# Aula 3 de fenômenos de transporte

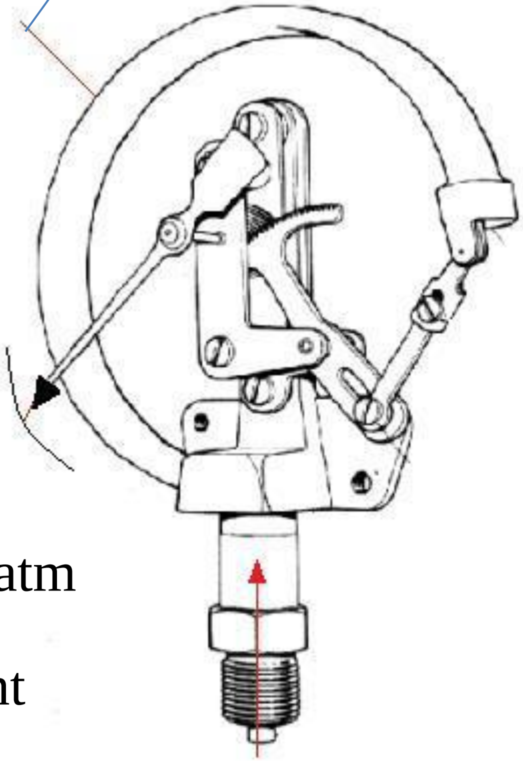
21/02/2013

**Pressão manométrica** é a pressão medida com relação à pressão da atmosfera. A diferença entre pressão manométrica e pressão absoluta é a pressão atmosférica. A pressão manométrica também é chamada de pressão efetiva que é aquela que adota como zero a pressão atmosférica local (pressão barométrica).
Por ser mais barato, pois o sensor é mais simples, geralmente se mede a pressão manométrica.


