

Décima aula de laboratório de ME5330

Primeiro semestre de 2015



A mor

L ouco

pE lo

M undo e

tes A o (de)

Estar vivo O



C almo

L úcido

A MIGO

U nico

D e

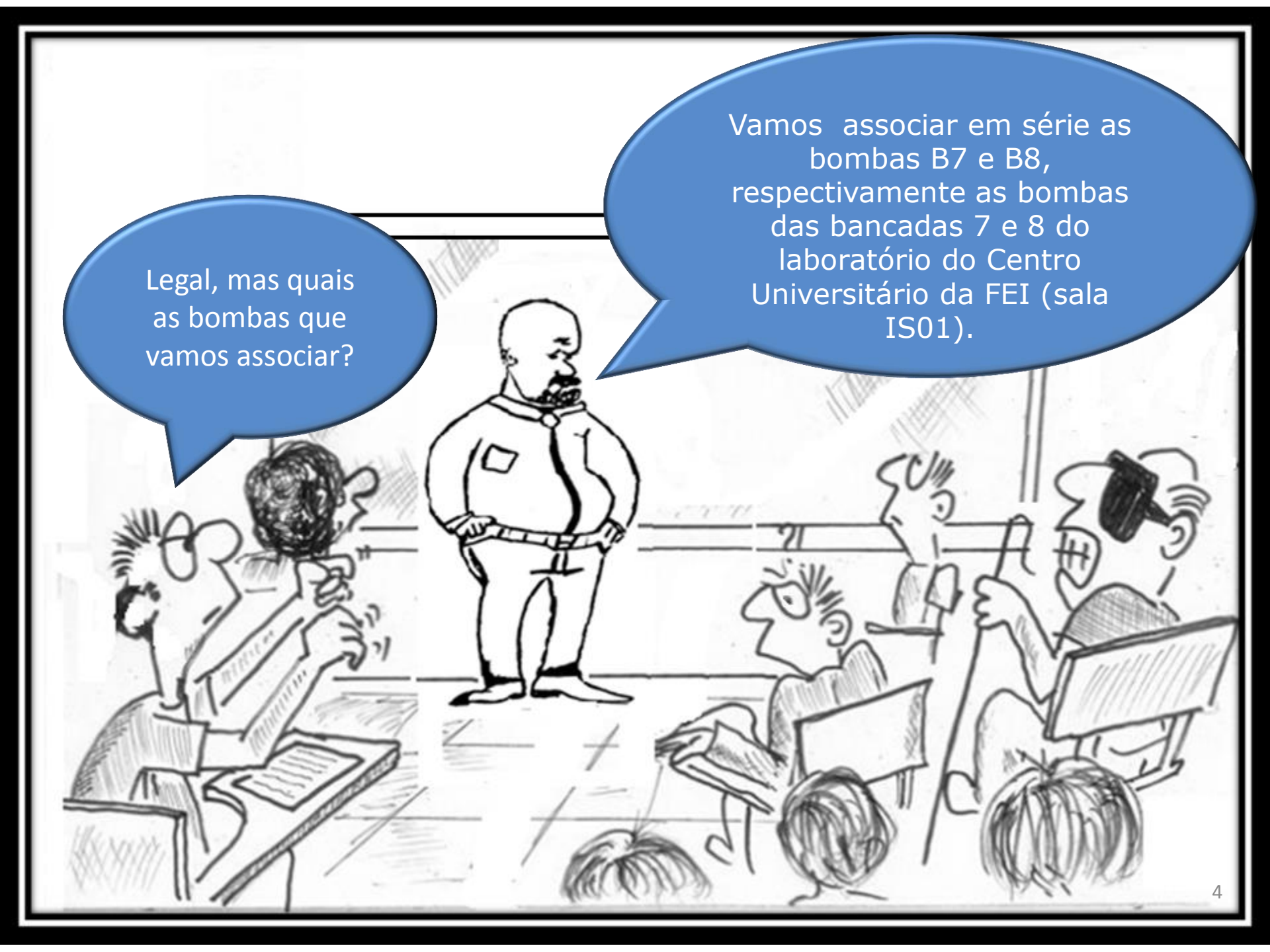
v| r o

mund O conquistar



Já que o ideal é aprender na prática, vamos realizar a experiência da associação em serie de bombas.

