

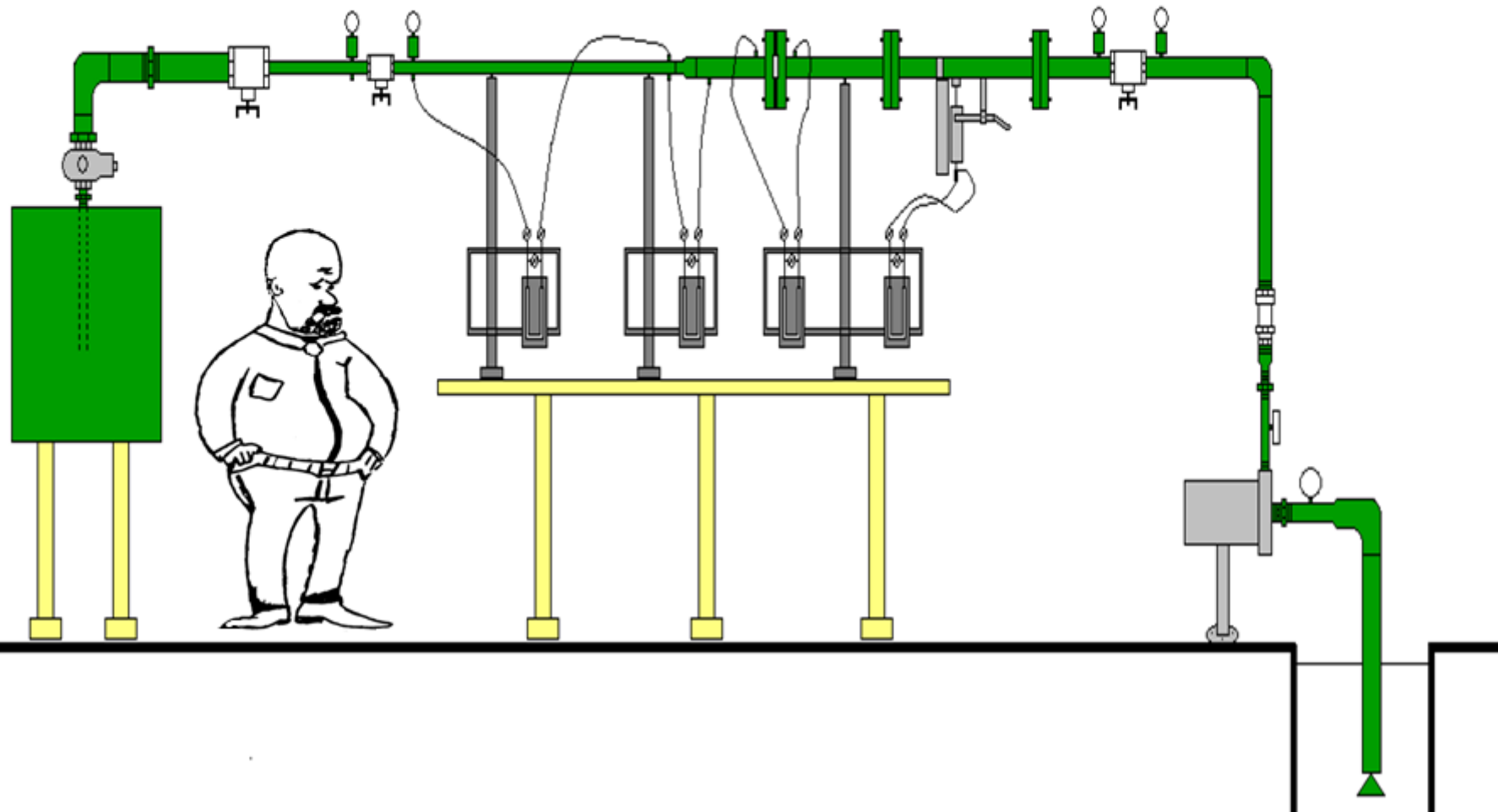
# Aula 9 de laboratório de ME5330

Experiência da associação em série de bombas; obtenção da equação da CCI de uma instalação de bombeamento, cálculo da perda em função da vazão e observar a influência da válvula agulha no ponto de trabalho da bomba.

Vamos iniciar com a associação em série das bombas B7 e B8, respectivamente as bombas das bancadas 7 e 8 do Centro Universitário da FEI.



