

1

Data: 24/08/2014

AUCA4 → ME5330

7.18 → Resolvendo por ME4310

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} \Rightarrow Q = 104 \text{ s}; \eta_B = 70\%$$

DADOS: $D_{rec} = 2,5'' (6,25 \text{ cm})$; $D_{suc} = 4'' (10 \text{ cm})$
 aço; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$; $\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$;
 $Leg_1 = 20 \text{ m}$; $Leg_2 = 2 \text{ m}$; $Leg_6 = Leg_7 = 1 \text{ m}$
 $K_{55} = 10$; $K_{58} = 1$

$$H_0 + H_B = H_9 + H_{p_{suc}} + H_{p_{rec}}$$

Ado tanto PHR ou (0), temos:

$$H_0 = z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g} = 0 + 0 + 0 = 0$$

$$H_9 = z_9 + \frac{p_9}{\gamma} + \frac{V_9^2}{2g} = 13 + \frac{92 \times 10^6}{10^4} + 0 = 33 \text{ m}$$

$$H_{p_{suc}} = f_v \left(\frac{L_{suc} + Leg_1 + Leg_2}{D_{suc}} \right) \times \frac{Q^2}{2g A_{suc}^2}$$

Neste caso, estarei resolvendo igual a ME4310, mas com usando a minha página p/ achar os "f"



Data: 25 / 08 / 2014

(2)

p/ 2,5" \Rightarrow $D_{int} = 6,25 \text{ cm} = 62,5 \text{ mm}$.

$$A = \frac{\pi \cdot 6,25^2}{4} \approx 30,68 \text{ cm}^2$$

$$Q = 10 \text{ L/s}$$

$$\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$$

$$\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ e } \mu = 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\therefore \left[\frac{f}{Re} \right] \approx 0,0201$$

p/ 4" \Rightarrow $D_{int} = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$

$$A = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 78,54 \text{ cm}^2$$

$$\left[\frac{f}{Re} \right] \approx 0,0196$$

$$h_{p,rec} = 0,0196 \cdot \frac{(8+20+2)}{0,1} \times \frac{(10 \times 10^{-3})^2}{20 \times (78,54 \times 10^{-4})^2}$$

$$h_{p,rec} \approx 0,477 \text{ m}$$

3

Data: 25, 08, 2014

$$H_{p_{rec}} = f_{rec} \cdot \frac{(L + L_{q6} + L_{q7})}{D_{H_{rec}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_{rec}^2}$$

$$+ (k_{s5} + k_{s8}) \times \frac{Q^2}{2g \times A_{rec}^2}$$

$$H_{p_{rec}} = 0,0201 \times \frac{(61 + 1 + 1)}{0,0625} \times \frac{(10 \times 10^{-3})^2}{20 \times (30,68 \times 10^{-4})^2}$$

$$+ (10 + 1) \times \frac{(10 \times 10^{-3})^2}{20 \times (30,68 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{rec}} = 16,61 \text{ m}$$

$$0 + H_B = 33 + 0,477 + 16,61$$

$$H_B = 50,087 \text{ m} \approx 50,1 \text{ m}$$

$$N_B = \frac{10^4 \times 10 \times 10^{-3} \times 50,1}{0,7} = 7157,1 \text{ W}$$

ou

$$N_B \approx 7,2 \text{ kW}$$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Data: 25/08/2014

4

RESOLVENDO POR ME5330

1.0 → DADOS INICIAIS.

Montar problema na planilha

1.1 → H₂O a 20°C → $\mu = 10^{-3}$ Pa·s
 $\rho = 998,2$ kg/m³
 $\nu = 1,004 \times 10^{-6}$ m²/s.

1.2 → Q desejada = 10 l/s $H_f = 13 + \frac{0,2 \times 10^6}{997 \times 9,8}$
1.3 → H inicial = 0 e H final ≈ 33,5 m.

1.4 → Aplicação → consideramos uma instalação industrial

Importante observar que o enunciado deu H₂O a 25°C, portanto:
 $\mu = 8,89 \times 10^{-4}$ Pa·s
 $\rho = 997$ kg/m³
 $\nu = 8,92 \times 10^{-7}$ m²/s.

