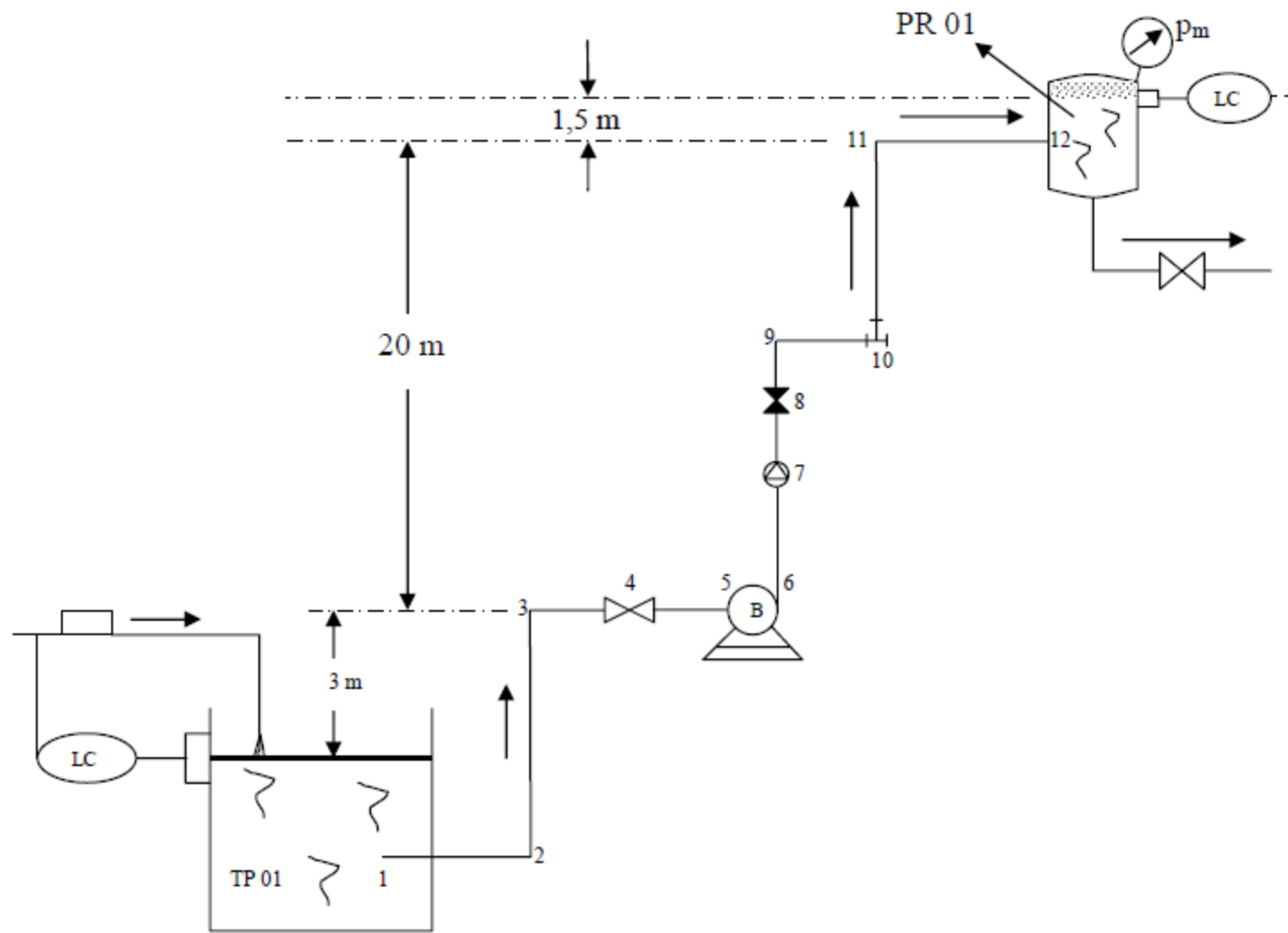


Ampliando os conhecimentos de instalações de bombeamento

O tanque de pressurização PR-01 esquematizado a seguir necessita ser alimentado com água a uma vazão de $45 \text{ m}^3/\text{h}$ (vazão desejada). Sabendo que o nível da água, tanto no tanque de pressurização como no tanque pulmão TP 01 será mantido constante através de controle automático (LC – Level Controller) pede-se:

1. especificar a tubulação de aço (recalque e sucção) e as velocidades médias de escoamento nas mesmas, sabendo que para esta instalação o mais recomendável é se trabalhar com o schedule 40 (Sch 40);
2. obter a equação da CCI (Curva Característica da Instalação) em função dos coeficientes de perda de carga distribuída da sucção (f_S) e do recalque (f_R);
3. obter o ponto de trabalho considerando que a instalação irá operar com a bomba centrífuga tipo KSB MEGANORM tamanho 50-160 com rotação de 3500 rpm;
4. a verificação do fenômeno de cavitação.



Índice na instalação de recalque	Nome da singularidade
1	(TUPY) entrada de borda
2	(TUPY) cotovêlo de 90 ⁰ (FÊMEA)
3	(TUPY) cotovêlo de 90 ⁰ (FÊMEA)
4	(MIPEL) válvula gaveta
5	entrada da bomba
6	saída da bomba
7	(MIPEL) válvula de retenção tipo portinhola
8	(MIPEL) válvula globo reta sem guia
9	(TUPY) cotovêlo de 90 ⁰ (FÊMEA)
10	(TUPY) tê de saída de lado
11	(TUPY) cotovêlo de 90 ⁰ (FÊMEA)
12	(TUPY) entrada normal

Dados:

- ✓ p_m → pressão manométrica igual a 25 mca (metro de coluna d'água)
- ✓ temperatura de escoamento d'água → 30°C
- ✓ altitude local → 900 m
- ✓ comprimento da tubulação de sucção (1 a 5) → 10 m
- ✓ comprimento da tubulação de recalque (6 a 12) → 40 m
- ✓ todas as singularidades que eventualmente não foram mencionadas na legenda da instalação apresentam comprimentos equivalentes desprezíveis para o estudo em questão
- ✓ aceleração da gravidade → $9,8\text{m/s}^2$
- ✓ trabalhe com a pressão de vapor e o peso específico d'água obtidos através da tabela I
- ✓ a leitura barométrica, devido a não se ter um barômetro disponível no local é obtida da tabela II

Tabela I

Temperatura graus celsius	Pressão de vapor mm Hg	Densidade kg/m ³
15	12,7	999
20	17,4	998
25	23,6	997
30	31,5	996
35	41,8	994
40	54,9	992
45	71,4	990
50	92,0	988
55	117,5	986
60	148,8	983
65	186,9	981
70	233,1	978
75	288,5	975
80	354,6	972
85	433,0	969
90	525,4	965
95	633,7	962
100	760,0	958
105	906,0	955
110	1075,0	951
115	1269,0	947
120	1491,0	943