$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$

**Mede a pressão manométrica, que é a pressão interna menos a externa.**

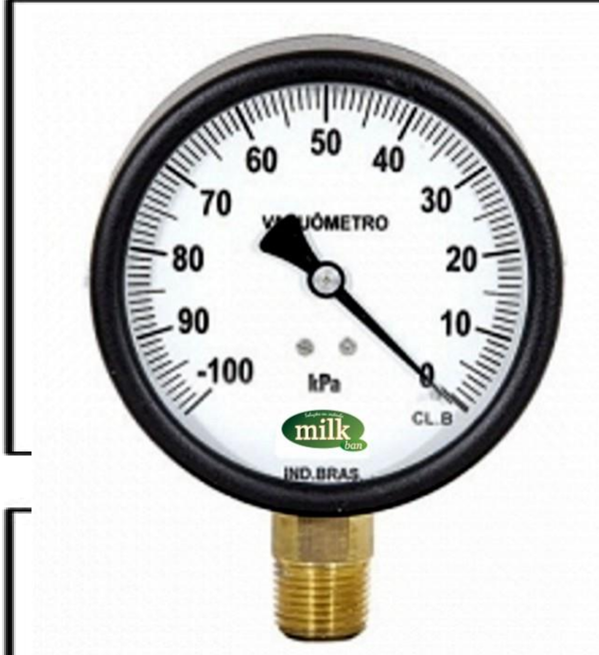
8. Manômetro metálico tipo Bourdon



$$p_{ext} = p_{atm}$$

$$p_m = p_{int}$$


Manômetro = só escala positiva




Vacuômetro = só escala negativa

$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$

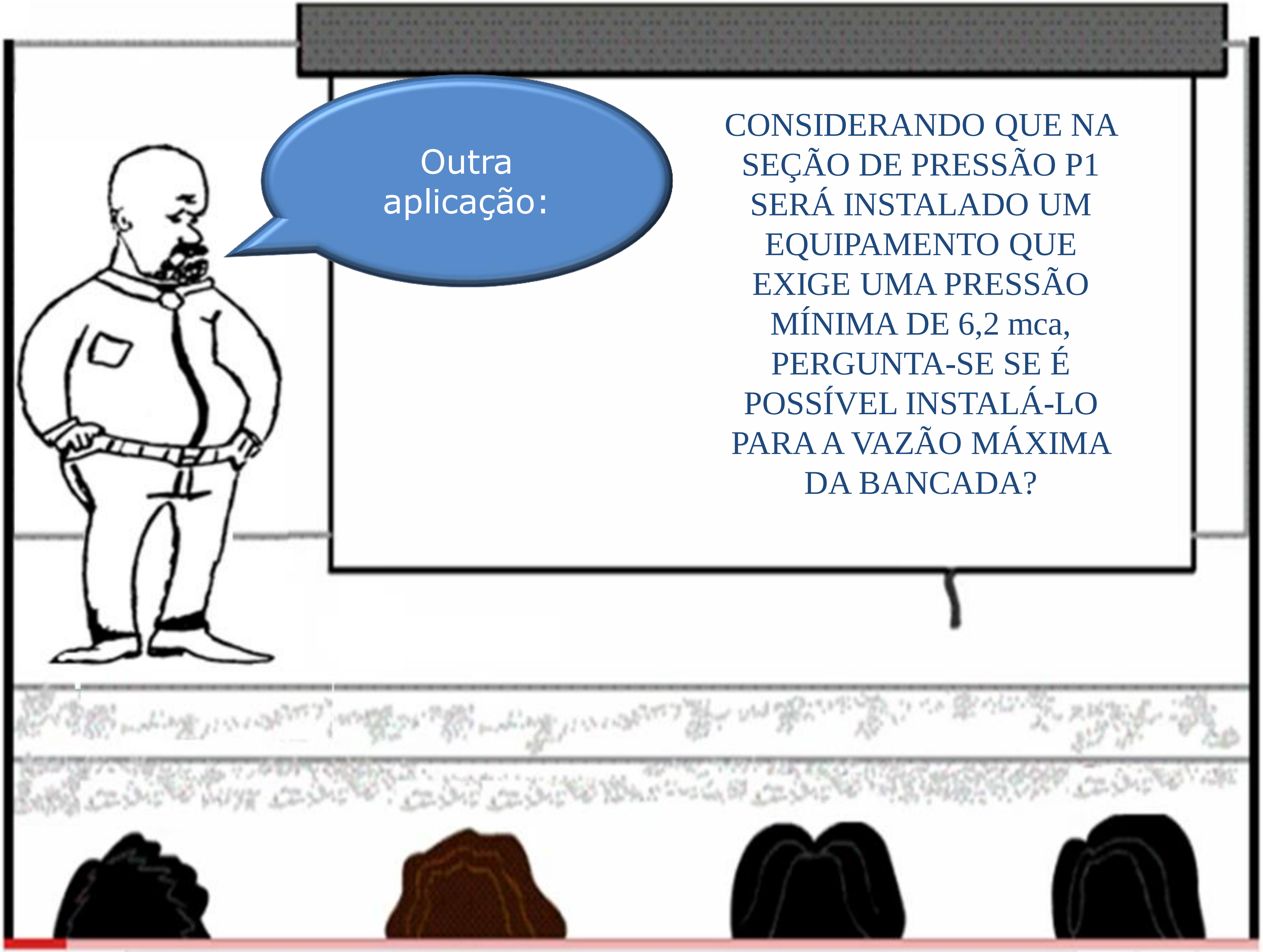
$$\text{Se } p_{ext} = p_{atm} \rightarrow p_m = p_{int}$$



Manovacuômetro = apresenta a escala negativa e a escala positiva

$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$

$$\text{Se } p_{ext} = p_{atm} \rightarrow p_m = p_{int}$$


Outra aplicação:
CONSIDERANDO QUE NA SEÇÃO DE PRESSÃO P1 SERÁ INSTALADO UM EQUIPAMENTO QUE EXIGE UMA PRESSÃO MÍNIMA DE 6,2 mca, PERGUNTA-SE SE É POSSÍVEL INSTALÁ-LO PARA A VAZÃO MÁXIMA DA BANCADA?

# DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE FORMA DIRETA

$$\text{vazão} = Q$$

$$Q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t}$$

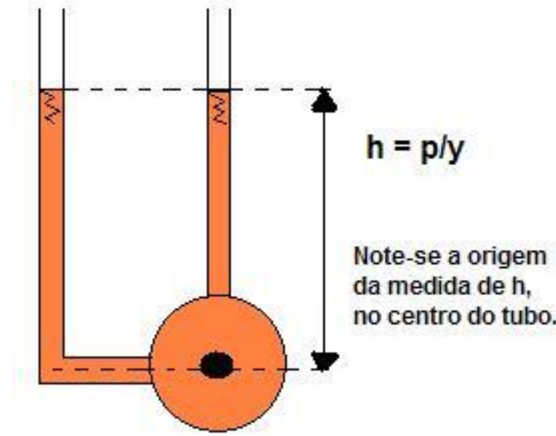
$$V = A_{\text{tanque}} \times \Delta h$$

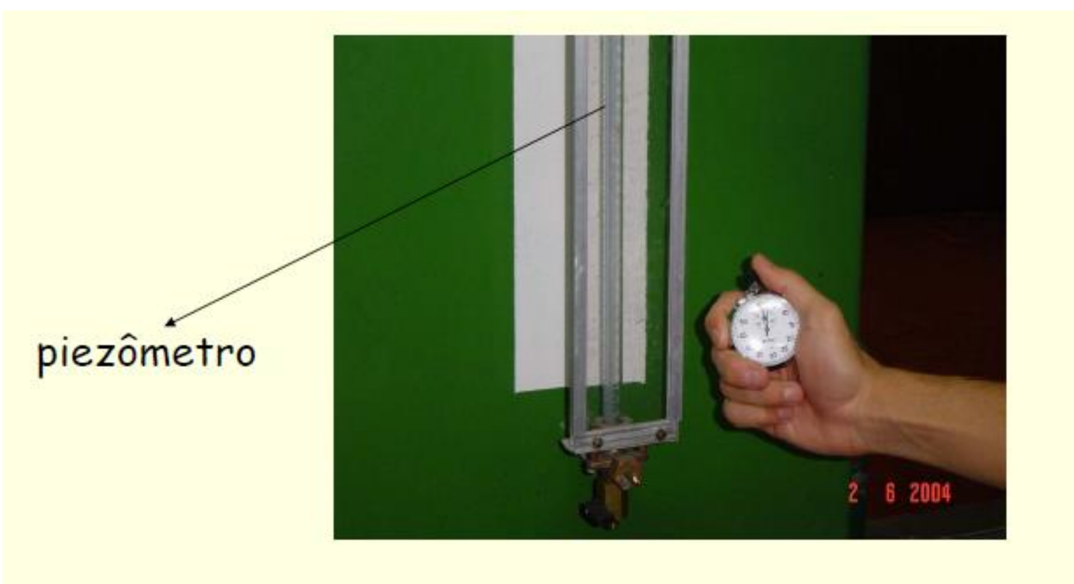
$$A_{\text{tanque}} = ?\ m^2$$

9. Piezômetro

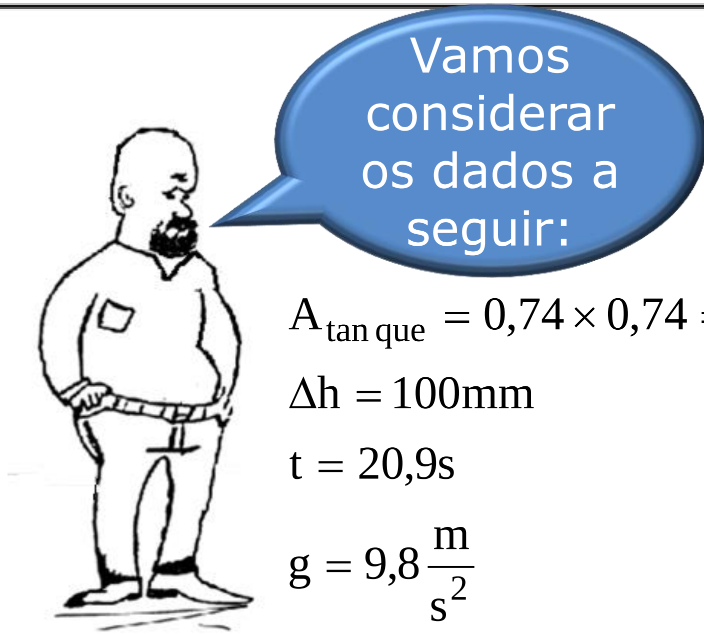
## PIEZÔMETRO LIMITAÇÕES

Não mede pressões negativas (não se forma a coluna de líquido)




