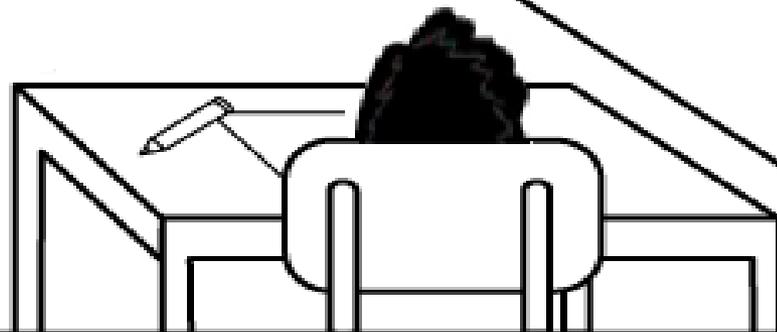
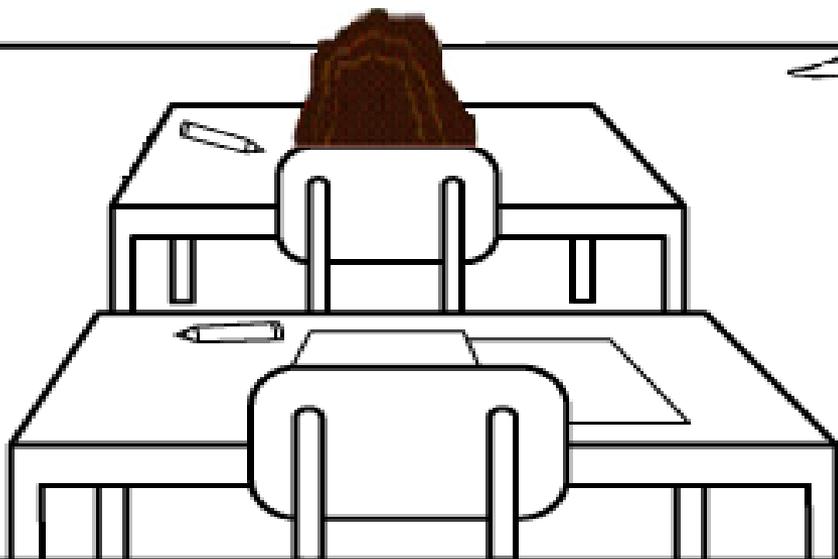
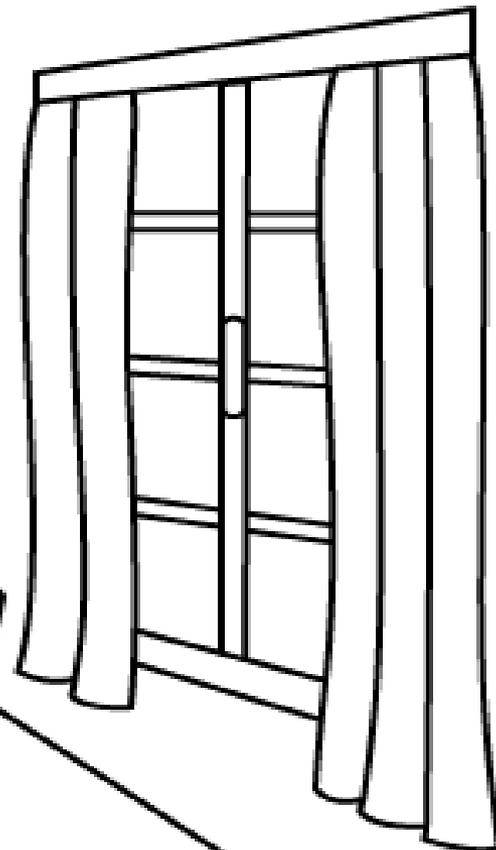
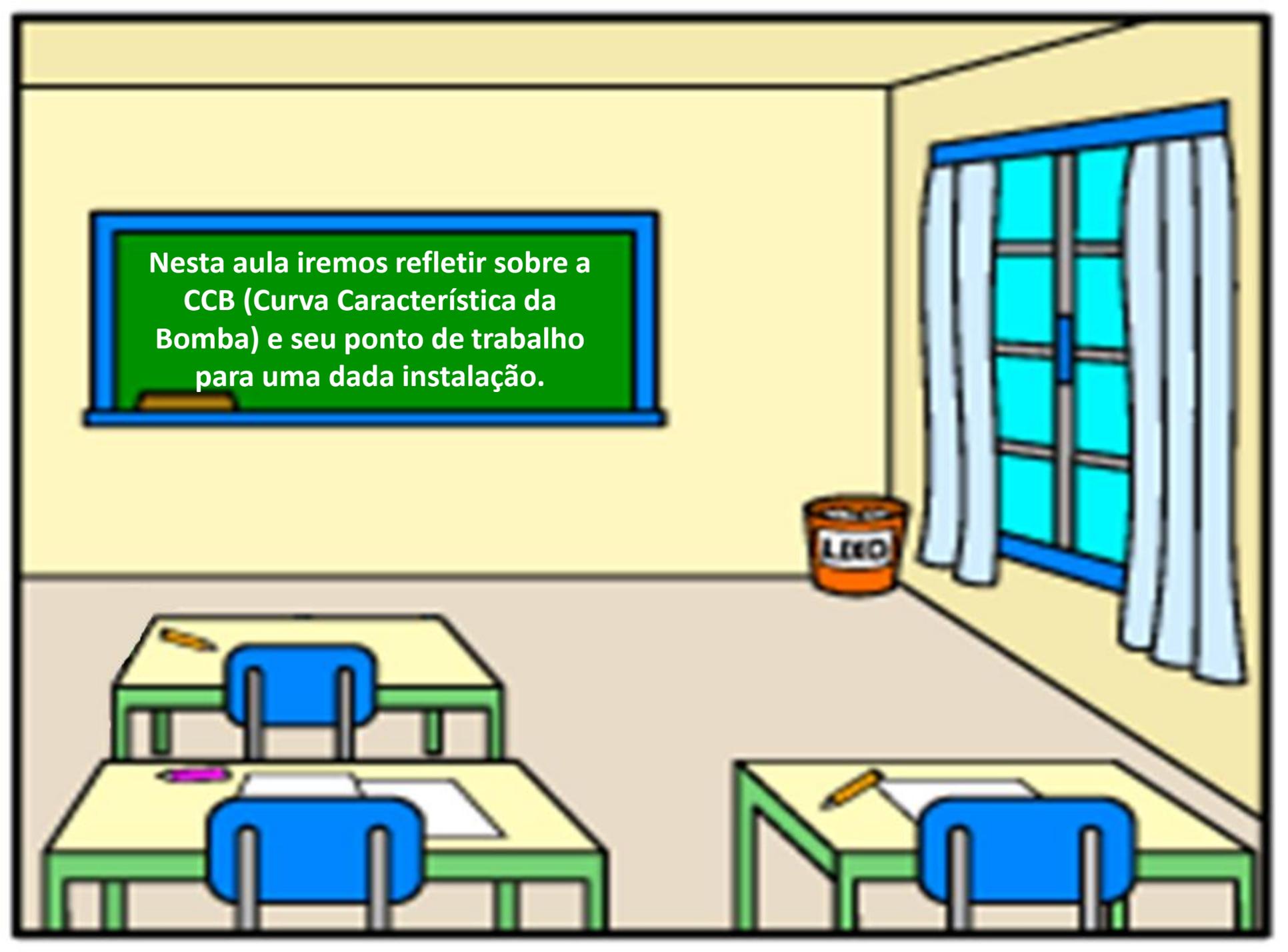


Primeiro semestre de 2012
Mecânica dos Fluidos para a
engenharia química
Aula 3 de teoria





Nesta aula iremos refletir sobre a CCB (Curva Característica da Bomba) e seu ponto de trabalho para uma dada instalação.



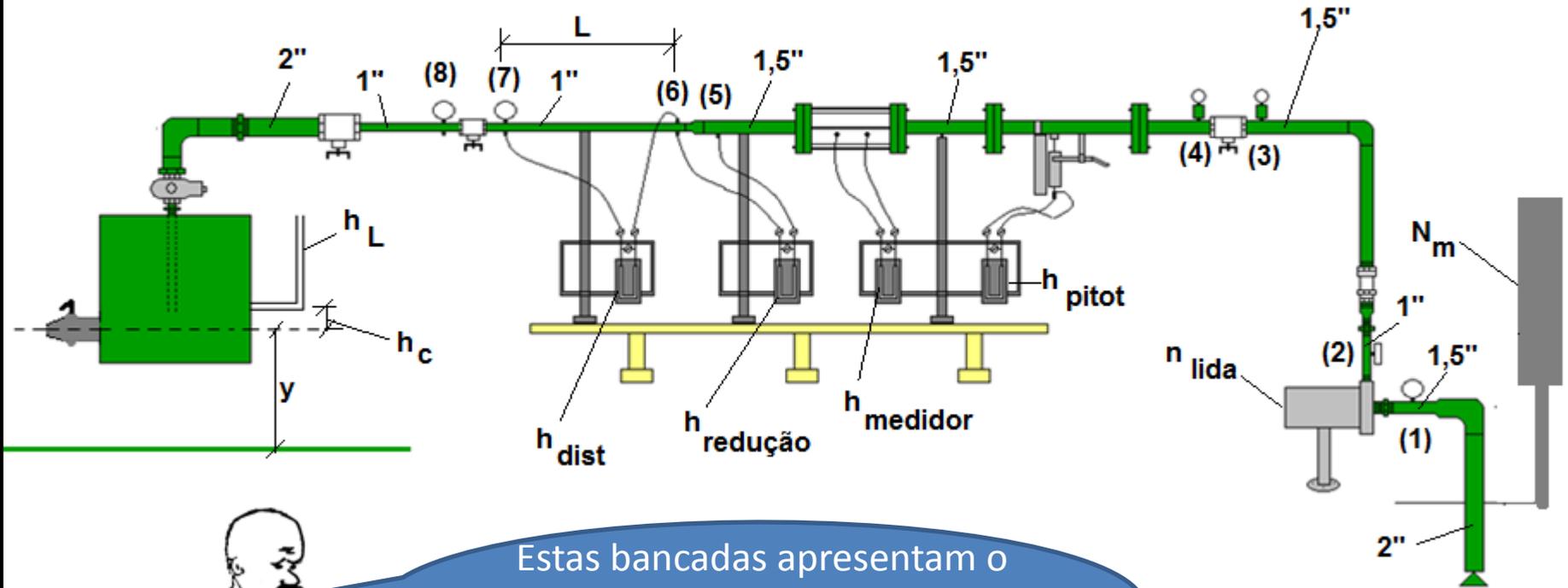
Vamos considerar as CCB das bombas utilizadas nas bancadas do laboratório e procurar estabelecer a sua vazão máxima de funcionamento.



