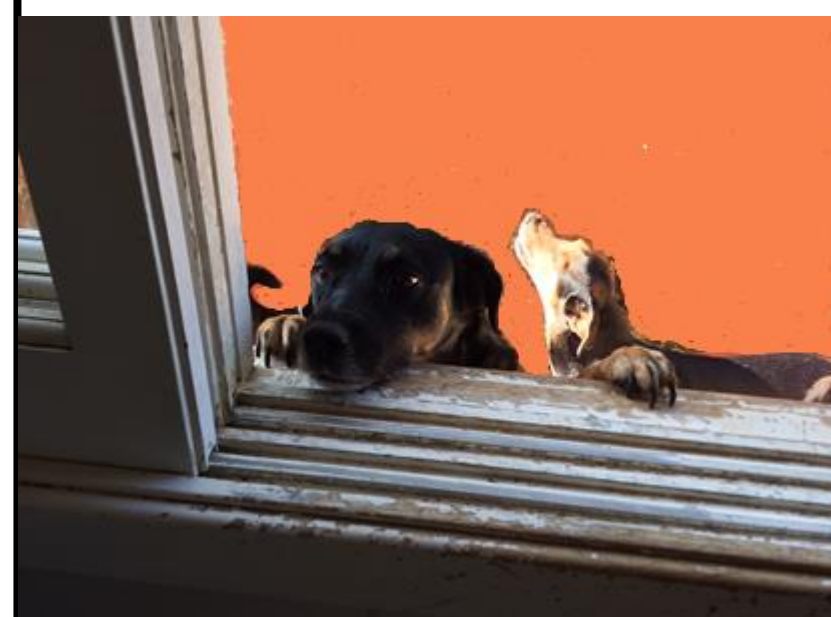


Décima primeira aula de ME5330

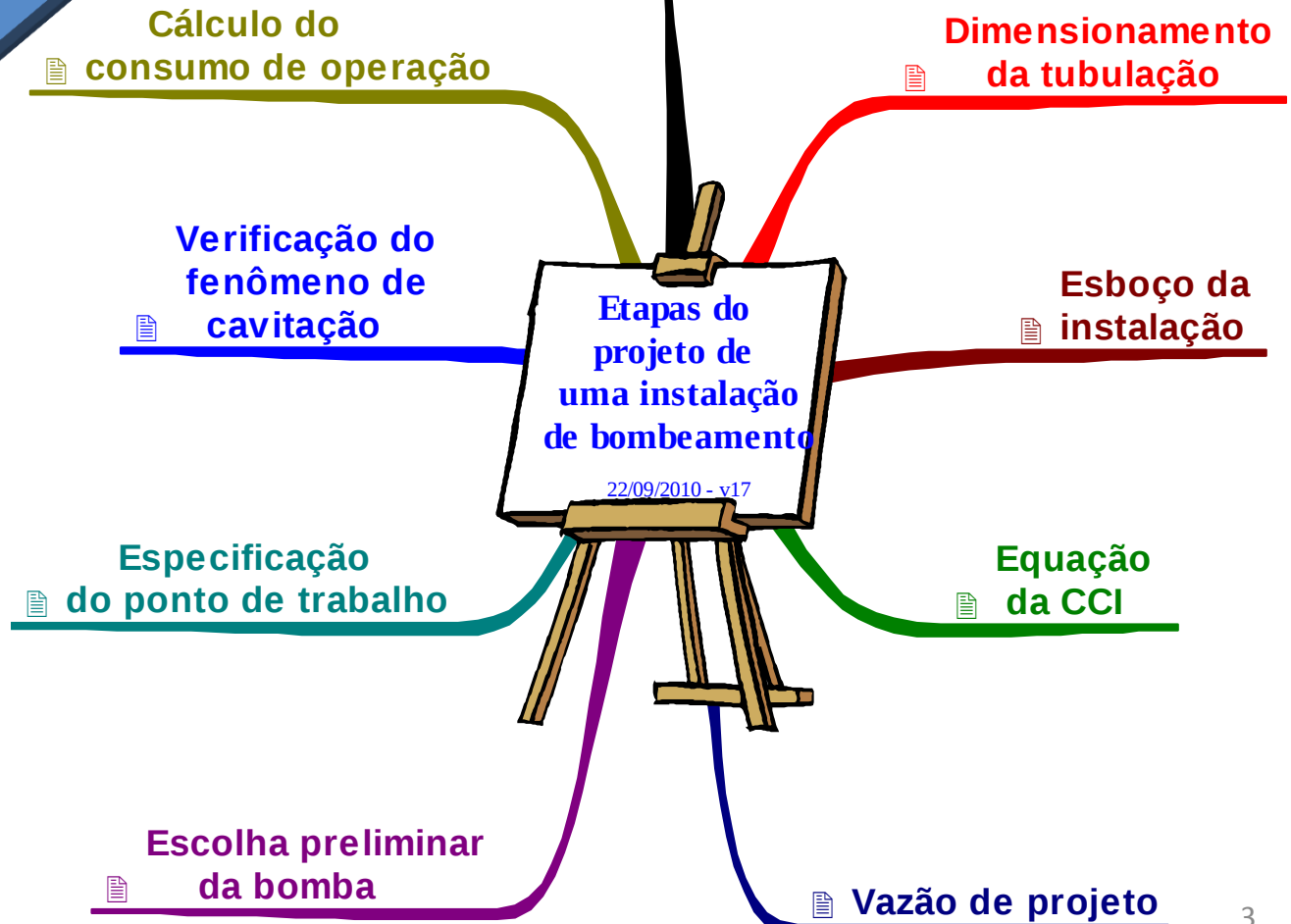
Primeiro semestre de
2014



Retomando as etapas do projeto falta estudar a determinação do consumo de operação da instalação.



Exatamente, portanto não ocorrendo o fenômeno de cavitação, vamos estudar a última etapa do projeto.





A black and white cartoon illustration of a classroom. A bald lecturer with a beard and a white shirt stands at the front with his hands on his hips. He is addressing a group of students. On the left, two students are looking at each other. In the center, a student is looking at a book. On the right, a student is looking at a book and another is looking at a book. The lecturer is speaking into a microphone. The background shows a chalkboard with some faint lines.

Não dá para falar do consumo de operação sem voltar a falar um pouco sobre o motores elétricos, uma das maneiras mais utilizadas para acionar as bombas hidráulicas.

Vamos começar recordando o conceito de potência mecânica e rotação síncrona.

A potência mecânica é a grandeza física que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada unidade de tempo



$$N_{\text{mec}} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta(F \times s)}{\Delta t} = F \times v$$

$$v = \frac{2\pi nr}{60}$$

C = conjugado (ou torque)

$$C = F \times r$$

r = raio do rotor

$$N_{\text{mec}} = C \times \frac{2\pi}{60} \times n = F \times r \times \frac{2\pi}{60} \times n$$

Velocidade de rotação síncrona (n_s)



$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \rightarrow [f] = \text{Hz}$$

p = número de pólos

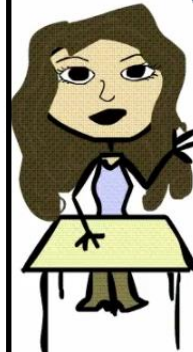
2 pólos = 3600 rpm

4 pólos = 1800 rpm

6 pólos = 1200 rpm

8 pólos = 900 rpm

Geralmente os motores síncronos só são usados para potências > que 500CV





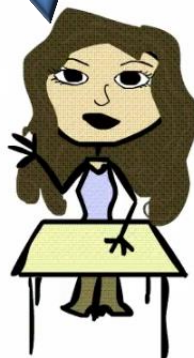
Portanto na grande maioria de nossas instalações utilizamos os motores assíncronos!



O que acontece com a rotação destes motores?

Nos motores assíncronos a velocidade de rotação não coincide exatamente com a velocidade de sincronismo.

Ela é menor?



Sim e a diminuição é originada pelo escorregamento (s), que geralmente é da ordem de 3 a 5%

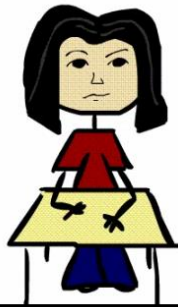
$$n = n_s \times \left(1 - \frac{s}{100}\right)$$



Uma das maneiras
para se selecionar o
motor elétrico



Adotamos o rendimento do
motor igual a 90% e calculamos
a potência nominal de
referência.



Isso
mesmo!



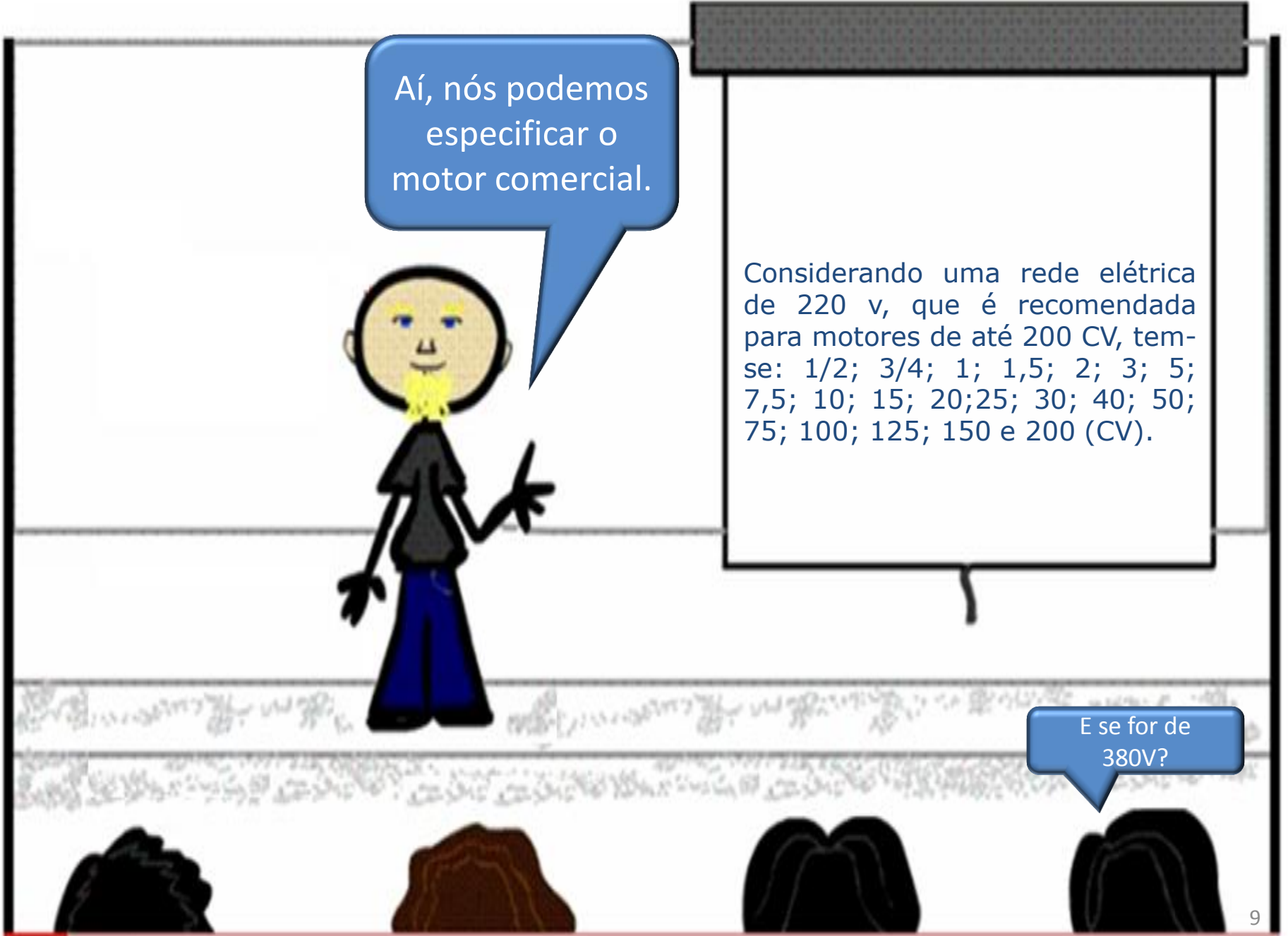
Pode-se então
determinar a
potência do
motor elétrico
de referência, já
que ela é igual a
potência da
bomba (potência
mecânica)
dividida pelo
rendimento do
motor elétrico.