Observação: O maior valor da densidade (massa específica) d'água é 999,972 kg/m³, que geralmente é utilizado como 1000 kg/m³ e é obtido com a água entre 4 e 4,2 °C

Tabela II

altitude (m)	pressão atmosférica em mca
0	10,33
300	9,96
600	9,59
900	9,22
1200	8,88
1500	8,54
1800	8,2
2100	7,89
2400	7,58
2700	7,31
3000	7,03

Observação: Os valores da pressão atmosférica são obtidos para a água entre 4 e 4,2 °C , para outros valores de temperatura basta multiplicar por 1000 kg/m³ e dividir pela densidade obtida na tabela I

Informações importantes:

- I. A instalação de recalque em questão é considerada pequena, o que implica dizer que o custo da bomba + motor elétrico + energia é mais significativo que o custo da tubulação + acessórios hidráulicos.
- II. Para a situação descrita recomenda-se que a velocidade média d'água na sucção esteja compreendida entre 0,8 a 1,5 m/s, enquanto que no recalque recomenda-se estar compreendida entre 1,5 a 3,0 m/s.
- III. Considere a viscosidade cinemática d'água dada pela tabela a seguir, onde:
1 centiStoke = 10^{-6} m²/s

temperatura graus celsius	viscosidade cinemática centiStokes
0	1,792
2	1,673
4	1,567
5	1,519
10	1,308
15	1,146
20	1,007
30	0,804
40	0,565
50	0,556
60	0,478
70	0,416
80	0,367
90	0,328
100	0,296

IV. Para a escolha do diâmetro do rotor deve-se considerar que:

$$Q_{\text{ponto de trabalho}} \geq 1,1 \times Q_{\text{desejada}}, \text{ onde a vazão desejada é } 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

V. Para a tubulação de sucção considera-se os coeficientes de perda de carga distribuída em função da vazão como sendo os representados a seguir:

f	valor	Q (m ³ /h)
1	0	0
2	0,0258	10
3	0,023574	20
4	0,022669	30
5	0,02217	40
6	0,021853	50
7	0,021633	60
8	0,021471	70
9	0,021347	80
10	0,021248	90
11	0,021168	100
12	0,021102	110
13	0,021047	120

VI. Para a tubulação de recalque considera-se os coeficientes de perda de carga distribuída em função da vazão como sendo os representados a seguir:

f	valor	Q (m ³ /h)
1	0	0
2	0,025694	10
3	0,023915	20
4	0,023222	30
5	0,02285	40
6	0,022617	50
7	0,022457	60
8	0,022341	70
9	0,022252	80
10	0,022182	90
11	0,022126	100
12	0,022079	110
13	0,02204	120

- VII. São comuns sistemas de pressurização que se utilizam, além de bomba, de um compressor de ar para reduzir as dimensões do reservatório. Tais sistemas podem conter no tanque a ser pressurizado, um pressostato que liga e desliga o compressor e dois eletrodos de controle de nível que ligam e desligam a bomba. O controle também pode ser feito por uma bóia que liga e desliga a bomba, um pressostato para ligar e desligar o compressor e outro pressostato para ligar e desligar a bomba.
- VIII. A seguir são fornecidas a CCB da bomba centrífuga tipo KSB MEGANORM tamanho 50-160 com rotação de 3500 rpm

Informações dadas pelo fabricante: os dados da CCB são válidos para densidade de 1kg/dm^3 e viscosidade cinemática até $20\text{ mm}^2/\text{s}$.

Bomba Tipo **KSB MEGANORM**
 Pump Type **KSB MEGABLOC**
 Tipo de Bomba **KSB MEGACHEM**
KSB MEGACHEM V

Tamanho **50-160**
 Size **50-160**
 Tamanho

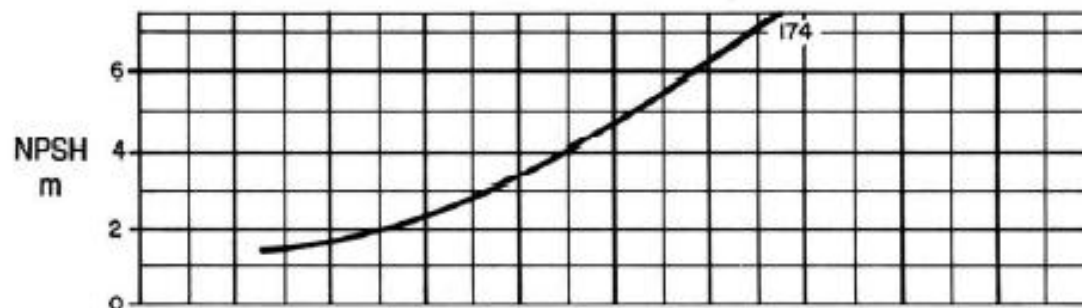
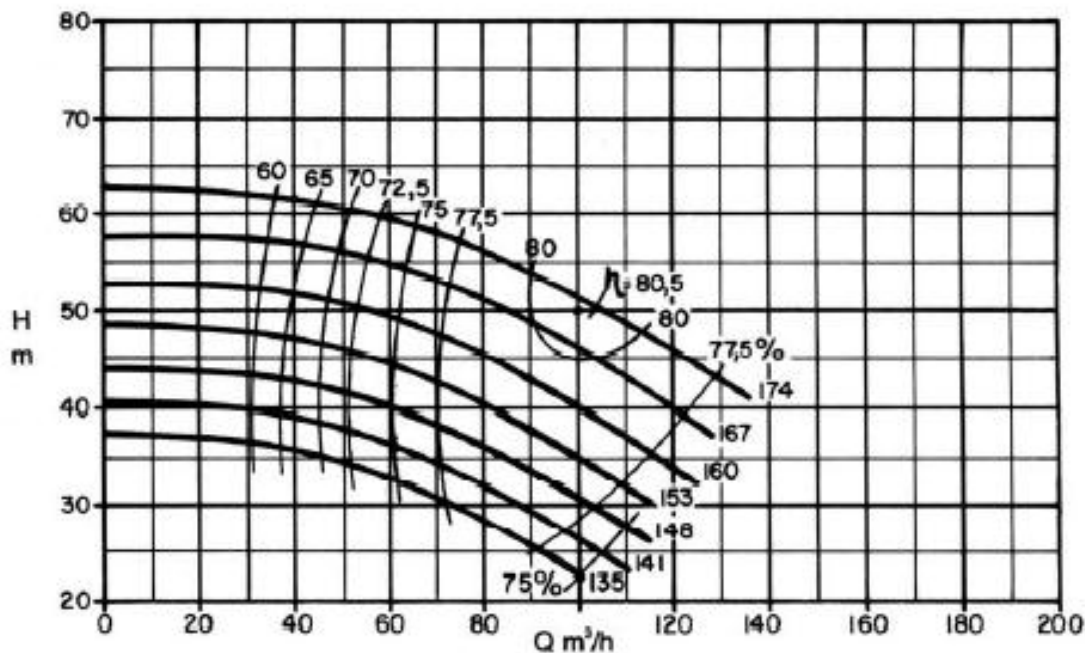