Nas bancadas 1, 3, 4 e 5 nós
temos a utilização de bombas
INAPE 5 BC



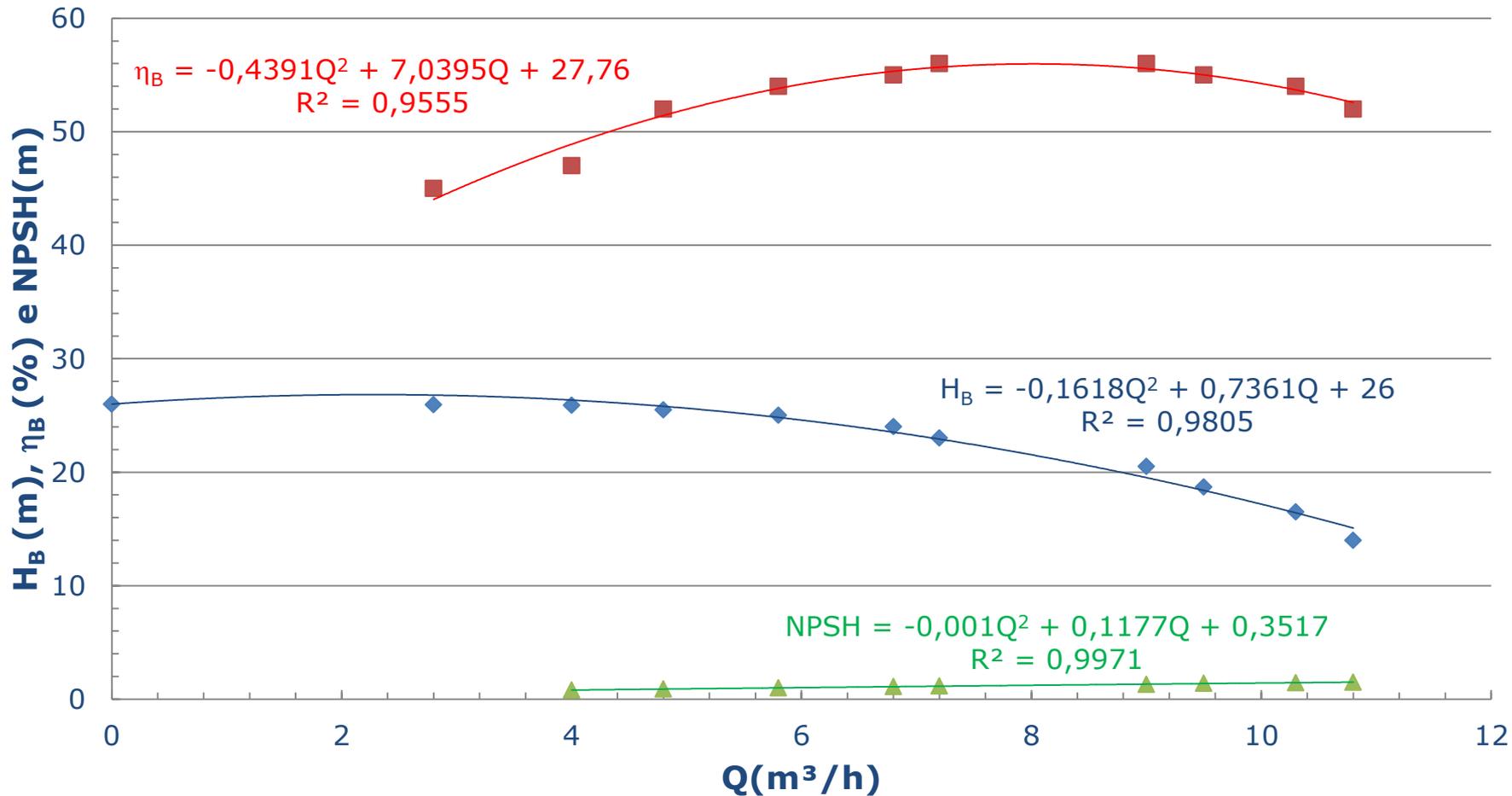
BANCADAS 1_3_5
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40



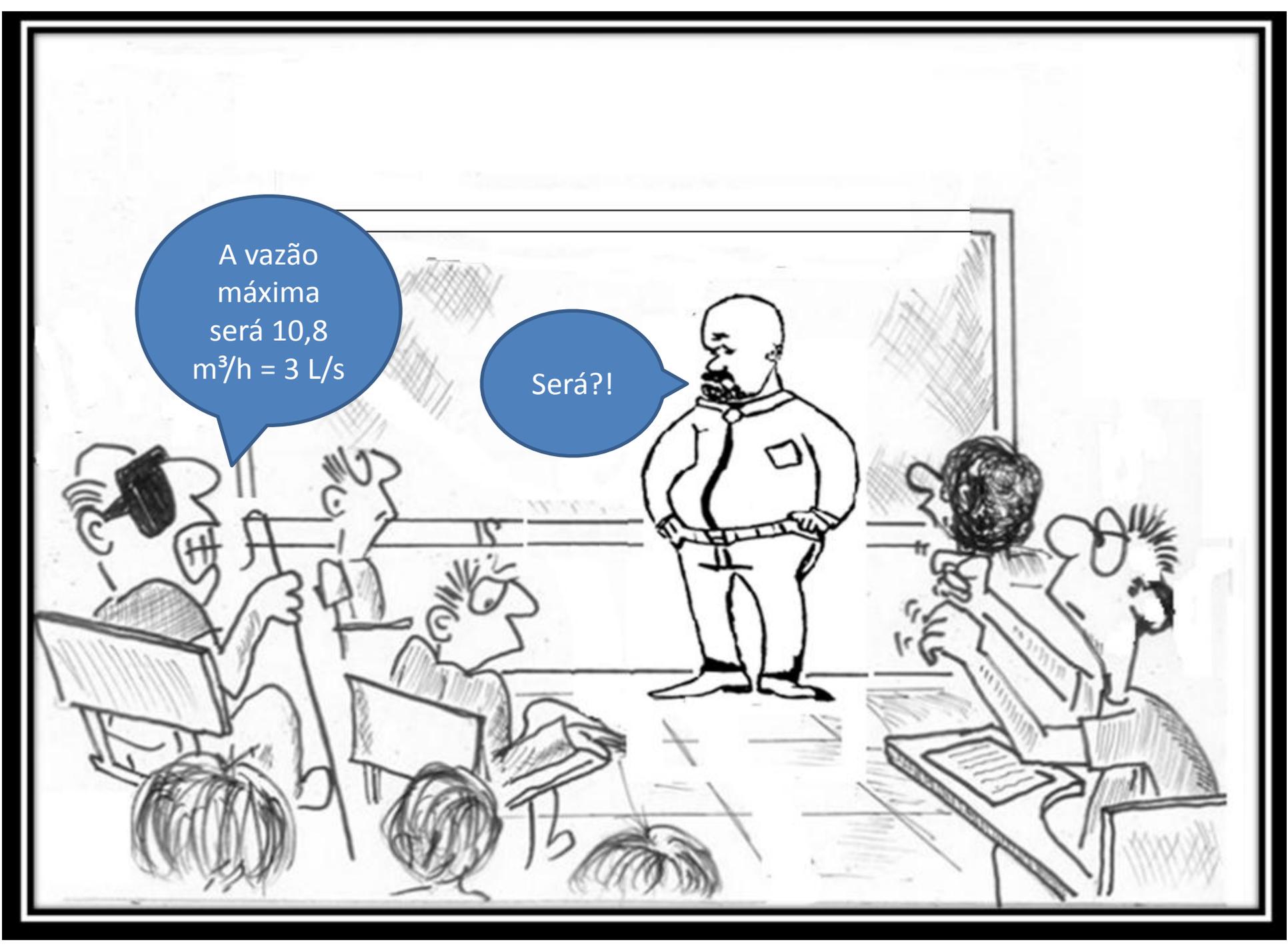
Estas bancadas apresentam o venturi como medidor de vazão

Q (m³/h)	H_B (m)	Rendimento (%)	NPSH (m)
0	26		
2,8	25,95	45	
4	25,9	47	0,8
4,8	25,5	52	0,9
5,8	25	54	1
6,8	24	55	1,1
7,2	23	56	1,15
9	20,5	56	1,3
9,5	18,7	55	1,4
10,3	16,5	54	1,45
10,8	14	52	1,5

CCB_n = 3500 rpm



◆ Hb (m) ■ rendimento ▲ NPSH — Polinômio (Hb (m)) — Polinômio (rendimento) — Polinômio (NPSH)



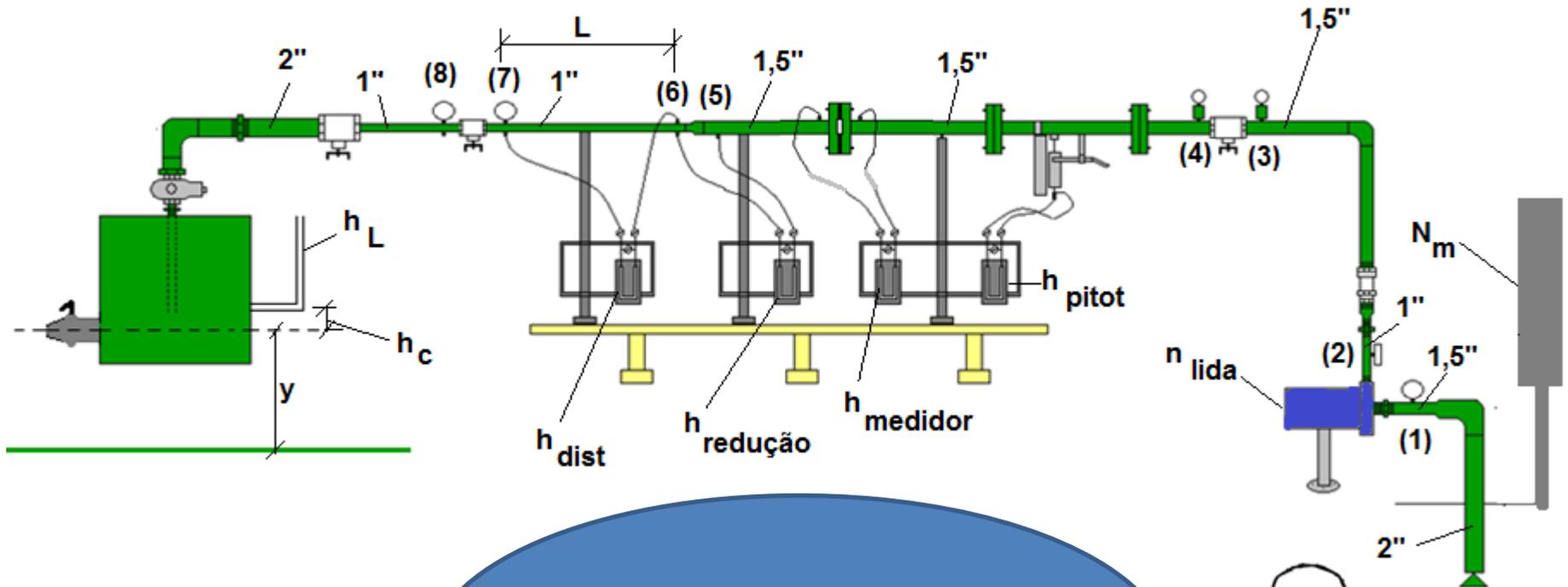
A vazão
máxima
será 10,8
 $\text{m}^3/\text{h} = 3 \text{ L/s}$

Será?!