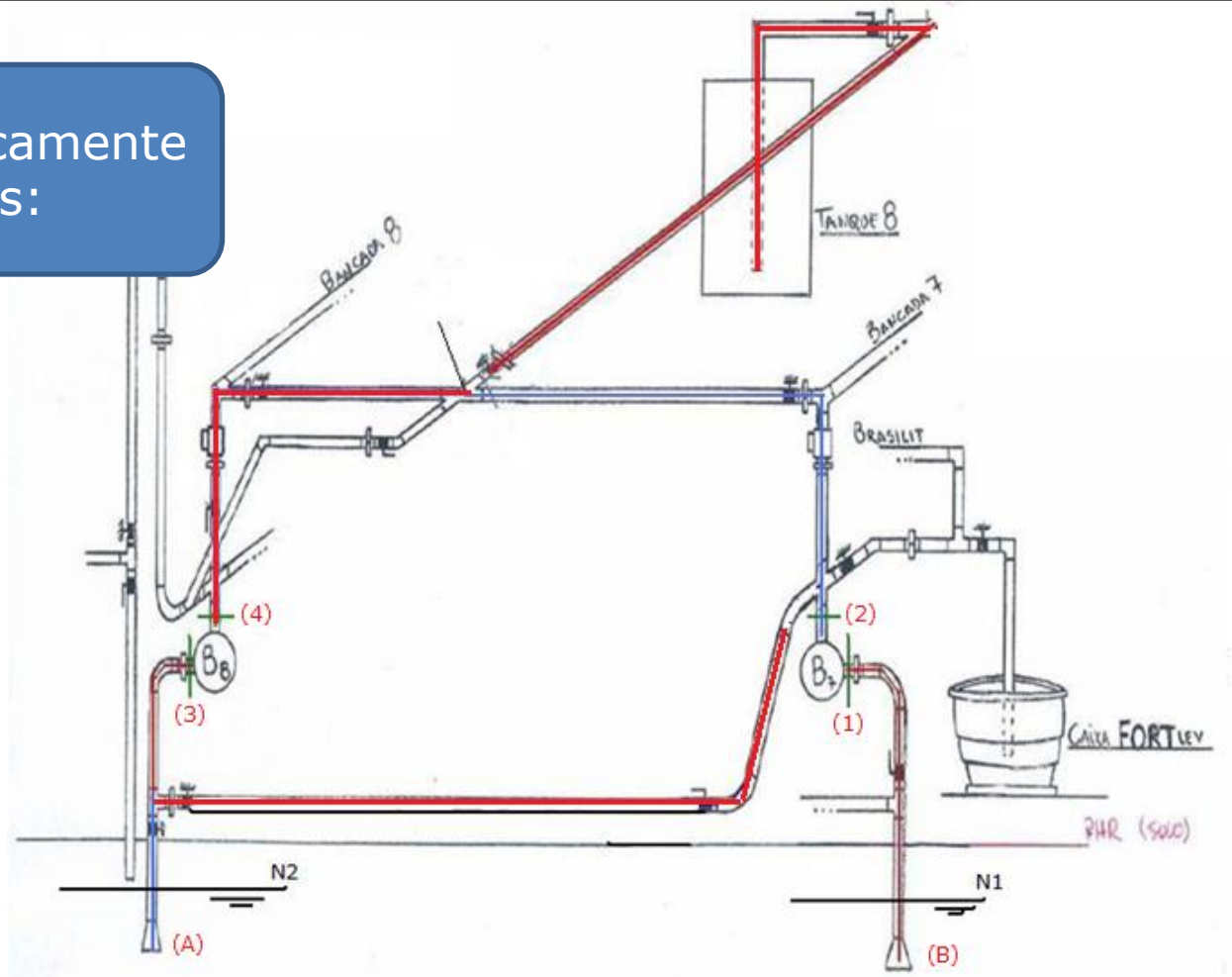
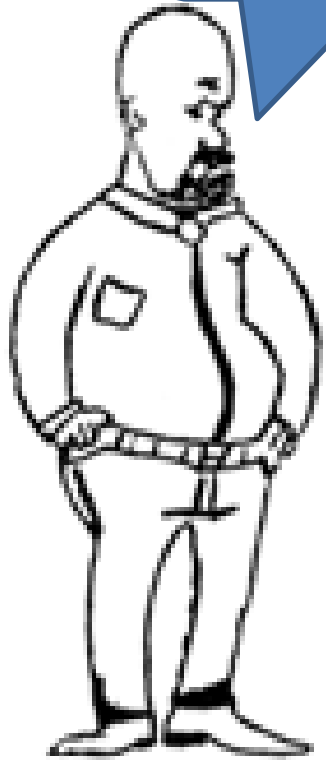
O próximo slide mostra a instalação de bombeamento utilizada.