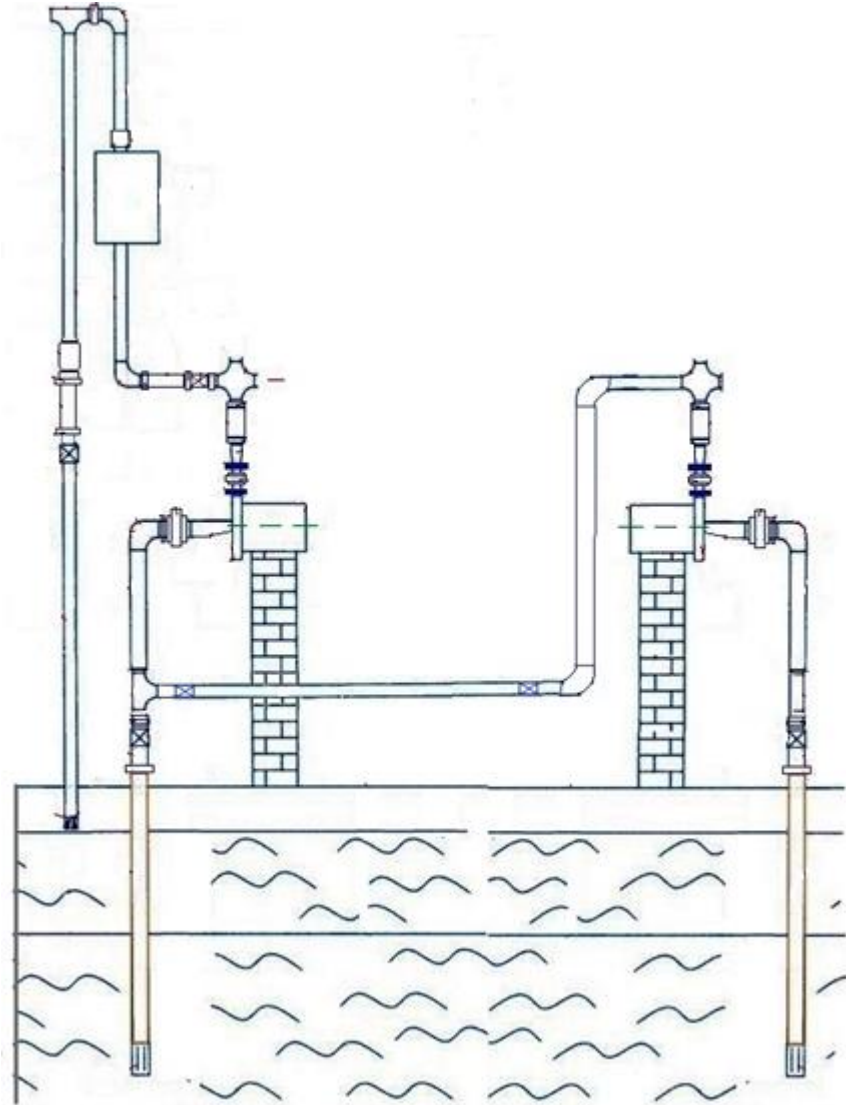




Legal, mas quais
as bombas que
vamos associar?

Vamos associar em série as
bombas B7 e B8,
respectivamente as bombas
das bancadas 7 e 8 do
laboratório do Centro
Universitário da FEI (sala
IS01).

Esquemáticamente
temos:





Quais seriam os objetivos dessa experiência?



Objetivamos obter a curva da $H_B = f(Q)$ para a associação em série das bombas B7 e B8 e compará-la com a obtida pelas informações fornecidas pelo fabricante das bombas, no caso a Grundfos – Mark.



GRUNDFOS

MARK GRUNDFOS LTDA.

MARK

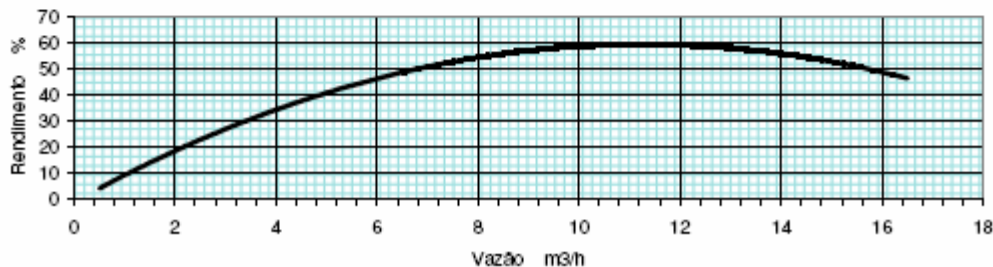
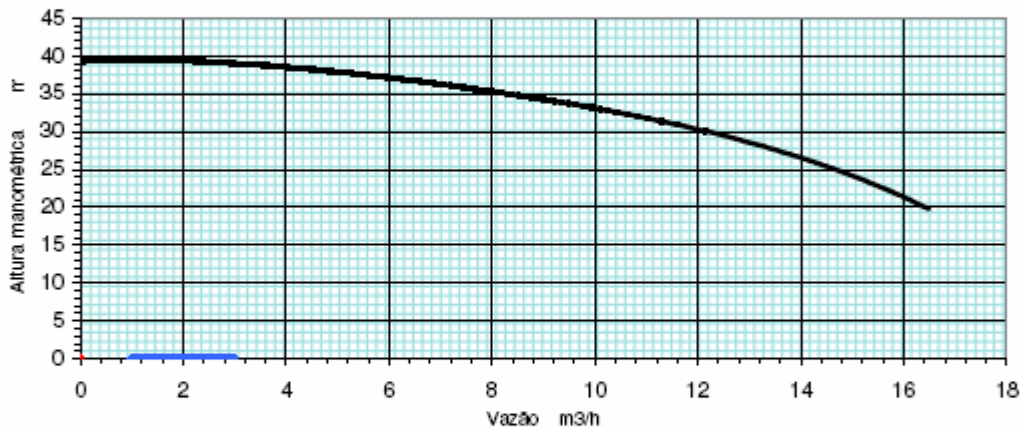
Bomba Centrífuga Monoestágio

MODELO

DF

Rotor	146	mm	Número de estágios	1	Sucção	Recalque	RPM
Ponto de trabalho					1.1/2"	1"	3.500
Q		Hm			Vedação	Roscas	Válido para água limpa a
CV		%			Selo mecânico	BSP	20 C.