Na bancada 2 nós temos a
utilização da bomba RUDC RH-5



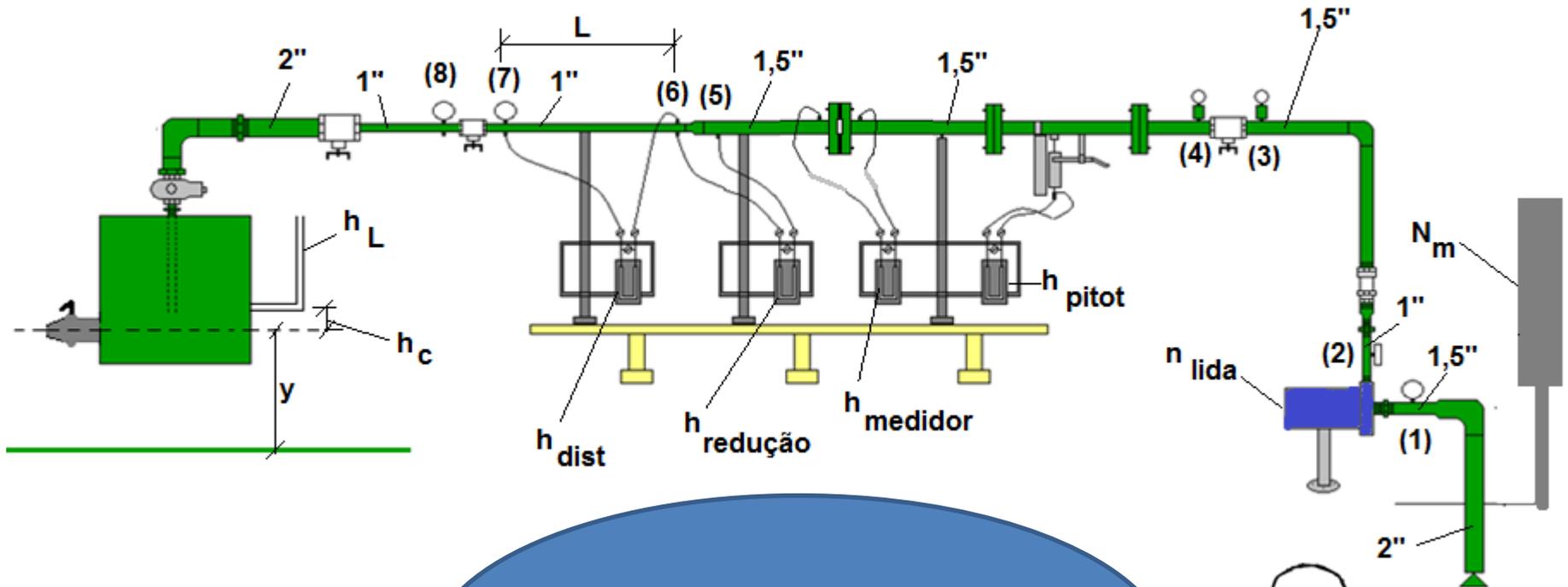
BANCADA 2
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40



Esta apresenta a placa de orifício como medidor de vazão



BANCADA 2
BANCADA CONSTRUÍDA COM TUBOS DE AÇO 40



Esta apresenta a placa de orifício como medidor de vazão



Bancada 2 do laboratório - sala ISO1 do Centro Universitário da FEI

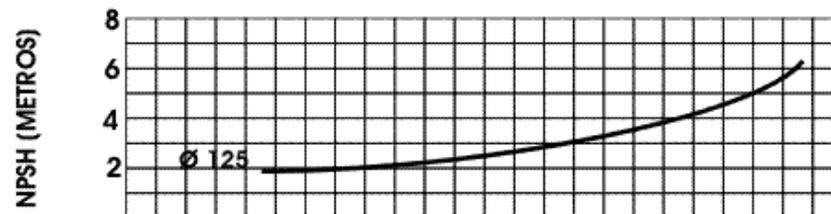
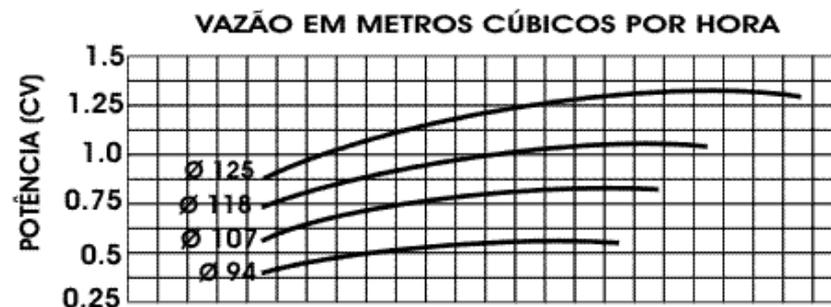
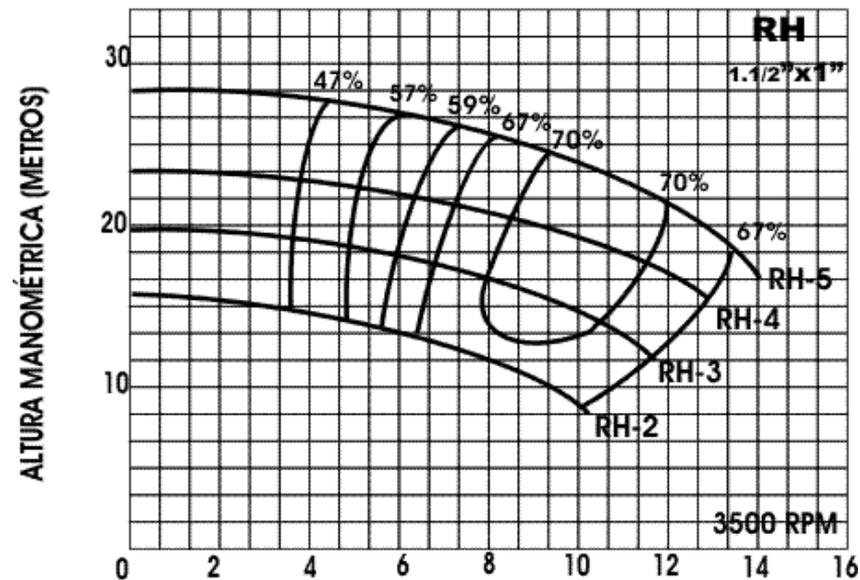


ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS												
MODELO	CV	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
RH-2	1/2	10,0	9,0	8,0	6,5	4,0						
RH-3	3/4			11,0	10,0	9,2	8,3	6,0	1,0			
RH-4	1,0				13,0	11,8	11,0	10,2	8,5	4,5	2,0	
RH-5	1,5				14,0	13,2	12,0	11,8	11,0	10,0	7,5	5,0
VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA												

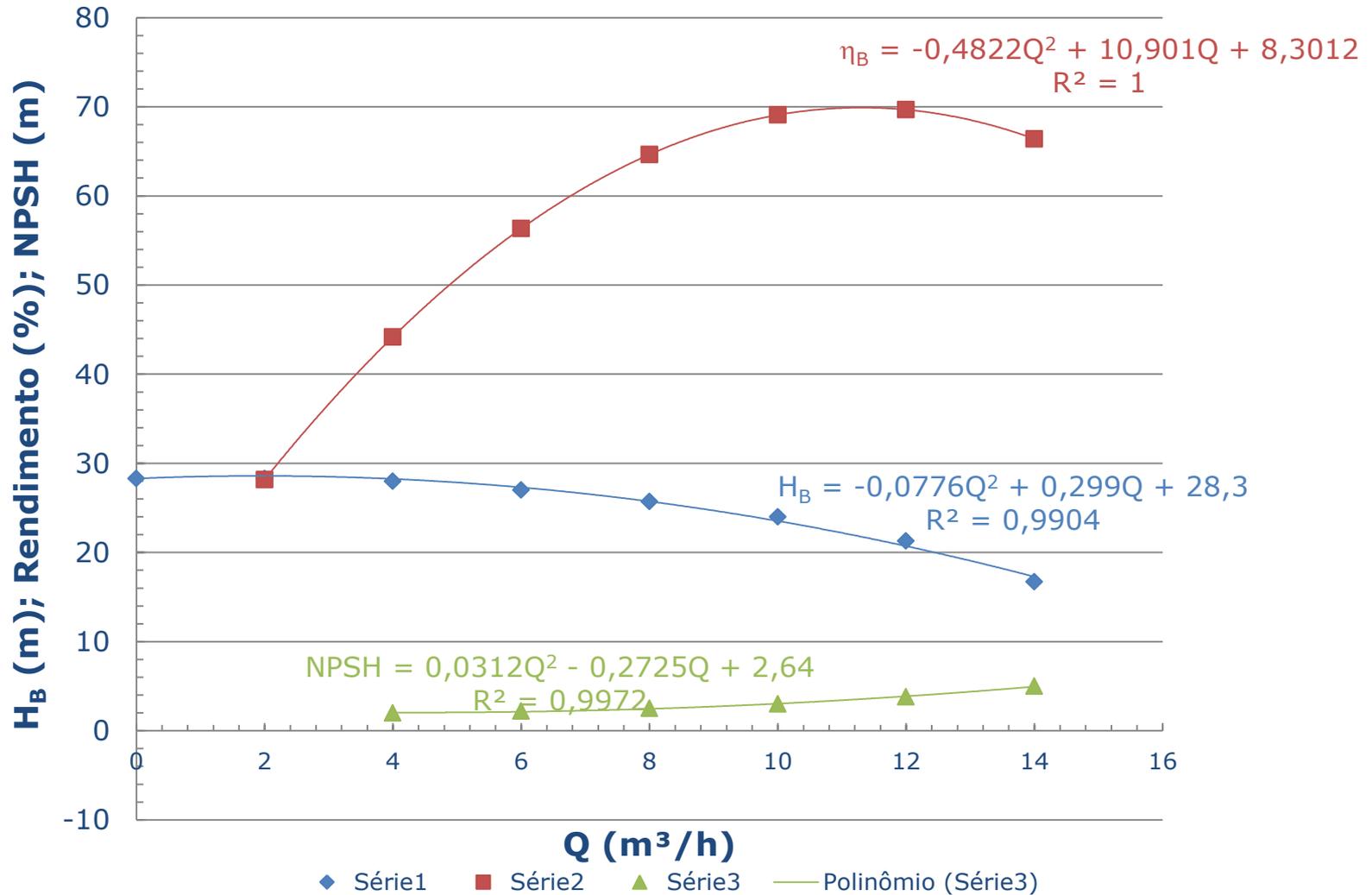
RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