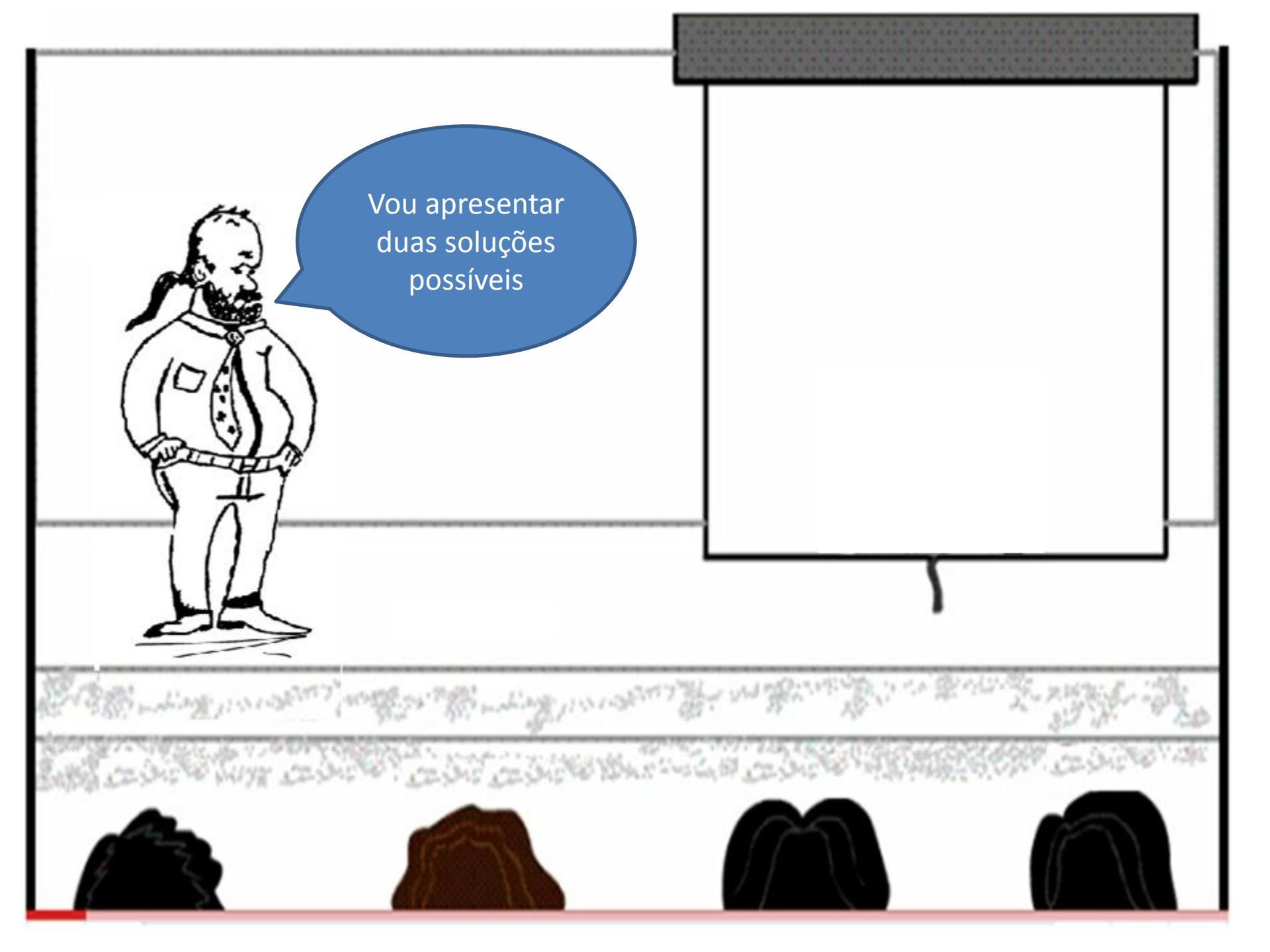
Oferta nº _____
 Project - No. _____
 Oferta - nº _____

Item nº _____
 Item - No. _____
 Pos - nº _____

Velocidade Nominal **3500 rpm**
 Nom. Rotative Speed
 Velocidad Nominal

Altura Manométrica
 Head
 Altura Manométrica





Vou apresentar
duas soluções
possíveis

Primeira
possibilidade
de solução:



1. Especificar a tubulação de aço (recalque e sucção) e as velocidades médias de escoamento nas mesmas, sabendo que para esta instalação o mais recomendável é se trabalhar com o schedule 40 (Sch 40),

Vamos iniciar o dimensionamento da tubulação pelo recalque, ou seja a tubulação após a bomba, para isto deve-se adotar uma velocidade na faixa de velocidade recomendada, ou seja, entre 1,5 a 3,0 m/s, como a tubulação com o decorrer do tempo tende a diminuir seu diâmetro interno, já que existem as incrustações, opto em trabalhar com o limite inferior, portanto adoto 1,5 m/s.

$$Q_{\text{desejada}} = v \times A \Rightarrow \frac{45}{3600} = 1,5 \times \frac{\pi D^2}{4} \therefore D_{\text{intref}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{45}{3600}}{1,5 \times \pi}}$$

Portanto:

$$D_{\text{intref}} = 0,103 \text{ m} = 103 \text{ mm}$$

Como a tubulação é de aço, deve-se consultar a norma ANSI B.36.10, onde se obtém para a tubulação de recalque (tubulação após a bomba):

- ✓ diâmetro nominal = 4"
- ✓ diâmetro interno = 102,3 mm;
- ✓ espessura = schedule 40;
- ✓ área da seção livre = 82,1 cm².

Com os dados anteriores pode-se calcular a velocidade média de escoamento no

recalque: $v = \frac{Q}{A} = \frac{45/3600}{82,1 \times 10^{-4}} \cong 1,52 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ o que comprova que a escolha atende as

condições da velocidade estar entre 1,5 e 3,0 m/s e que foi imposta para este problema.

Já para a tubulação de sucção, para se adotar as condições que procuram evitar o fenômeno de cavitação, recomenda-se adotar um diâmetro imediatamente superior ao especificado para a tubulação de recalque, portanto:

- ✓ diâmetro nominal = 6"
- ✓ espessura 40
- ✓ diâmetro interno = 154,0 mm
- ✓ área da seção livre = 186,4 cm²

Isto
considerando a
tabela fornecida
no sítio:



Calculamos a velocidade de escoamento na sucção:

$$V_{\text{sucção}} = \frac{45/3600}{186,4 \times 10^{-4}} \cong 0,671 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



E ela fica for a do intervalo recomendado, portanto vamos rever o diâmetro adotado.

Isto considerando a tabela fornecida no sítio:



http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula1_unidade6.htm

Já para a tubulação de sucção, para se adotar as condições que procuram evitar o fenômeno de cavitação, recomenda-se adotar um diâmetro imediatamente superior ao especificado para a tubulação de recalque, portanto:

- ✓ diâmetro nominal = 5"
- ✓ diâmetro interno = 128,3 mm;
- ✓ espessura = schedule 40;
- ✓ área da seção livre = 129,3 cm².