Isso mesmo!

$$N_{m_{ref}} = \frac{N_{B_{\tau}}}{\eta_m} = \frac{\gamma \times Q_{\tau} \times H_{B_{\tau}}}{0,9 \times \eta_{B_{\tau}}}$$





Aí, nós podemos especificar o motor comercial.

Considerando uma rede elétrica de 220 v, que é recomendada para motores de até 200 CV, tem-se: 1/2; 3/4; 1; 1,5; 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 75; 100; 125; 150 e 200 (CV).

E se for de 380V?



Se for 380V,
temos:

motores em CV $\rightarrow$ 1/2 . . .
200; 250; 300; 350; 425; 475;
530; 600; 675; 750; 850; 950;
1000.



Especificado o
motor elétrico,
podemos calcular o
seu consumo de
energia.



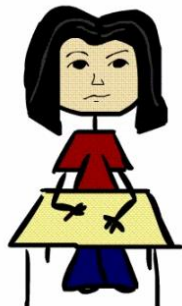
Sim, mas podemos também calcular o
rendimento real do motor elétrico!

$$\eta_{m_{\text{real}}} = \frac{N_{B_{\tau}}}{N_{m_{\text{comercial}}}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{energia}_{\text{ex.mensal}}} = A$$

$$A = N_{m_{\text{comercial}}} (\text{kW}) \times a \left(\frac{\text{h}}{\text{dia}} \right) \times b \left(\frac{\text{dia}}{\text{mes}} \right)$$

Só existe essa
maneira para sua
especificação?



Existem outras
maneiras para a
escolha dos
motores.



Uma outra
maneira está
sintetizada no
próximo slide.



O motor que aciona a bomba deverá trabalhar sempre com uma folga ou margem de segurança a qual evitará que o mesmo venha, por uma razão qualquer, operar com sobrecarga. Portanto, recomenda-se que a potência necessária ao funcionamento da bomba (N_B) seja acrescida de uma folga, conforme especificação a seguir (para motores elétricos):

Potência exigida pela Bomba (N_B)	Margem de segurança recomendada (%)
até 2 cv	50%
de 2 a 5 cv	30%
de 5 a 10 cv	20%
de 10 a 20 cv	15%
acima de 20 cv	10%

Para motores a óleo diesel recomenda-se uma margem de segurança de 25% e a gasolina, de 50% independente da potência calculada.

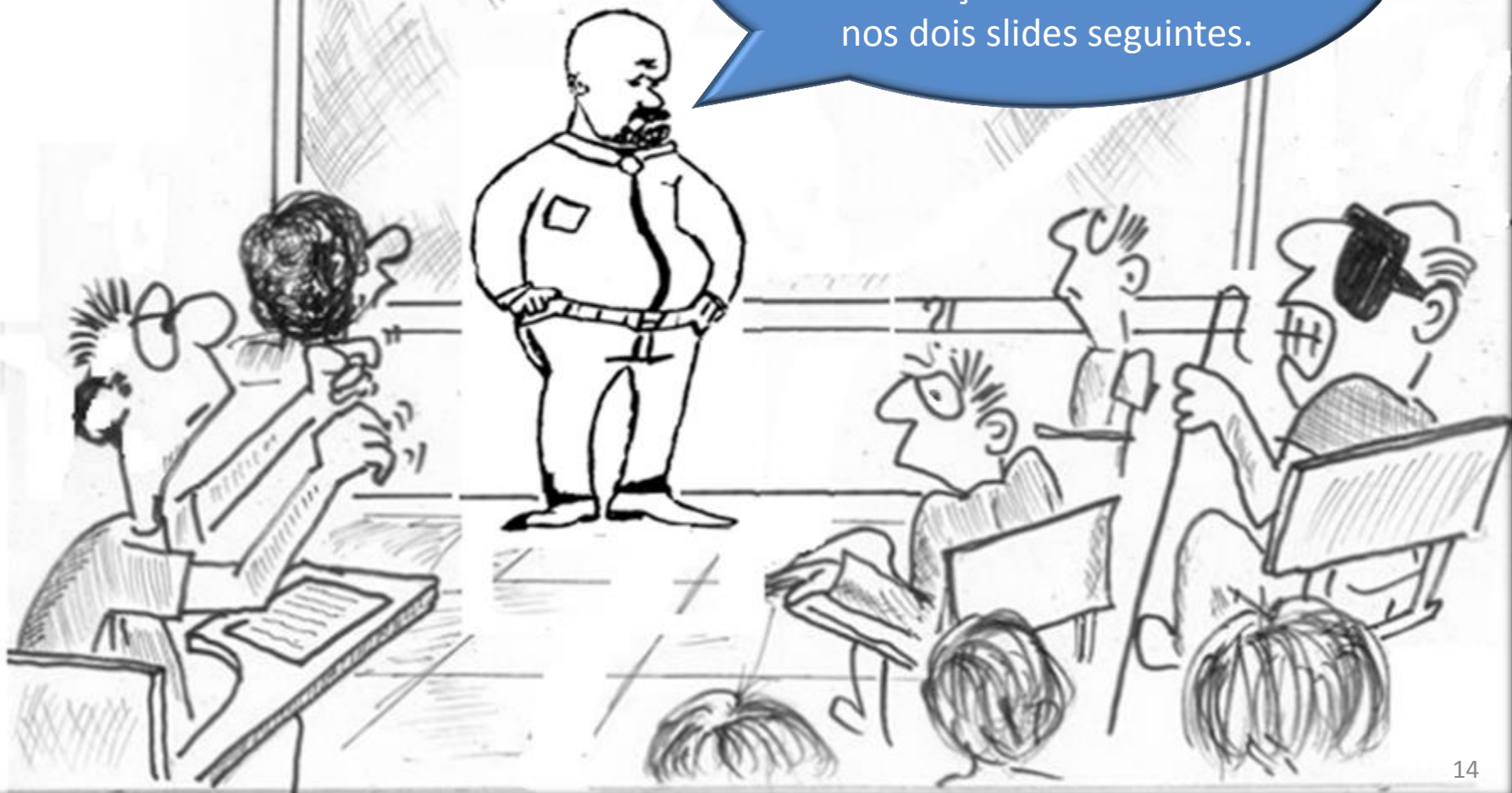
A TABELA ACIMA PODE SER LIDA NA PÁGINA 69 DO LIVRO BOMBAS E INSTALAÇÕES DE BOMBEAMENTO ESCRITO POR A. J. MACINTYRE E EDITADO PELA LTC EM 2008.

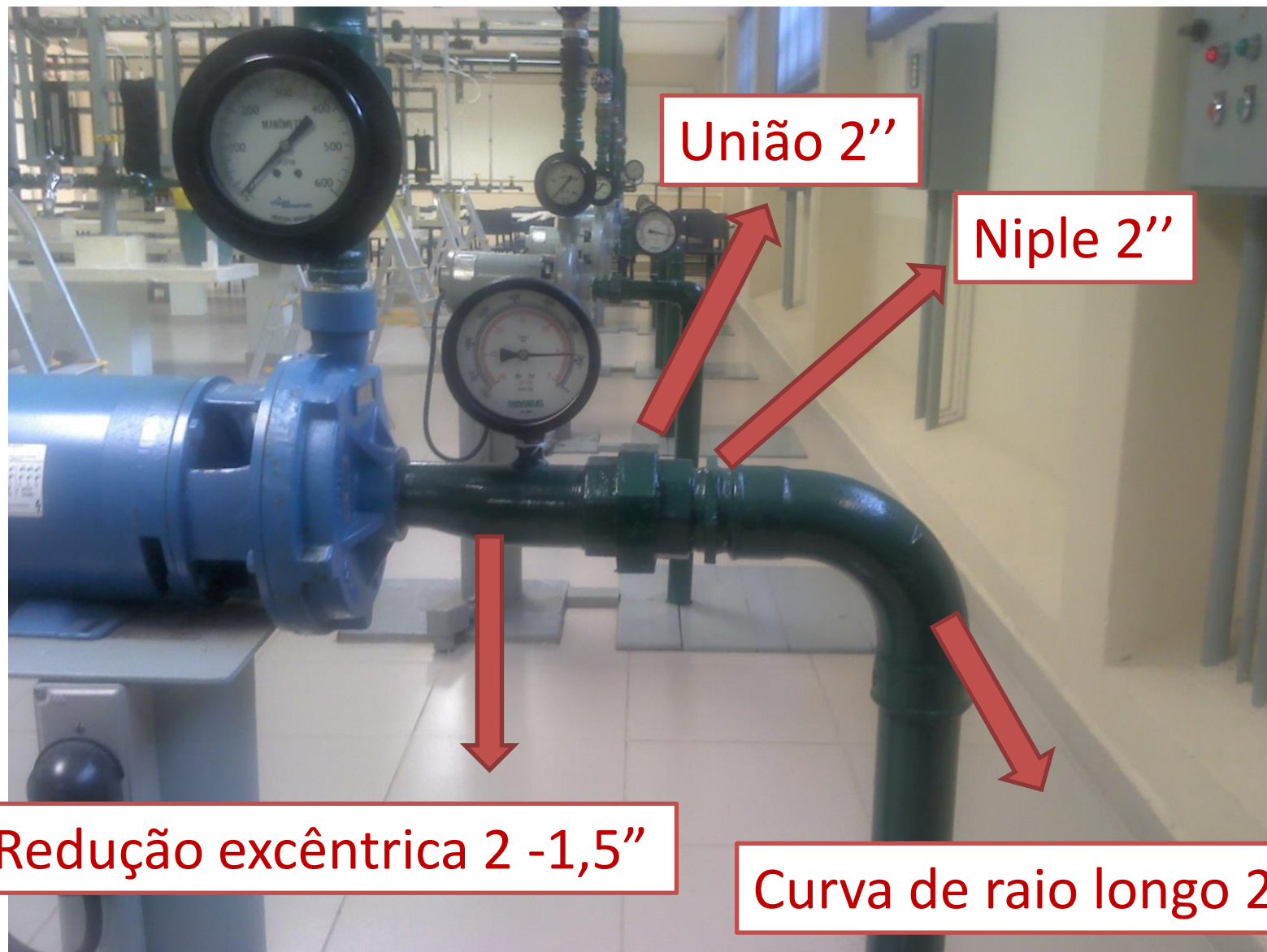


Vamos agora propor um exercício
para determinação do
 $NPSH_{\text{disponível}}$ e verificação do
fenômeno de recirculação.