2. ESBOÇO → trata-se de uma instalação de recalque e que foram dados os "L" e as singularidades



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

5

Data: 25/08/2014

3. DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS.

3.1 → Recalque → $v_{ec} \approx 2,0 \text{ m/s} \rightarrow \text{mat} = \text{aço}$

$$10 \times 10^{-3} = 2,0 \times \frac{\pi \times D_{ref}^2}{4}$$

$$\circ \circ D_{ref} = \left[\sqrt{\frac{4 \times 10 \times 10^{-3}}{2 \times \pi}} \right] \times 10^3$$

$$D_{ref} = 79,8 \text{ mm}$$

VAMOS CONSIDERAR O AÇO 40 →

NORMA ANSI B36.10

2,5" → 62,7 mm

3,0" → 77,9 mm

4,0" → 102,3 mm

◦◦ ESCOLHEMOS $D_N = 3"$ $\rightarrow D_{int} = 77,9 \text{ mm}$
(RECALQUE) $\rightarrow A = 47,7 \text{ cm}^2$

PARA SUÇÃO ADOTAMOS UM
IMEDIATAMENTE SUPERIOR, DE
INÍCIO PODERÍAMOS
PENSAR EM 3,5", porém observando
o catálogo da MIPEL
e o da TUPY, adotaremos.

Data: 25/08/2014

(6)

$$\begin{array}{l} DN = 4'' \xrightarrow{\text{SUCCAO}} D_{int} = 102,3 \text{ mm} \\ \searrow \\ A = 82,1 \text{ cm}^2 \end{array}$$

$$\text{aço} \rightarrow K = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

4. EQUAÇÃO DA CCI \rightarrow curva característica da instalação

$$H_{inicial} + H_{sistema} = H_{final} + H_{P_{totais}}$$

$$0 + H_s = 33,5 + \int_{4''} \times \frac{(8 + \sum L_{eq_{muc}})}{102,3 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (82,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$+ \int_{3''} \times \frac{(61 + \sum L_{eq_{muc}})}{77,9 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (47,7 \times 10^{-4})^2}$$

TUBULAÇÃO DE SUCCÃO

- (1) \rightarrow válvula de poço da nipple $\rightarrow L_{eq1} = 42,65 \text{ m}$
(2) \rightarrow cotovelo fêmea 90° da Tupy $\rightarrow L_{eq2} = 3,76 \text{ m}$

TUBULAÇÃO DE RECALQUE

- (5) \rightarrow válvula globo (adotando reta sem guia) $\rightarrow L_{eq5} = 25,90 \text{ m}$.

- (6) e (7) \rightarrow cotovelo fêmea 90° \rightarrow
 $L_{eq6} = L_{eq7} = 3,82 \text{ m}$.



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

(7)

Data: 25/08/2014

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

$$H_s = 33,5 + f_{4''} \times 402587,9 \cdot Q^2 + f_{3''} \times 2727112,8 \cdot Q^2$$

↳ EQUAÇÃO DA CCI com $[H_s]$ em m e $[Q]$ em m^3/s .

5. VAZÃO DE PROJETO → adotando o fator de segurança mínimo, temos:

$$Q_{\text{projeto}} = 1,1 \times Q_{\text{desejada}}$$

$$Q_{\text{projeto}} = 1,1 \times 10$$

$$Q_{\text{projeto}} = 11 \text{ L/s}$$

6. ESCOLHA PRELIMINAR DA BOMBA.

6.1 → DET. DO H_B projeto

PARA $Q_p = 11 \text{ L/s}$, temos:

$$f_{4''} = f_{\text{suc}} = 0,0192 \quad \text{e} \quad f_{3''} = f_{\text{rec}} = 0,0194$$