Testes e Aceltação conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A

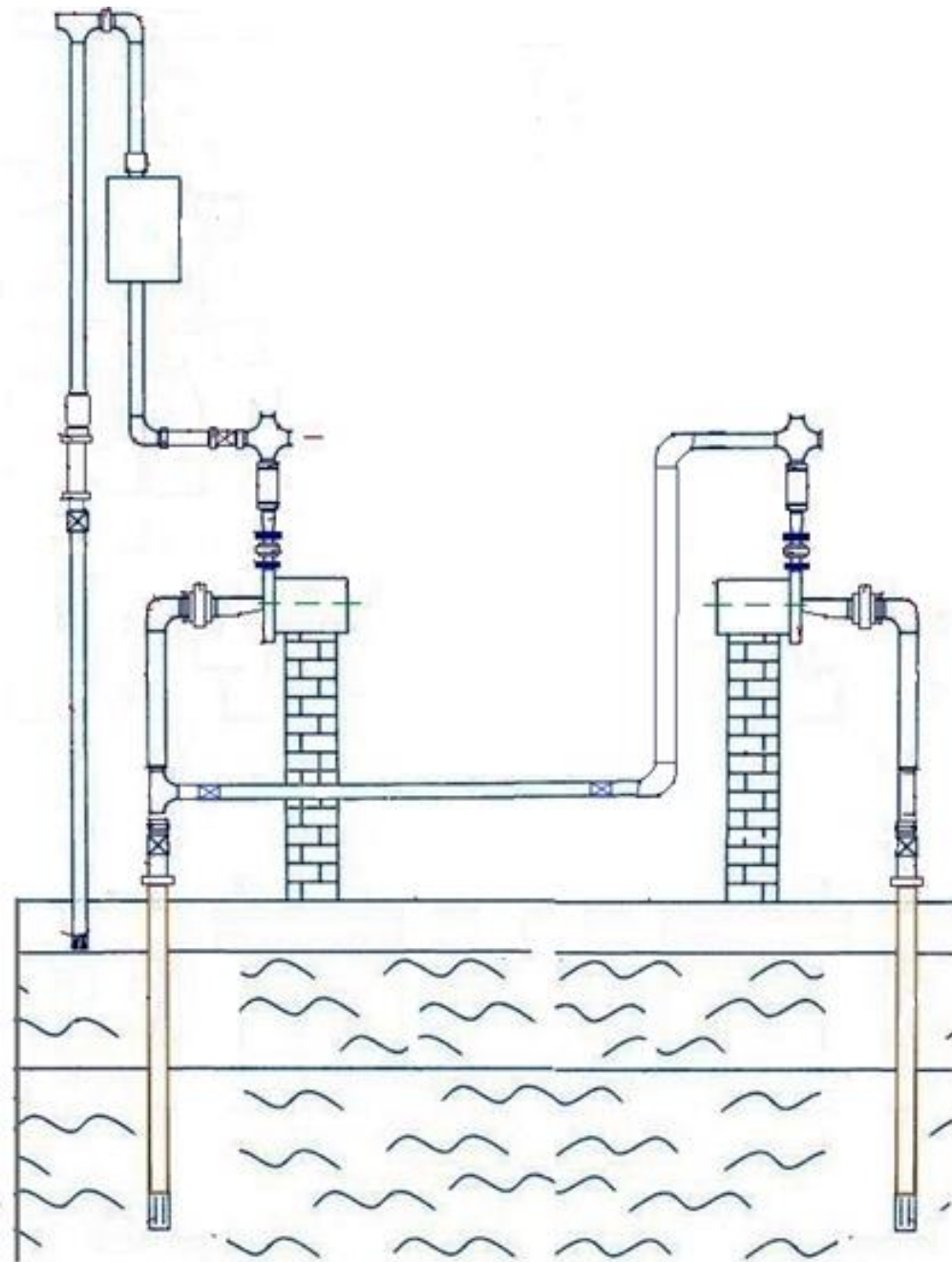


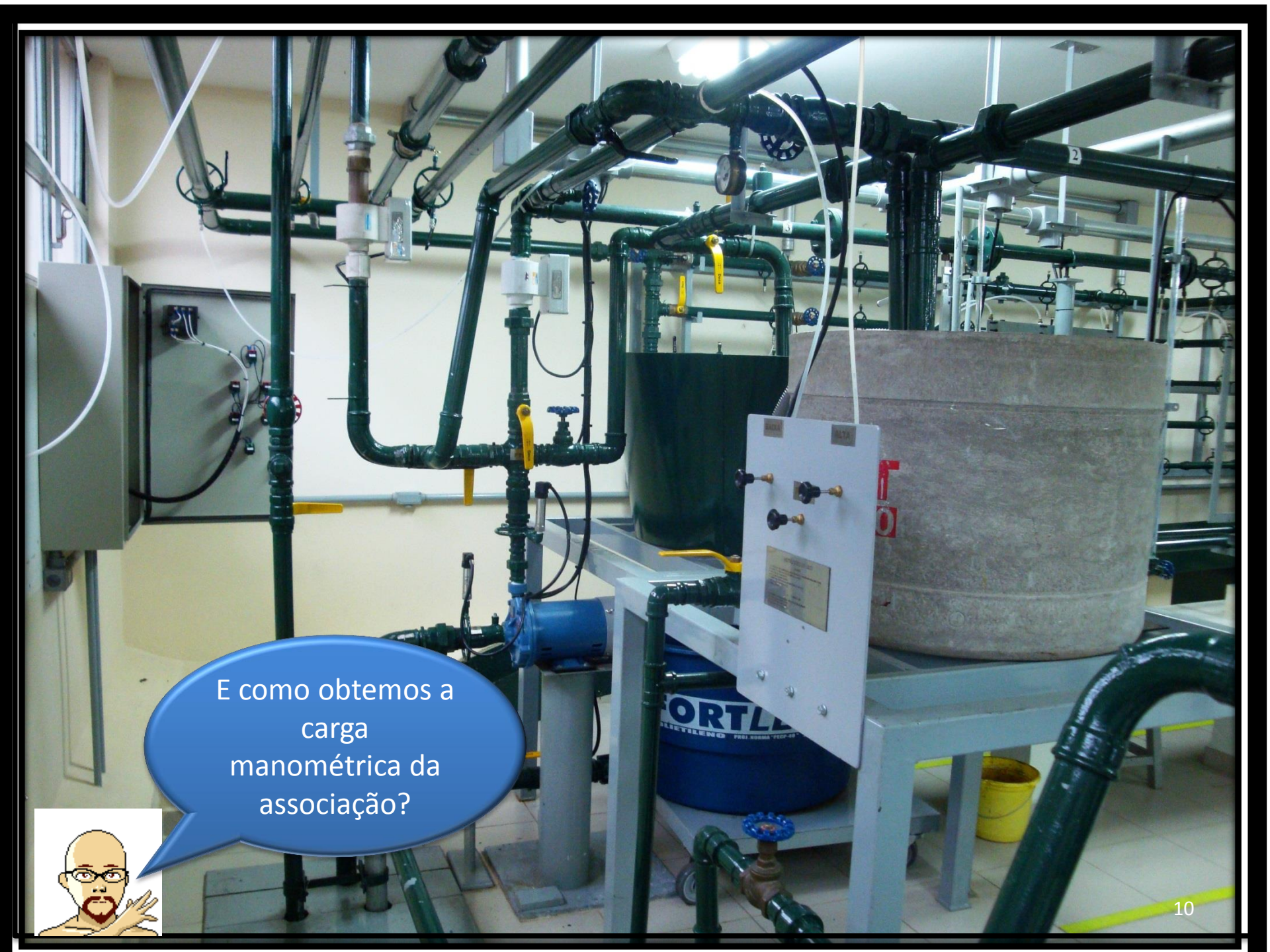
Com a curva fornecida pelo fabricante podemos obter a associação em série das bombas B7 e B8, que são iguais, mas isso para uma rotação de 3500 rpm e é por esse motivo que devemos corrigir os valores experimentais para essa rotação.