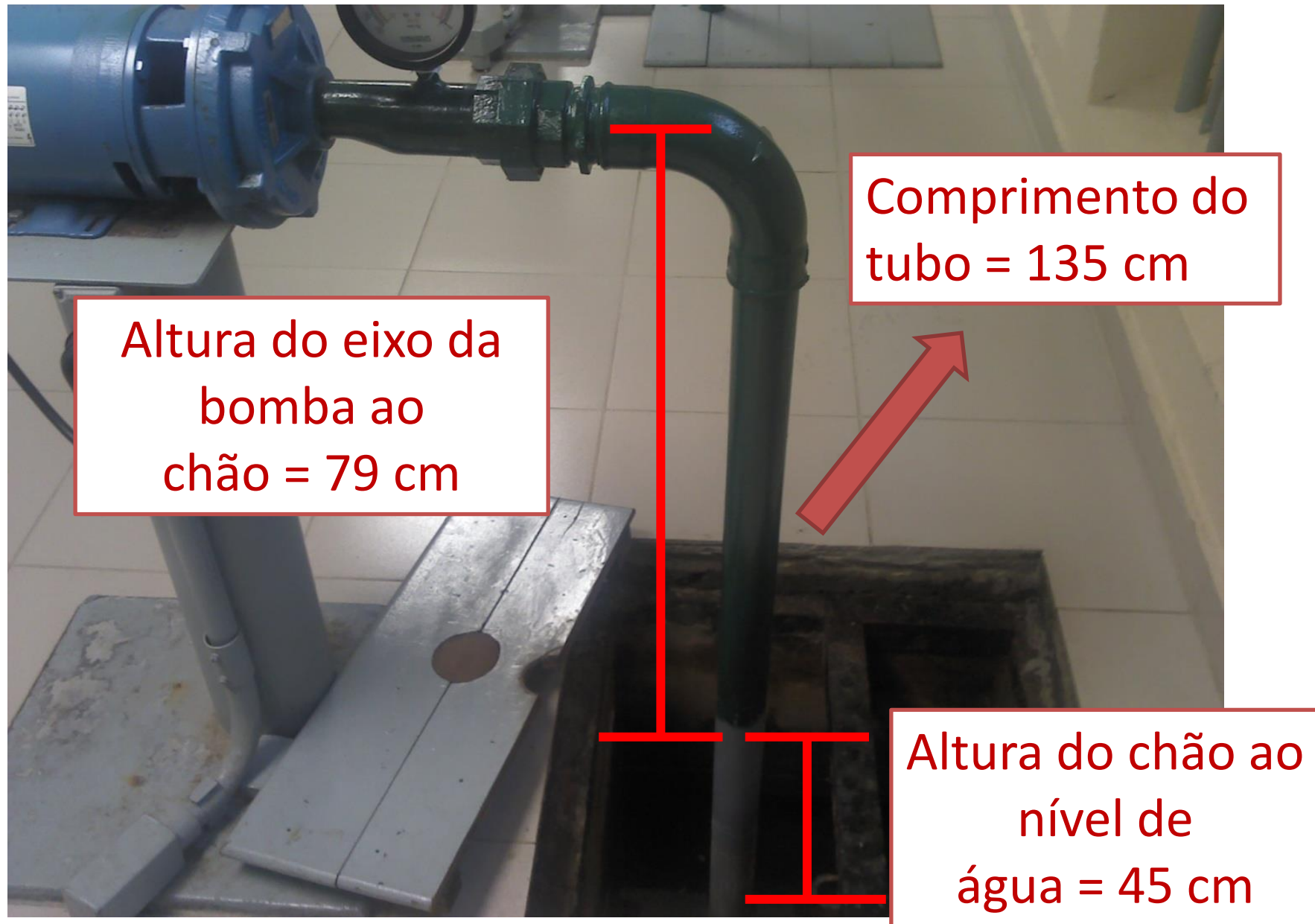
Um exercício ligado com a
bancada 6 cujas
informações encontram-se
nos dois slides seguintes.





Existe ainda a válvula de poço da Mipel que inicia a tubulação antes da bomba, que no caso é uma tubulação de sucção.





Considerando a bancada 6
e os dados anteriores,
pede-se para uma vazão
igual a 0,578 L/s o
NPSH_{disponível} e uma reflexão
sobre o fenômeno de
recirculação.

Existe mais
algum
dado?

Sim a curva da bomba utilizada na bancada.



Bancada 6 do laboratório - sala ISO1 do Centro Universitário da FEI



ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS													
MODELO	CV	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45
RF-5	1.5	12,0	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,0	7,0	5,0			
RF-6	2.0			12,8	12,5	12,0	11,5	11,0	10,5	9,6	7,0		
RF-7	3.0								13,5	12,8	11,5	9,2	6,0
VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA													

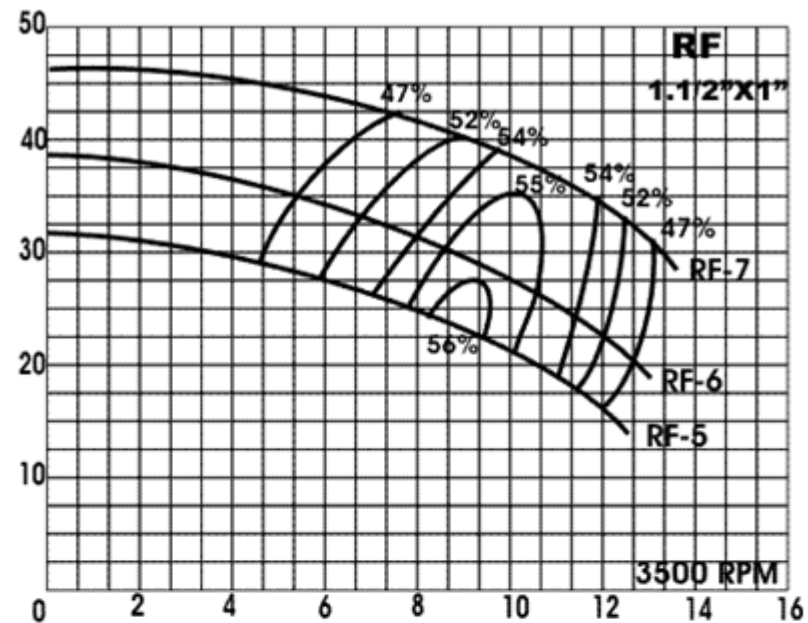
No nosso caso é a RF - 6

RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

CURVA RF

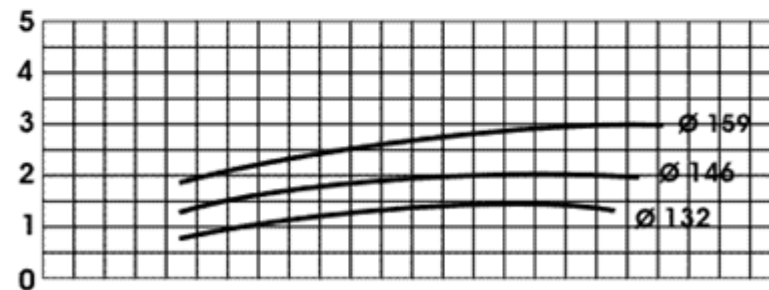


ALTURA MANOMÉTRICA (METROS)

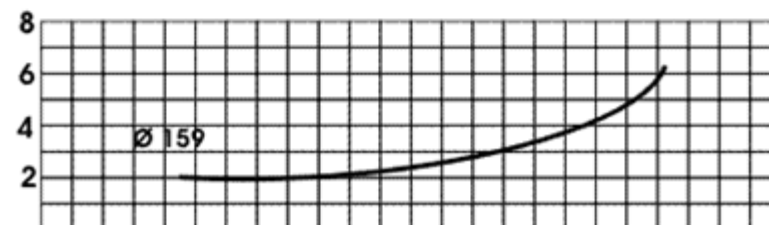


POTÊNCIA (CV)

VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA



NPSH (METROS)



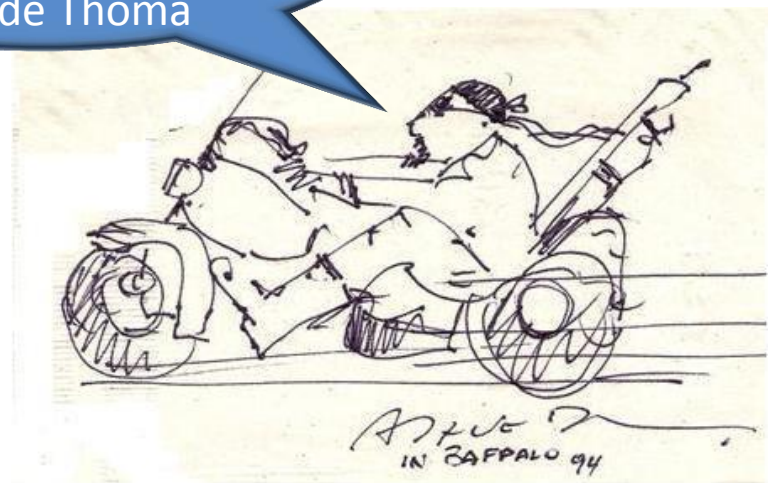
Este exercício será
resolvido nas aulas
extras da monitoria,
nesta semana. Hoje
terminaremos o
exercício 72.

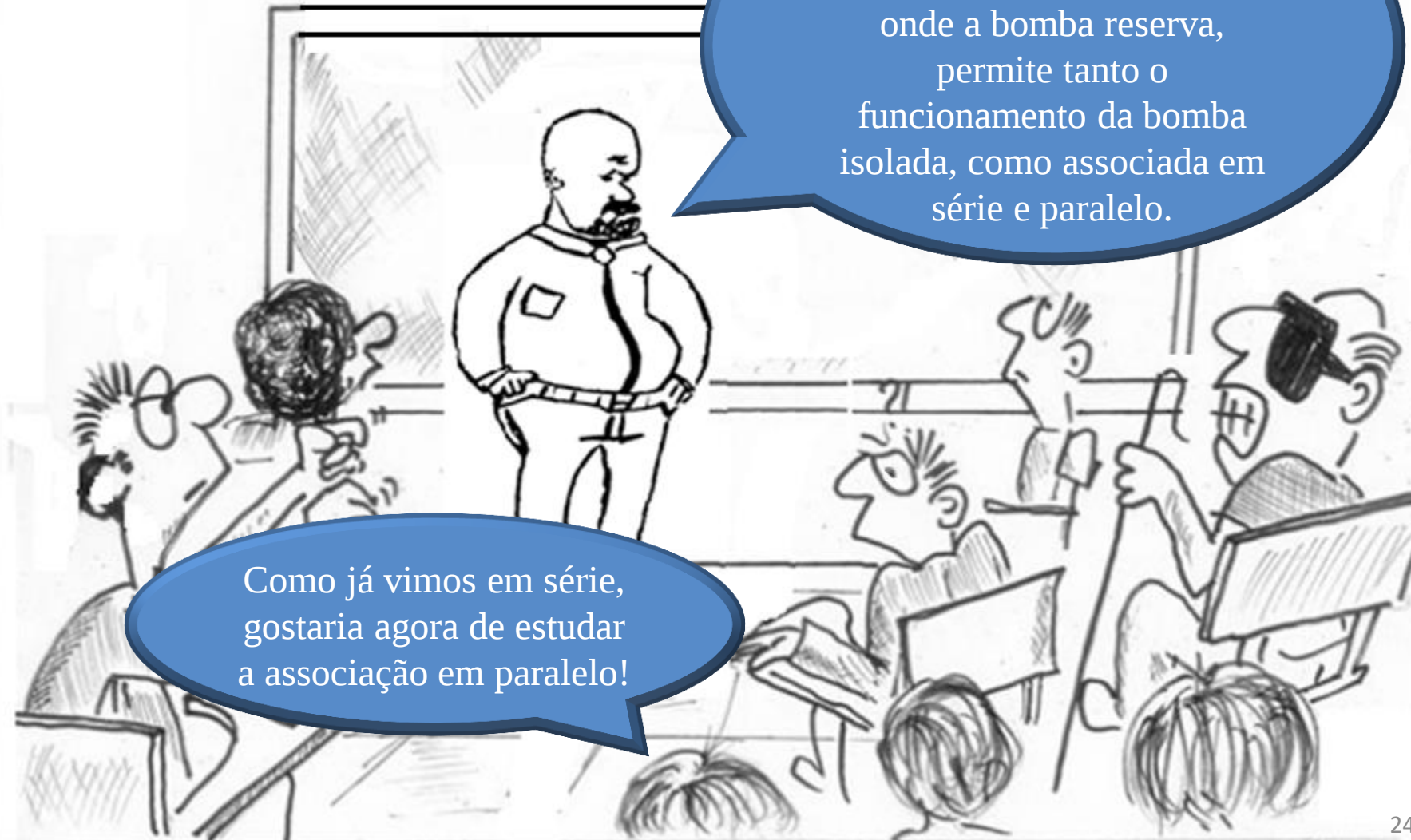


72^o – Uma bomba de 1750 rpm transporta água a 40°C através de uma carga manométrica de 45,5 m num local com pressão barométrica igual a 700 mmHg. Nesta condição de funcionamento a pressão manométrica medida através de um manovacuômetro é -395 mmHg e a velocidade na sua entrada é igual a 1,5 m/s. Verifique a existência, ou não, do fenómeno de cavitação; estime o rendimento da bomba e escolha o motor elétrico adequado para acionar a bomba.