$$H_{B\text{projeto}} \cong 40,9 \text{ m}$$

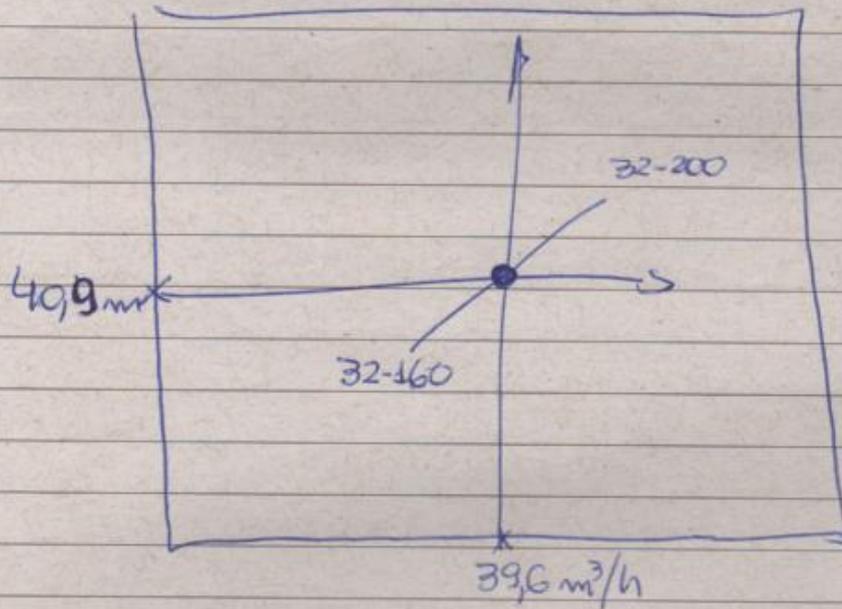
6.2 → ESCOLHENDO A BOMBA

Data: 25/08/2014

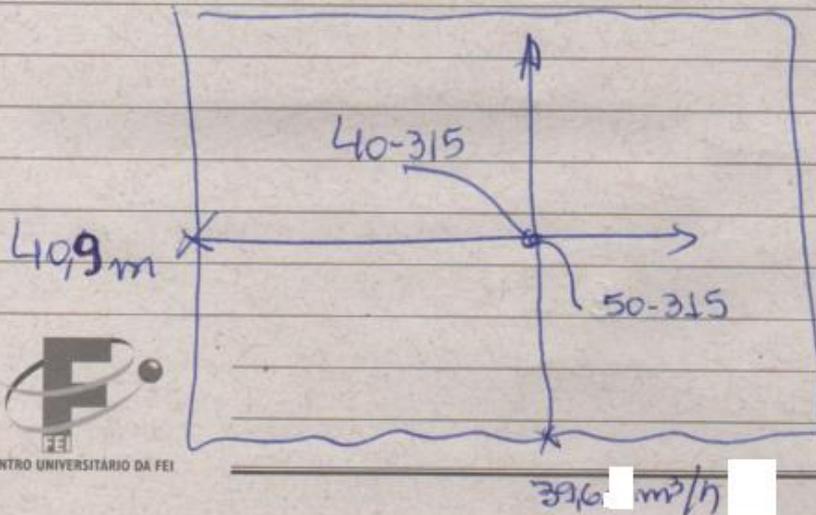
(8)

TRABALHANDO COM A KSB

para a rotação de 3500 rpm



p/ a rotação de 1750 rpm



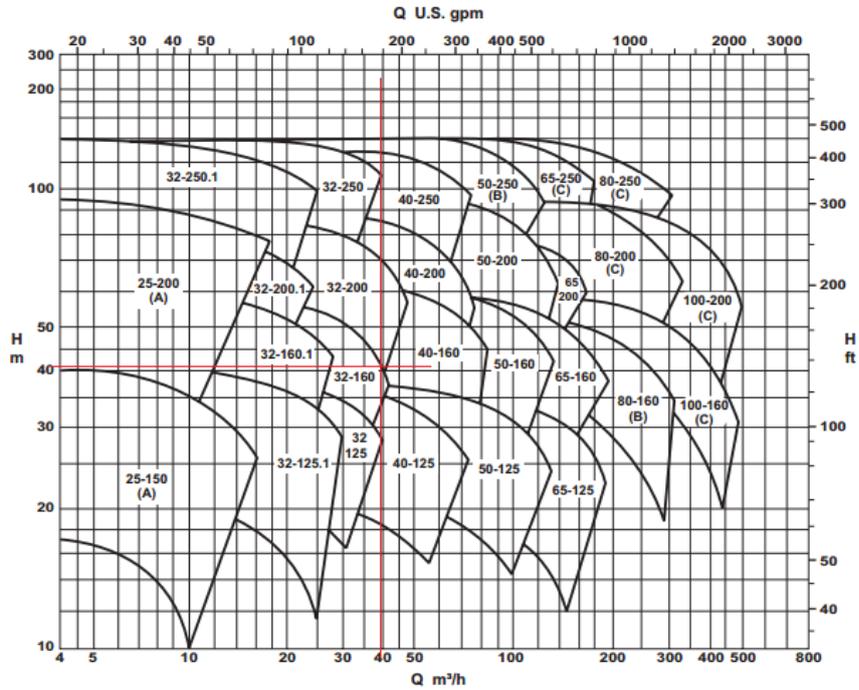
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Bomba Tipo
 Pump Type
 Tipo de Bomba