É impraticável para medida de pressões elevadas (a altura da coluna será muito alta)
Não mede pressão de gases (o gás escapa, não formando a coluna)

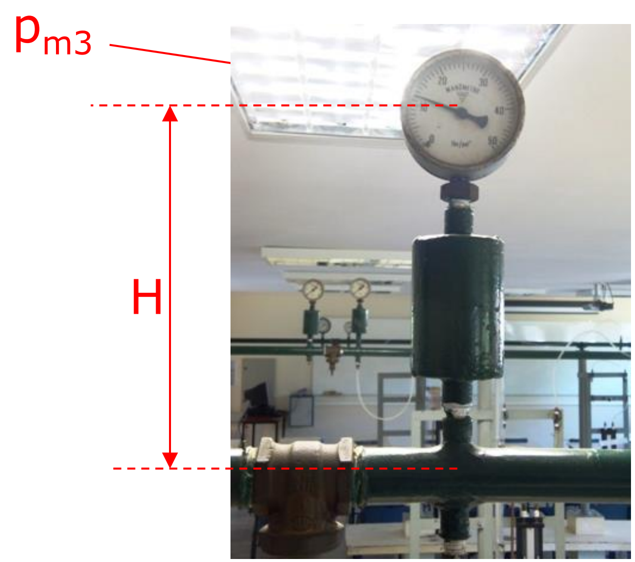


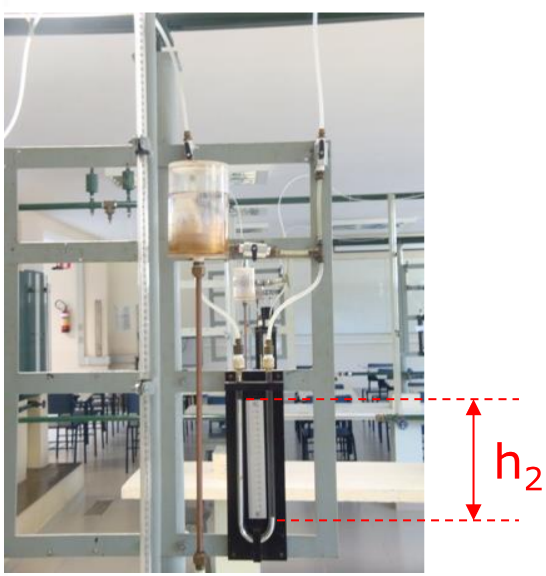

$$A_{\tan que} = 0{,}74 \times 0{,}74 = 0{,}5476\text{m}$$