Calcula-se a velocidade média de escoamento na sucção:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{45/3600}{129,3 \times 10^{-4}} \cong 0,97 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

o que comprova que a escolha atende as condições

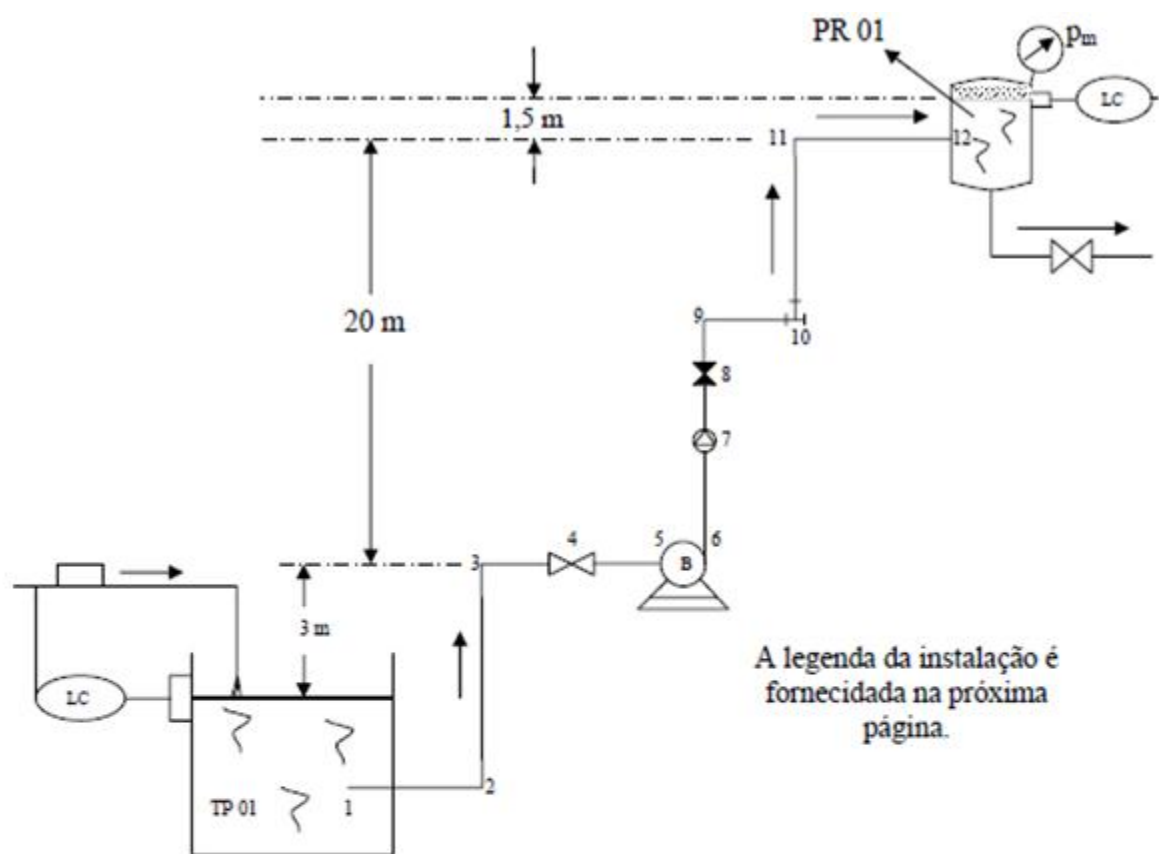
da velocidade estar entre 0,8 e 1,5 m/s e que foi imposta para este problema.

2. Obter a equação da CCI (Curva Característica da Instalação) em função dos coeficientes de perda de carga distribuída da sucção (f_S) e do recalque (f_R);

Recorre a equação da energia aplicada entre o nível de captação (seção inicial) e o nível de distribuição (seção final), respectivamente o nível do tanque pulmão TP 01 e o nível do tanque de pressurização PR-01



Como trata-se de uma instalação com uma entrada e uma saída, temos:



$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{\text{psucção}} + H_{\text{precalque}}$$

Adotando-se PHR no nível do tanque TP 01, tem-se:

$$0 + 0 + 0 + H_{\text{sistema}} = 24,5 + \frac{25 \times 1000}{996} + H_{\text{PS}} + H_{\text{PR}}$$

$$H_{\text{sistema}} = 49,6 + H_{\text{PS}} + H_{\text{PR}}$$

Para que se possa calcular as perdas de carga é necessário se estabelecer os comprimentos equivalentes dos acessórios hidráulicos, consultando as tabelas das conexões TUPY e MIPEL, tem-se:

✓ para a tubulação de sucção com diâmetro de 5":

Tubulação de sucção	Nome da singularidade	Comprimentos equivalentes em m
1	entrada de borda	4
2	cotovêlo de 90 ^o	4,7
3	cotovêlo de 90 ^o	4,7
4	válvula gaveta	1,7
5	entrada da bomba	0

Sabe-se também que o seu comprimento é 10 m, portanto:

$$H_{pS} = f_s \times \frac{(10 + 15,1)}{0,1283} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (129,3 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{pS} = f_s \times 59702,7 \times Q^2$$

✓ para a tubulação de recalque com diâmetro de 4":

Tubulação de recalque	Nome da singularidade	Comprimentos equivalentes em m
6	saída da bomba	0
7	válvula de retenção tipo	5,18
8	válvula globo	34
9	cotovêlo de 90 ^o	3,76
10	tê de saída de lado	5,49
11	cotovêlo de 90 ^o	3,76
12	entrada normal	1,6



Como na tabela da MIPEL não existe o comprimento equivalente para a válvula globo reta sem guia, consideramos o valor do comprimento equivalente da válvula globo na tabela da Tupy.

Sabe-se também que o seu comprimento é 40 m, portanto:

$$H_{p.R} = f_R \times \frac{(40 + 53,79)}{0,1023} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (82,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p.R} = f_R \times 693966,6 \times Q^2$$

Com as informações anteriores escreve-se a equação da CCI (Curva Característica da Instalação):

$$H_{\text{sistema}} = 49,6 + f_s \times 59702,7 \times Q^2 + f_R \times 693966,6 \times Q^2$$

3. Obter o ponto de trabalho considerando que a instalação irá operar com a bomba centrífuga tipo KSB MEGANORM tamanho 50-160 com rotação de 3500 rpm;

Como foram fornecidas várias curvas para a bomba em questão, isto em função do tamanho do seu rotor, inicialmente deve-se procurá-lo, para isto evoca-se a condição: "para a escolha do diâmetro do rotor deve-se considerar que: $Q_{\text{ponto de trabalho}} \geq 1,1 \times Q_{\text{desejada}}$, onde a vazão desejada é

45 m³/h, portanto: $Q_{\text{ponto de trabalho}} \geq 49,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$.

