DE TRABALHO.

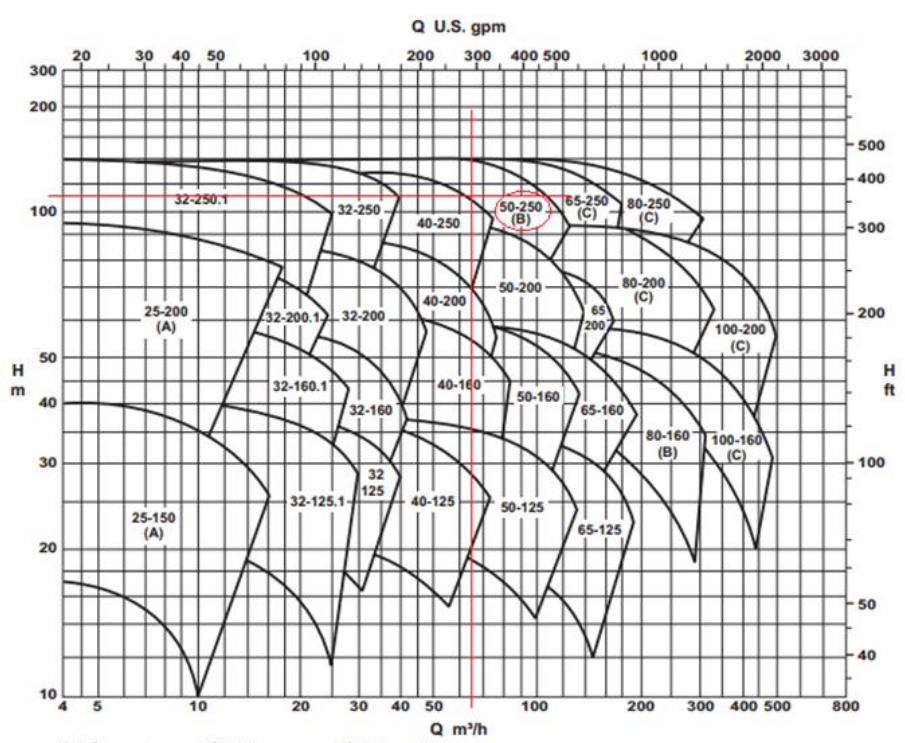
Analisando a curva, podemos inicialmente verificar que a bomba provável e a de DIÂMETRO DO ROTOR IGUAL a 238mm e o ponto de trabalho provável seria: $Q = 65,5 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_B = 110,3 \text{ m}$;

$$\eta_B \approx 62\% \text{ e o NPSH} = 2,5 \text{ m}$$

ESTES VALORES DEVEM SER COMPROVADOS

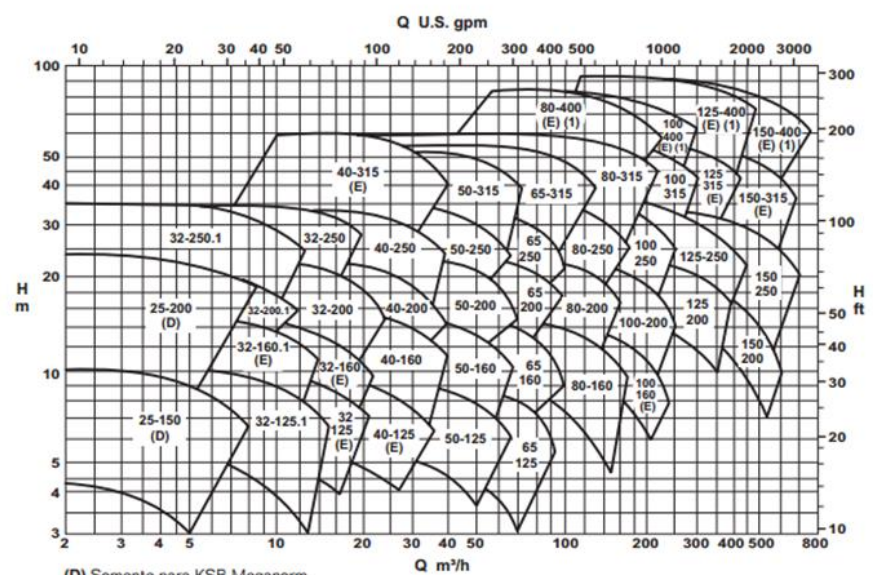


CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI



(A) Somente para KSB Meganorm e KSB Megabloc.
 (B) Somente para KSB Meganorm, KSB Megachem e KSB Megachem V.
 (C) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.