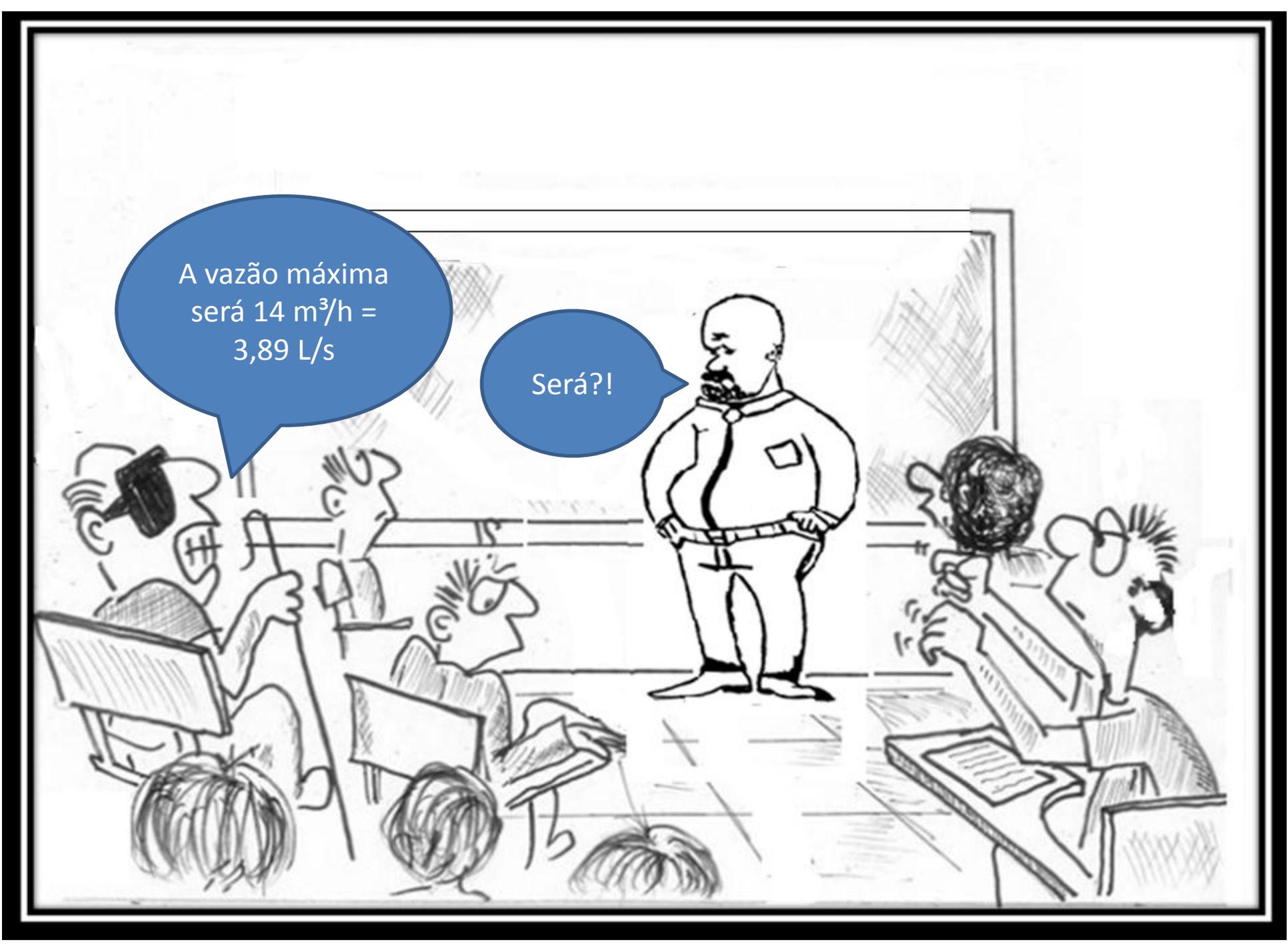
CURVA RH

Q (m ³ /h)	H _B (m)	η _B (%)	NPSH (m)
0	28,3		
2	28,3	28	
4	28	44	2
6	27	56	2,2
8	25,7	65	2,5
10	24	69	3
12	21,3	70	3,8
14	16,7	66	5



Bomba RUDC RH-5

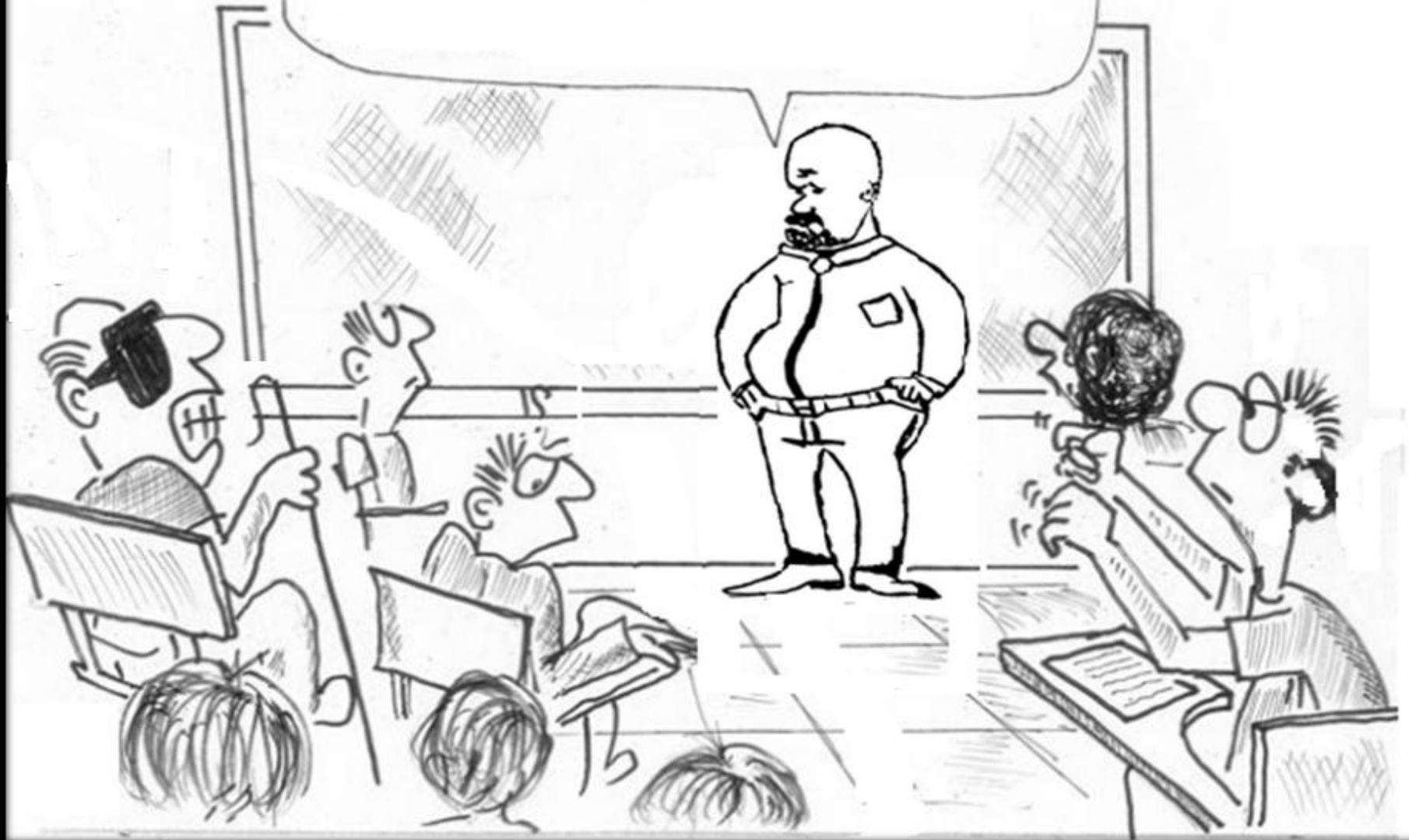




A vazão máxima
será $14 \text{ m}^3/\text{h} =$
 $3,89 \text{ L/s}$

Será?!

Na bancada 6 nós temos a
utilização da bomba RUDC RF-6



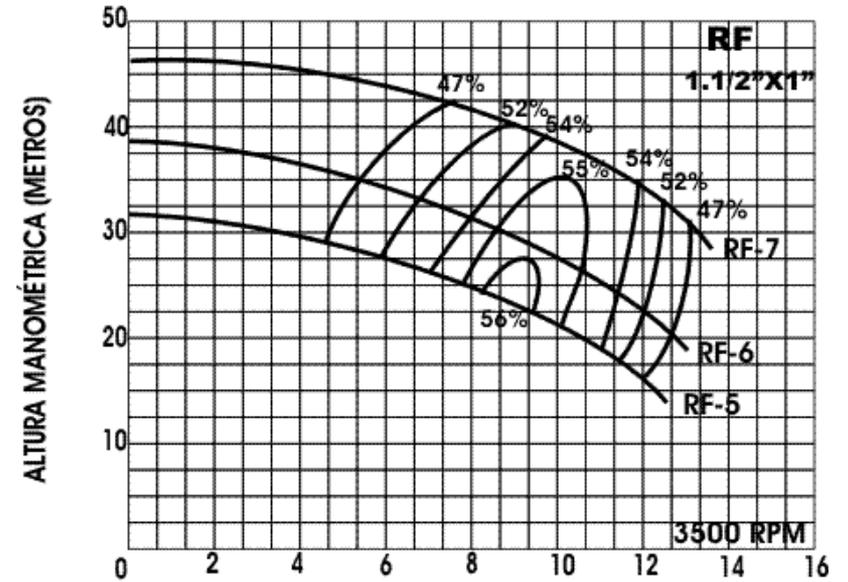
Bancada 6 do laboratório - sala ISO1 do Centro Universitário da FEI



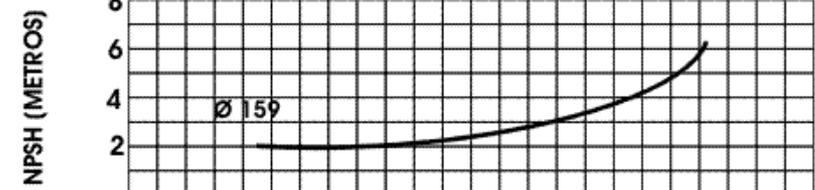
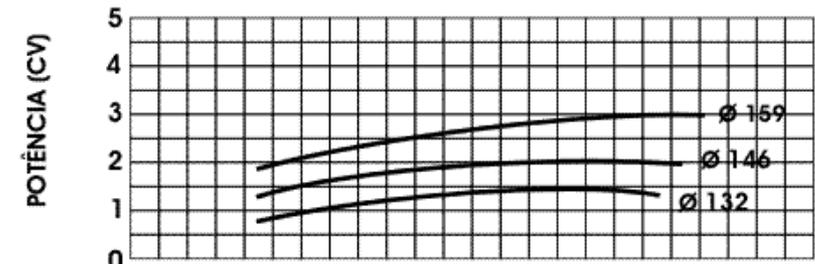
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS													
MODELO	CV	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45
RF-5	1.5	12,0	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,0	7,0	5,0			
RF-6	2.0			12,8	12,5	12,0	11,5	11,0	10,5	9,6	7,0		
RF-7	3.0								13,5	12,8	11,5	9,2	6,0
VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA													

RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

CURVA RF

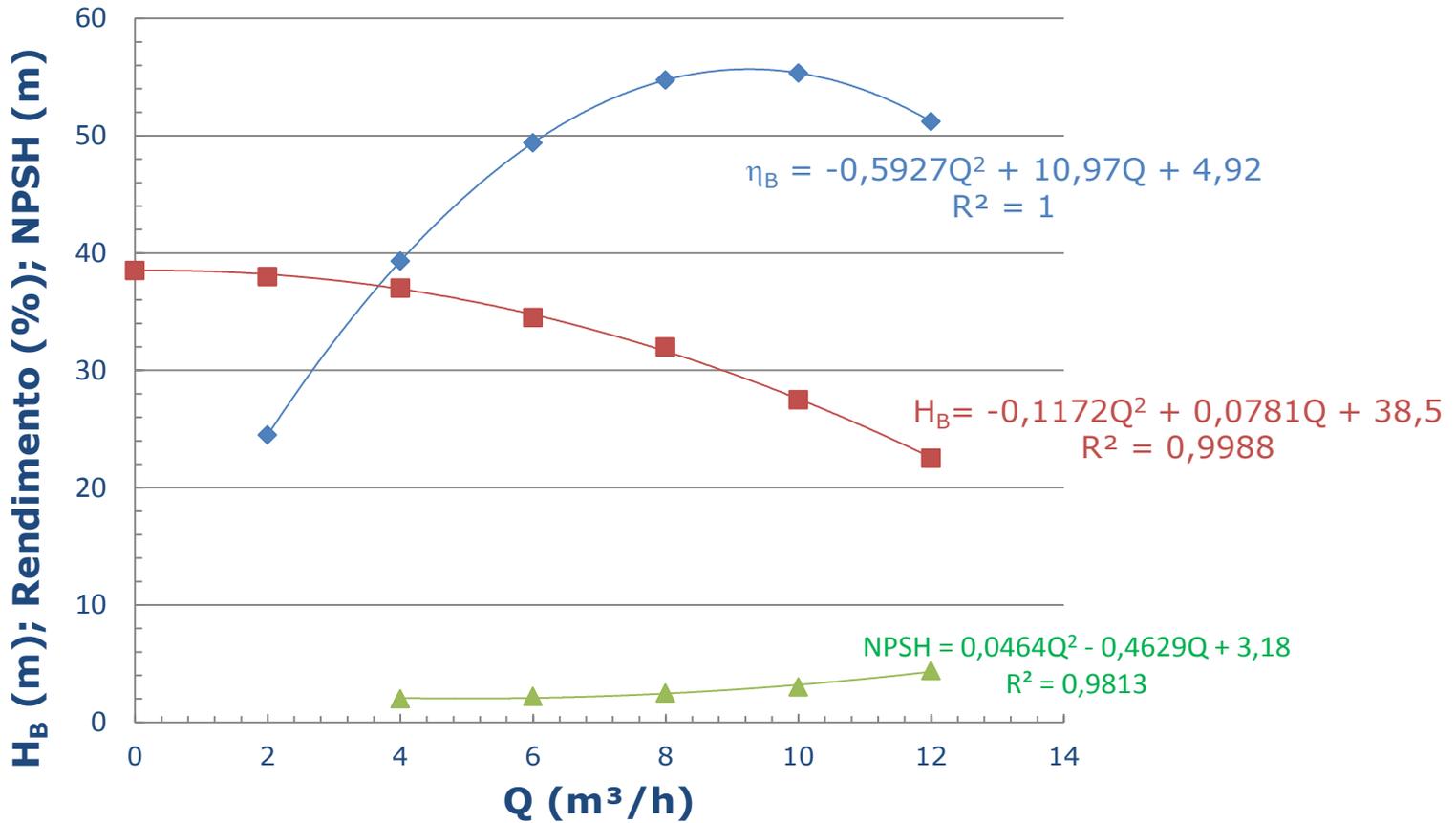


VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA

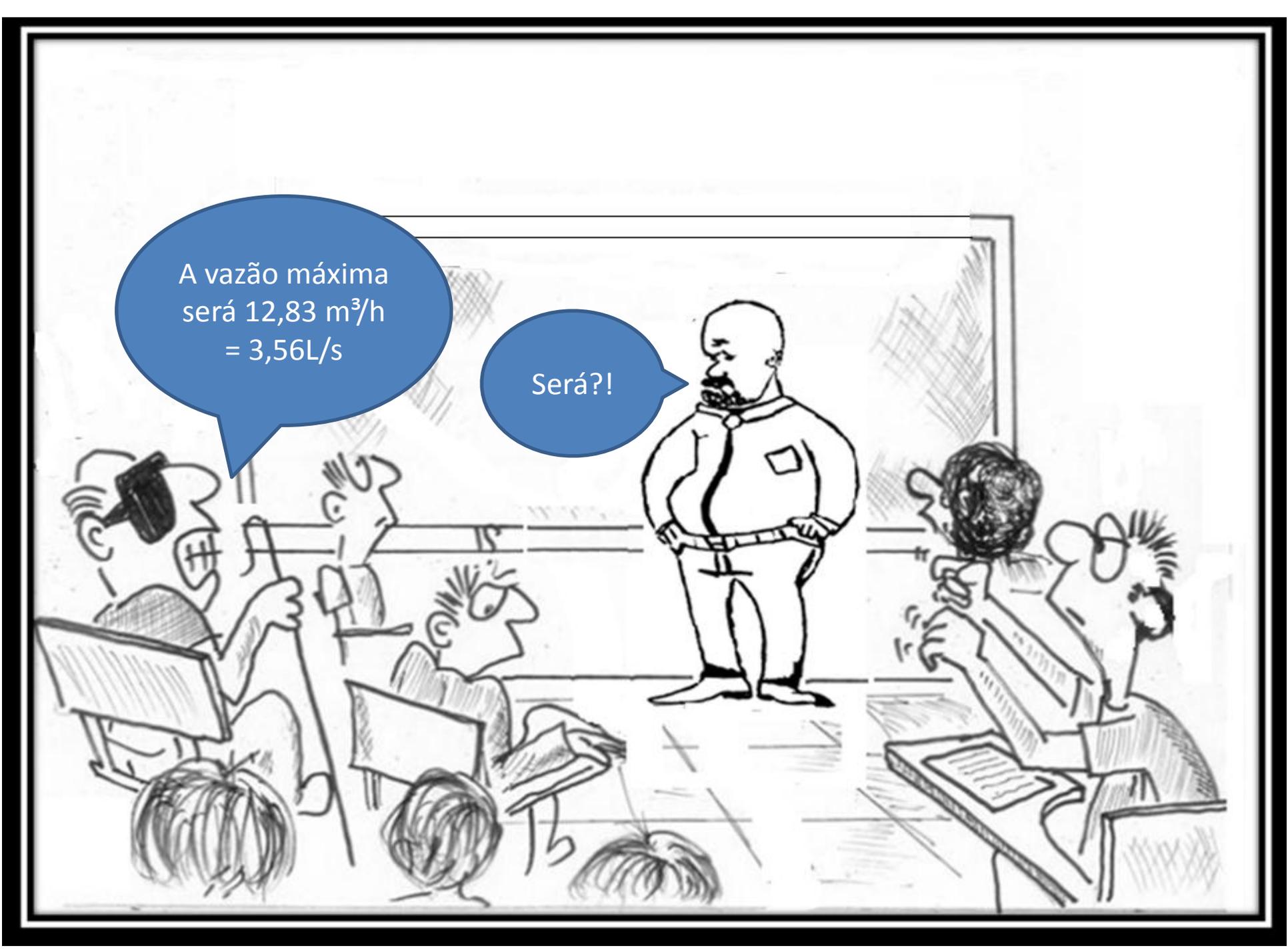


Q (m ³ /h)	H _B (m)	η _B (%)	NPSH (m)
0	38,5		
2	38	24	
4	37	39	2
6	34,5	49	2,2
8	32	55	2,5
10	27,5	55	3
12	22,5	51	4,4

Bomba RUDC RF-6



◆ Rendimento fabricante ■ CCB fabricante ▲ NPSH fabricante



A vazão máxima
será $12,83 \text{ m}^3/\text{h}$
 $= 3,56 \text{ L/s}$

Será?!

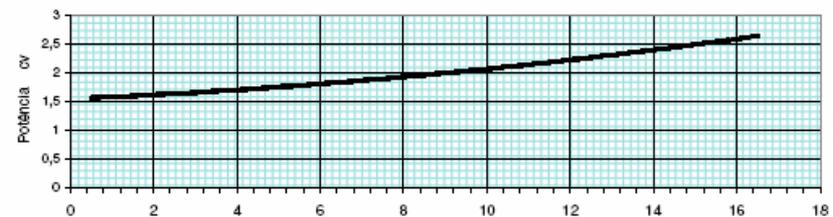
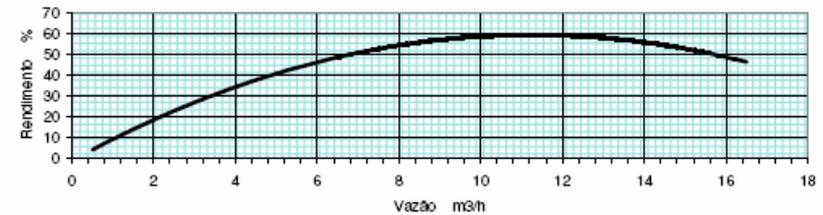
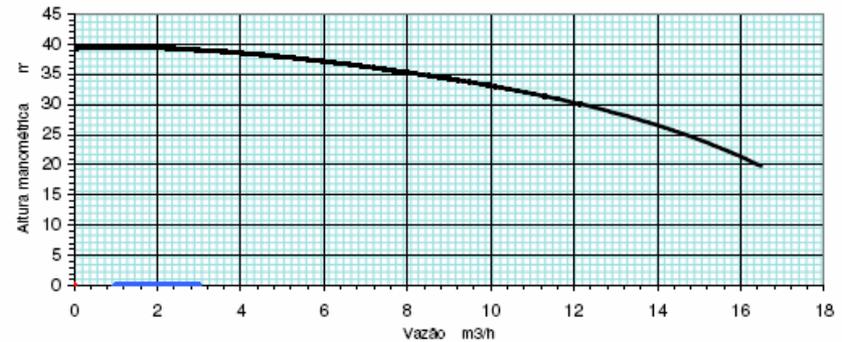
Na bancada 7 nós temos a
utilização da bomba MARK
GRUNDFOS