Considerando a vazão de 50 m³/h, tem-se:

✓ $f_s = 0,021853$

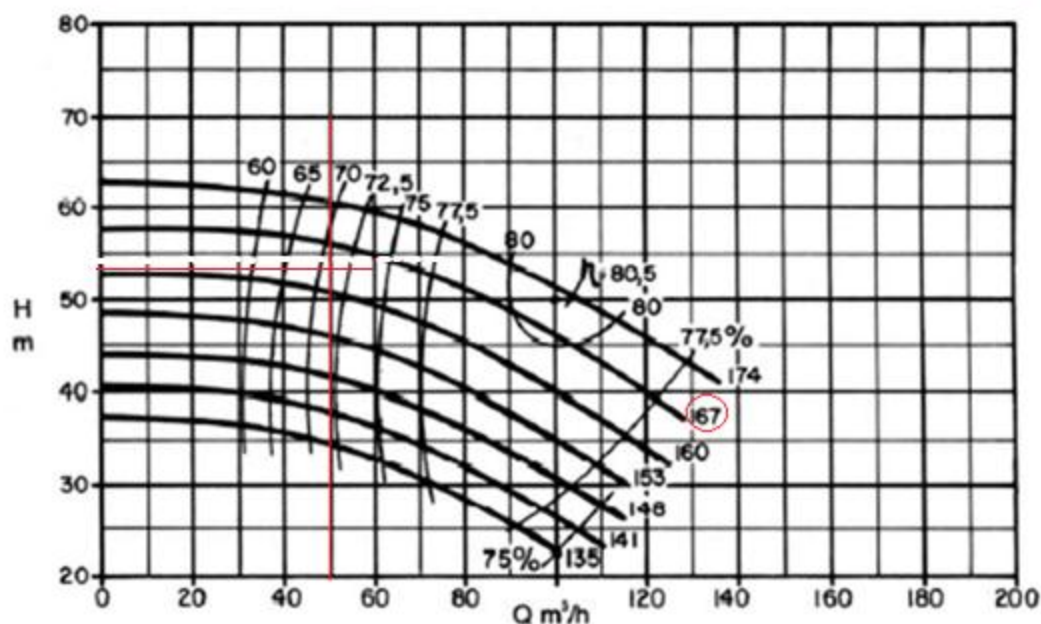
✓ $f_r = 0,022617$

Com os valores anteriores na equação da CCI, tem-se:

$$H_{\text{sistema}} = 49,6 + 0,021853 \times 59702,7 \times \left(\frac{50}{3600}\right)^2 + 0,022617 \times 693966,6 \times \left(\frac{50}{3600}\right)^2$$

$$H_{\text{sistema}} \cong 52,9 \text{ m}$$

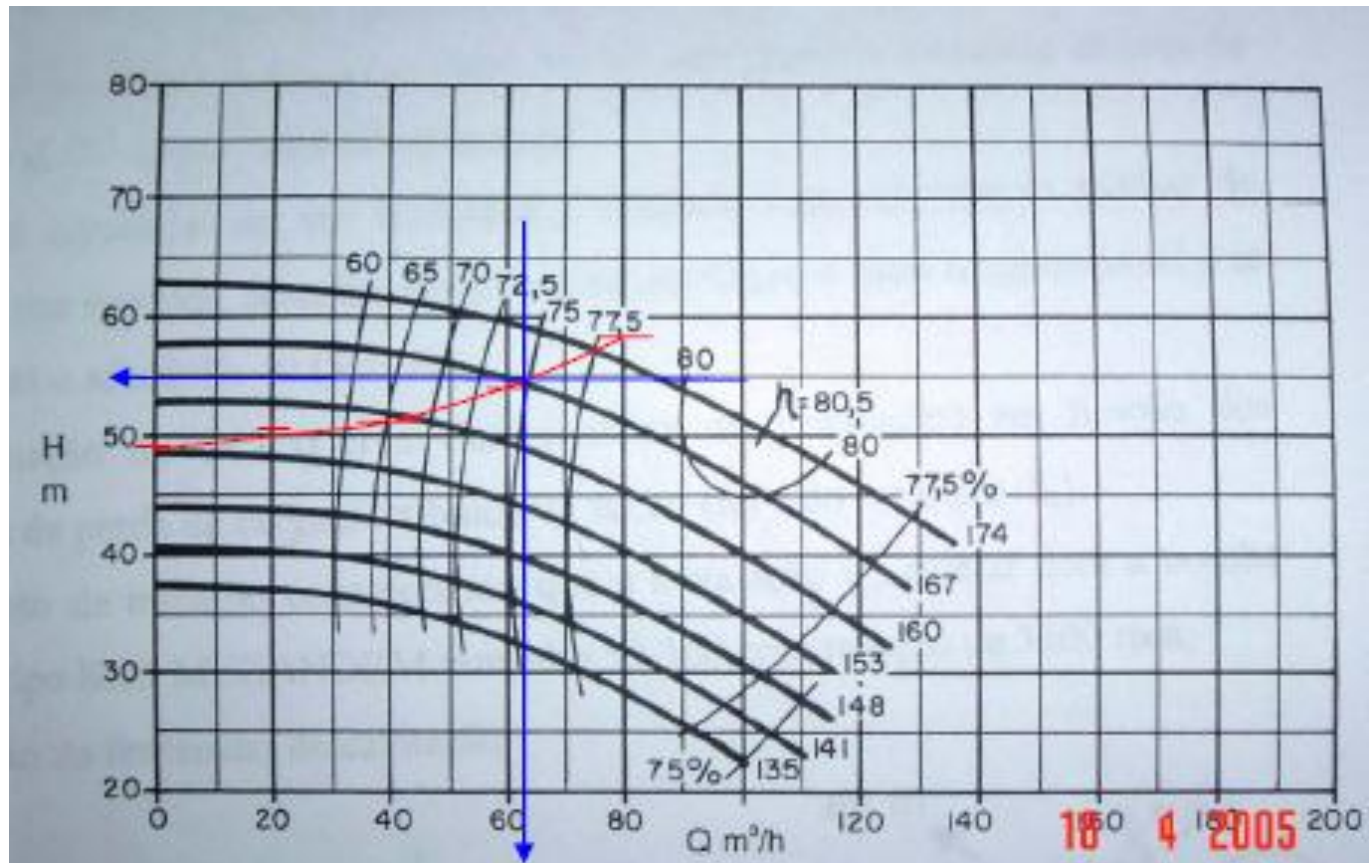
Com a vazão de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ e com a carga manométrica de $52,9 \text{ m}$ nas curvas fornecidas pelo fabricante, pode-se escolher o diâmetro de rotor adequado:



Portanto, pode-se optar pela bomba de diâmetro de rotor 167 mm , já que certamente o ponto de trabalho nela atenderá as condições estabelecidas para a vazão e carga manométrica.