Tudo bem, mas como obtemos os valores experimentais?



Escolhemos um caminho possível, como desejamos ter menos perda e em consequência uma vazão maior, optamos pelo caminho representado ao lado aonde lemos a vazão no medidor eletromagnético.



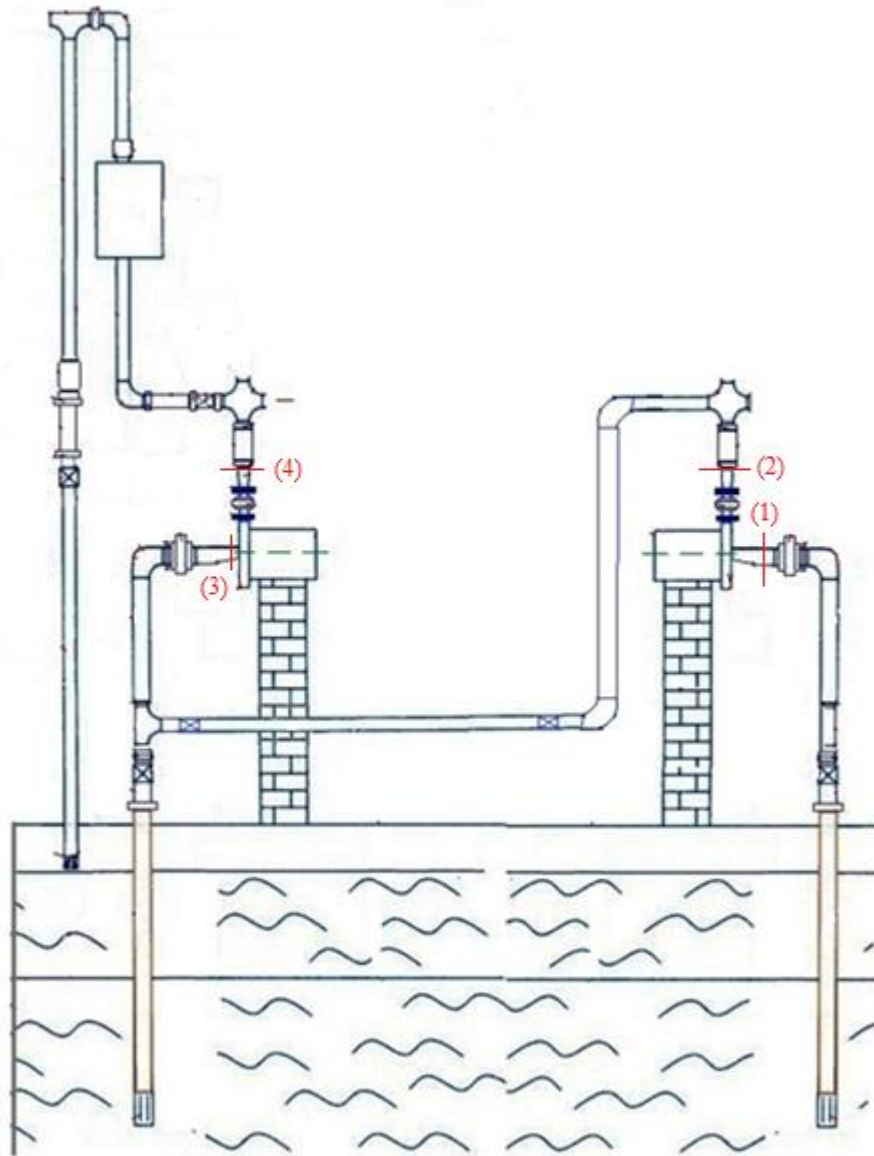


E como obtemos a
carga
manométrica da
associação?



$$H_1 + H_{B7} + H_{B8} = H_4 + H_{p_{1 \rightarrow 2}} + H_{p_{2 \rightarrow 3}} + H_{p_{3 \rightarrow 4}}$$

Aplicando a equação da energia da seção (1) a seção (4):



Equacionamento para obtenção da carga manométrica experimental da associação em série da B7 e B8

$$H_1 + H_{B7} + H_{B8} = H_4 + H_{p1 \rightarrow 2} + H_{p2 \rightarrow 3} + H_{p3 \rightarrow 4}$$

$$H_{B7} + H_{B8} = H_{Ba}$$

$$H_1 + H_{Ba} = H_4 + H_{p1 \rightarrow 2} + H_{p2 \rightarrow 3} + H_{p3 \rightarrow 4}$$

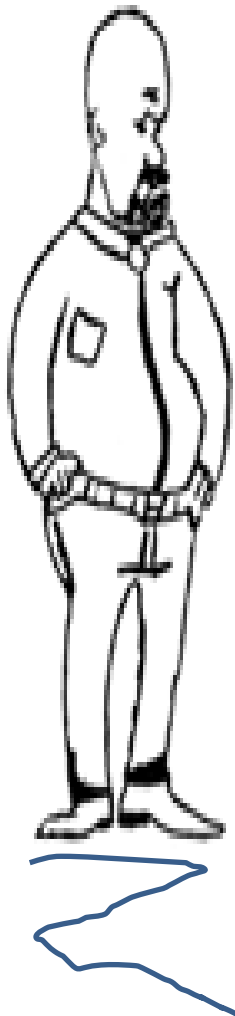
$$H_2 = H_3 + H_{p2 \rightarrow 3} \Rightarrow H_{p2 \rightarrow 3} = H_2 - H_3$$