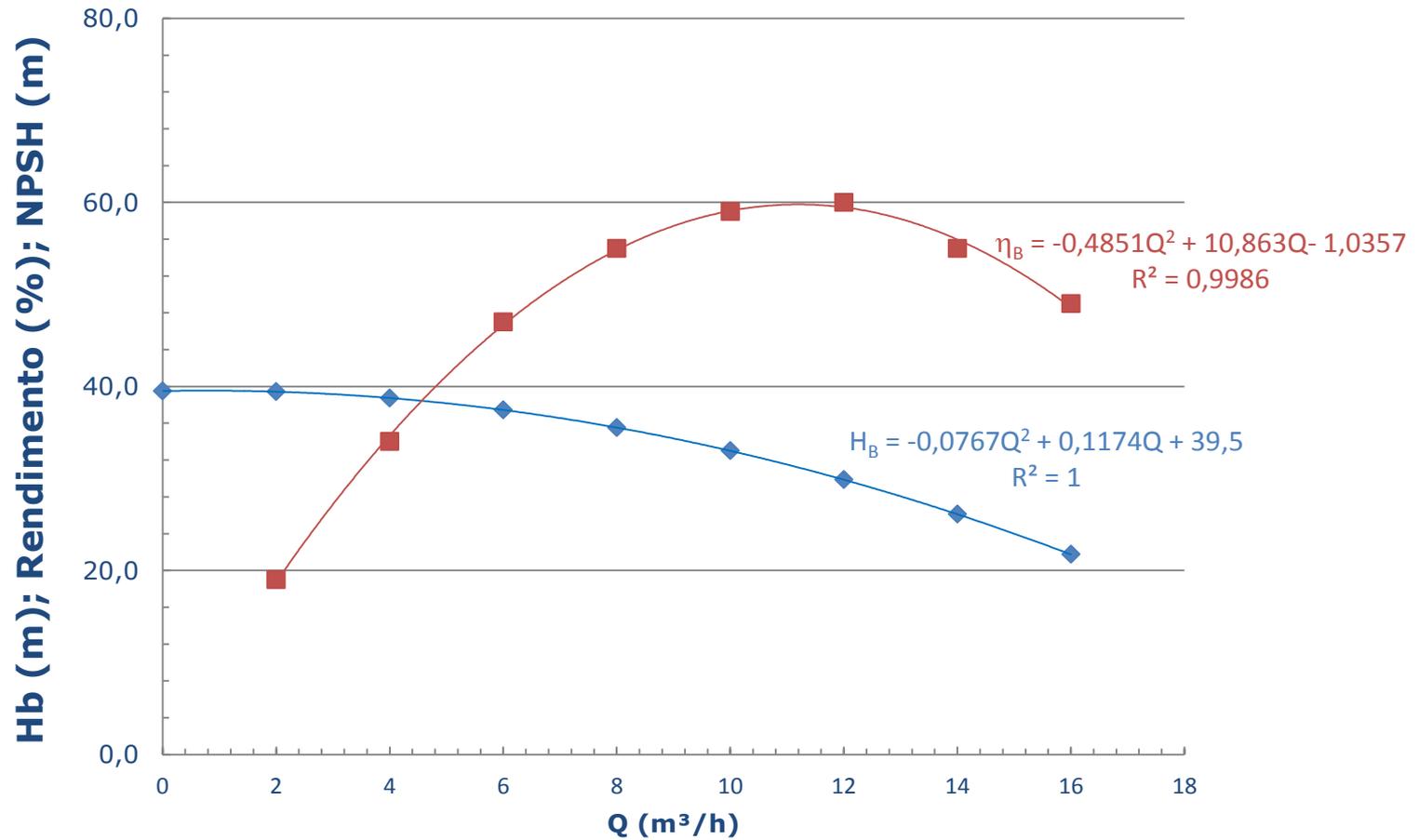
Q (m³/h)	Hb (m)	η_B (%)
0	39,5	
2	39,4	19
4	38,7	34
6	37,4	47
8	35,5	55
10	33,0	59
12	29,9	60
14	26,1	55
16	21,7	49

		MARK GRUNDFOS LTDA.				MODELO DF	
		Bomba Centrífuga Monoestágio					
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 Aceleração conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A



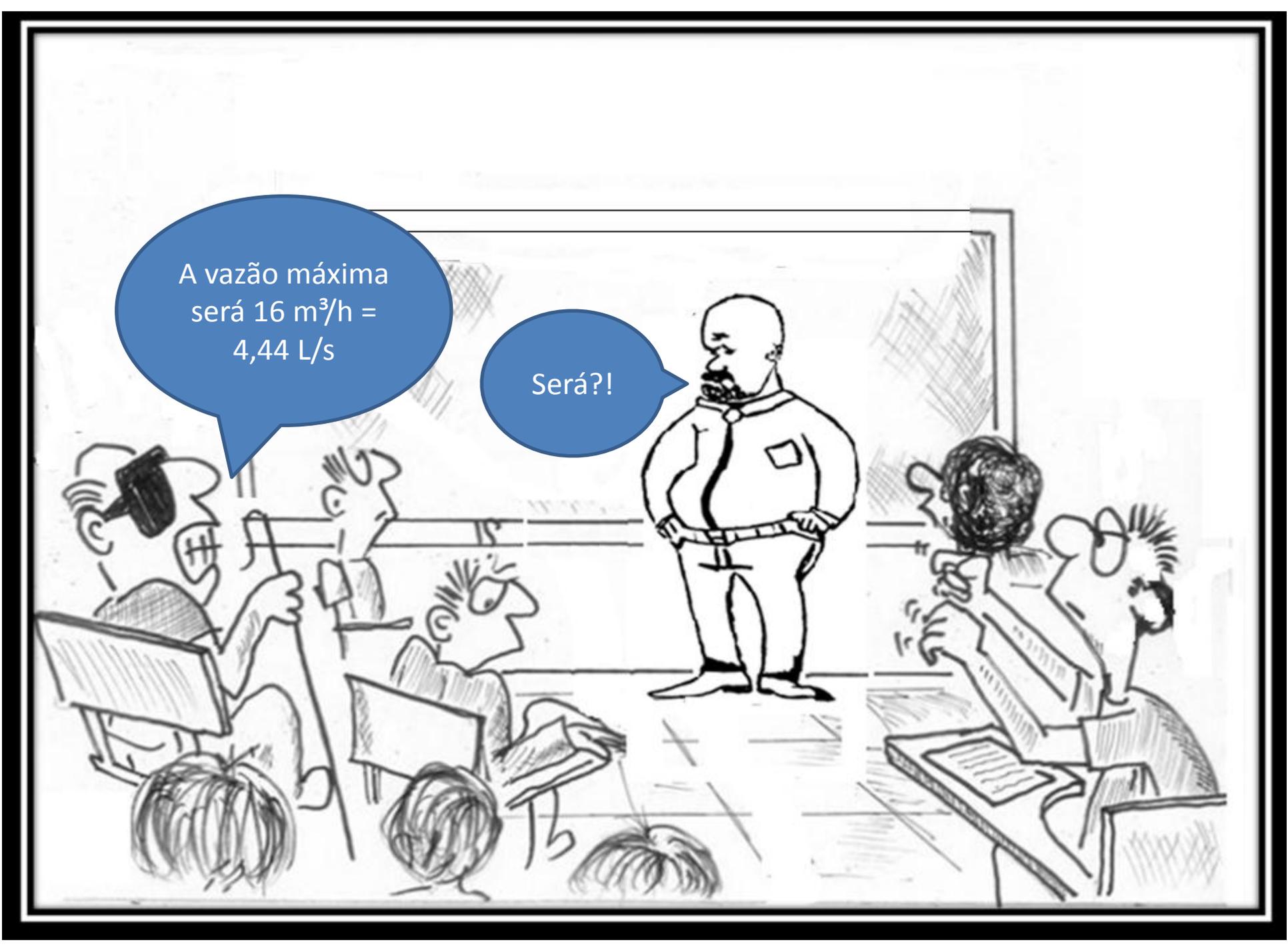
Bomba Mark NDF-6



◆ CCB fabricante

■ Rendimento fabricante

— Polinômio (Rendimento fabricante)



A vazão máxima
será $16 \text{ m}^3/\text{h} =$
 $4,44 \text{ L/s}$

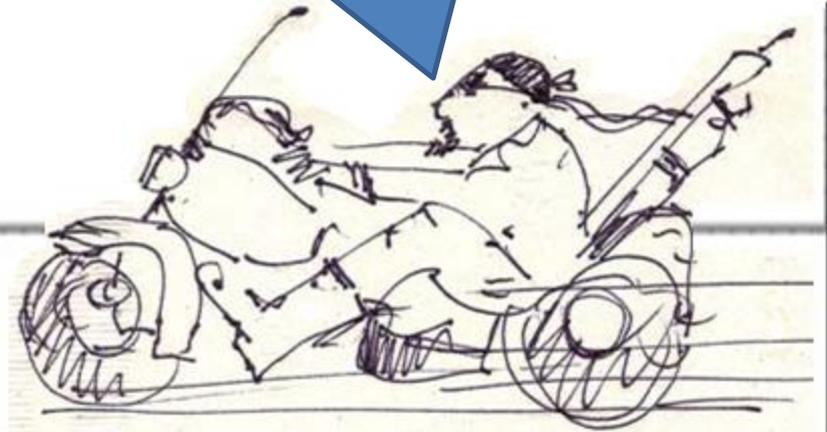
Será?!



Sintetizando:

Bancada	Q_{\max_CCB} (L/s)	Q_{\max_exp} (L/s)
1	3	2,57
2	3,89	2,38
3	3	2,72
4	3	2,56
5	3	2,61
6	3,56	3,56
7	4,44	3,06

Para que possamos entender as diferenças, evocamos a equação da CCI para uma instalação com apenas dois diâmetros diferentes, antes e depois da bomba.