Dado: tubulação antes da bomba de aço 40 com diâmetro nominal igual a 3".

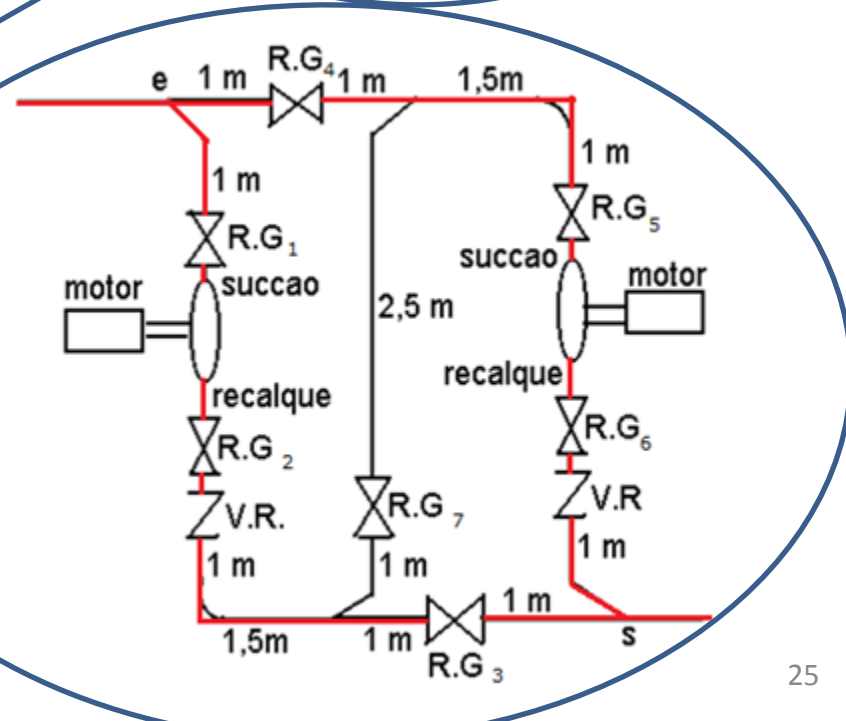
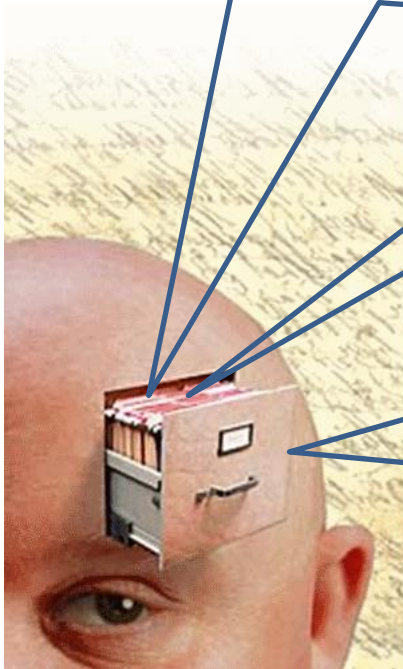
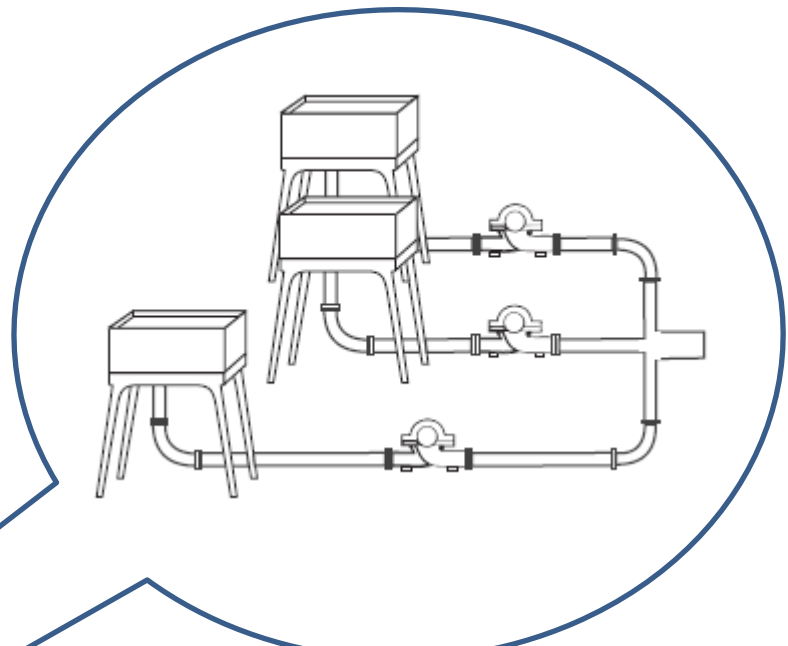
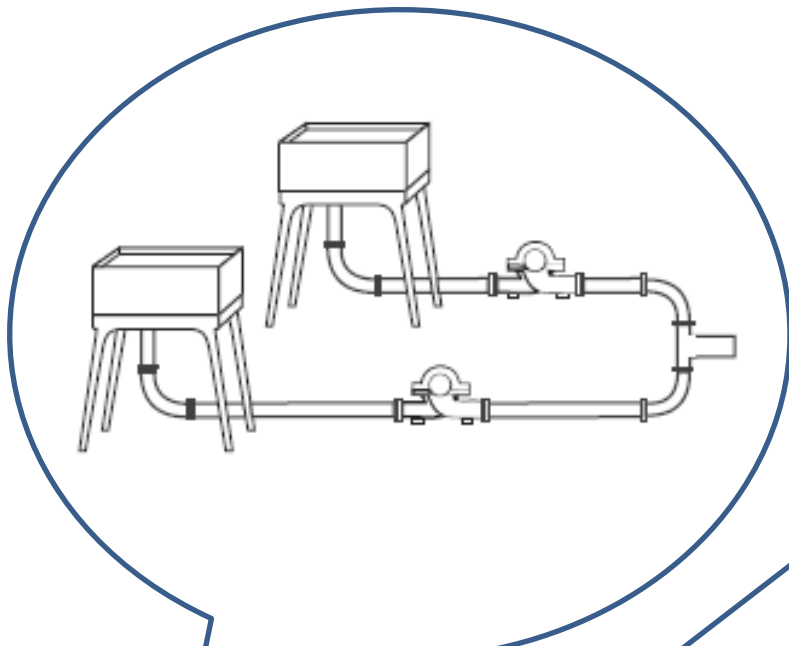
Estime o $NPSH_{req}$
através da fórmula da
Sulzer e através do
fator de Thoma





Já que estudamos todas as etapas do projeto, vamos voltar à casa de máquina, onde a bomba reserva, permite tanto o funcionamento da bomba isolada, como associada em série e paralelo.

Como já vimos em série, gostaria agora de estudar a associação em paralelo!



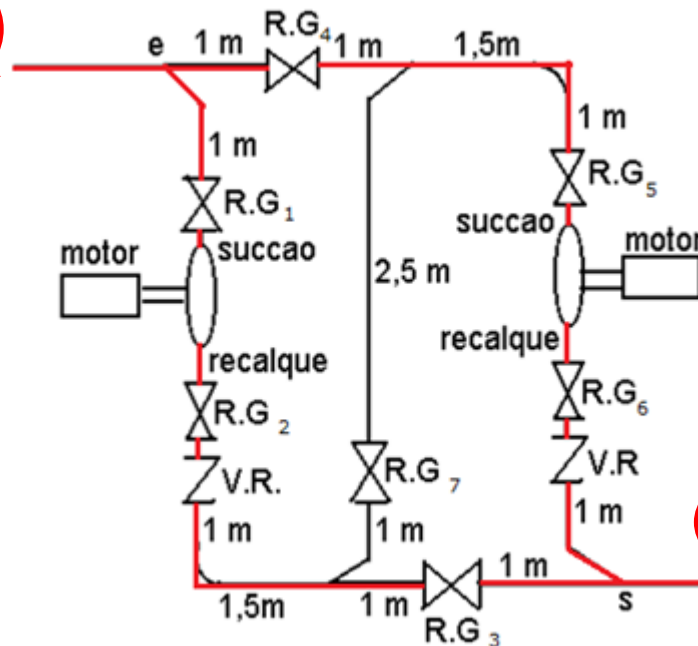
Aqui é importante se pensar na alimentação pela tubulação do centro, pois se houver acentuadas perda de carga na linha, o aumento da vazão com duas ou mais bombas em paralelo será pequeno e, portanto, pouco compensador.

A figura abaixo especifica as recomendações para as velocidades em uma associação em paralelo.



$$v_{aB} \leq 2,0 \frac{m}{s}$$

atenção



atenção

$$v_{dB} \leq 3,0 \frac{m}{s}$$



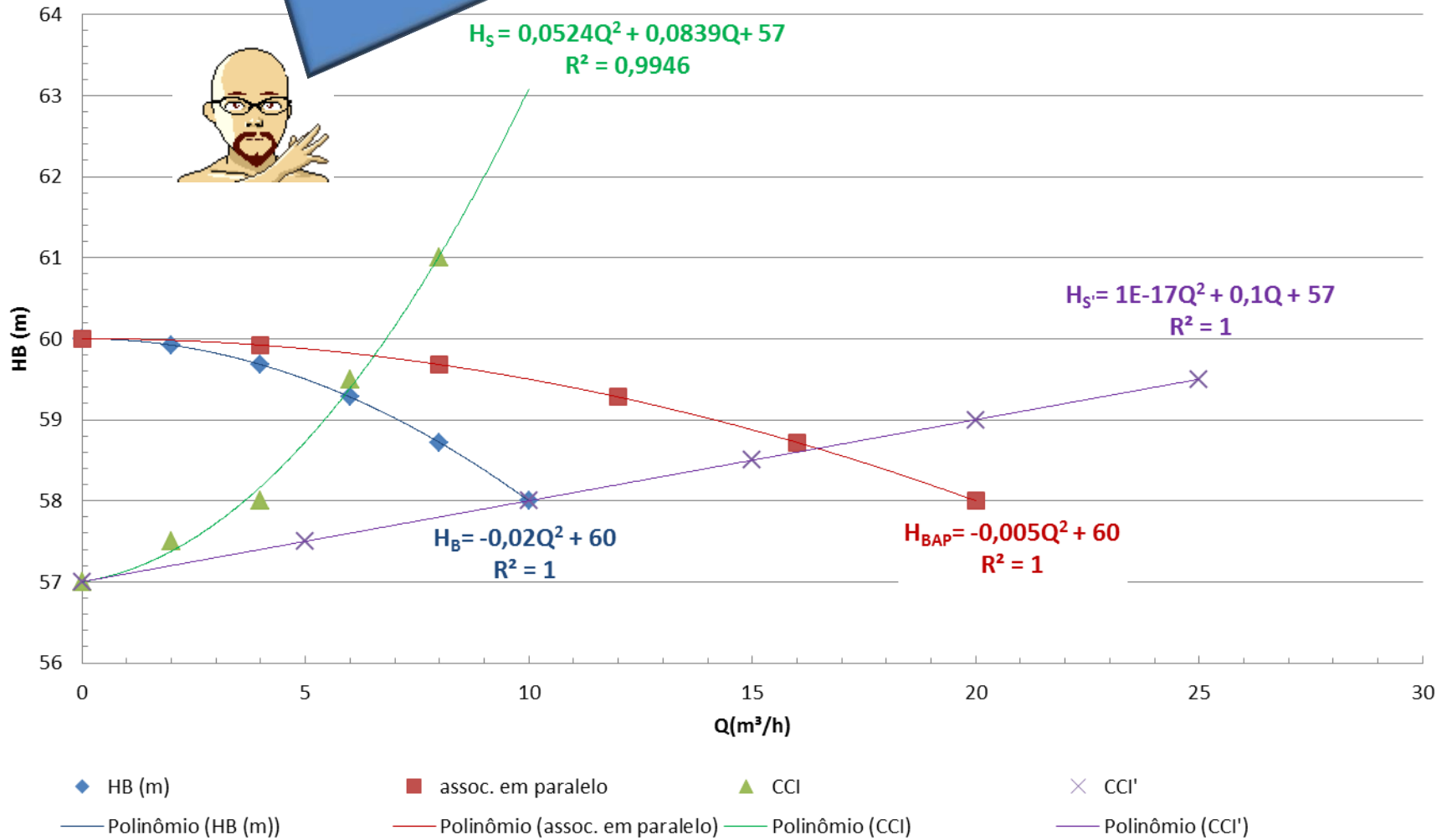
O próximo slide objetiva possibilitar a visualização do que foi mencionado anteriormente, lembrando que para a obtenção da curva $H_{Bap} = f(Q_{ap})$, devemos para a mesma carga manométrica somar as vazões.