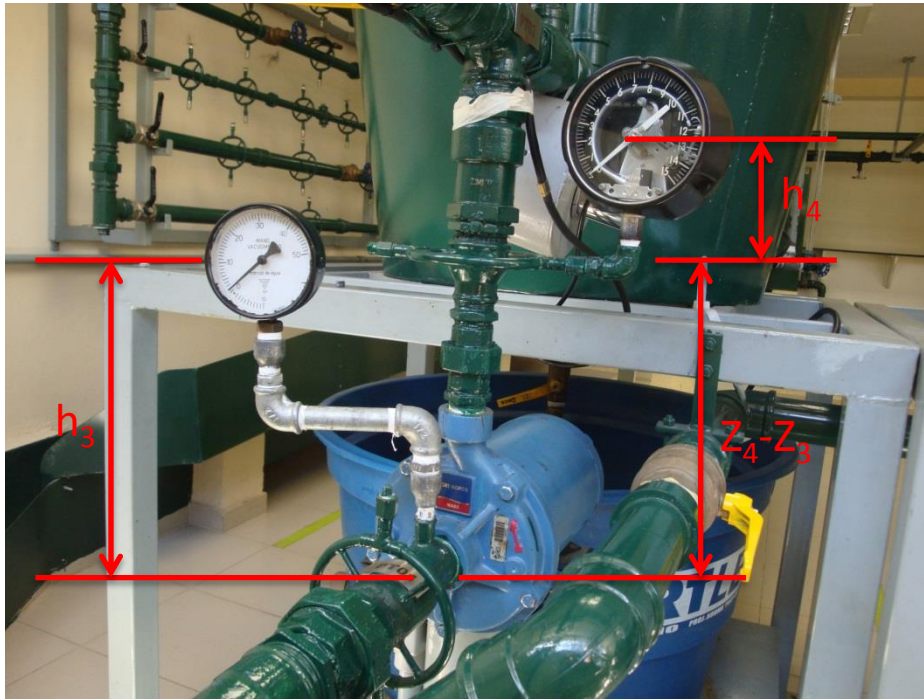
$$H_{p1 \rightarrow 2} = H_{p3 \rightarrow 4} = 0 \Rightarrow \text{já consideradas no rendimento}$$

$$H_{Ba} = H_4 - H_1 + H_2 - H_3 = (H_2 - H_1) + (H_4 - H_3)$$

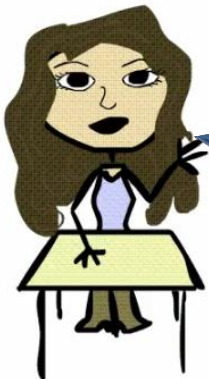
$$H_2 - H_1 = H_{B7} = (z_2 - z_1) + \left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} \right) + \left(\frac{\alpha_2 v_2^2 - \alpha_1 v_1^2}{2g} \right)$$

$$H_4 - H_3 = H_{B8} = (z_4 - z_3) + \left(\frac{p_4 - p_3}{\gamma} \right) + \left(\frac{\alpha_4 v_4^2 - \alpha_3 v_3^2}{2g} \right)$$





Não esquecer de registrar as cotas marcadas nas fotos, já que umas (h_1 , h_2 , h_3 e h_4) serão utilizadas para corrigir as pressões obtidas pelo manômetro e as outras ($z_2 - z_1$ e $z_4 - z_3$) representam a variação da carga potencial entre a entrada e saída respectivamente da B7 e B8





A rotação experimental é lida pelo tacômetro.



TABELA DE DADOS COM PHR NO CHÃO E COM AS BOMBAS OPERANDO EM 60 Hz

ensaio	Q _{as}	P _{me7}	P _{ms7}	P _{me8}	P _{ms8}	n ₇	n ₈	P _{barométrica}
	m ³ /h	(mmHg)	(psi)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	rpm	rpm	(mmHg)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

h _{e7} (mm)	h _{s7} (mm)	h _{e8} (mm)	h _{s8} (mm)	Temp_água (°F)
220	235	250	115	
Z _{e7} (mm)	Z _{s7} (mm)	Z _{e8} (mm)	Z _{s7} (mm)	
775	1068	787	1073	