KSB MEGANORM
KSB MEGABLOC
KSB MEGACHEM
KSB MEGACHEM V

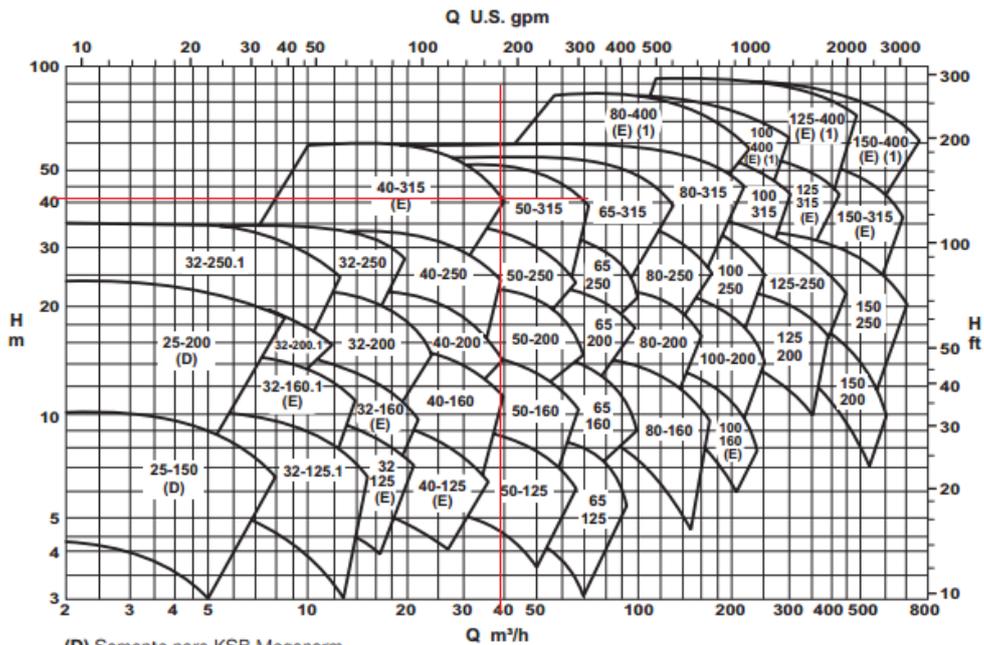
Campo de Aplicação
 Selection Charts
 Campo de Aplicación

60 Hz



- (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

(9)

Data: 25/08/2014

VOU APRESENTAR A SOLUÇÃO PARA
A BOMBA DE 1750rpm.

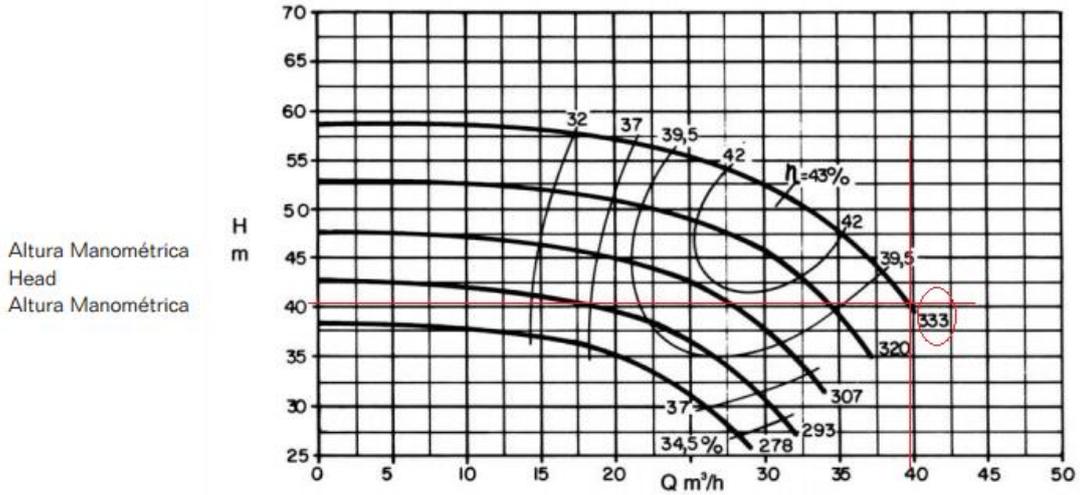
As observarmos as curvas da
40-315 e 50-315 constatamos
que a 50-315 propiciará um
melhor rendimento e por
este motivo será escolhida.

As marcarmos a $Q_{projeto}$ e
o H_B projeto, optamos pelo
diâmetro do rotor igual a 296mm.