$$H_{Bap} = H_{BB1} = H_{BB2}$$

$$Q_{ap} = Q_{B1} + Q_{B2}$$

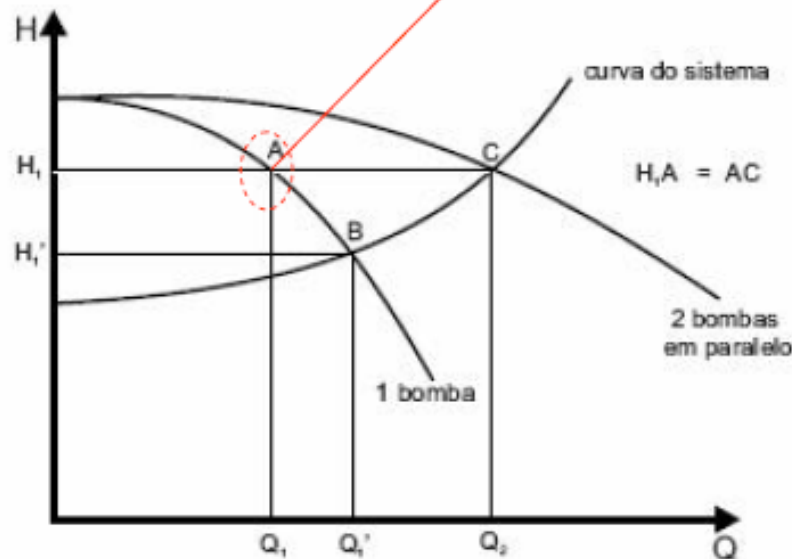
Observe que para a perda acentuada (CCI verde) a contribuição para o aumento da vazão na associação em paralelo é muito pequena.

CCB



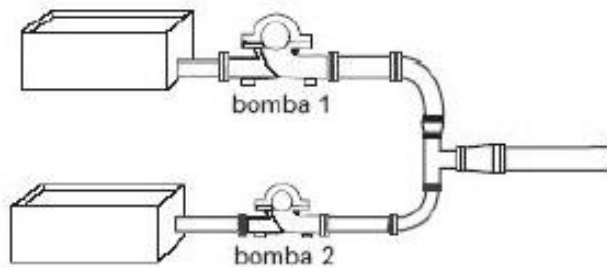
Na associação de bombas hidráulicas iguais, tem-se a curva característica da associação obtida como mencionado no slide anterior e como mostrado a seguir:

$$\eta_{B_{ap}} = \eta_{B_1} = \eta_{B_2}$$



Observe
que a
vazão Q_2 é
menor que
 $2 * Q_1'$

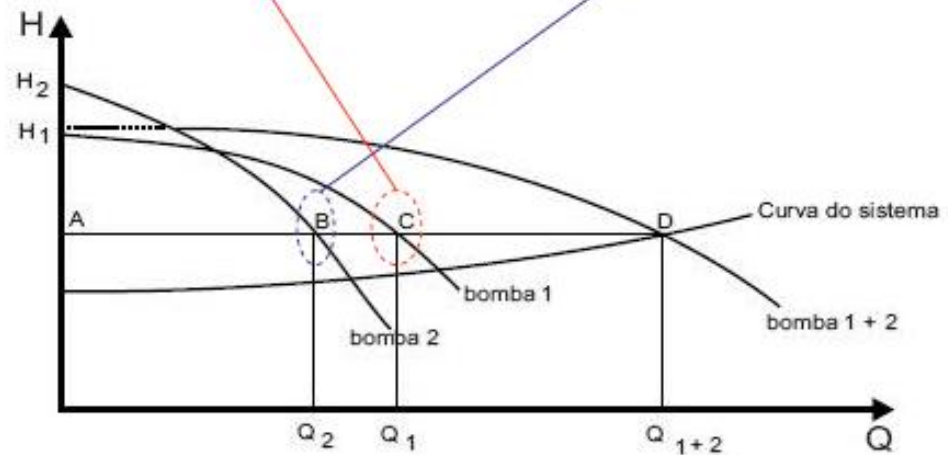




Bombas diferentes
o procedimento é
o mesmo, ou seja,
para o mesmo HB
se soma as vazões

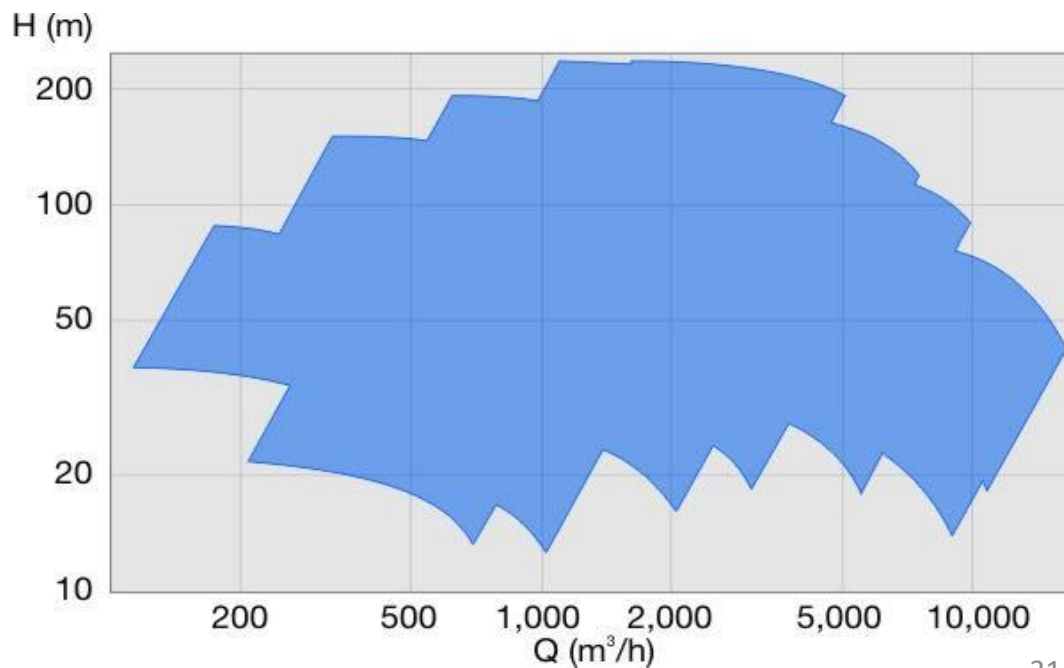
$$\eta_{B_{ap}} = \frac{Q_{ap}}{\frac{Q_1}{\eta_{B_1}} + \frac{Q_2}{\eta_{B_2}}}$$

onde η_{B_1} se lê no ponto C e η_{B_2} se lê no ponto B



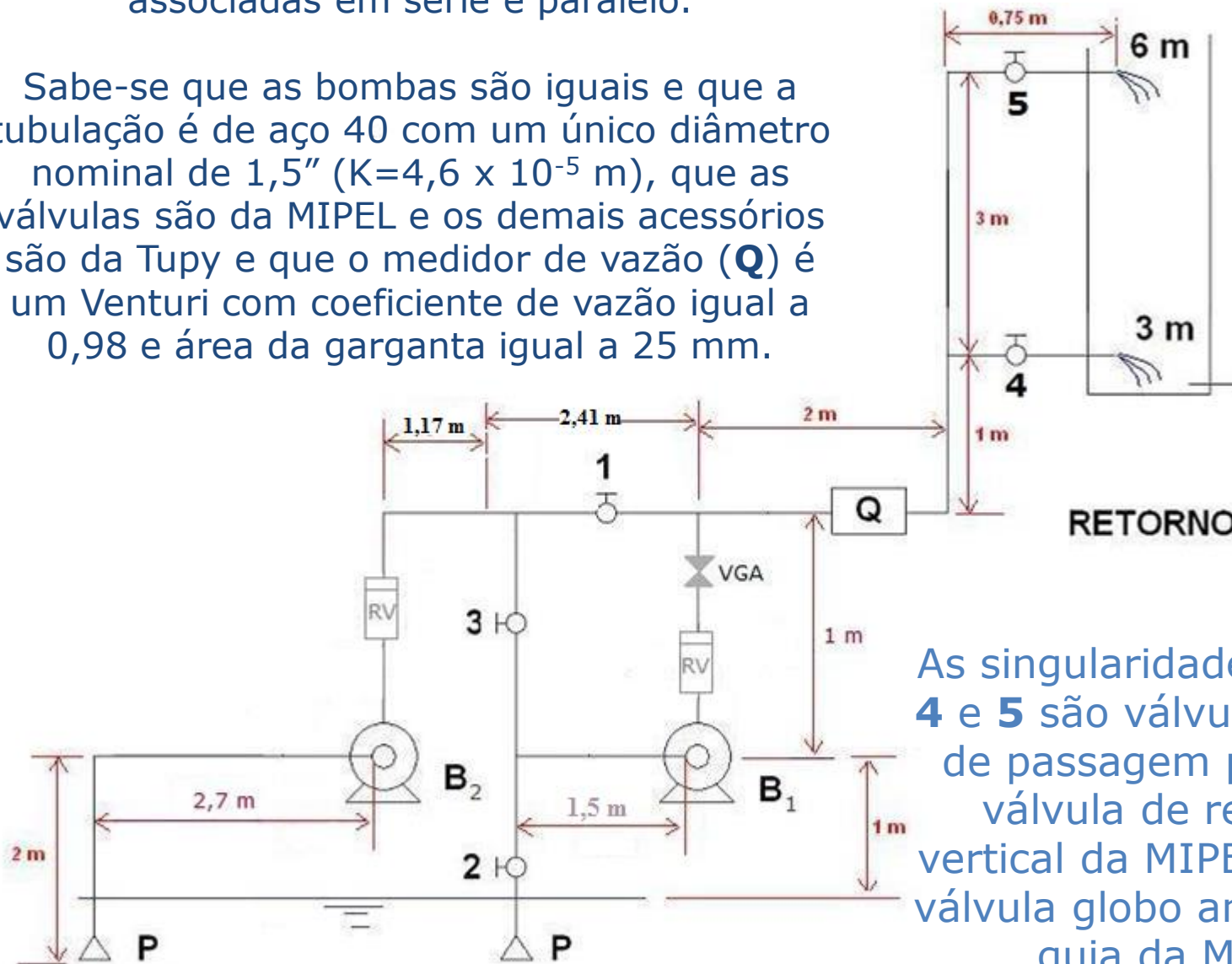


BOMBAS DE DUPLA SUCÇÃO OU
ADMISSÃO PODEM SUBSTITUIR
AS ASSOCIAÇÕES EM PARALELO
DE DUAS BOMBAS.