Experiência da associação em  
série da B7 com a B8



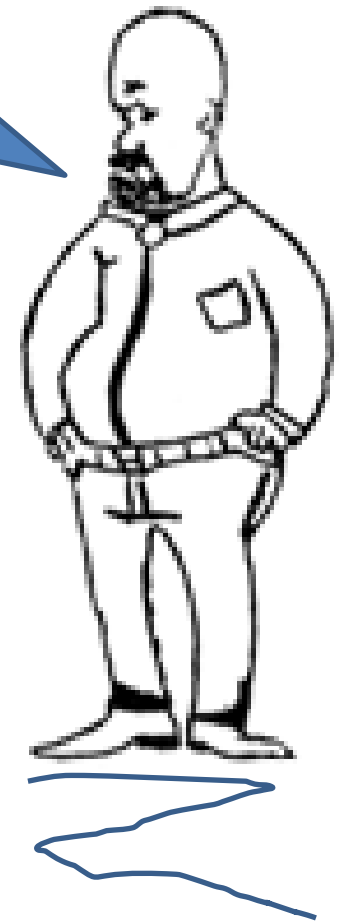
Esquemáticamente  
temos:



Quais seriam os objetivos dessa  
experiência?



Nessa experiência objetivamos obter a curva da  $H_b = f(Q)$  para a associação em série das bombas B7 e B8 e compará-la a obtida pelas informações fornecidas pelo fabricante das bombas no caso a Grundfos - Mark



GRUNDFOS

MARK

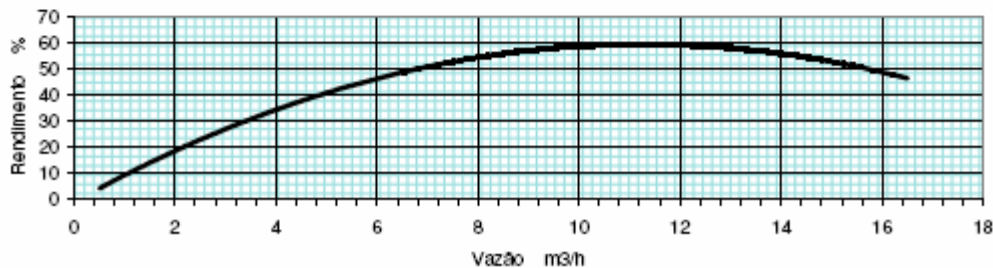
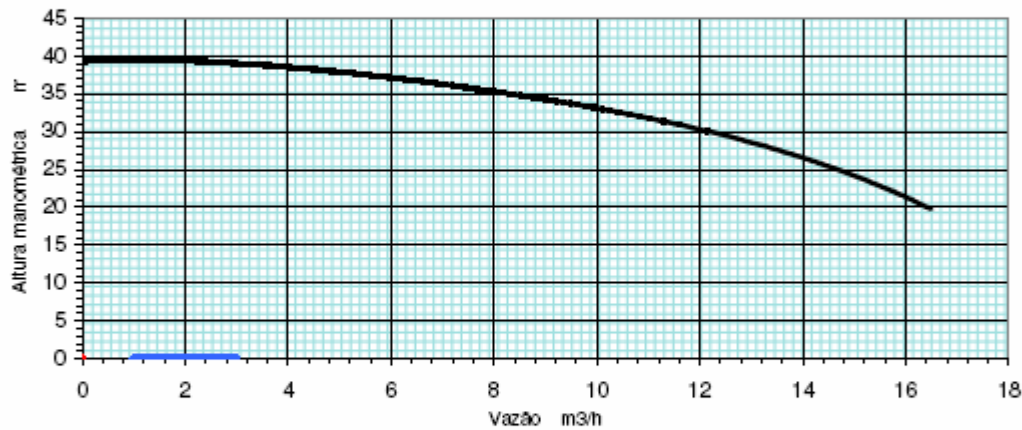
**MARK GRUNDFOS LTDA.****Bomba Centrífuga Monoestágio**