Para se estabelecer o ponto de trabalho deve-se traçar a CCI, para tal recorre-se a tabela a seguir:

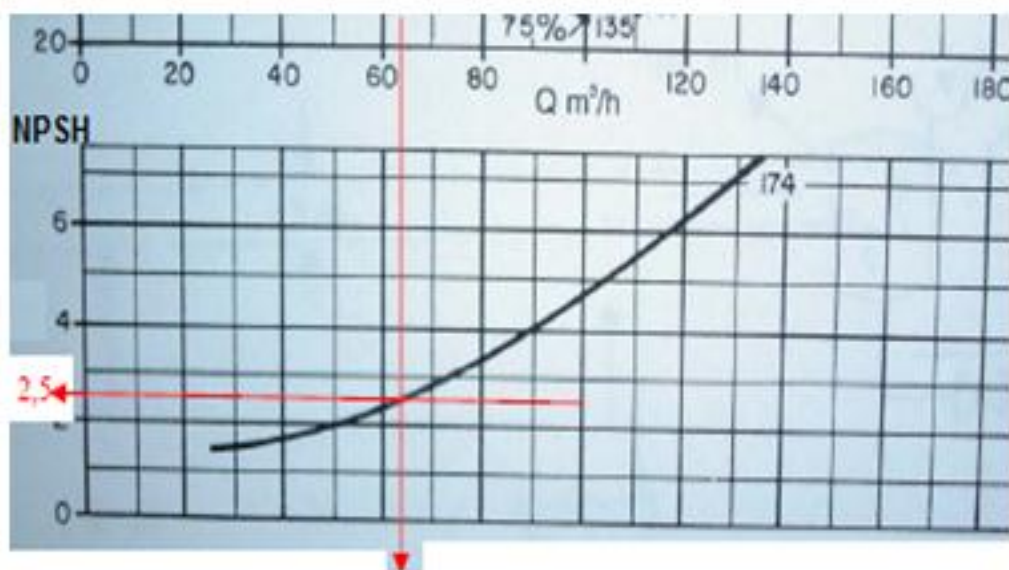
Q(m ³ /h)	H _S (m)	f _s	f _R
0	49,6	0	0
20	50,2	0,023574	0,023915
40	51,7	0,02217	0,02285
60	54,3	0,021633	0,022457
80	57,9	0,021347	0,022252



Para a situação descrita pelo gráfico acima, obtém o seguinte ponto de trabalho:

- ✓ vazão do ponto de trabalho $\approx 62 \text{ m}^3/\text{h}$
- ✓ carga manométrica $\approx 54,5 \text{ m}$
- ✓ rendimento $\approx 75\%$
- ✓ $\text{NPSH}_{\text{requerido}} \approx 2,5 + 0,5 = 3,0 \text{ m}$

$$\checkmark N_{B_t} = \frac{996 \times 9,8 \times \left(\frac{62}{3600}\right) \times 54,5}{0,75} \cong 12215,5 \text{ W}$$



4. Verificação do fenômeno de cavitação.

Para esta verificação há a necessidade de se determinar o NPSH disponível, ou seja:

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = Z_{\text{inicial}} + \frac{P_{\text{inicial abs}}}{\gamma} - \frac{P_{\text{vapor}}}{\gamma} - H_{\text{ps}}, \text{ onde:}$$

✓ $Z_{\text{inicial}} \rightarrow$ é obtido com PHR no eixo da bomba, portanto: $Z_{\text{inicial}} = -3 \text{ m}$;

✓ $p_{\text{inicial abs}} \rightarrow$ é obtida na tabela II para a altitude de 900 m, portanto:

$$\frac{P_{\text{inicial abs}}}{\gamma} = \frac{9,22 \times 1000 \times 9,8}{996 \times 9,8} = 9,26 \text{ m};$$

✓ $p_{\text{vapor}} \rightarrow$ é obtida na tabela I para a temperatura de escoamento igual a

$$30^{\circ}\text{C}: \frac{P_{\text{vapor}}}{\gamma} = \frac{31,5 \times 13,6}{996} \cong 0,43 \text{ m};$$

✓ $H_{\text{ps}} \rightarrow$ é calculada para a vazão do ponto de trabalho, ou seja $62 \text{ m}^3/\text{h}$, porém o coeficiente de perda de carga distribuída será adotado para $60 \text{ m}^3/\text{h}$, isto porque para esta vazão ele será maior e desta forma se trabalha com um pouco mais de segurança:

$$H_{\text{ps}} = 0,021633 \times 57799,83 \times \left(\frac{62}{3600}\right)^2 \cong 0,38 \text{ m}$$

$$\text{Portanto: } \text{NPSH}_{\text{disponível}} = -3 + 9,26 - 0,43 - 0,38 = 5,45 \text{ m}$$

Como o $\text{NPSH}_{\text{disponível}}$ é maior que o $\text{NPSH}_{\text{requerido}}$ pode-se afirmar que não ocorre o fenômeno de cavitação e que: Reserva contra a cavitação = $5,45 - 3 = 2,45 \text{ m}$.

Segunda
possibilidade
de solução:

Vamos iniciar o dimensionamento da tubulação pelo recalque, ou seja a tubulação após a bomba, para isto deve-se adotar uma velocidade na faixa de velocidade recomendada, ou seja, entre 1,5 a 3,0 m/s, **como a tubulação com o decorrer do tempo tende a diminuir seu diâmetro interno, já que existem as incrustações, opto em trabalhar com o limite inferior, portanto adoto 3 m/s.**

$$Q_{\text{desejada}} = v \times A \Rightarrow \frac{45}{3600} = 3 \times \frac{\pi D^2}{4} \therefore D_{\text{int.ref}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{45}{3600}}{3 \times \pi}}$$

Portanto:

$$D_{\text{int.ref}} = 0,0728 \text{ m} = 72,8 \text{ mm}$$

Como a tubulação é de aço, deve-se consultar a norma ANSI B.36.10, onde se obtém **para a tubulação de recalque (tubulação após a bomba):**

- ✓ diâmetro nominal = 3"
- ✓ diâmetro interno = 77,9 mm;
- ✓ espessura = schedule 40;
- ✓ área da seção livre = 47,7 cm².



Com os dados anteriores pode-se calcular a velocidade média de escoamento no

recalque: $v = \frac{Q}{A} = \frac{45/3600}{47,7 \times 10^{-4}} \cong 2,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ o que comprova que a escolha atende as

condições da velocidade estar entre 1,5 e 3,0 m/s e que foi imposta para este problema.

Já para a tubulação de sucção, para se adotar as condições que procuram evitar o fenômeno de cavitação, recomenda-se adotar um diâmetro imediatamente superior ao especificado para a tubulação de recalque, portanto:

- ✓ diâmetro nominal = 4"
- ✓ diâmetro interno = 102,3 mm;
- ✓ espessura = schedule 40;
- ✓ área da seção livre = 82,1 cm².

Isto considerando a tabela fornecida no sítio:



Com os dados anteriores pode-se calcular a velocidade média de escoamento no

recalque: $v = \frac{Q}{A} = \frac{45/3600}{82,1 \times 10^{-4}} \cong 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ o que comprova que a escolha atende as

condições da velocidade estar entre 0,8 e 1,5 m/s e que foi imposta para este problema.