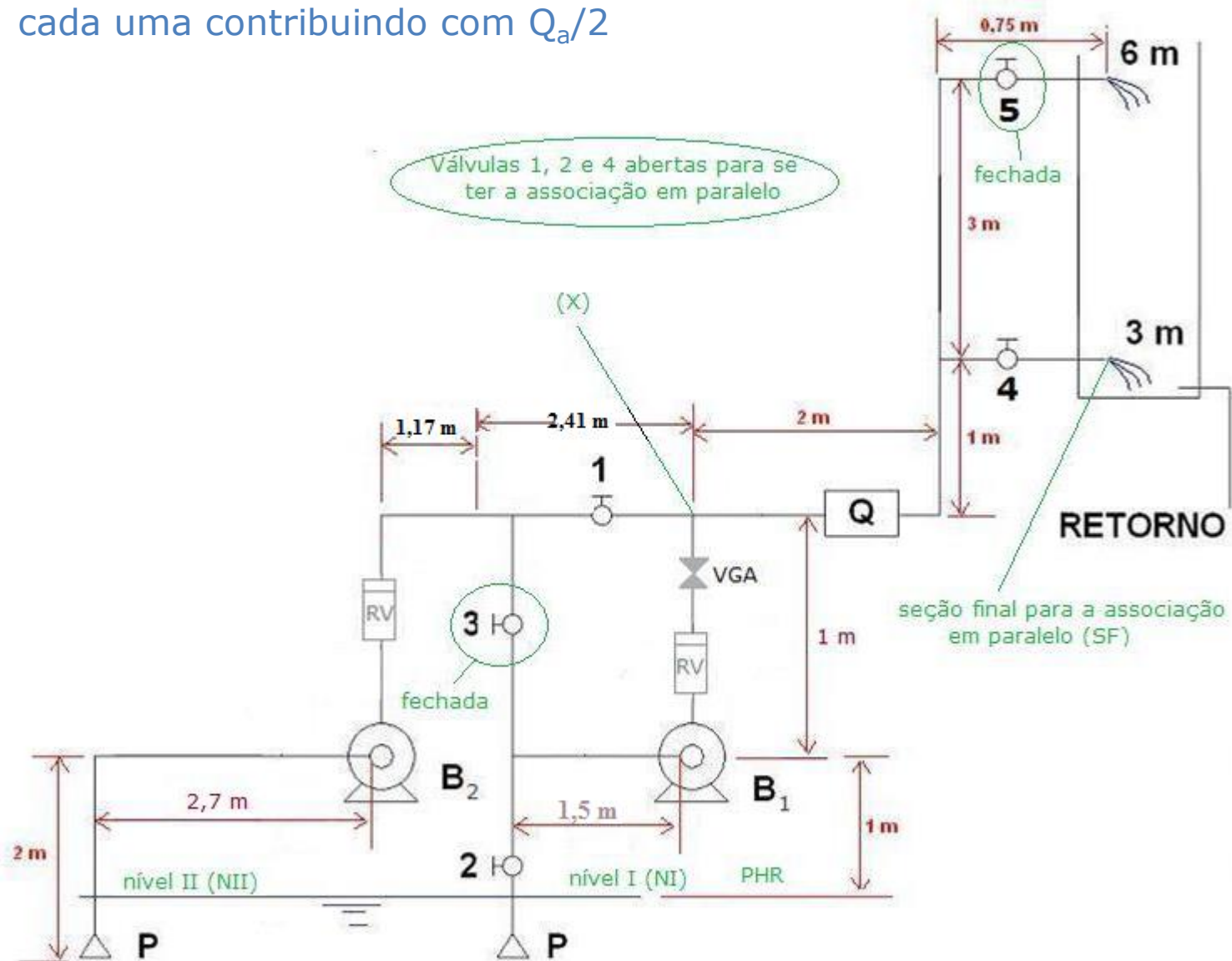
87^o - Considere a instalação ao lado, que pode operar só com uma bomba, com bombas associadas em série e paralelo.

Sabe-se que as bombas são iguais e que a tubulação é de aço 40 com um único diâmetro nominal de 1,5" ($K=4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$), que as válvulas são da MIPEL e os demais acessórios são da Tupy e que o medidor de vazão (**Q**) é um Venturi com coeficiente de vazão igual a 0,98 e área da garganta igual a 25 mm.



As singularidades **1**, **2**, **3**, **4** e **5** são válvulas esferas de passagem plena, RV válvula de retenção vertical da MIPEL e VGA é válvula globo angular sem guia da MIPEL

É melhor em uma associação em paralelo de duas bombas iguais se ter cada uma contribuindo com $Q_a/2$





SÓ EXISTIRÃO
VAZÕES IGUAIS
ATRAVÉS DAS
BOMBAS
ASSOCIADAS SE A
PERDA DE CARGA
ANTES DAS
MESMAS E DEPOIS
DELAS ATÉ O
PONTO QUE AS
VAZÕES SE SOMAM
FOREM IGUAIS!



Para demonstrar as condições anteriores, consideramos os dados a seguir:

singularidade	Leq (m)
Válvula globo angular sem guia	5,79
válvula de pé com crivo	17,07
cotovelo de 90°	1,41
válvula de retenção	17,07
T de saída lateral	2,06
T de passagem direta	0,25
T de saída bilateral	2,50
válvula esfera venturi	0,55
Saída de tub.	$K_{Sventuri}$ 1,0



D (mm)	A (cm²)
40,8	13,1

g (m/s²)	9,8
----------	-----

água	T (°C)	ρ (kg/m³)	998,2
	20	γ (N/m³)	9782,36
		v (m²/s)	1,00E-06

$$K_{SVenturi} = \left[\frac{1}{C_v^2} - 1 \right] \times \left[1 - \left(\frac{A_{Garganta}}{A_{Tubo}} \right)^2 \right]$$

$$K_{SVenturi} = \left[\frac{1}{0,98^2} - 1 \right] \times \left[1 - \left(\frac{25}{40,8} \right)^4 \right]$$

$$K_{SVenturi} \cong 0,0355$$

Perdas de NI até a entrada da bomba B₁

$$H_{paB_1} = f \times \frac{(3,5 + 17,07 + 0,55 + 2,06)}{0,0408} \times \frac{Q_1^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{paB_1} = f \times 16890970,59 \times Q_1^2$$

Perdas de NII até a entrada da bomba B₂

$$H_{paB_2} = f \times \frac{(4,7 + 17,07 + 1,41)}{0,0408} \times \frac{Q_2^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{paB_2} = f \times 16890970,59 \times Q_2^2$$

Perdas da saída da bomba B₁ até (X)

$$H_{psB_1-X} = f \times \frac{(1 + 17,07 + 5,79)}{0,0408} \times \frac{Q_1^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{psB_1-X} = f \times 17386477,93 \times Q_1^2$$

Perdas da saída da bomba B₂ até (X)

$$H_{psB_2-X} = f \times \frac{(1 + 17,07 + 1,41 + 1,17 + 0,25 + 0,55 + 2,41)}{0,0408} \times \frac{Q_2^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{psB_2-X} = f \times 17386477,93 \times Q_2^2$$

CQD e onde
 $Q_1 = Q_2 = Q_{ap}/2$





Obtendo a equação da
CCI

$$\gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{NI} + \gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{NII} + \gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{B1} + \gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{B1} = \gamma \times Q_{ap} \times H_{SF} + \sum N_{dissipadas}$$

$$\sum N_{dissipadas} = \gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{paB1} + \gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{paB2} + \gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{psB1-X} + \gamma \times \frac{Q_{ap}}{2} \times H_{psB2-X} + \gamma \times Q_{ap} \times H_{pX-SF}$$

Agora é aplicar
no exercício
proposto



$$H_S = H_{SF} + \frac{1}{2} \times 16890970,59 \times f_{Q_{ap}/2} \times \left(\frac{Q_{ap}}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \times 16890970,59 \times f_{Q_{ap}/2} \times \left(\frac{Q_{ap}}{2} \right)^2 +$$

$$\frac{1}{2} \times 17386477,93 \times f_{Q_{ap}/2} \times \left(\frac{Q_{ap}}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \times 17386477,93 \times f_{Q_{ap}/2} \times \left(\frac{Q_{ap}}{2} \right)^2 + H_{PX-SF}$$

$$H_{PX-SF} = f_{Q_{ap}} \times \frac{(2 + 1 + 0,75 + 2,5 + 1,41 + 2,06 + 0,55 + 1)}{0,0408} \times \frac{Q_{ap}^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$+ 0,0355 \times \frac{Q_{ap}^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{PX-SF} = f_{Q_{ap}} \times 8212305,4 \times Q_{ap}^2 + 1055,5 \times Q_{ap}^2$$

$$H_{SF} = 3 + \frac{\alpha_{sf} \times Q_{ap}^2}{2 \times 9,8 \times (13,1 \times 10^{-4})^2} = 3 + \alpha_{sf} \times 29730,5 \times Q_{ap}^2$$

$$H_S = 3 + \alpha_{sf} \times 29730,5 \times Q_{ap}^2 + 8569362,2 \times f_{Q_{ap}/2} \times Q_{ap}^2 + 8212305,4 \times f_{Q_{ap}} \times Q_{ap}^2 + 1055,5 \times Q_{ap}^2$$

Dados do
fabricante:



CCB FABRICANTE

$Q \text{ (m}^3/\text{h)}$	$H_B \text{ (m)}$	$\eta \text{ (\%)}$
0	26	-
2	26,8	52
4	26,3	54
6	24,6	55,5
8	21,5	56
10	17,1	56
12	11,5	55,5
14	4,5	54
14,5	2,6	

Construindo a
CCB



CCB FABRICANTE

Q (m ³ /h)	Q_{ap} (m ³ /h)	H_B (m)	η (%)
0	0	26	-
2	4	26,8	52
4	8	26,3	54
6	12	24,6	55,5
8	16	21,5	56
10	20	17,1	56
12	24	11,5	55,5
14	28	4,5	54
14,5	29	2,6	

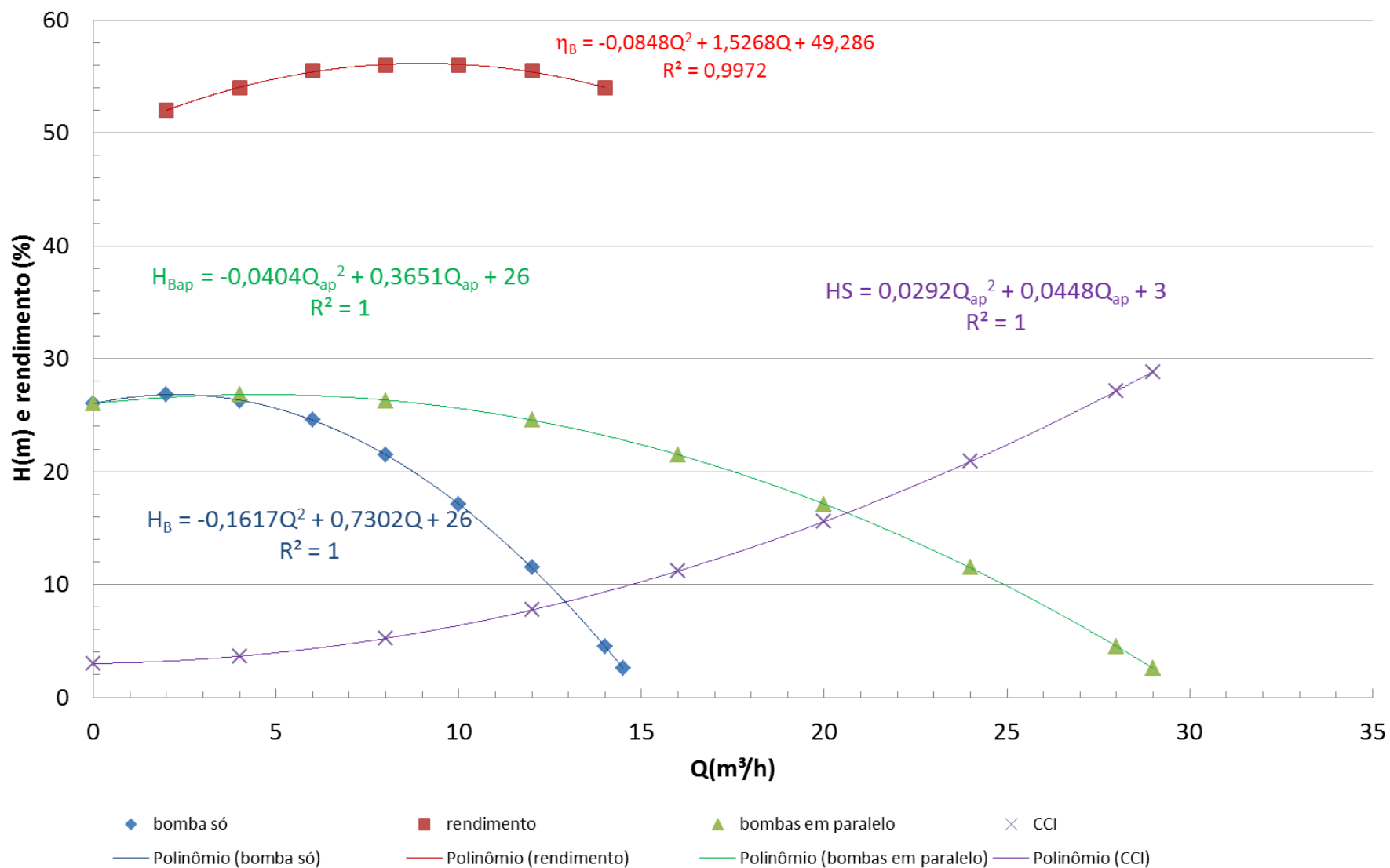


E não
esquecendo
da CCI.