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

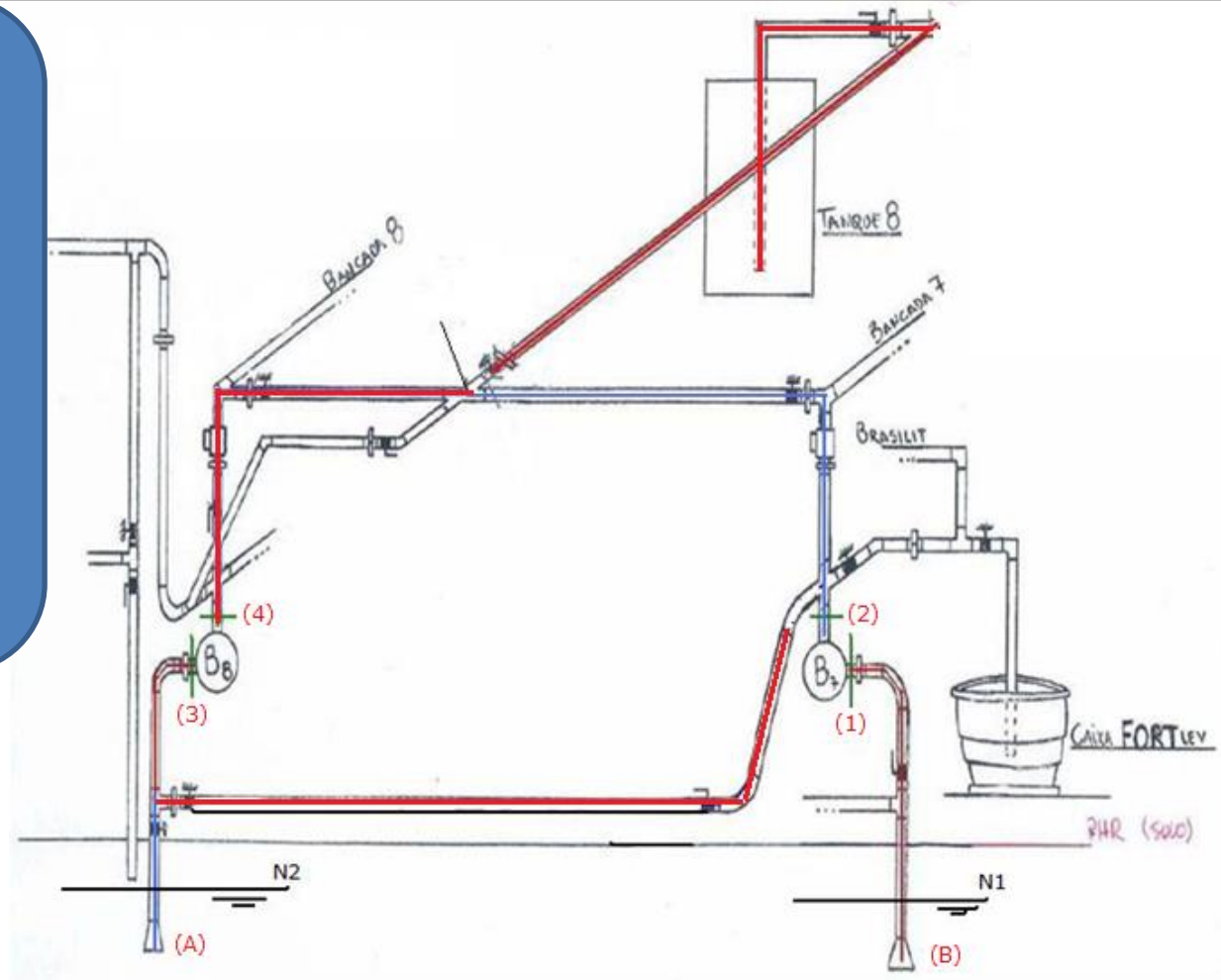


Com a curva fornecida pelo fabricante podemos obter a associação em série das bombas B7 e B8, que são iguais, mas isso para uma rotação de 3500 rpm e é por esse motivo que devemos corrigir os valores experimentais para essa rotação.

Tudo bem, mas como obtemos os valores experimentais?



Como optamos pelo caminho central da bancada alimentando o tanque 8, teremos duas possibilidades, uma não passando pela válvula agulha e outra passando por ela, em ambas situações a vazão será lida no reservatório superior da bancada 8 (tanque 8).