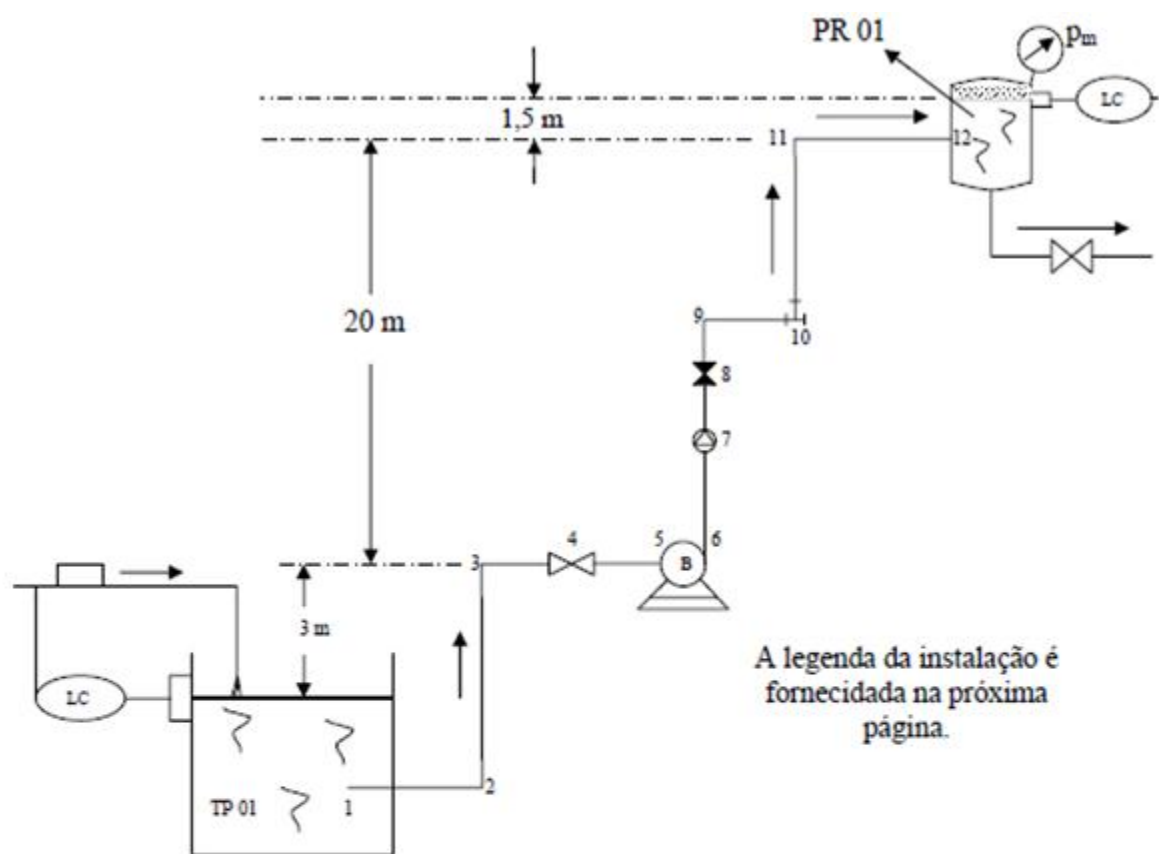
Como a velocidade ficou muito próxima ao limite superior para se aceitar este diâmetro devemos ter uma boa reserva contra a cavitação!

2. Obter a equação da CCI (Curva Característica da Instalação) em função dos coeficientes de perda de carga distribuída da sucção (f_S) e do recalque (f_R);

Recorre a equação da energia aplicada entre o nível de captação (seção inicial) e o nível de distribuição (seção final), respectivamente o nível do tanque pulmão TP 01 e o nível do tanque de pressurização PR-01



Como trata-se de uma instalação com uma entrada e uma saída, temos:



$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{sistema}} = H_{\text{final}} + H_{\text{psucção}} + H_{\text{precalque}}$$

Adotando-se PHR no nível do tanque TP 01, tem-se:

$$0 + 0 + 0 + H_{\text{sistema}} = 24,5 + \frac{25 \times 1000}{996} + H_{\text{PS}} + H_{\text{PR}}$$

$$H_{\text{sistema}} = 49,6 + H_{\text{PS}} + H_{\text{PR}}$$

Para que se possa calcular as perdas de carga é necessário se estabelecer os comprimentos equivalentes dos acessórios hidráulicos, consultando as tabelas das conexões TUPY e MIPEL, tem-se:

✓ para a tubulação de sucção com diâmetro de 4":

Tubulação de sucção	Nome da singularidade	Comprimentos equivalentes em m
1	entrada de borda	3,2
2	cotovêlo de 90 ^o	3,76
3	cotovêlo de 90 ^o	3,76
4	válvula gaveta	1,30
5	entrada da bomba	0

Sabe-se também que o seu comprimento é 10 m, portanto:

$$H_{pS} = f_s \times \frac{(10 + 12,02)}{0,1023} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (82,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{pS} = f_s \times 162929,4 \times Q^2$$

✓ para a tubulação de recalque com diâmetro de 3":

Tubulação de recalque	Nome da singularidade	Comprimentos equivalentes em m
6	saída da bomba	0
7	válvula de retenção c/ port.	3,95
8	válvula globo reta sem guia	25,90
9	cotovêlo de 90 ^o	2,82
10	tê de saída de lado	4,11
11	cotovêlo de 90 ^o	2,82
12	entrada normal	1,1

Sabe-se também que o seu comprimento é 40 m, portanto:

$$H_{p.R} = f_{R} \times \frac{(40 + 40,7)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (47,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p.R} = f_{R} \times 2322968,11 \times Q^2$$

Com as informações anteriores escreve-se a equação da CCI (Curva Característica da Instalação):

$$H_{\text{sistema}} = 49,6 + f_s \times 162929,4 \times Q^2 + f_{R} \times 2322968,11 \times Q^2$$

3. Obter o ponto de trabalho considerando que a instalação irá operar com a bomba centrífuga tipo KSB MEGANORM tamanho 50-160 com rotação de 3500 rpm;

Como foram fornecidas várias curvas para a bomba em questão, isto em função do tamanho do seu rotor, inicialmente deve-se procurá-lo, para isto evoca-se a condição: "para a escolha do diâmetro do rotor deve-se considerar que: $Q_{\text{ponto de trabalho}} \geq 1,1 \times Q_{\text{desejada}}$, onde a vazão desejada é

45 m³/h, portanto: $Q_{\text{ponto de trabalho}} \geq 49,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$.