TABELA DE DADOS COM PHR NO CHÃO E COM A BOMBA b7 OPERANDO EM 60 Hz E A BOMBA B8 OPERANDO A 45 Hz

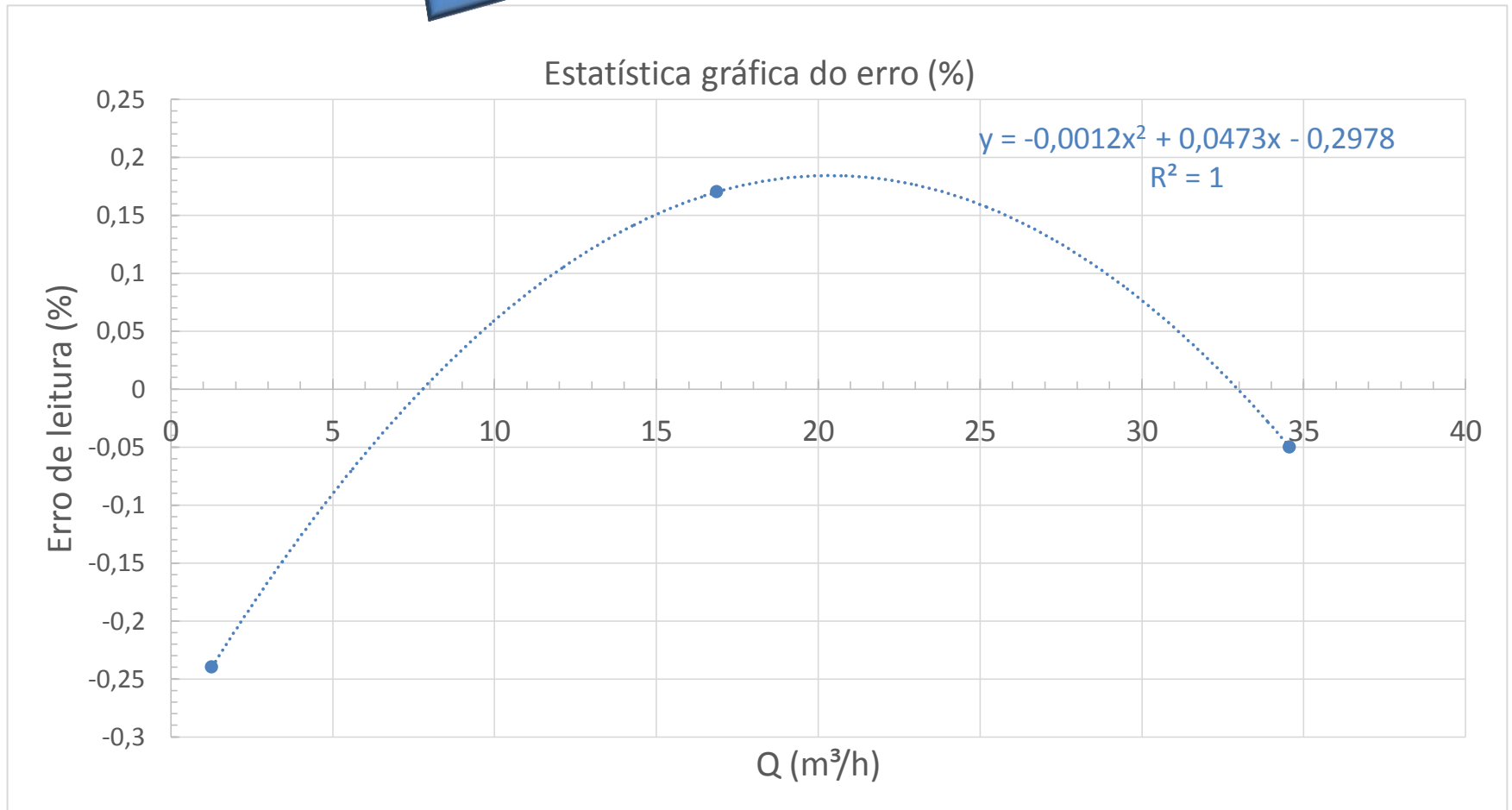
ensai o	Q _{as}	P _{me7}	P _{ms7}	N _{m7}	P _{me8}	P _{ms8}	N _{m8}	n ₇	n ₈	P _{barométrica}
	m ³ /h	(mmHg)	(psi)	W	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)	W	rpm	rpm	(mmHg)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

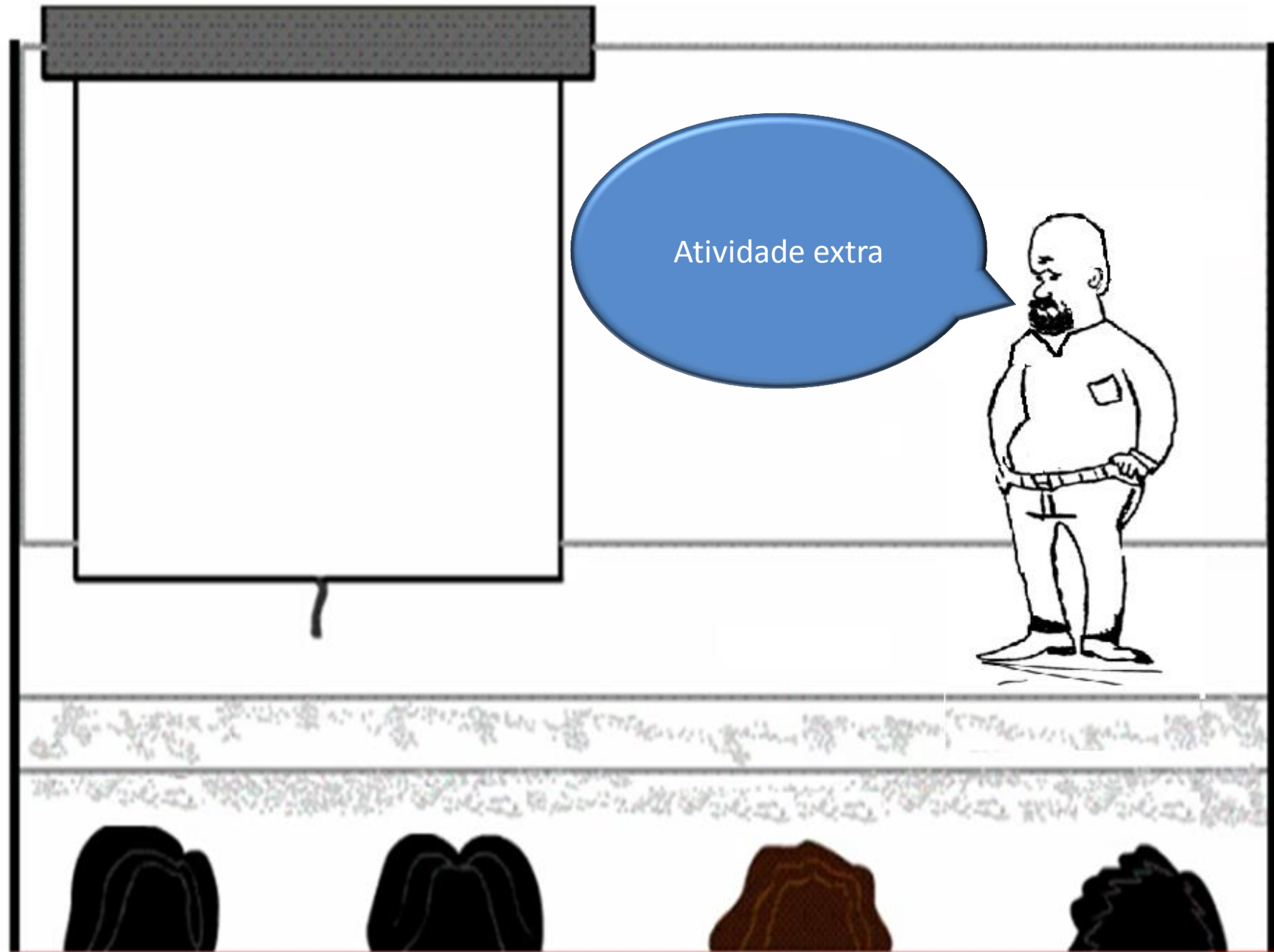
h _{e7} (mm)	h _{s7} (mm)	h _{e8} (mm)	h _{s8} (mm)	Temp_água (°F)
220	235	250	115	
Z _{e7} (mm)	Z _{s7} (mm)	Z _{e8} (mm)	Z _{s7} (mm)	
775	1068	787	1073	