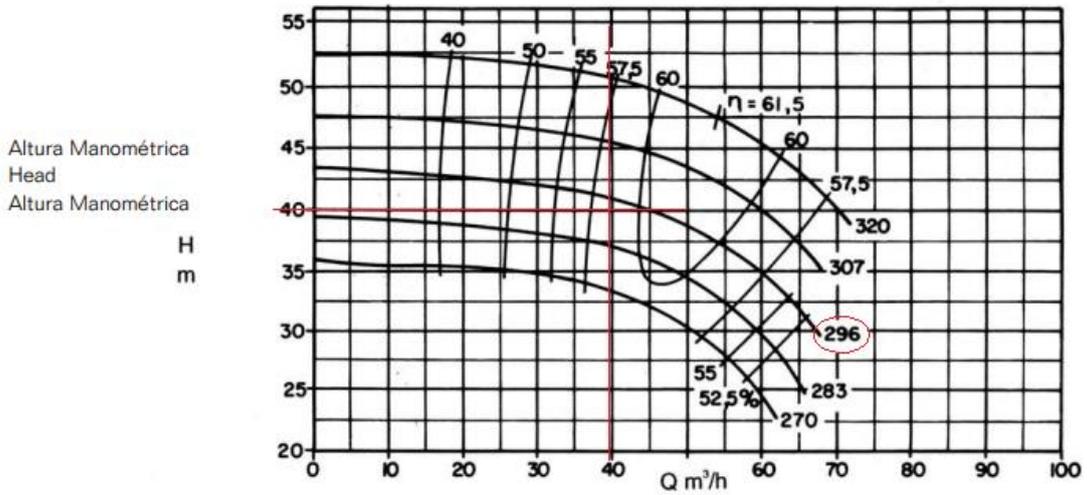
Portanto:

BOMBA DA KSB 50-315 c/ 1750rpm
e $D_{rotor} = 296\text{mm}$

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB MEGANORM KSB MEGACHEM KSB MEGACHEM V	Tamanho Size Tamaño	40-315	
Oferta nº Project - No. Oferta - nº	Item nº Item - No. Pos - nº	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	1750 rpm	



Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB MEGANORM KSB MEGABLOC KSB MEGACHEM KSB MEGACHEM V	Tamanho Size Tamaño	50-315	
Oferta nº Project - No. Oferta - nº	Item nº Item - No. Pos - nº	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	1750 rpm	



Data: 25/08/2014

10

7. OBTENÇÃO DO PONTO DE TRABALHO.

Escolhido o Duto, passamos a estabelecer os pontos para trabalharmos no EXCEL.

Q (m ³ /h)	0	10	20	30	40	50	60
H _B (m)	43,4	43,3	42,8	42,2	40,5	38,4	35

Q (m ³ /h)	17	26,5	32,5	37	43,5	54	60,5	63
η _B (%)	40	50	55	57,5	60	60	57,5	55

Q (m ³ /h)	66
η _B (%)	52,5

Q (m ³ /h)	20	30	40	50	60	70
NPSH (m)	1,17	1,5	1,83	2,39	2,95	3,5

Com os valores anteriores no EXCEL, obtemos:

$$H_B = -9003Q^2 + 0,0457Q + 43,4 \Rightarrow R^2 = 0,9943$$

$$\eta_B = -0,0218Q^2 + 2,0885Q + 19,409 \Rightarrow R^2 = 0,9948$$

$$NPSH_{req} = 0,0004Q^2 + 0,0148Q + 0,7194$$

$$R^2 = 0,9983$$



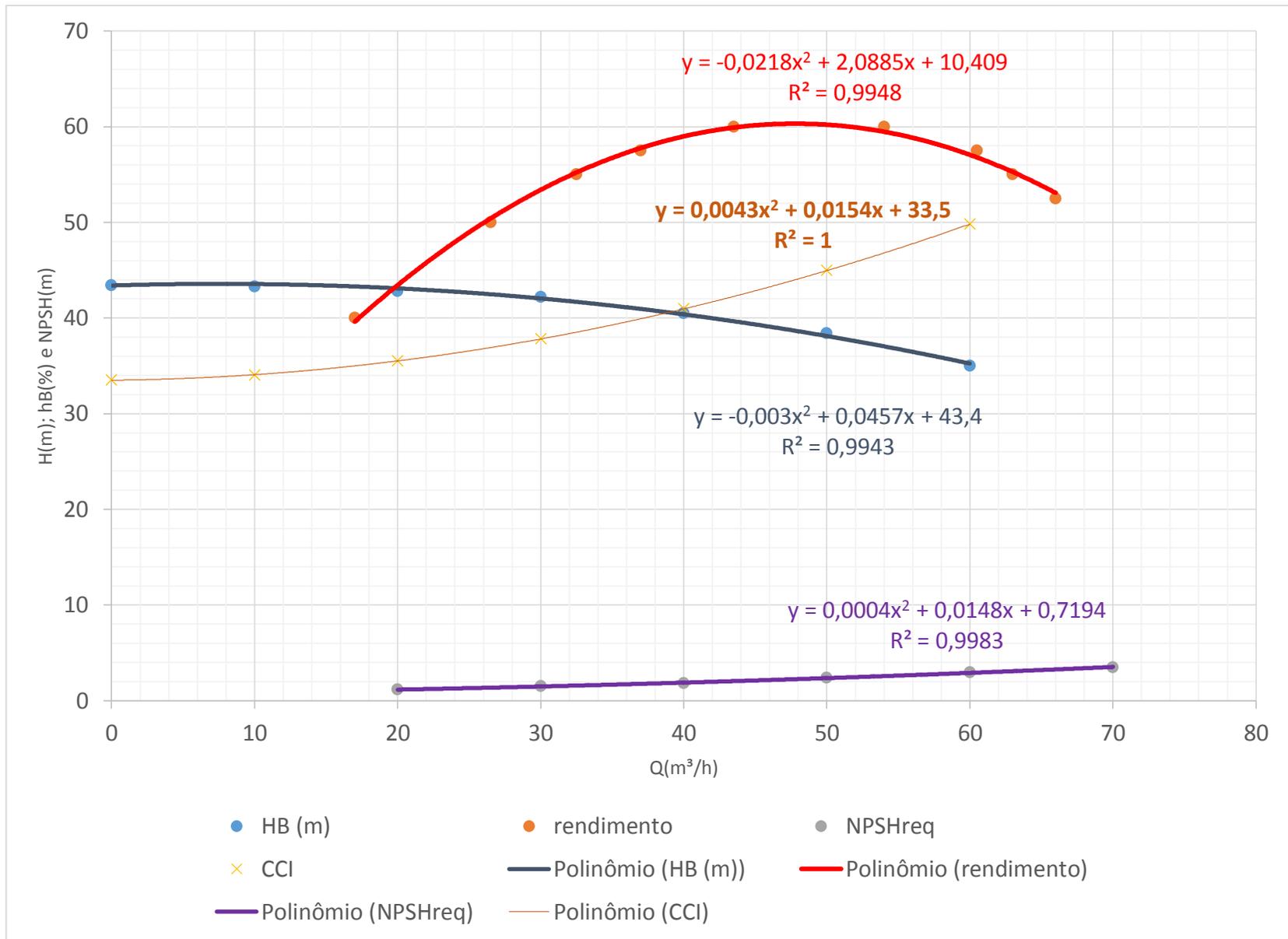
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

11

Data: 25/08/2014

Trançando a CCI.

Q (m ³ /h)	$f_{3''}$	$f_{4''}$	H_s (m)
0	0	0	33,5
10	0,0229	0,0235	34,1
20	0,0208	0,0209	35,5
30	0,0199	0,0198	37,8
40	0,0194	0,0192	41,0
50	0,0190	0,0187	45,0
60	0,0184	0,0184	49,8



Através do EXCEL, obtemos:

$$H_s = 0,0043Q^2 + 0,0154Q + 33,5 \rightarrow R^2 = 1,0$$

No ponto de trabalho, temos:

$$H_B = H_s$$

$$-0,003Q^2 + 0,0457Q + 43,4 = 0,0043Q^2 + 0,0154Q + 33,5$$
$$0,0073Q^2 - 0,0303Q - 9,9 = 0$$

$$Q_G = 0,0303 + \sqrt{0,0303^2 + 4 \times 0,0073 \times 9,9}$$

$2 \times 0,0073$

$$Q_G \approx 39 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\eta_{BG} \approx 58,7\%$$

$$H_{BG} \approx 40,7 \text{ m}$$

$$NPSH_{req} \approx 1,91 \text{ m}$$

$$N_B = \frac{997 \times 9,8 \times (39/3600) \times 40,7}{0,587} \approx 7339,1 \text{ W}$$



CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

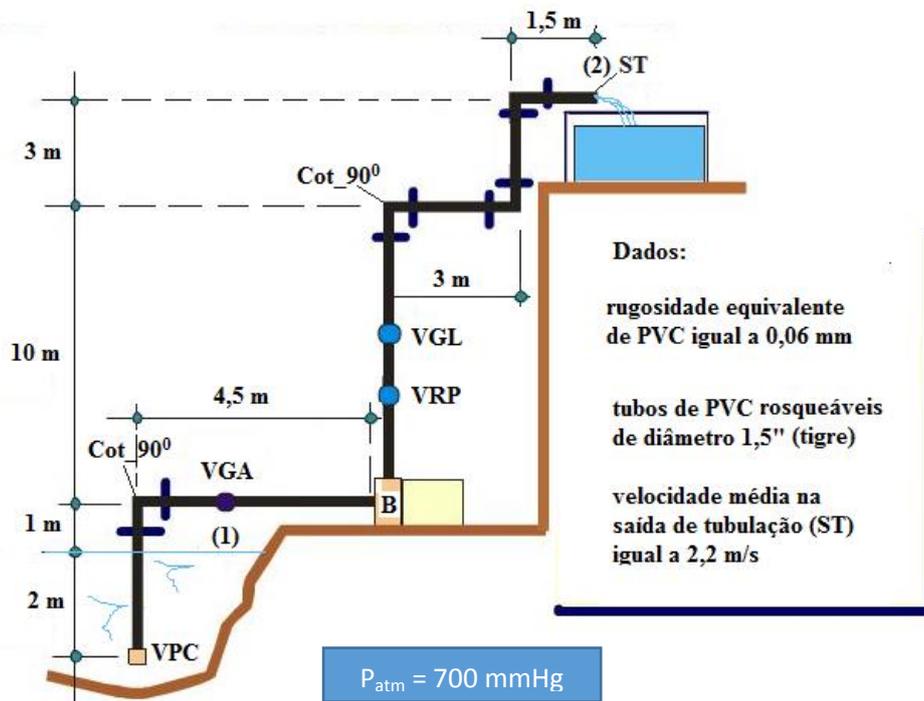
Vamos propor mais alguns problemas

Primeira prova de ME5330

1ª Questão: Sabendo que a bomba utilizada para bombear água a 28°C na instalação a seguir tem parte das suas CCB representada pela tabela. Pergunta-se:

- Ela está operando com a vazão máxima? Justifique através de cálculos.
- Está ocorrendo o fenômeno de supercavitação no ponto de operação?
- Qual a potência útil do motor elétrico no ponto de operação?
- Você concorda com o dimensionamento da tubulação para o ponto de operação? Justifique.
- Qual o comprimento equivalente da válvula globo no ponto de operação da mesma?

Q(m ³ /h)	0	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5
H _B (m)	47	46,5	46	45,5	44,5	43,3	42,2	40,5	39	37,2	35	33
η _B (%)		32	42	52	60	64	65	64	60	52	42	32



Legenda	Significado
VPC	Válvula de pé e crivo
Cot_90 ⁰	Cotovêlo (ou joelho de 90 ⁰)
VGA	Válvula (ou registro) gaveta
VRP	Válvula de retenção pesada
VGL	Válvula (ou registro) globo
ST	Saída de tubulação

TABELA FORNECIDA NO CATÁLOGO DA TIGRE

Perdas de carga localizadas - Sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Âbaco luneta - água fria

0		1,1		3,5		18		44		100	SOMA DOS PESOS
	20 mm		25 mm		32 mm		40 mm		50 mm		Ø SOLDÁVEL (mm)
	1/2"		3/4"		1"		1.1/4"		1.1/2"		Ø ROSCÁVEL (pol.)

3ª Questão: A instalação de bombeamento representada a seguir tem todos os seus tubos de aço 40 e a bomba instalada tem parte de suas curvas características representadas pelas equações: $H_B = -0,0434 \times Q^2 + 0,2546 \times Q + 73$ com a carga manométrica em “m” e a vazão em “m³/h”; $\eta_B = -0,158 \times Q^2 + 6,0381 \times Q - 12,729$ com o rendimento da bomba em “%” e a vazão em “m³/h”, sendo as equações anteriores obtidas através de uma planilha do Excel onde se utilizou a tabela:

Q(m³/h)	0	8	10	12	14	16	18	22
H _B (m)	73	72	71,2	70	67,9	66,2	63,5	57,5
η _B (%)		26	31	37	41	43,5	45	43,5

