

# Décima aula de laboratório de ME5330

## Primeiro semestre de 2014



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

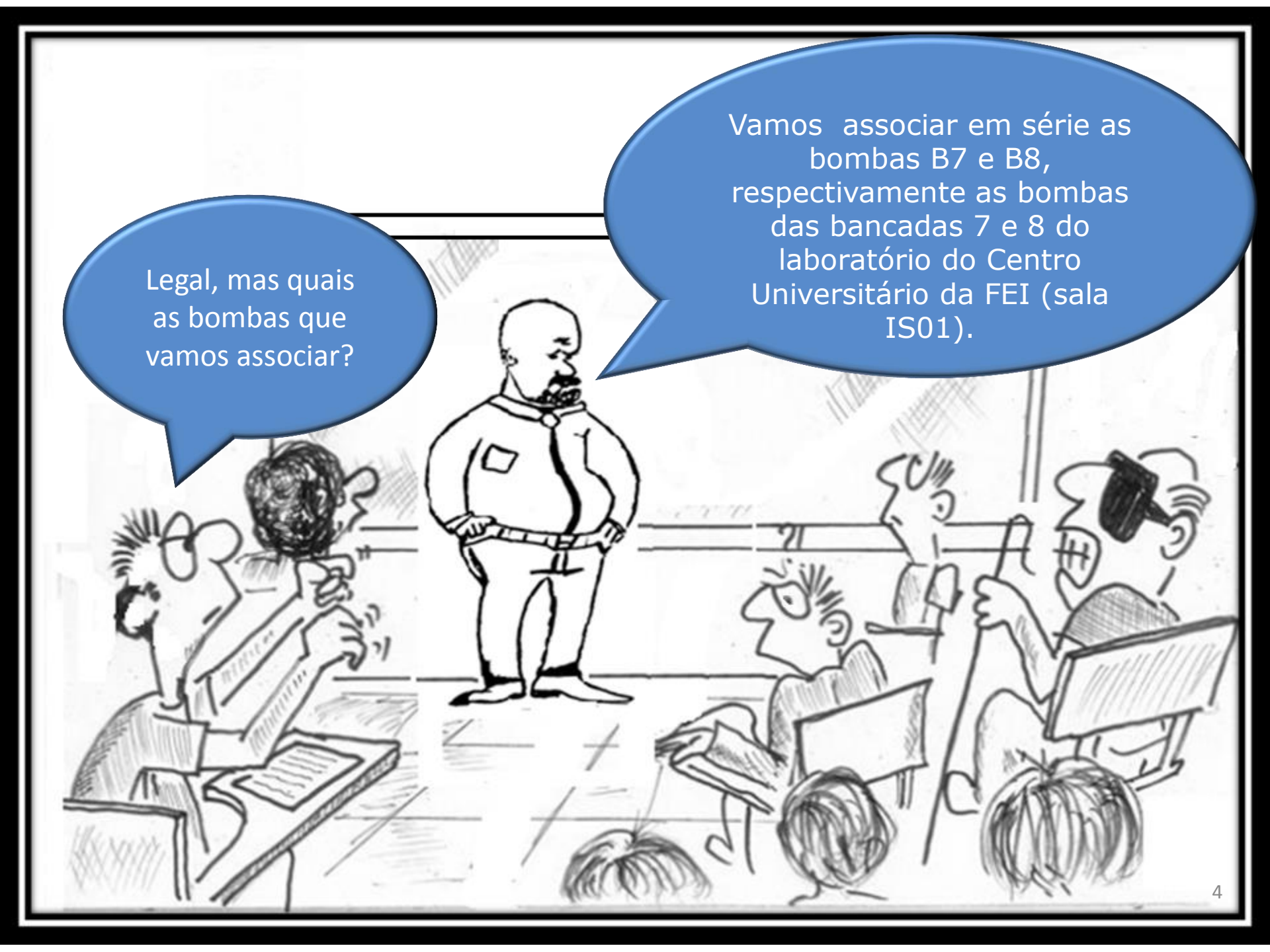
v| r o

mund O conquistar



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

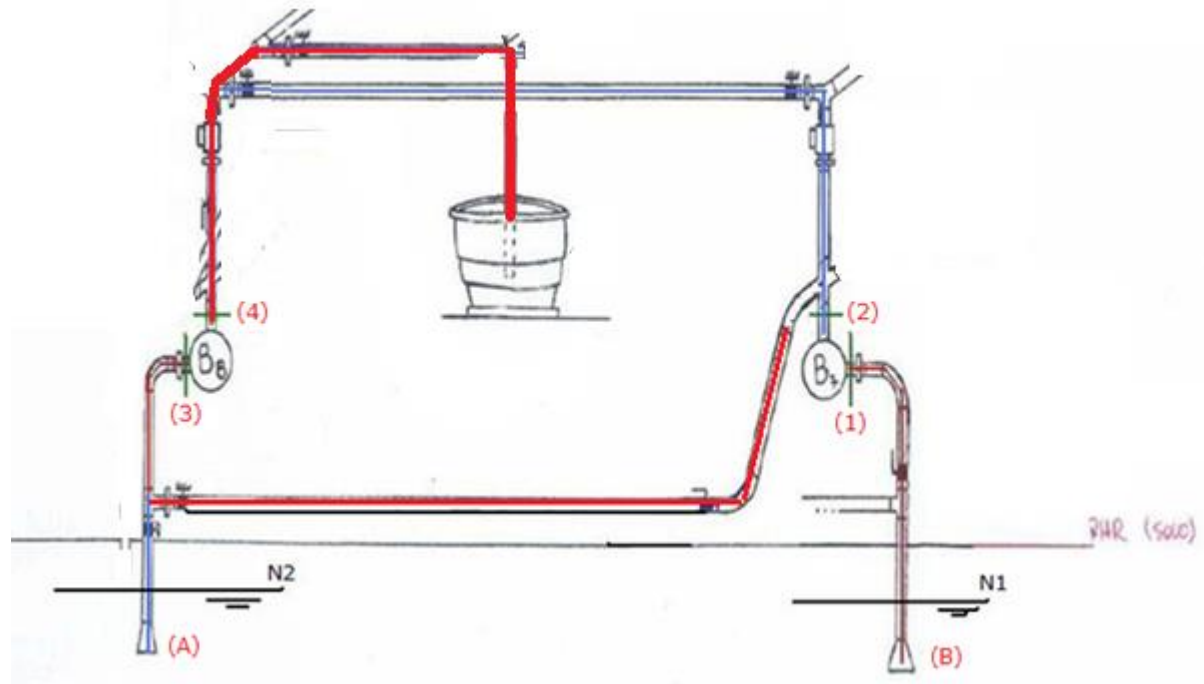
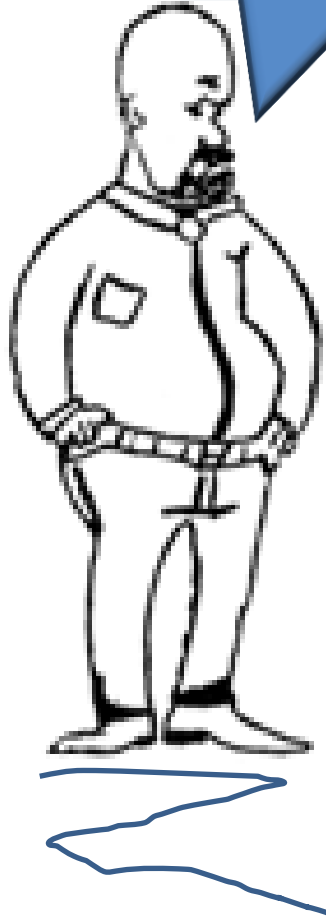


A black and white cartoon illustration of a meeting. A man in a suit stands in the center, looking thoughtful. He is surrounded by several people sitting at desks, some holding papers. Two blue speech bubbles are overlaid on the scene. The first bubble, on the left, contains the text 'Legal, mas quais as bombas que vamos associar?'. The second bubble, on the right, contains the text '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)'.