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







É fundamental que se registre as diferenças (no L e nos  $L_{eq}$ ) no escoamento sem a válvula agulha e com a válvula agulha



Já a carga manométrica será obtida aplicando-se a equação da energia da seção (1) a seção (4), como mostrado a seguir.



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

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

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

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

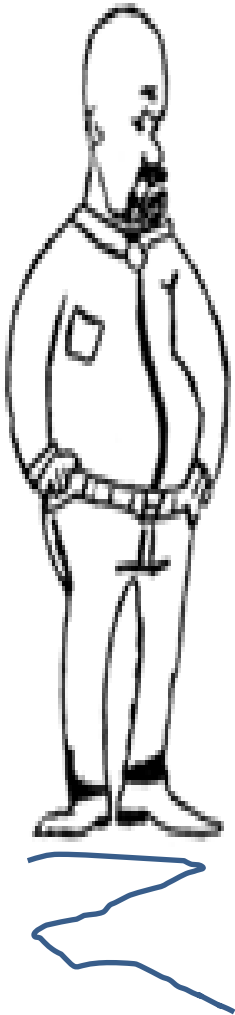
$$H_2 = H_3 + H_{p_{2 \rightarrow 3}} \Rightarrow H_{p_{2 \rightarrow 3}} = H_2 - H_3$$

$$H_{p_{1 \rightarrow 2}} = H_{p_{3 \rightarrow 4}} = 0 \Rightarrow \text{já consideradas no rendimento}$$

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

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

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



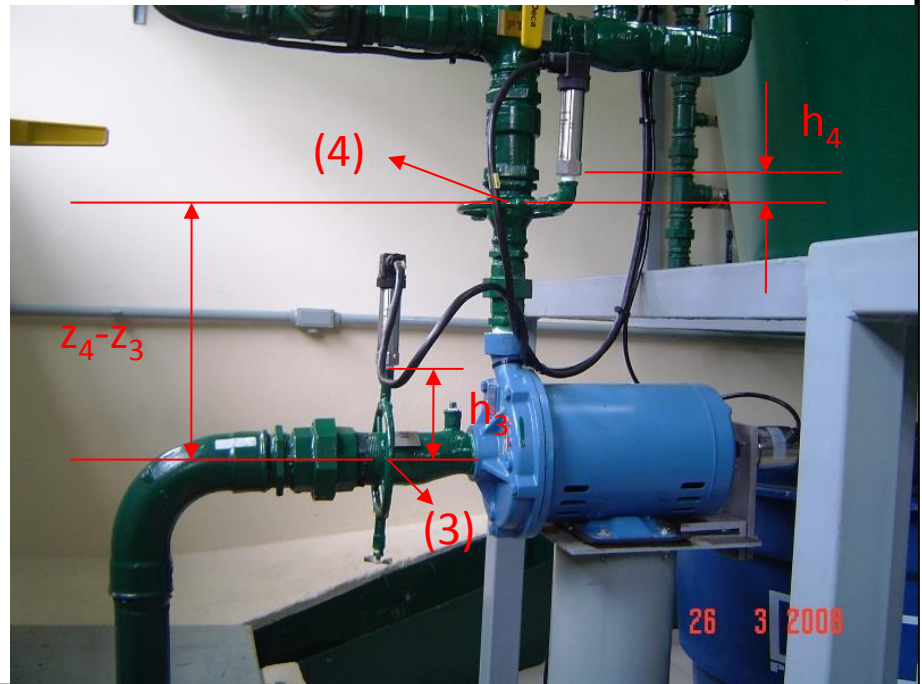
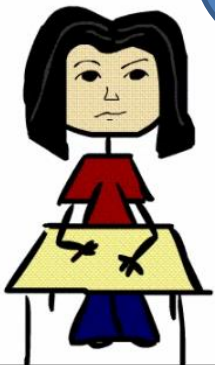


Não esquecer de registrar as cotas marcadas nas fotos, já que umas ( $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  e  $h_4$ ) serão utilizadas para corrigir as pressões obtidas pelo manômetro e as outras ( $z_2 - z_1$  e  $z_4 - z_3$ ) representam a variação da carga potencial