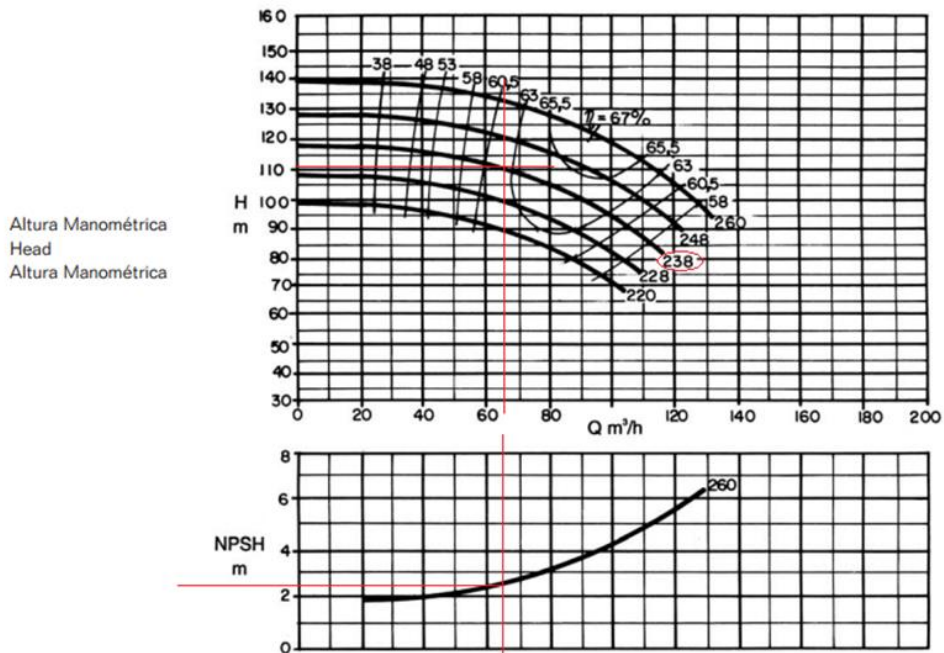
3.500 rpm



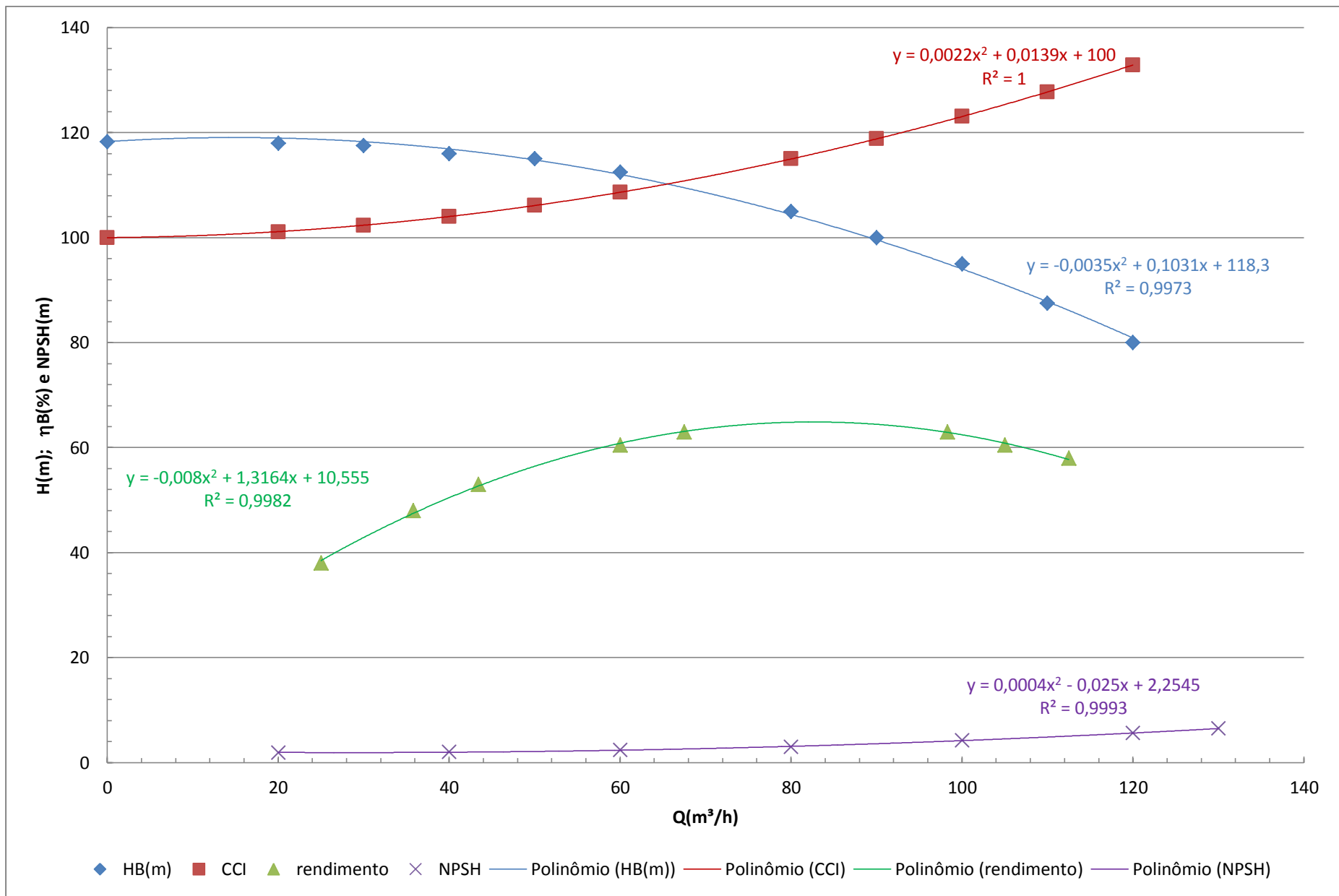
(D) Somente para KSB Meganorm.
 (E) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.
 (1) Sob consulta para KSB Megachem V.

1.750 rpm

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB MEGANORM KSB MEGACHEM KSB MEGACHEM V	Tamanho Size Tamaño	50-250	
Oferta n° Project - No. Oferta - n°	Item n° Item - No. Pos - n°	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	3500 rpm	