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

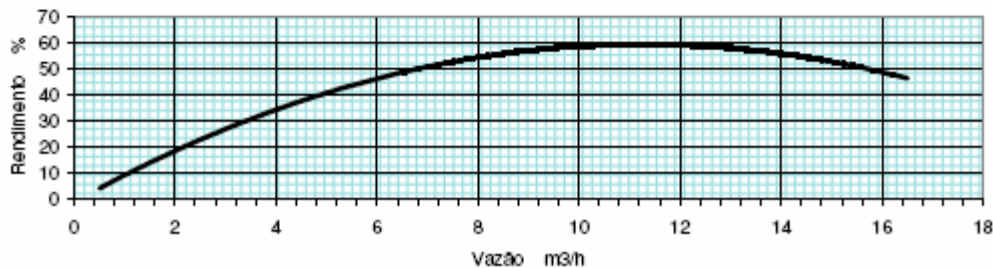
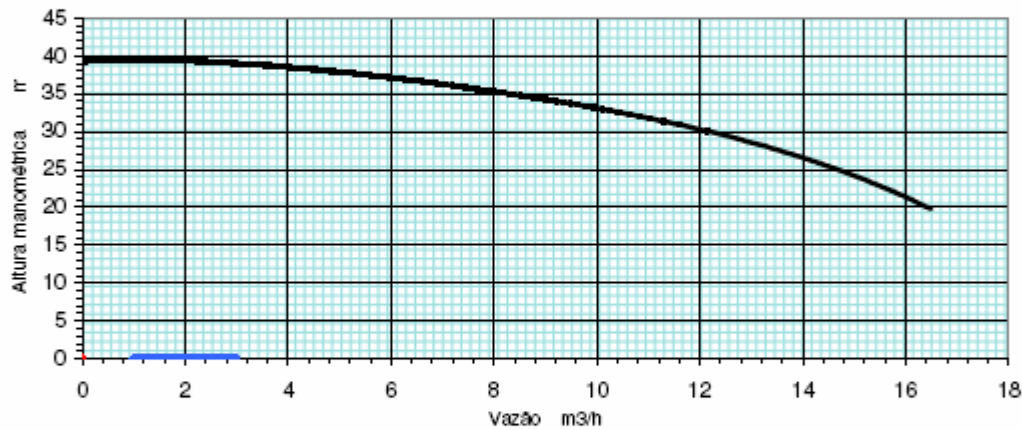
**MARK GRUNDFOS LTDA.****Bomba Centrífuga Monoestágio**