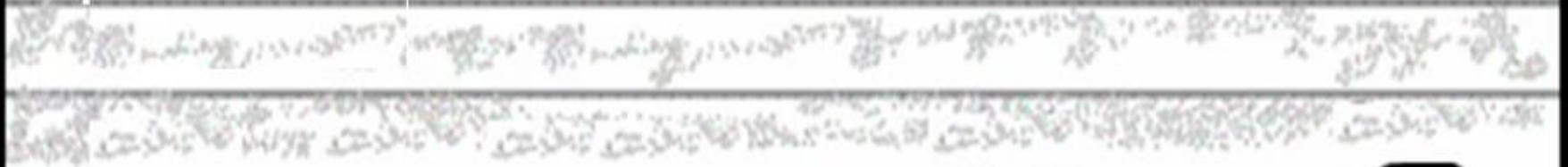
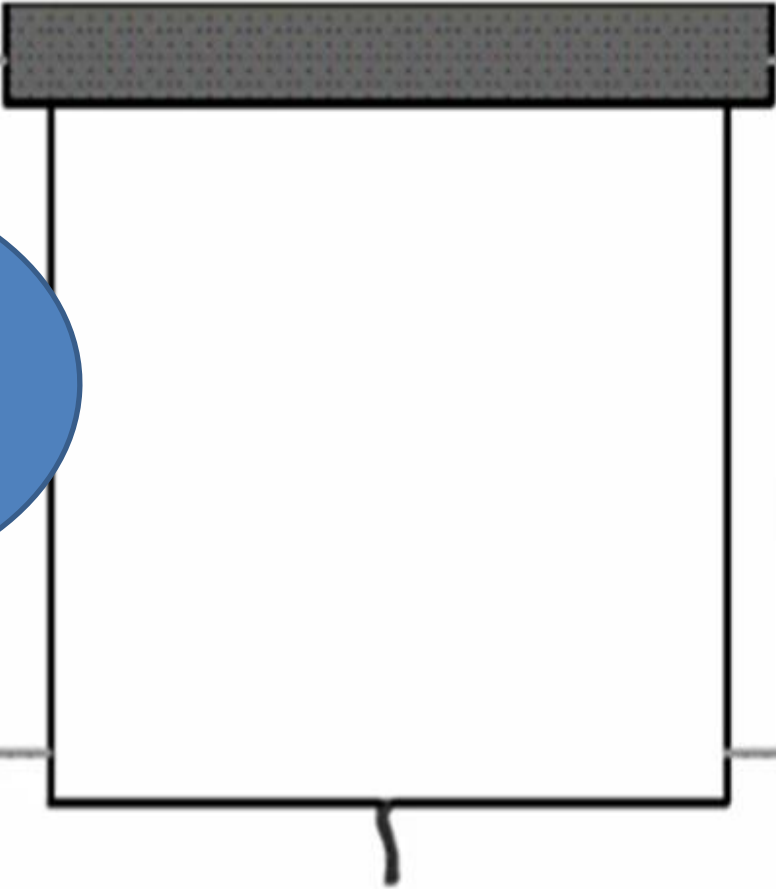
(1)

Os transdutores foram substituídos pelos manômetros metálicos tipo Bourdon.





E principalmente a bancada 8 (próximo slide) sofreu mudanças significativas.







A rotação experimental é lida pelo tacômetro.





Exemplo de tabela de dados para a associação em série da B7 com a B8 não passando pela válvula agulha

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)





Exemplo de tabela de dados para a associação em série da B7 com a B8 passando pela válvula agulha

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)

Observem as diferenças das tabelas anteriores e reflitam como obter a perda de carga originada pela válvula agulha, bem como o seu coeficiente de perda de carga.



Junto com a experiência da associação em série, pede-se escrever a equação da CCI para uma instalação de bombeamento utilizada para esvaziar o reservatório da Brasilit, refletindo sobre o ponto de trabalho da bomba escolhida..





Retirem a tampa para caracterizar a seção final. Sugiro considerar o PHR no chão do laboratório





Na instalação considerada existem tubos de PVC e tubos de aço.