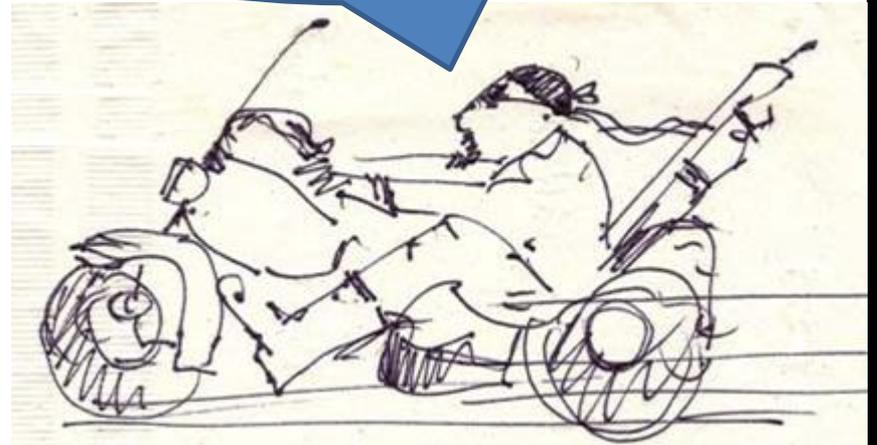
$$H_S = (z_f - z_i) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma} + \left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + H_{P_{total}}$$

$$H_{P_{total}} = \left(f_{dB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{dB}}{D_{H_{dB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{dB}^2} + f_{aB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{aB}}{D_{H_{aB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{aB}^2} \right) \times Q^2$$

$$f_{dB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{dB}}{D_{H_{dB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{dB}^2} + f_{aB} \times \frac{(L + \sum Leq)_{aB}}{D_{H_{aB}}} \times \frac{1}{2g \times A_{aB}^2} > 0$$

$$H_{estática} = (z_f - z_i) + \frac{(p_f - p_i)}{\gamma}$$

Para traçar a CCI, basta atribuir valores para a Q e temos três possibilidades:

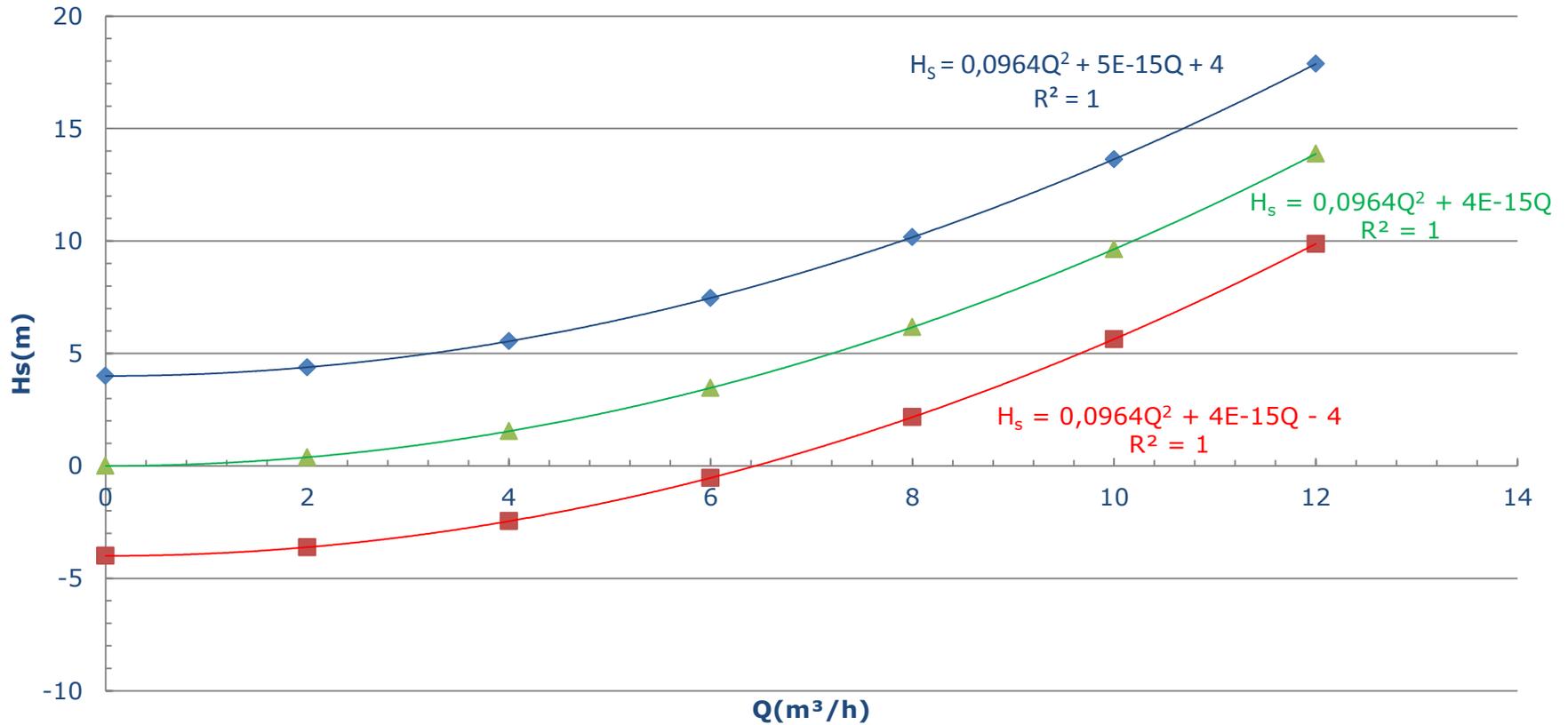


Q (m ³ /h)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)
0	4	-4	0
2	4,4	-3,6	0,385
4	5,5	-2,5	1,5
6	7,5	-0,531	3,5
8	10,2	2,2	6,2
10	13,6	5,6	9,6
12	17,9	9,9	13,9

Vamos considerar as três possibilidades de CCI:



Possibilidades para a CCI



- ◆ Hs (m)
- CCI_queda
- ▲ CCI_cest_nula
- Polinômio (Hs (m))
- Polinômio (CCI_queda)
- Polinômio (CCI_cest_nula)

Observando as CCI anteriores,
qual delas pode operar sem
bomba? Justifique



Q (m ³ /h)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)
0	4	-4	0
2	4,4	-3,6	0,385
4	5,5	-2,5	1,5
6	7,5	-0,531	3,5
8	10,2	2,2	6,2
10	13,6	5,6	9,6
12	17,9	9,9	13,9

Somente a que tem a carga estática negativa.



Operar sem bomba é considerar $H_{estática} = H_B = 0$ e neste exemplo $Q_{queda_livre} = 6,4 \text{ m}^3/\text{h}$

Vamos imaginar agora o funcionamento de uma mesma bomba hidráulica para as possibilidades anteriores

Teremos ponto de trabalho diferentes!

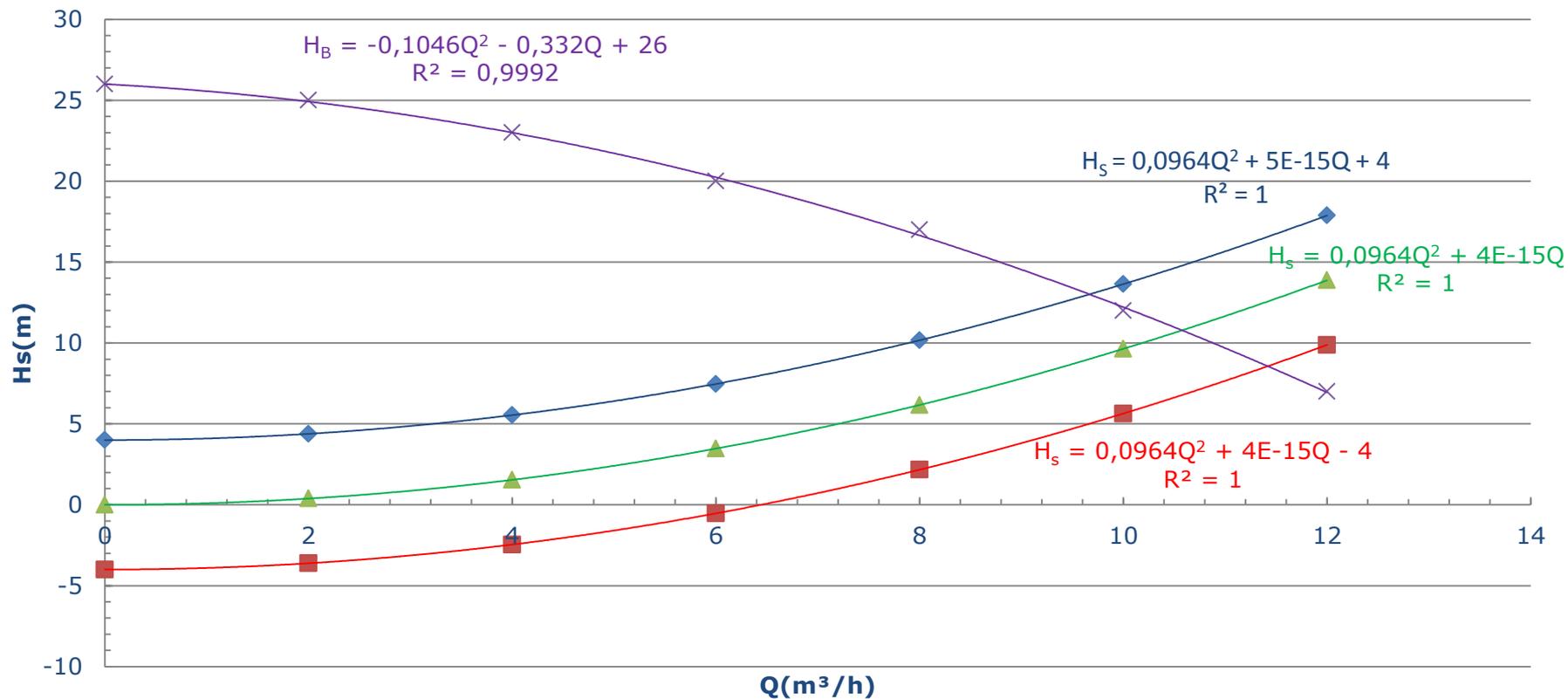




Fica demonstrado que a instalação influencia no ponto de trabalho da bomba!

Q (m ³ /h)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)	H _B (m)
0	4	-4	0	26
2	4,4	-3,6	0,385	25
4	5,5	-2,5	1,5	23
6	7,5	-0,531	3,5	20
8	10,2	2,2	6,2	17
10	13,6	5,6	9,6	12
12	17,9	9,9	13,9	7

Possibilidades para a CCI



- ◆ Hs (m)
- × CCB
- Polinômio (Hs (m))
- Polinômio (CCI_cest_nula)
- CCI_queda
- Polinômio (CCI_queda)
- ▲ CCI_cest_nula
- Polinômio (CCB)

Situação ideal: localizamos o rendimento máximo e a vazão deste rendimento máximo, o ideal é a bomba trabalhar entre $0,5 \times Q_{rend_m\acute{a}x}$ e $1,2 \times Q_{rend_m\acute{a}x}$

Bomba Tipo
Pump Type
Tipo de Bomba

KSB MEGANORM
KSB MEGABLOC

Tamanho
Size
Tamaño

25-150



Oferta n°

Project - No.