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

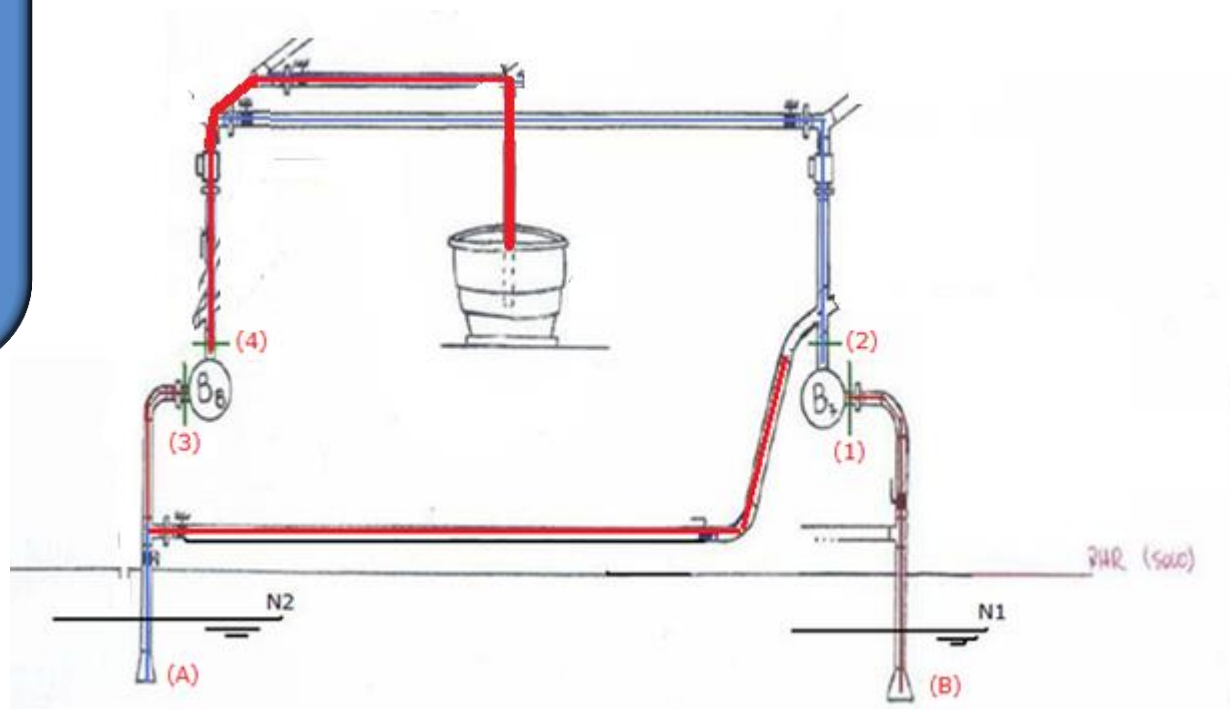


Com a curva fornecida pelo fabricante podemos obter a associação em série das bombas B7 e B8, que são iguais, mas isso para uma rotação de 3500 rpm e é por esse motivo que devemos corrigir os valores experimentais para essa rotação.

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 alimentando a caixa da brasilit, como conhecemos sua área transversal, calculamos a vazão de forma direta.