Importante corrigir a vazão lida no medidor eletromagnético pela curva de calibração do mesmo.

Fornecida pelo fabricante do
medidor eletromagnético





Atividade extra

Considerando as curvas da bomba B8 fornecida pelo fabricante e a CCI prática obtida na aula anterior, pede-se especificar a faixa de rotação que devemos operar com o inversor de frequência para garantir um bom rendimento da bomba e a não existência do fenômeno de recirculação significativo.

GRUNDFOS**MARK**

MARK GRUNDFOS LTDA.

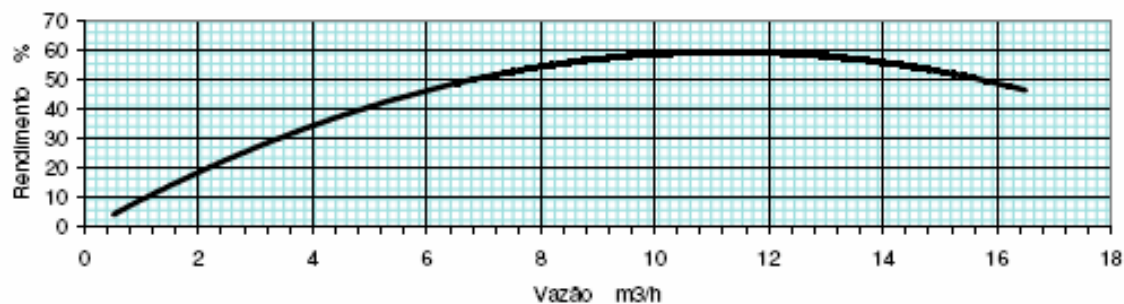
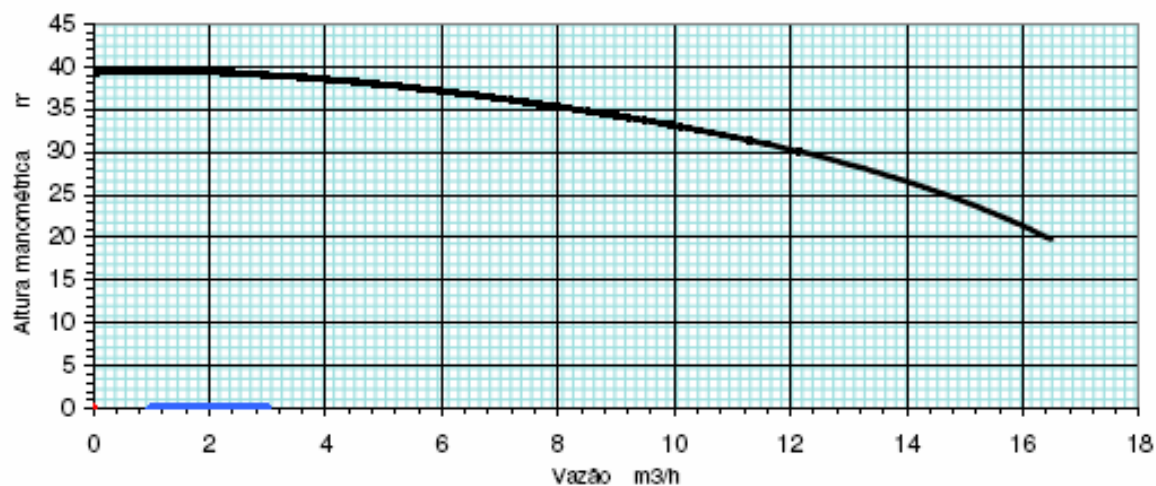
Bomba Centrífuga Monoestágio

MODELO

DF

Rotor	146	mm	Número de estágios	1	Sucção	Recalque	RPM
Ponto de trabalho					1.1/2"	1"	3.500
Q		Hm			Vedação	Roscas	Válido para água limpa a
cv		%			Selo mecânico	BSP	20 C.