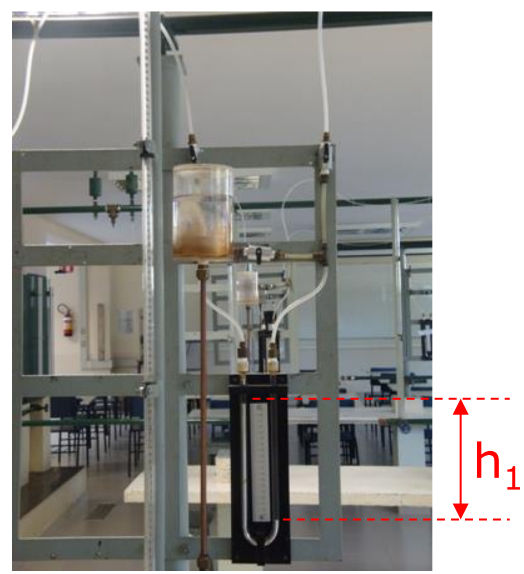
$$\Delta h = 100\text{mm}$$

$$t = 20{,}9\text{s}$$

$$g = 9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$




$$h_1 = 150\text{mm}$$

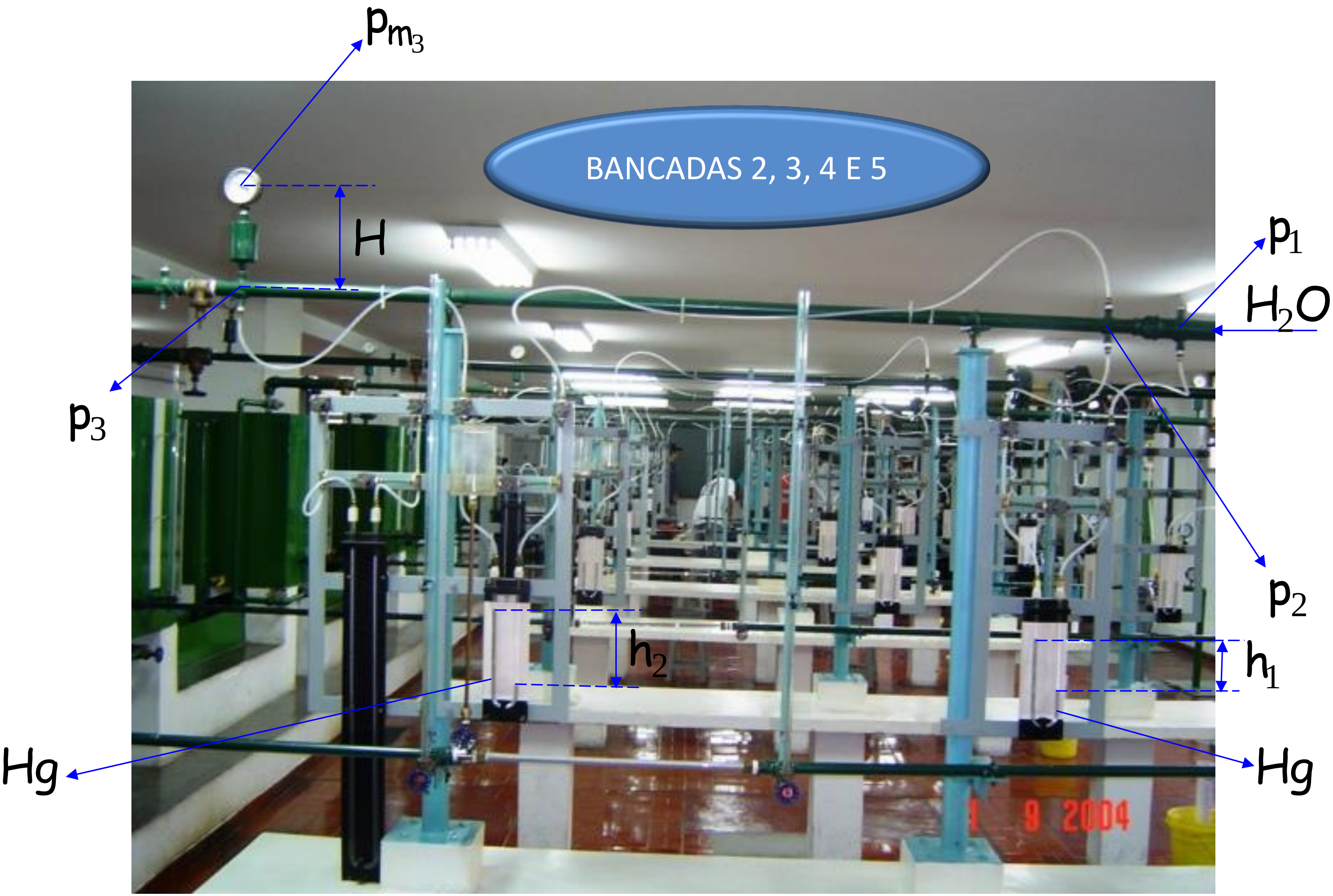
$$h_2 = 200\text{mm}$$