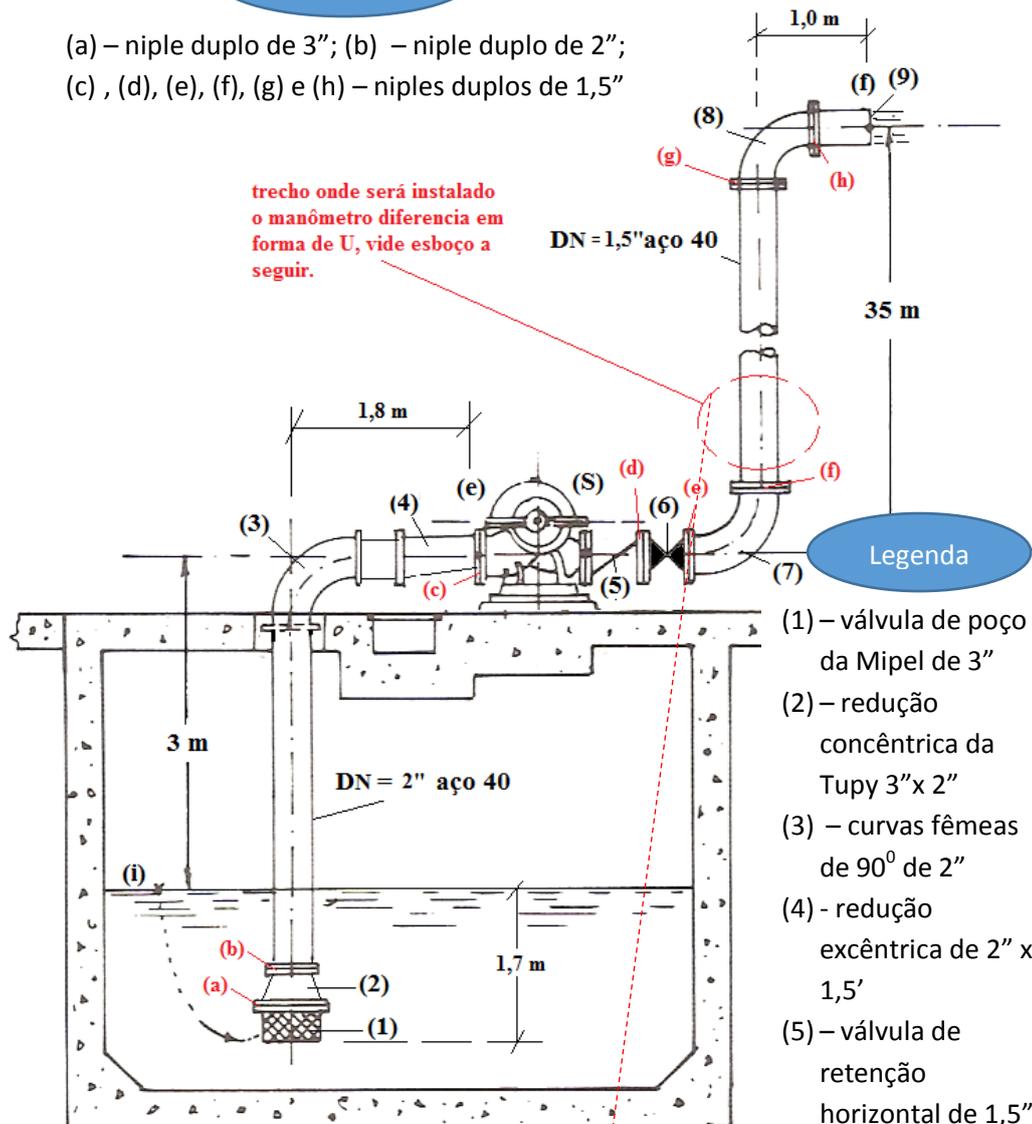
Para esta situação, sabendo que o fluido bombeado é a água a 25°C, pede-se:

- a equação da CCI;
- o ponto de trabalho da bomba ($Q_\tau; H_{B\tau}; \eta_{B\tau}; N_{B\tau}$);
- para a vazão de trabalho especifique o desnível do fluido manométrico (Hg 25°C) a do manômetro diferencial em forma de U instalado no tubo de $D_N = 1,5''$ unindo duas seções equidistantes de 3,0 m e entre as quais não existe nenhuma singularidade;
- sabendo que a bomba escolhida é a 32.200.1 da KSB com 3500 rpm, 60 hz, diâmetro do rotor 194 mm, vazão desejada 14,5 m³/h e fator de segurança mínimo, avalie a escolha da bomba e justifique sua avaliação através de cálculos adequados.

Legenda

(a) – niple duplo de 3"; (b) – niple duplo de 2";
 (c) , (d), (e), (f), (g) e (h) – niples duplos de 1,5"

trecho onde será instalado
 o manômetro diferencia em
 forma de U, vide esboço a
 seguir.



Legenda

- (1) – válvula de poço da Mipel de 3"
- (2) – redução concêntrica da Tupy 3"x 2"
- (3) – curvas fêmeas de 90° de 2"
- (4) - redução excêntrica de 2" x 1,5'
- (5) – válvula de retenção horizontal de 1,5"
- (6) -Válvula globo reta sem guia
- (7) e (8) – curvas fêmeas de 90° de 1,5"
- (9) - saída da tubulação de 1,5"