Considerando a vazão de 50 m³/h, tem-se:

✓ $f_s = 0,021853$

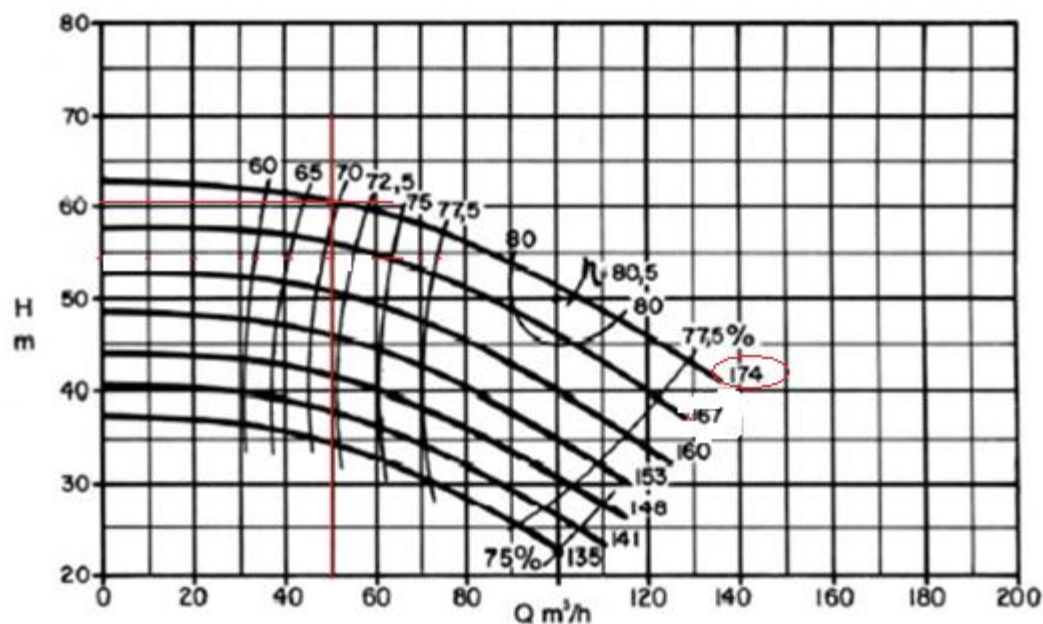
✓ $f_r = 0,022617$

Com os valores anteriores na equação da CCI, tem-se:

$$H_{\text{sistema}} = 49,6 + 0,021853 \times 162929,4 \times \left(\frac{50}{3600}\right)^2 + 0,022617 \times 2322968,11 \times \left(\frac{50}{3600}\right)^2$$

$$H_{\text{sistema}} \cong 60,5 \text{ m}$$

Com a vazão de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ e com a carga manométrica de $60,5 \text{ m}$ nas curvas fornecidas pelo fabricante, pode-se escolher o diâmetro de rotor adequado:



Portanto, pode-se optar pela bomba de diâmetro de rotor 174 mm, já que certamente o ponto de trabalho nela atenderá as condições estabelecidas para a vazão e carga manométrica.

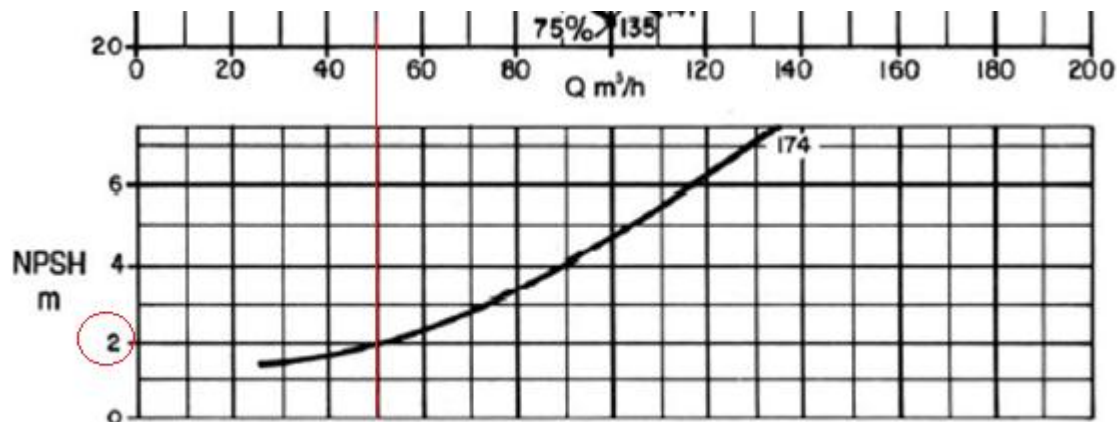
Para se estabelecer o ponto de trabalho deve-se traçar a CCI, para tal recorre-se a tabela a seguir:

Q(m ³ /h)	H _S (m)	f _s	f _R
0	49,6	0	0
20	51,4	0,023574	0,023915
40	56,6	0,02217	0,02285
50	60,5	0,021853	0,022617
60	65,0	0,021633	0,022457
80	76,8	0,021347	0,022252

O ponto de trabalho neste caso será:

- ✓ Vazão igual a 50 m³/h;
- ✓ Carga manométrica igual a 60,5 m;
- ✓ Rendimento igual a 70%;
- ✓ O NPSH_{requerido} igual a 2 + 0,5 = 2,5 m

$$N_{B_{\tau}} = \frac{996 \times 9,8 \times \left(\frac{50}{3600}\right) \times 60,5}{0,7} \cong 11716,9W$$



4. Verificação do fenômeno de cavitação.

Para esta verificação há a necessidade de se determinar o NPSH disponível, ou seja:

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = Z_{\text{inicial}} + \frac{P_{\text{inicial abs}}}{\gamma} - \frac{P_{\text{vapor}}}{\gamma} - H_{\text{ps}}, \text{ onde:}$$

✓ $Z_{\text{inicial}} \rightarrow$ é obtido com PHR no eixo da bomba, portanto: $Z_{\text{inicial}} = -3 \text{ m}$;

✓ $p_{\text{inicial abs}} \rightarrow$ é obtida na tabela II para a altitude de 900 m, portanto:

$$\frac{P_{\text{inicial abs}}}{\gamma} = \frac{9,22 \times 1000 \times 9,8}{996 \times 9,8} = 9,26 \text{ m};$$

✓ $p_{\text{vapor}} \rightarrow$ é obtida na tabela I para a temperatura de escoamento igual a

$$30^{\circ}\text{C}: \frac{P_{\text{vapor}}}{\gamma} = \frac{31,5 \times 13,6}{996} \cong 0,43 \text{ m};$$

✓ $H_{\text{ps}} \rightarrow$ é calculada para a vazão do ponto de trabalho, ou seja $50 \text{ m}^3/\text{h}$

$$H_{\text{ps}} = 0,021853 \times 162929,4 \times \left(\frac{50}{3600}\right)^2 = 0,687 \text{ m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = -3 + 9,26 - 0,43 - 0,687 = 5,1 \text{ m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} - \text{NPSH}_{\text{requerido}} = 5,1 - 2,5 = 2,6 \text{ m, portanto não cavita}$$

Agora seria
decidir qual das
possibilidades
apresentadas é a
melhor!