$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A_t \times \Delta h}{t}$$



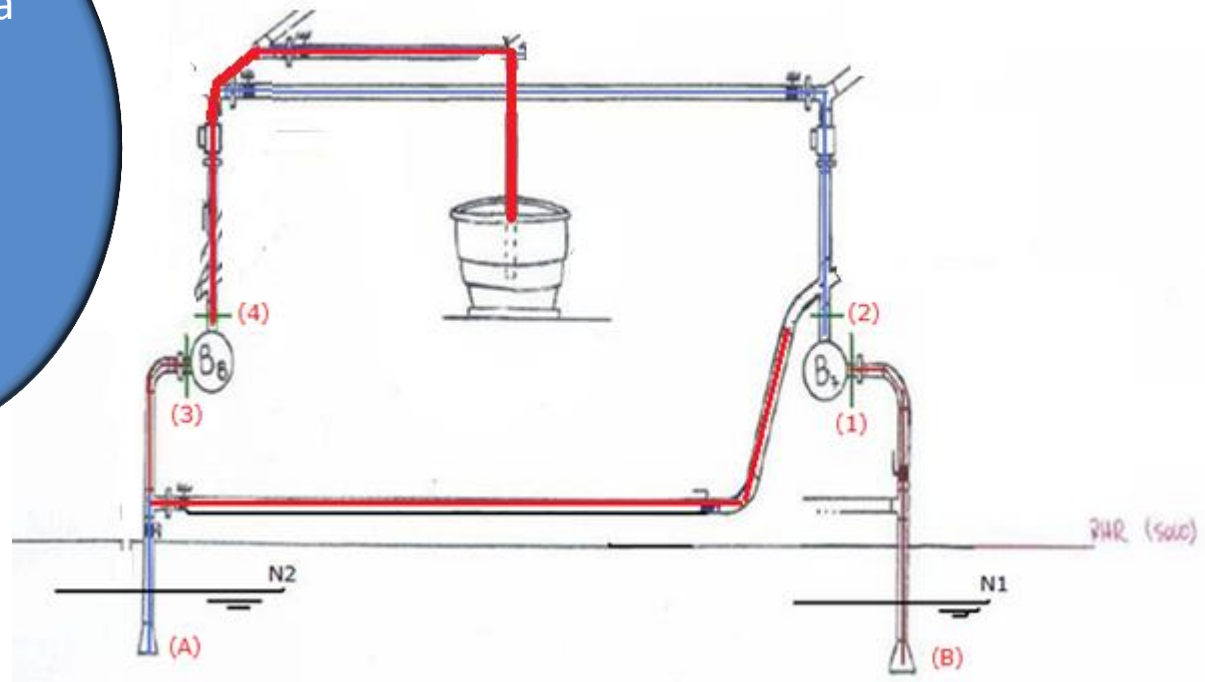


Como obtemos a  
carga  
manométrica da  
associação?



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

A carga manométrica será obtida 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

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

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

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

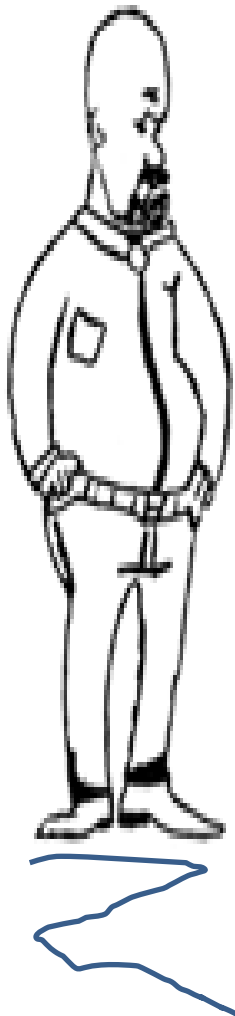
$$H_2 = H_3 + H_{p2 \rightarrow 3} \Rightarrow H_{p2 \rightarrow 3} = H_2 - H_3$$

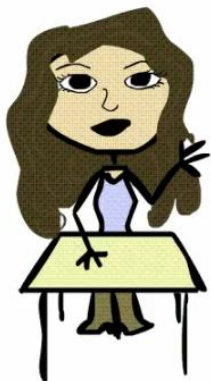
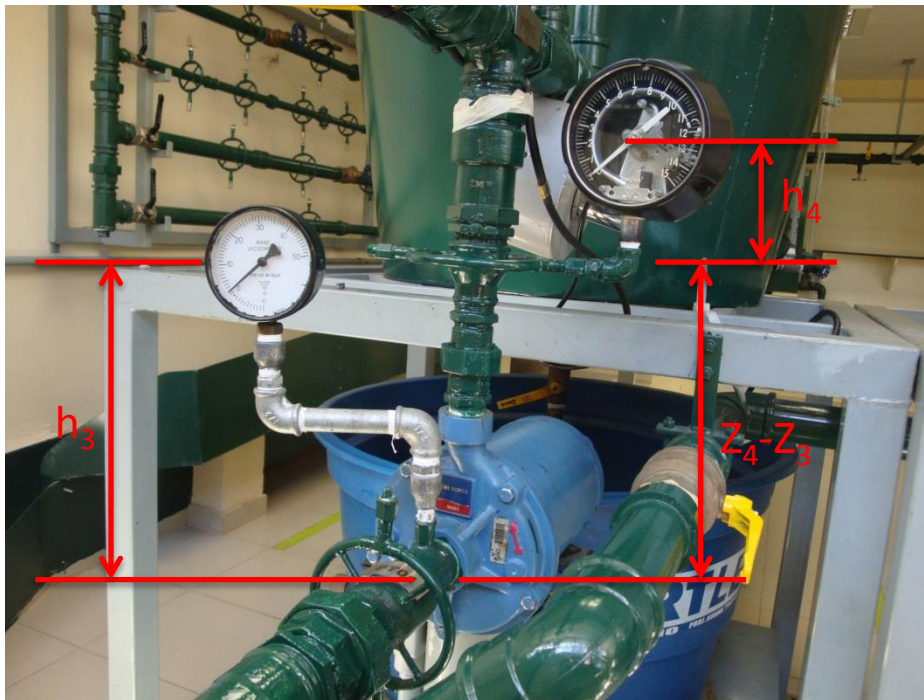
$$H_{p1 \rightarrow 2} = H_{p3 \rightarrow 4} = 0 \Rightarrow \text{já consideradas no rendimento}$$