Testes e Aceltação conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A



FONECIDAS PELO FABRICANTE

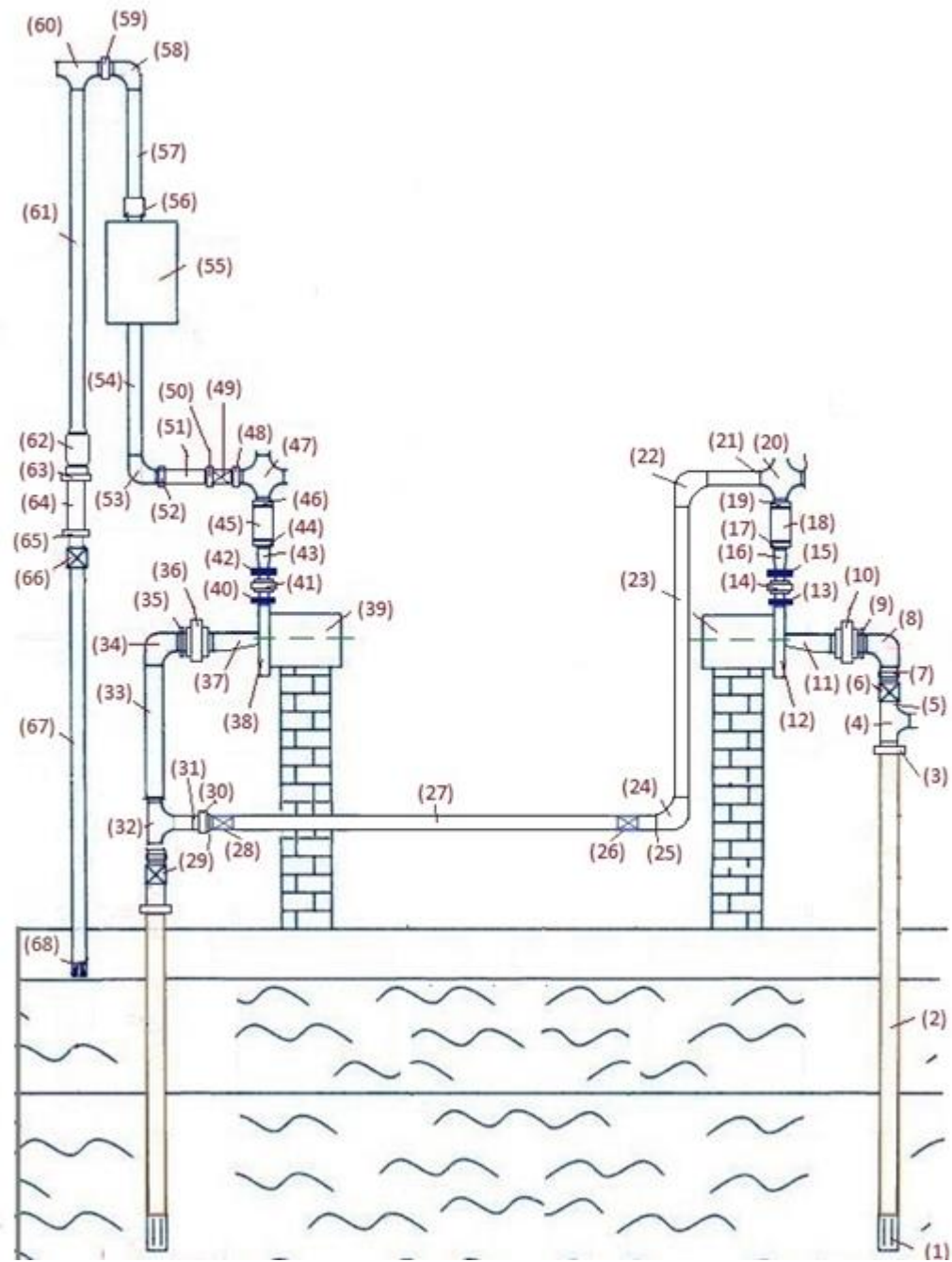
INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Ensaio	f (Hz)	Q (m³/h)	Nm (W)	Pme (kgf/cm²)	Pms (kgf/cm²)	% correção	Q corrigido (m³/h)
1	-						-
2	25	5,7	0,244	-0,2	0,1	-0,0672	5,7
3	30	6,9	0,35	-0,2	0,25	-0,0286	6,9
4	40	9,35	0,69	-0,2	0,5	0,0395	9,4
5	45	10,5	0,936	-0,22	0,6	0,0666	10,5
6	50	11,7	1,24	-0,25	0,8	0,0913	11,7
7	55	12,7	1,65	-0,25	0,9	0,109	12,7
8	60	13,8	2,35	-0,3	1,1	0,126	13,8

De (mm)	40,8
Ds (mm)	40,8
Ae (cm²)	13,1
As (cm²)	13,1

ΔZ (cm)	28,9
-----------------	------

**DADOS PARA A
CCI PRÁTICA**



Legenda	Singularidade
1	Pé com crivo
2	Tub de pvc
3	Adaptador pvc-aço
4	T de passagem direta
5	Nipple
6	Valv. esfera
7	Nipple
8	Curva femea
9	Nipple
10	União
11	Redução excentrica 2" x 1 1/2"
12	Bomba
13	Nipple
14	União
15	Nipple
16	Expansão 1" x 1 1/2"
17	Nipple
18	Valv. retenção vertical
19	Nipple
20	Cruzeta de passagem lateral
21	Nipple
22	Curva femea
23	Tubo
24	Curva femea
25	Nipple
26	Valv. esfera
27	Tubo
28	Valv. esfera
29	Nipple
30	União
31	Nipple
32	T de ampliação lateral (entrada 1 1/2" saída 2")
33	Tubo
34	Curva femea

Legenda	Singularidade
35	Nipple
36	União
37	Redução excentrica 2" x 1 1/2"
38	Bomba
39	Motor elétrico
40	Nipple
41	União
42	Nipple
43	Ampliação 1" x 1 1/2"
44	Nipple
45	Valv. de retenção vertical
46	Nipple
47	Cruzeta
48	Nipple duplo
49	Valv. esfera
50	Nipple duplo
51	T de passagem direta
52	Nipple
53	Curva femêa
54	Tubulação de aço
55	Medidor de vazão
56	Luva
57	Tubulação de aço
58	Curva femêa
59	Nipple
60	T de passagem lateral
61	Tubulação de aço
62	Valv. globo
63	Nipple duplo
64	T de passagem direta
65	Nipple duplo
66	Valv. esfera
67	Tubulação de aço
68	Saída de tubulação