Ao determinar os coeficientes de perda de carga distribuída constatamos que todos os números de Reynolds deram maiores que 4000, portanto $\alpha = 1,0$ e aí resultou a tabela abaixo que permite obter a representação gráfica da CCB e CCI.



Q (m ³ /h)	Q _{ap} (m ³ /h)	H _B (m)	h (%)	f _{Q/2}	f _Q	HS (m)
0	0	26	-	0	0	3
2	4	26,8	52	0,0292	0,0259	3,6
4	8	26,3	54	0,0259	0,0236	5,2
6	12	24,6	55,5	0,0244	0,0227	7,7
8	16	21,5	56	0,0236	0,0222	11,2
10	20	17,1	56	0,0231	0,0219	15,6
12	24	11,5	55,5	0,0227	0,0216	20,9
14	28	4,5	54	0,0224	0,0215	27,1
14,5	29	2,6		0,0224	0,0214	28,9



$$H_S = H_{B_{ap}}$$

$$0,0292Q_{ap}^2 + 0,0448Q_{ap} + 3 = -0,0404Q_{ap}^2 + 0,3651Q_{ap} + 26$$

$$0,0696Q_{ap}^2 - 0,3203Q_{ap} - 23 = 0$$

$$Q_{ap\tau} = \frac{0,3203 + \sqrt{0,3203^2 + 4 \times 0,0696 \times 23}}{2 \times 0,0696} \cong 20,625 \frac{m^3}{h} \approx 20,6 \frac{m^3}{h}$$

$$H_{B_{ap\tau}} = 0,0292 \times 20,6^2 + 0,0448 \times 20,6 + 3 \cong 16,3m$$

$$\eta_B = -0,0848 \times \left(\frac{20,6}{2} \right)^2 + 1,5268 \times \frac{20,6}{2} + 49,286 \cong 56,0\%$$

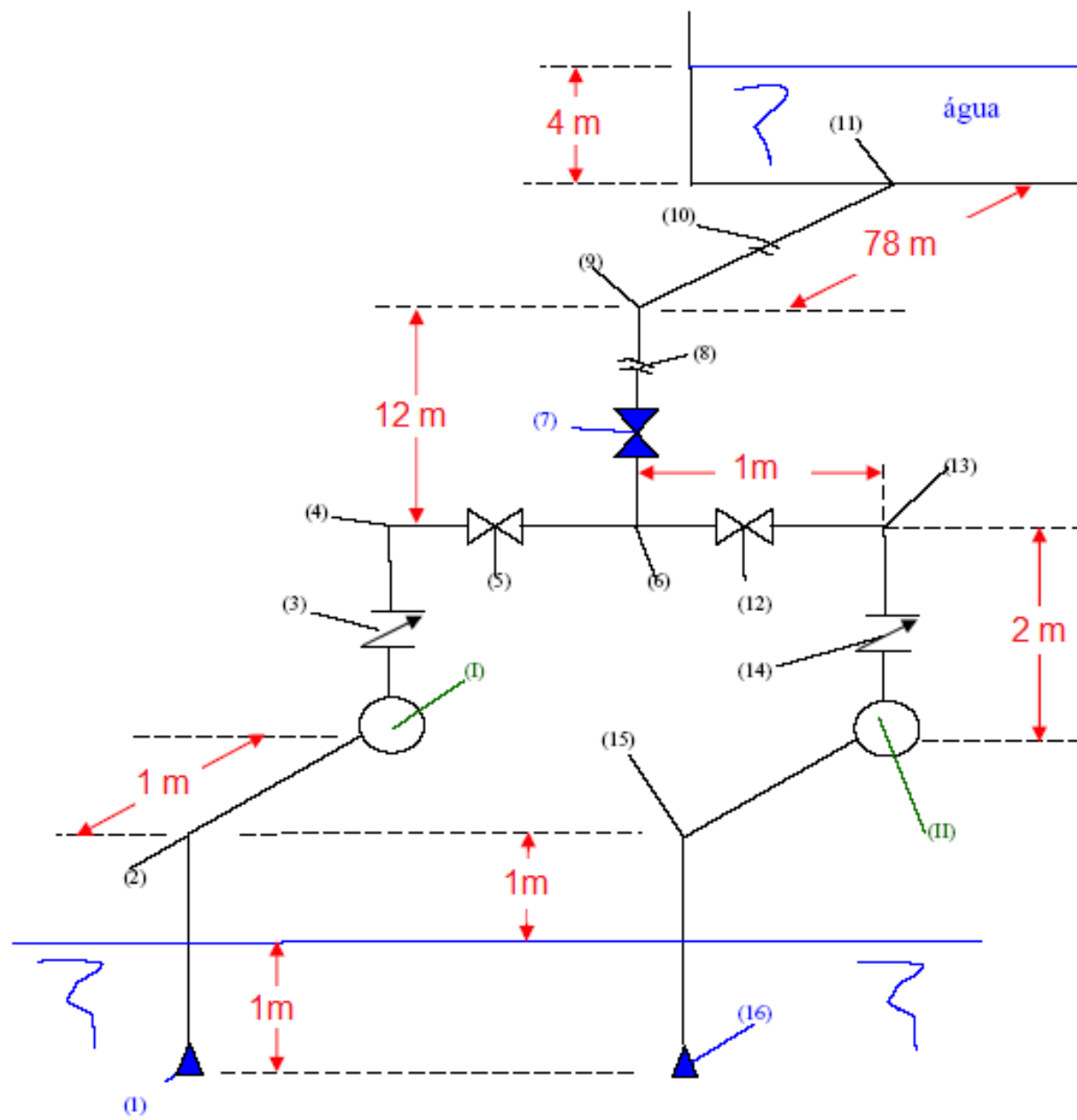
$$N_{B_{ap\tau}} = \frac{9782,36 \times \left(\frac{20,6}{3600} \right) \times 16,3}{0,56} \cong 1629,3W$$

80⁰ - A instalação representada a seguir pode operar com uma bomba ou com as duas bombas associadas em paralelo. Sabendo-se que as bombas são iguais que apresentam as características indicadas no diagrama do slide 801, pede-se:

- a. a potência útil do motor elétrico quando apenas uma bomba operar;
- b. verificar o fenômeno de cavitação para a situação anterior, sabendo-se que a pressão de vapor da água para a situação descrita é igual a 0,0238 kgf/cm² (abs) e que a leitura barométrica é igual a 700 mmHg;
- c. o ponto de trabalho para associação em paralelo das bombas;
- d. a verificação do fenômeno de cavitação para esta nova situação.

Dados:

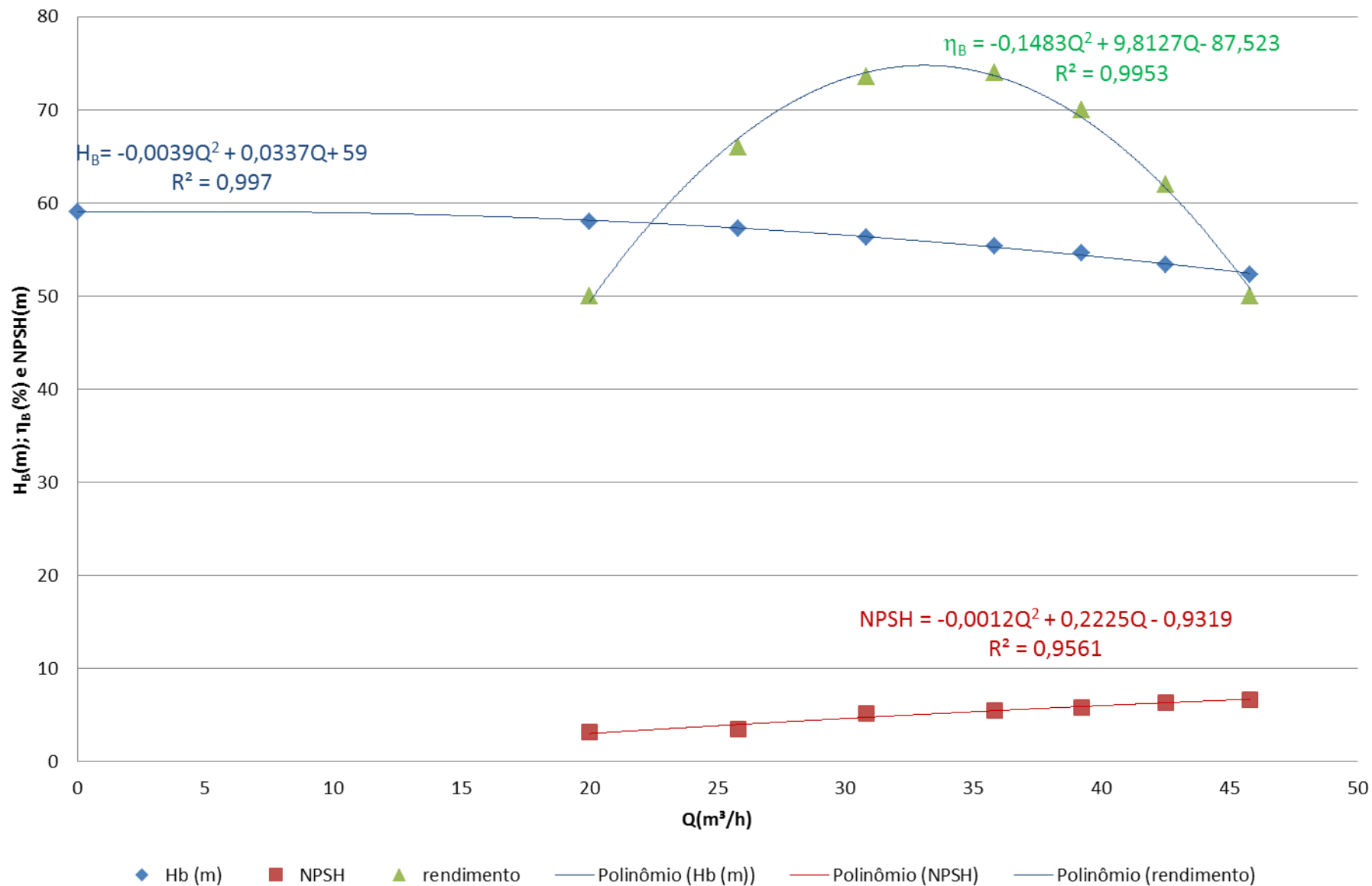
Tubulação de aço 40, que para a sucção tem um diâmetro nominal de 3" ($D_{int} = 77,9$ mm e $A = 47,7$ cm²) e para o recalque tem um diâmetro nominal de 2,5" ($D_{int} = 62,7$ mm e $A = 30.9$ cm²), água a 20°C e aceleração da gravidade igual a 9,8 m/s².