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

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

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





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



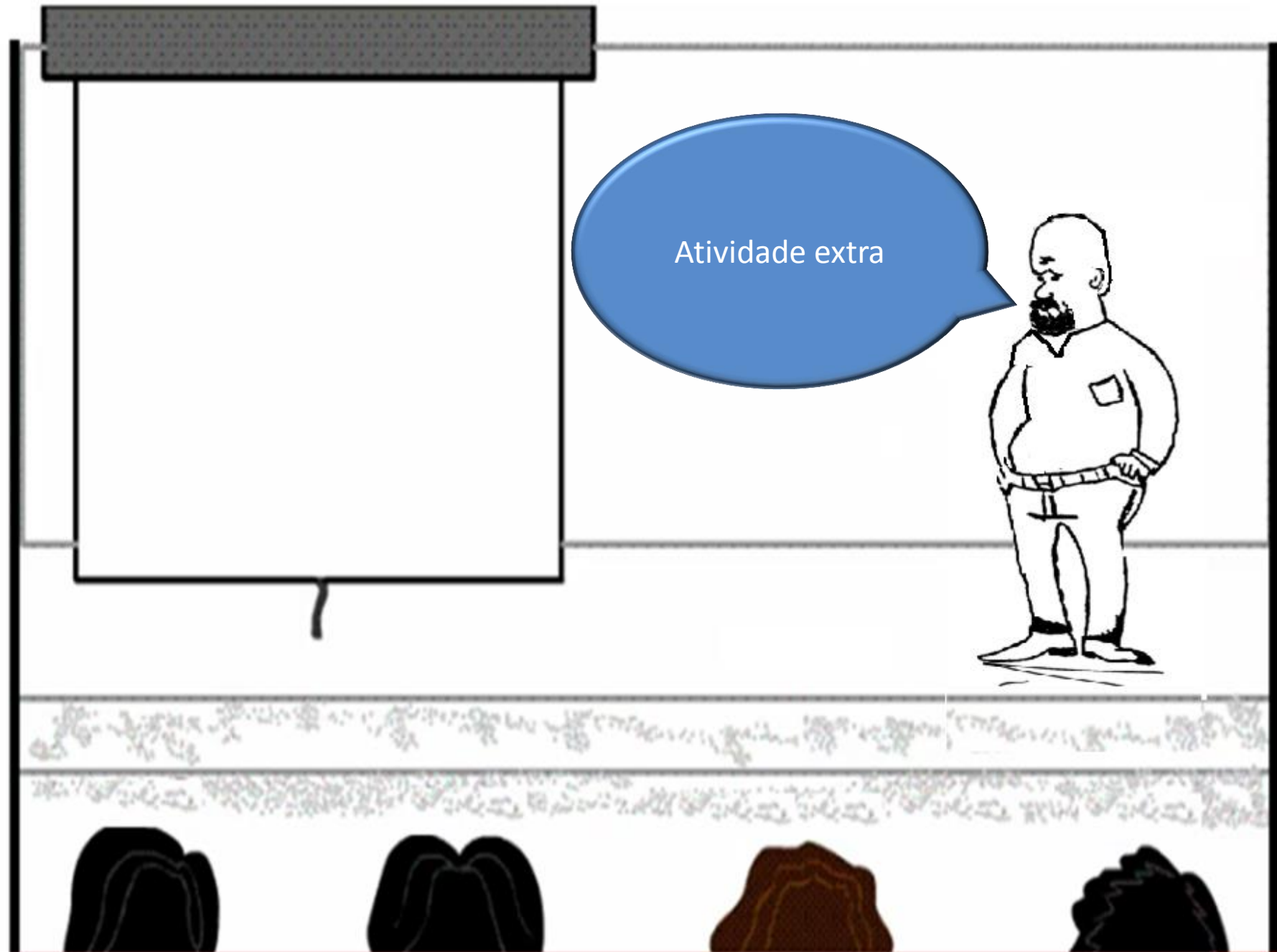
A rotação experimental é lida pelo tacômetro.