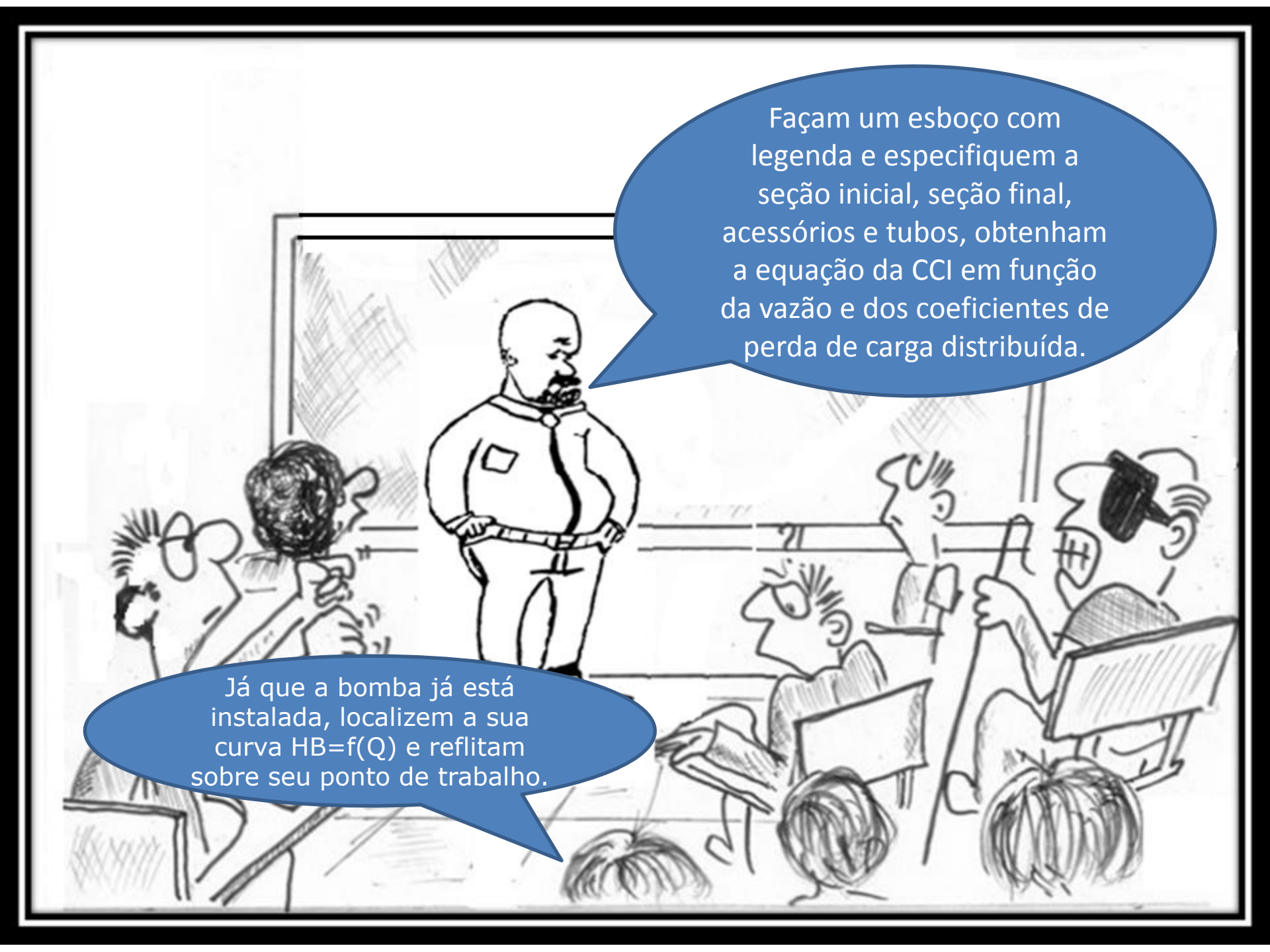




inicial

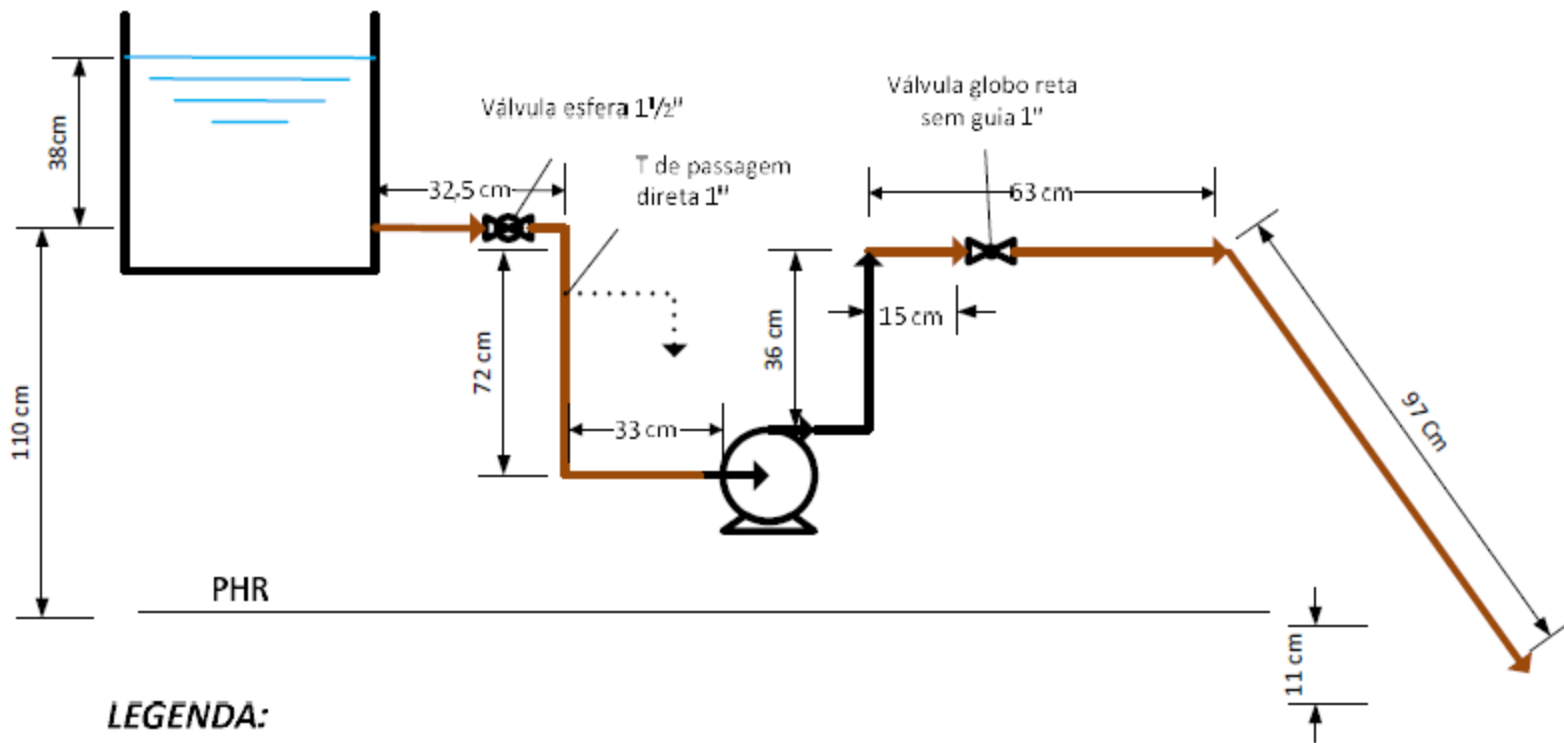


Considere o nível  
d'água constante e  
estando na seção  
inicial.



Façam um esboço com legenda e especifiquem a seção inicial, seção final, acessórios e tubos, obtenham a equação da CCI em função da vazão e dos coeficientes de perda de carga distribuída.

Já que a bomba já está instalada, localizem a sua curva  $HB=f(Q)$  e reflitam sobre seu ponto de trabalho.



**LEGENDA:**  
**MARROM** – PVC  
**PRETO** – AÇO

Esboço da instalação



## SINGULARIDADES:

Válvula esfera de 1 ½" (Mipel)

Niple 1 ½" (Aço)

Bucha de redução de 1 ½" para 1 (Aço)

Adaptador de 1" (PVC)

Joelho fêmea 90° 1" (PVC)

Tê de passagem direta 1" (PVC)

Joelho fêmea 90° 1" (PVC)

Adaptador de 1" (PVC)

União de 1" (aço)

Niple de 1" (Aço)

Bomba (Apenas para localização)

Luva de 1" (Aço)

Niple de 1" (Aço)

Luva de 1" (Aço)

Joelho fêmea 90° 1" (Aço)

Adaptador de 1" (PVC)

Adaptador de 1" (PVC)

Válvula Globo reta sem guia 1"  
(MIPÉL)

Adaptador 1" (PVC)

União 1" (PVC)

Joelho fêmea de 90° 1" (PVC)

Saída de tubulação 1" (PVC)



Estas singularidades encontram-se na instalação representada no slide anterior.