- (1) e (16) - válvulas de pé com crivo de 3" – $Leq = 20 \text{ m}$
- (2) e (15) - joelhos fêmeas de 900 e de 3" – $Leq = 2,82 \text{ m}$
- (4), (9) e (13) - joelhos fêmeas de 900 e de 2,5" – $Leq = 2,35 \text{ m}$
- (3) e (14) - válvulas de retenção verticais de 2,5" – $Leq = 8,1 \text{ m}$
- (5) e (12) - válvulas gavetas de 2,5" – $Leq = 0,4 \text{ m}$
- (6) – tê de saída lateral de 2,5" para o funcionamento com uma bomba
 $Leq = 3,43 \text{ m}$
- (6) – tê de saída lateral de 2,5" para o funcionamento da associação em paralelo
 $Leq = 4,16 \text{ m}$
- (7) - válvula globo de 2,5" – $Leq = 21 \text{ m}$
- (8) e (10) - representação de corte no desenho da tubulação
- (11) – saída da tubulação – $Leq = 1,9 \text{ m}$
- (I) e (II) - bombas centrífugas radiais que apresentam as informações nos gráficos em anexo.

Nota:

Os trechos de (1) a (6) e de (16) a (6) são idênticos e a tubulação é de aço considerada nova



Solução

Trata-se de uma instalação com duas entradas e uma saída, adotando-se o PHR nos níveis de captação, tem-se:

$$\gamma \times Q_{ap} \times H_{s_{ap}} = \gamma \times Q_{ap} \times H_{distribuição} + 2 \times \gamma \times \frac{Q_a}{2} \times H_{p_{3''}} + 2 \times \gamma \times \frac{Q_a}{2} \times H_{p_{dB-6}} + \gamma \times Q_a \times H_{p_{6-11}}$$

Dividindo-se todos os membros por $\gamma \times Q_a$ resulta:

$$H_{sa} = H_{distribuição} + H_{p_{3''}} + H_{p_{depoisda bomba até 6}} + H_{p_{6-11}}$$

$$H_{p_{3''}} \rightarrow \text{calculado para } \frac{Q_a}{2}$$

$$H_{p_{depoisda bomba até 6}} \rightarrow \text{calculado para } \frac{Q_a}{2}$$

$$H_{p_{6-11}} \rightarrow \text{calculado para } Q_a$$

$$H_{p_{3''}} = f_{3''_{p/Q_a/2}} \times \frac{(3 + 20 + 2,82)}{0,0779} \times \frac{\left(\frac{Q_a}{2}\right)^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{3''}} = f_{3''_{p/Q_a/2}} \times 185808,7 \times Q_a^2$$

$$H_{p_{2,5''_{dB-6}}} = f_{2,5''_{p/Q_a/2}} \times \frac{(3 + 8,1 + 2,35 + 0,4)}{0,0627} \times \frac{\left(\frac{Q_a}{2}\right)^2}{19,6 \times (30,9 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{2,5''_{dB-6}}} = f_{2,5''_{p/Q_a/2}} \times 295086,5 \times Q_a^2$$

$$H_{p_{2,5''_{6-11}}} = f_{2,5''_{p/Q_a}} \times \frac{(90 + 4,16 + 21 + 2,35 + 1,9)}{0,0627} \times \frac{(Q_a)^2}{19,6 \times (30,9 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{2,5''_{6-11}}} = f_{2,5''_{p/Q_a/2}} \times 10176539,7 \times Q_a^2$$

$$H_{S_{ap}} = 19 + f_{3''_{p/Q_a/2}} \times 185808,7 \times Q_a^2 + f_{2,5''_{p/Q_a/2}} \times 295086,5 \times Q_a^2 + f_{2,5''_{p/Q_a}} \times 10176539,7 \times Q_a^2$$

A partir deste ponto determinamos os coeficientes de perda de carga distribuída e traçamos a CCI e CCB para obtenção do ponto de trabalho.



propriedades do fluido transportado

temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	pv (Pa)	v (m ² /s)
20		1,00E-03	998,2		1,004E-06

propriedades do local

g =	9,8	m/s ²
patm =		Pa

Para 3"

mat. tubo
aço

espessura	Dint (mm)	A (cm ²)
40	77,9	47,7

K(m)	DH/k
4,60E-05	1693

Q
m³/h

Q(m³/s) Q(L/s) Q(L/min)
deve transformar para m³/h

20
25,8
30,8
35,8
39,2
42,5
45,8

Q(m³/h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
20,0	1,16	90368	0,0207	0,0211	0,0211	0,0209
25,8	1,50	116574	0,0201	0,0204	0,0204	0,0203
30,8	1,79	139166	0,0197	0,0200	0,0201	0,0199
35,8	2,08	161758	0,0194	0,0198	0,0198	0,0196
39,2	2,28	177121	0,0193	0,0196	0,0196	0,0195
42,5	2,47	192031	0,0191	0,0195	0,0195	0,0193
45,8	2,67	206942	0,0190	0,0193	0,0193	0,0192

propriedades do fluido transportado

temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	pv (Pa)	v (m ² /s)
20		1,00E-03	998,2		1,004E-06

propriedades do local

g =	9,8	m/s ²
patm =		Pa

mat. tubo
aço

espessura	Dint (mm)	A (cm ²)
40	62,7	30,9

K(m)	DH/k
4,60E-05	1363

Para 2,5"
com Qa/2

Q
m³/h

20
25,8
30,8
35,8
39,2
42,5
45,8

Q(m³/s) Q(L/s) Q(L/min)
deve transformar para m³/h

Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
20,0	1,80	112280	0,0207	0,0211	0,0211	0,0210
25,8	2,32	144841	0,0202	0,0206	0,0206	0,0205
30,8	2,77	172911	0,0200	0,0203	0,0203	0,0201
35,8	3,22	200981	0,0197	0,0201	0,0201	0,0199
39,2	3,52	220069	0,0196	0,0199	0,0199	0,0198
42,5	3,82	238595	0,0195	0,0198	0,0198	0,0197
45,8	4,12	257121	0,0194	0,0197	0,0197	0,0196

propriedades do fluido transportado

temp (°C)		μ (kg/ms)	ρ (kg/m ³)	pv (Pa)	v (m ² /s)
20		1,00E-03	998,2		1,004E-06

propriedades do local

g =	9,8	m/s ²
patm =		Pa

Para 2,5"
com Qa

mat. tubo
aço

espessura	Dint (mm)	A (cm ²)
40	62,7	30,9

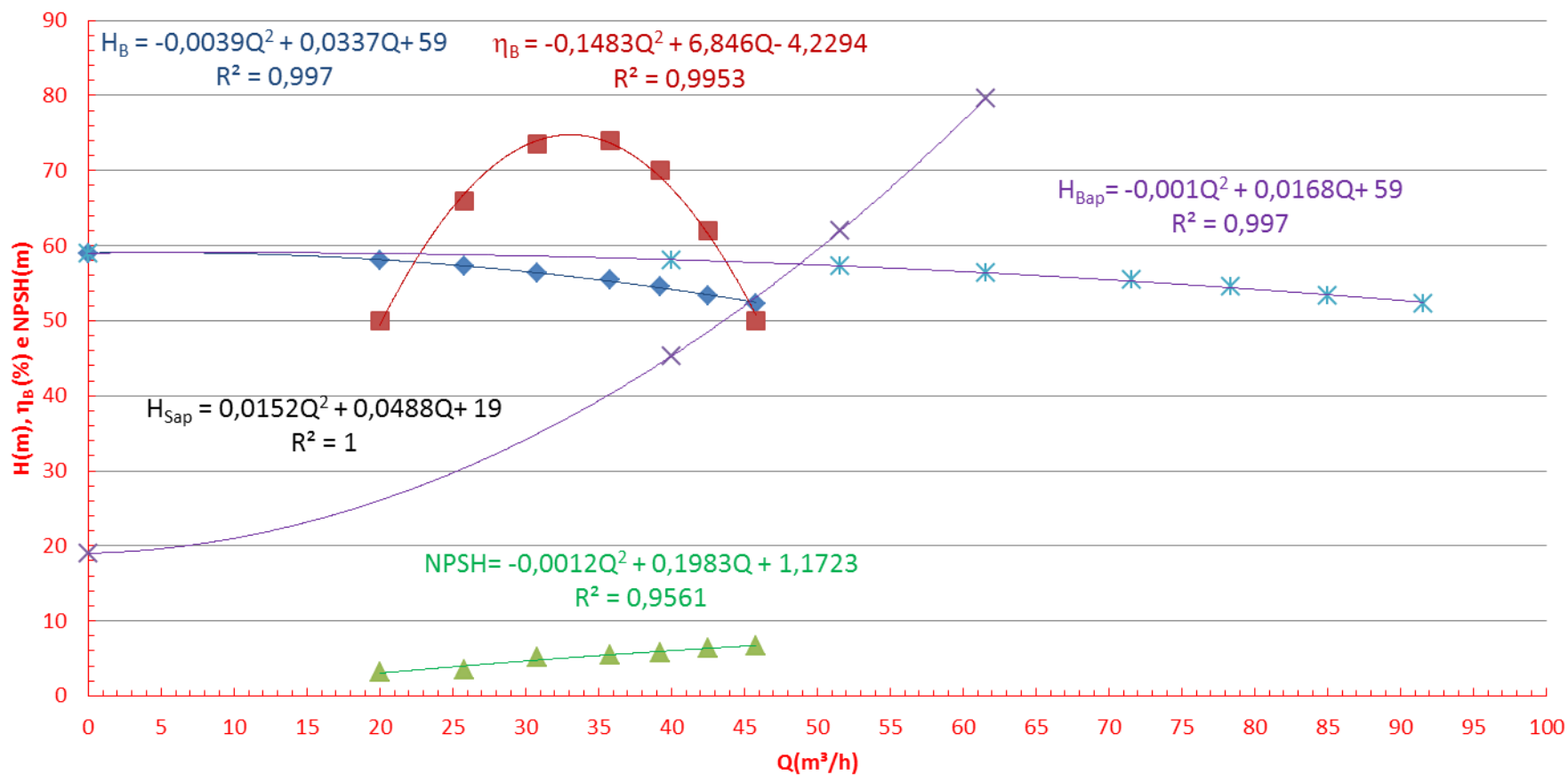
K(m)	DH/k
4,60E-05	1363

Q
m³/h

Q(m³/s) Q(L/s) Q(L/min)
deve transformar para m³/h

40
51,6
61,6
71,6
78,4
85
91,6

Q(m ³ /h)	v(m/s)	Re	f _{Haaland}	f _{Swamee e Jain}	f _{Churchill}	f _{planilha}
40,0	3,60	224560	0,0196	0,0199	0,0199	0,0198
51,6	4,64	289683	0,0193	0,0196	0,0196	0,0195
61,6	5,54	345823	0,0192	0,0194	0,0194	0,0193
71,6	6,44	401963	0,0190	0,0193	0,0193	0,0191
78,4	7,05	440138	0,0190	0,0192	0,0192	0,0191
85,0	7,64	477190	0,0189	0,0191	0,0191	0,0190
91,6	8,23	514243	0,0189	0,0191	0,0191	0,0190



- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| ◆ Bomba 1 | ■ rendimento B1 | ▲ NPSH da B1 |
| × CCI | * Associação em paralelo | — Polinômio (Bomba 1) |
| — Polinômio (rendimento B1) | — Polinômio (NPSH da B1) | — Polinômio (CCI) |
| — Polinômio (Associação em paralelo) | | |



A vazão
aumentou
muito pouco,
por que?



Porque o
dimensionamento da
tubulação após a seção
6 está inadequado, já
que temos velocidades
muito altas!

Proponha alterações na instalação anterior para melhorar a vazão obtida com a associação em paralelo e resolva os itens c) e d) novamente. Resolva também o item a) e b) e compare as CCI's para o funcionamento da bomba só e para a associação em paralelo.