Oferta - n°

Item n°

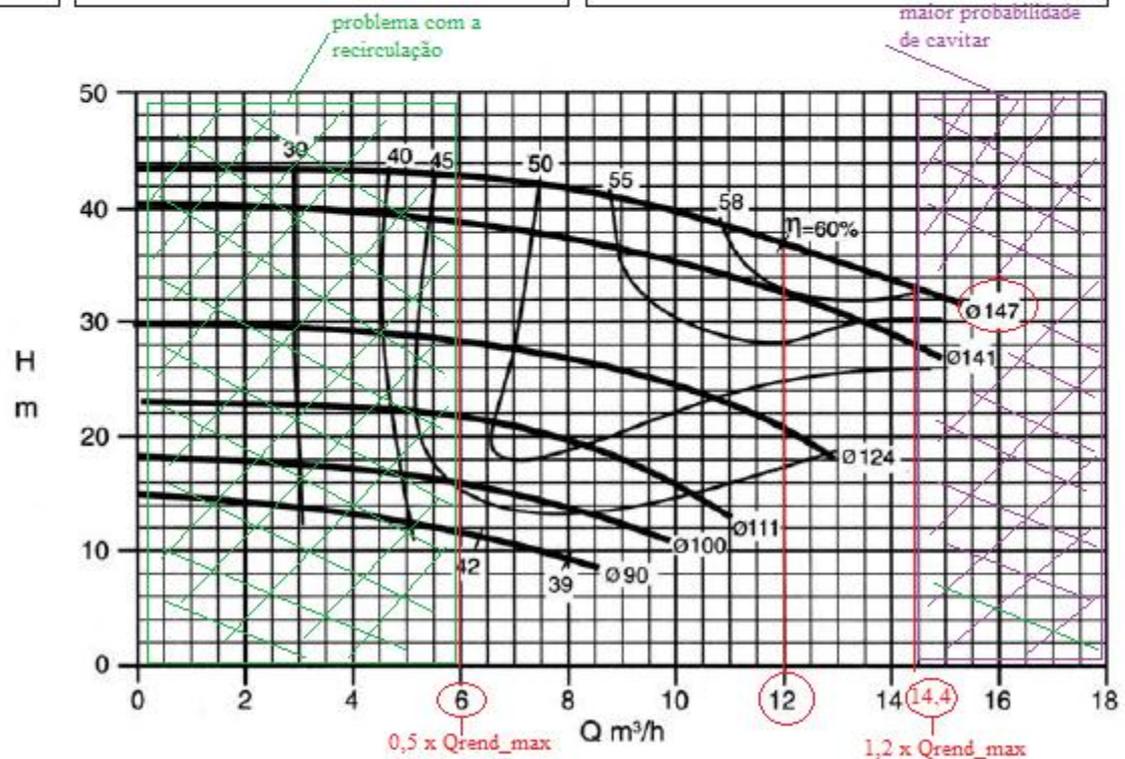
Item - No.

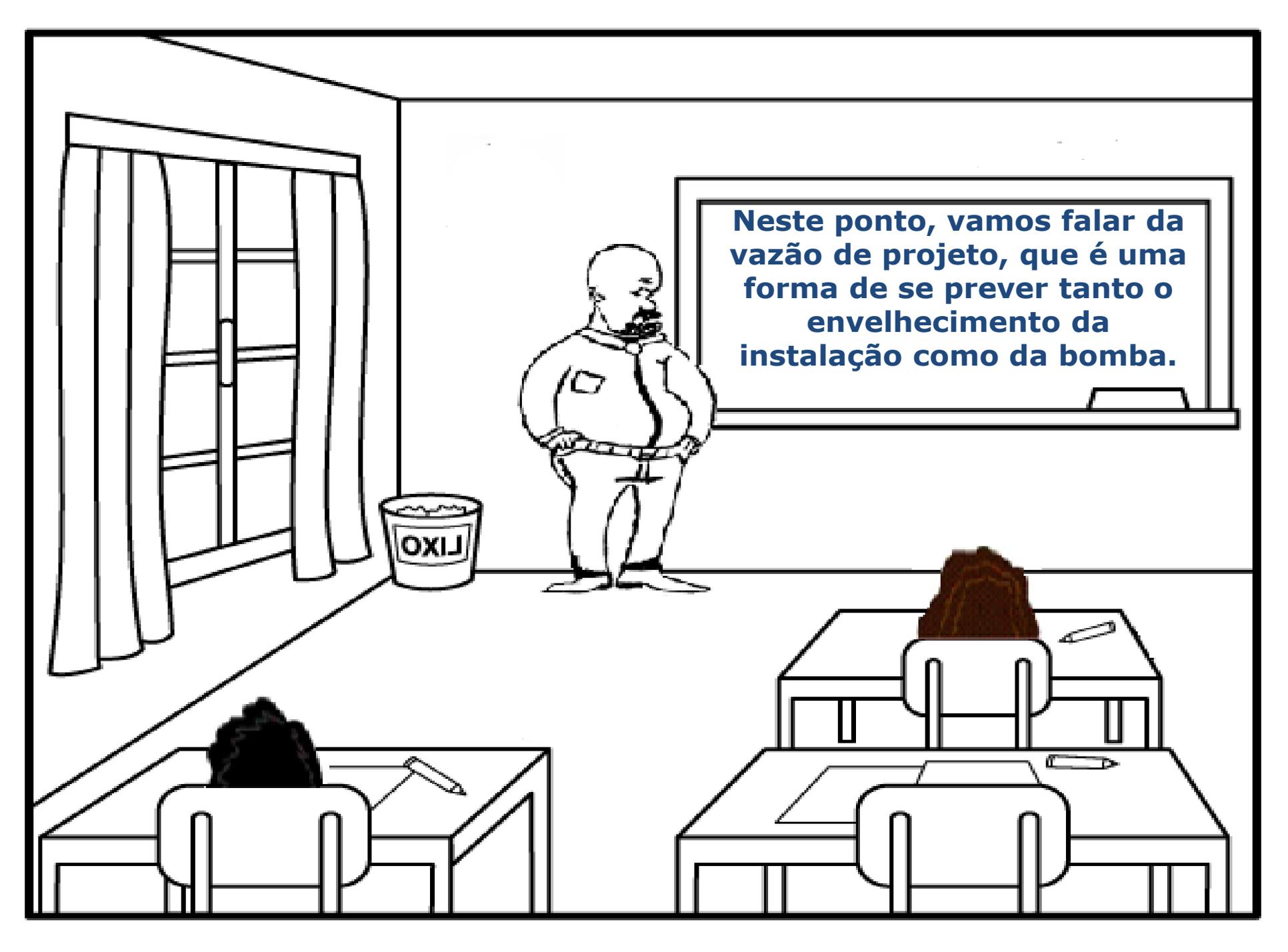
Pos - n°

Velocidade Nominal
Nom. Rotative Speed
Velocidad Nominal

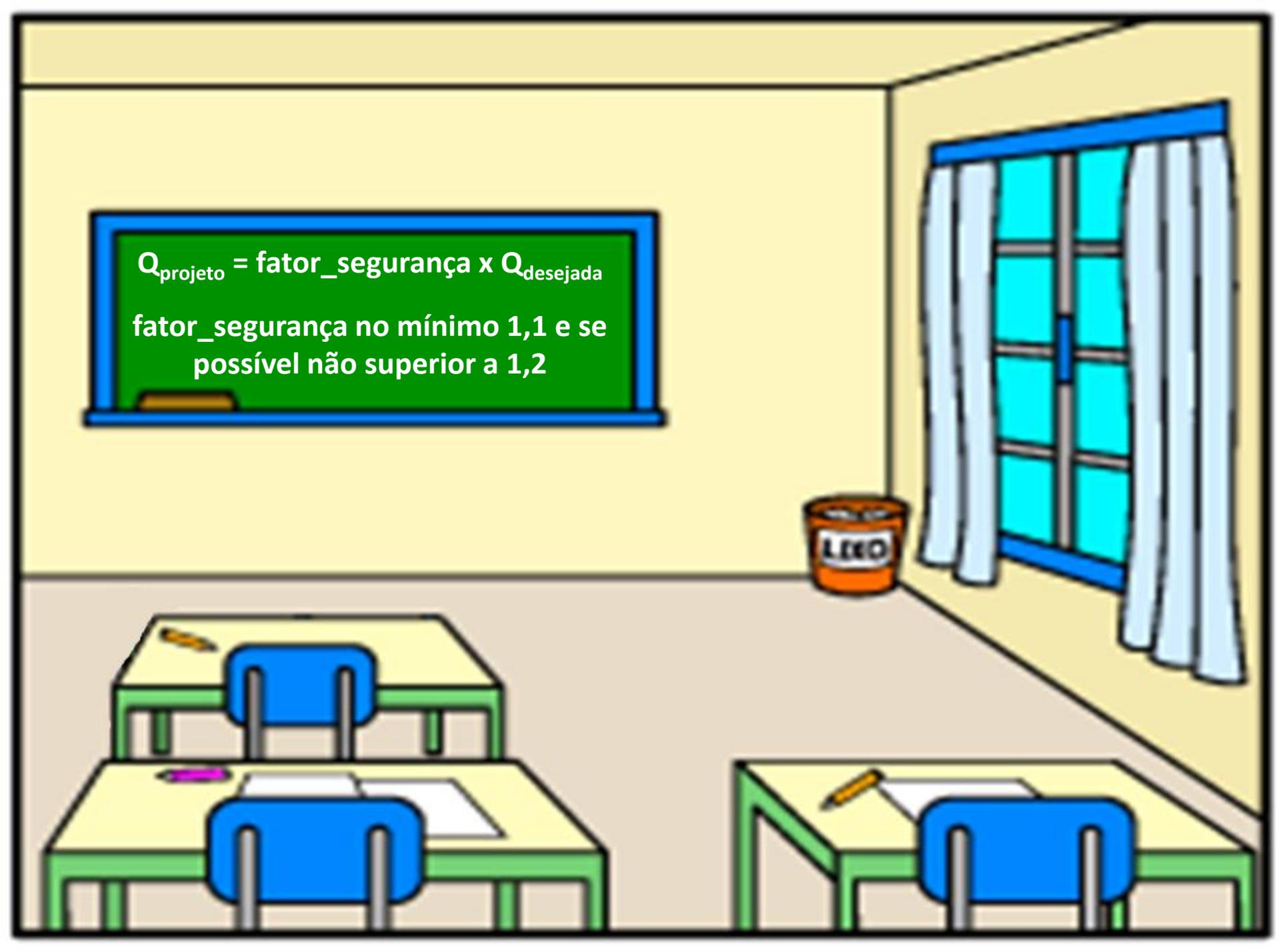
3500 rpm

Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica





Neste ponto, vamos falar da vazão de projeto, que é uma forma de se prever tanto o envelhecimento da instalação como da bomba.



$Q_{\text{projeto}} = \text{fator_segurança} \times Q_{\text{desejada}}$

fator_segurança no mínimo 1,1 e se possível não superior a 1,2

1ª Questão: As instalações representadas a seguir são constituídas por um único diâmetro nominal de 3" de aço com espessura 80 e correspondem a duas situações de bombeamento com a mesma bomba hidráulica. Sabendo que para ambas situações as perdas em metro são obtidas pelas expressões:

$$H_{p_{0-1}} = H_{p_{0'-1'}} = 5 \times \frac{v_{\text{situação}}^2}{2g} \qquad H_{p_{S-1}} = H_{p_{S-1'}} = 3 \times \frac{v_{\text{situação}}^2}{2g}$$

e que a bomba utilizada tem a curva da carga manométrica em função da vazão representada pela equação:

$$H_B = 30 - 0,403213 \times Q^2 \rightarrow [H_B] = m \rightarrow [Q] = \frac{L}{s}$$

, pede-se calcular a vazão de escoamento para ambas situações sem utilizar o Excel e se elas forem diferentes justificar a diferença pelo Excel através das equações das linhas de tendências especificando o R^2 e a tabela utilizada para obtê-las.