## TABELA DE DADOS

ensaio	$\Delta h$	$t$	$p_{me7}$	$p_{ms7}$	$p_{me8}$	$p_{ms8}$	$n_7$	$n_8$	$p_{barométrica}$
	(mm)	(s)	(.....)	(.....)	(.....)	(.....)	rpm	rpm	(.....)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

$h_{e7}$ (mm)	$h_{s7}$ (mm)	$h_{e8}$ (mm)	$h_{s8}$ (mm)	Temp_água (°F)



Atividade extra

1. Considerando os dados a seguir e que foram obtidos para obtenção da curva de  $H_B = f(Q)$  para a bomba utilizada na bancada 6 e alimentando o reservatório superior da bancada 6, obtenha a representação gráfica da mesma especificando a equação da linha de tendência e o  $R^2$  para a bomba operando a 3500 rpm

Saída pela bancada 6

t (s)	$\Delta h$ tanque (mm)	pme (mmHg)	pms (kPa)	n (rpm)
0	100	0	300	3515
179,34		-90	280	3496
49,57		-105	260	3461
30,32		-115	240	3436
23,56		-120	220	3423
18,5		-130	200	3411
16,5		-150	180	3396

Bancada 6 – PHR no chão

L1 (cm)	73,6
L2 (cm)	73,7
$\Delta z$ bomba (cm)	22,5
De (in)	2
Ds (in)	1,5
he (cm)	10,5
hs (cm)	0
Zi (cm)	-26,5
Zf (cm)	99,5

T(°C)	21
$\rho$ água (kg/m <sup>3</sup> )	998
$\rho$ Hg (kg/m <sup>3</sup> )	13600
v (m <sup>2</sup> /s)	0,000000980

Ae(cm <sup>2</sup> )	21,7
As(cm <sup>2</sup> )	13,1
De(mm)	52,5
Ds(mm)	40,8





Bancada

Considere o tanque superior vazio

2. Sabendo que a bomba da bancada 6 é utilizada para alimentar a bancada da visualização do fenômeno de cavitação e sabendo que nesta experiência a vazão é obtida no reservatório superior da bancada 7, especifique a perda de carga total da bancada alimentando o reservatório superior da bancada 6 (figura no slide anterior) e a perda de carga total da instalação de bombeamento da bancada de visualização da cavitação (foto no próximo slide). Reflita sobre os resultados obtidos e comente a diferença entre eles.

Saída pela bancada 7 (passagem pelo venturi)

<b>t (s)</b>	<b><math>\Delta h</math> tanque (mm)</b>	<b>pme (mmHg)</b>	<b>pms (kPa)</b>	<b>n (rpm)</b>
7,06	10	-100	268	3486

<b>Bancada 7</b>	
<b>L1 (cm)</b>	73,4
<b>L2 (cm)</b>	73,8
<b>Zi (cm)</b>	-26,5
<b>Zf (cm)</b>	87,5

<b>PHR adotado</b>	chão
--------------------	------