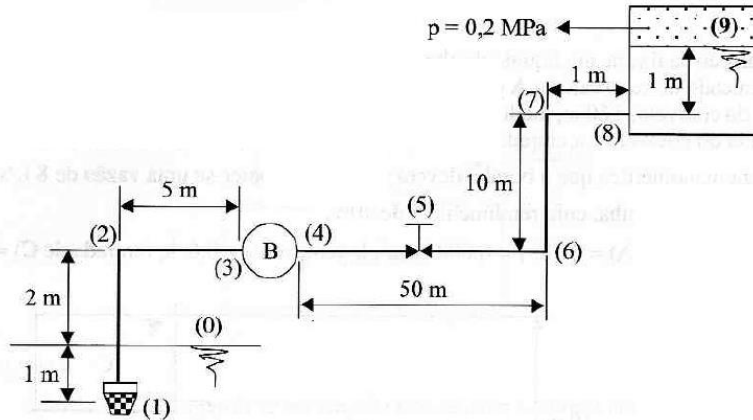


Q(m³/h)	HB(m)	f4"	f5"	Hs(m)	Q(m³/h)	ηB(%)	Q(m³/h)	NPSH(m)
0	118,3	0	0	100				
20	118,0	0,0213	0,0218	101,1	25,0	38,0	20	1,9
30	117,5	0,0201	0,0204	102,3	35,8	48,0	40	2,0
40	116,0	0,0194	0,0195	104,0	43,4	53,0	60	2,4
50	115,0	0,0189	0,0190	106,1	60,0	60,5	80	3,0
60	112,5	0,0186	0,0185	108,7	67,5	63,0	100	4,2
80	105,0	0,0181	0,0180	115,0	98,3	63,0	120	5,6
90	100,0	0,0180	0,0178	118,8	105,0	60,5	130	6,5
100	95,0	0,0179	0,0176	123,1	112,5	58,0		
110	87,5	0,0177	0,0175	127,7				
120	80,0	0,0176	0,0173	132,8				



Resolva segundo os conceitos estudados em ME4310

- 7.18 Na instalação da figura, determinar a potência da bomba necessária para produzir uma vazão de 10 L/s, supondo seu rendimento de 70%. Dados: $D_{rec} = 2,5''$ (6,25 cm); $D_{suc} = 4''$ (10 cm); aço; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$; $L_{eq_1} = 20 \text{ m}$; $L_{eq_2} = 2 \text{ m}$; $L_{eq_6} = L_{eq_7} = 1 \text{ m}$; $k_{s_5} = 10$; $k_{s_8} = 1$.

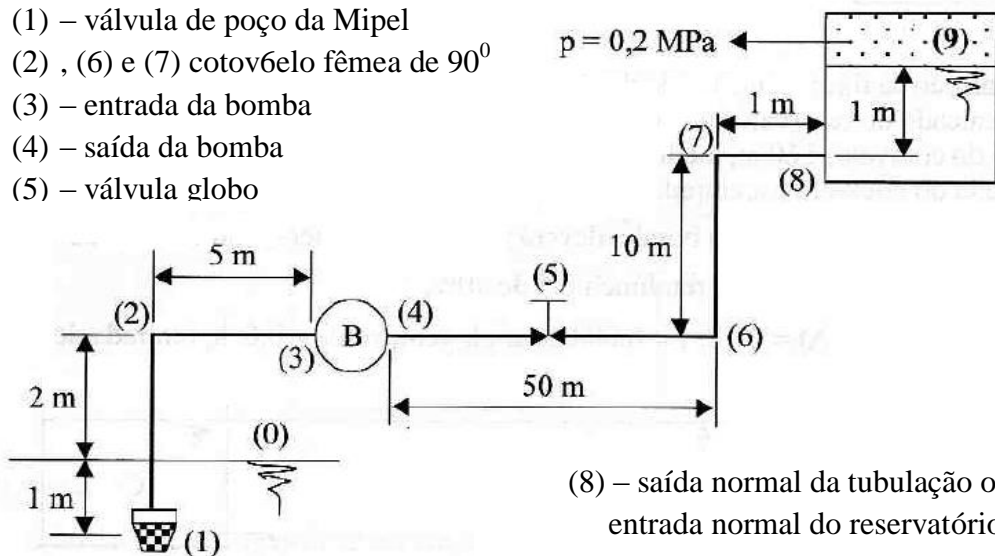


Resp.: 7,2 kW

Resolva segundo os conceitos estudados em ME5330

Considerando a instalação de recalque (linha de sucção + linha de recalque) cujo esboço é dado pela figura 1 e que foi projetada para transportar água a 25°C com uma vazão desejada igual a 10L/s, especifique a bomba adequada e o seu ponto de trabalho.

- (1) – válvula de poço da Mipel
- (2) , (6) e (7) cotovél fêmea de 90°
- (3) – entrada da bomba
- (4) – saída da bomba
- (5) – válvula globo



(8) – saída normal da tubulação ou entrada normal do reservatório!