$$H = 230\text{mm}$$

$$p_{m3} = 12\,\frac{\text{lbf}}{\text{pol}^2}\,(\text{ou psi})$$

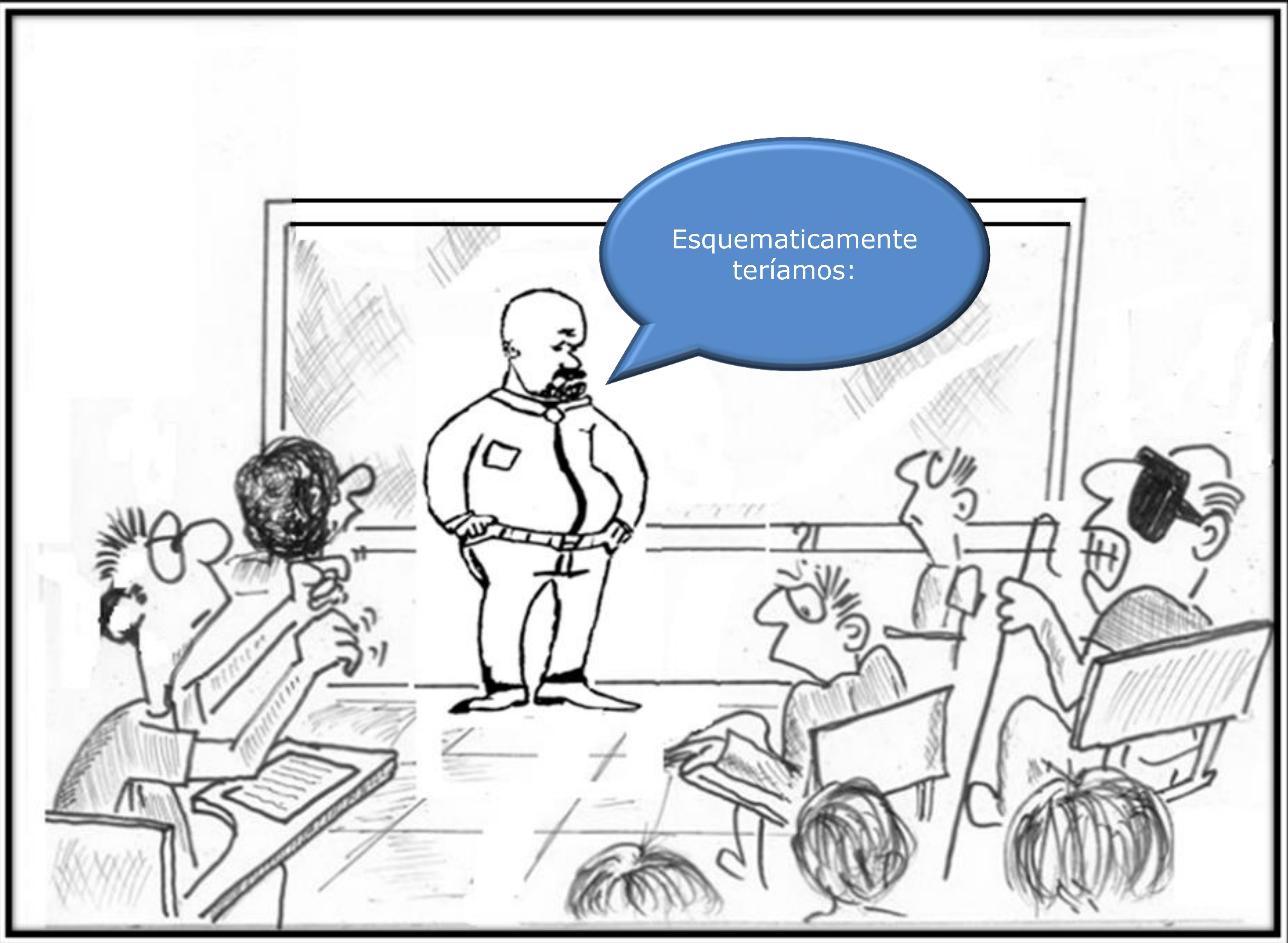
$$\rho_{\text{água}} = 998{,}2\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{Hg} = 13600\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

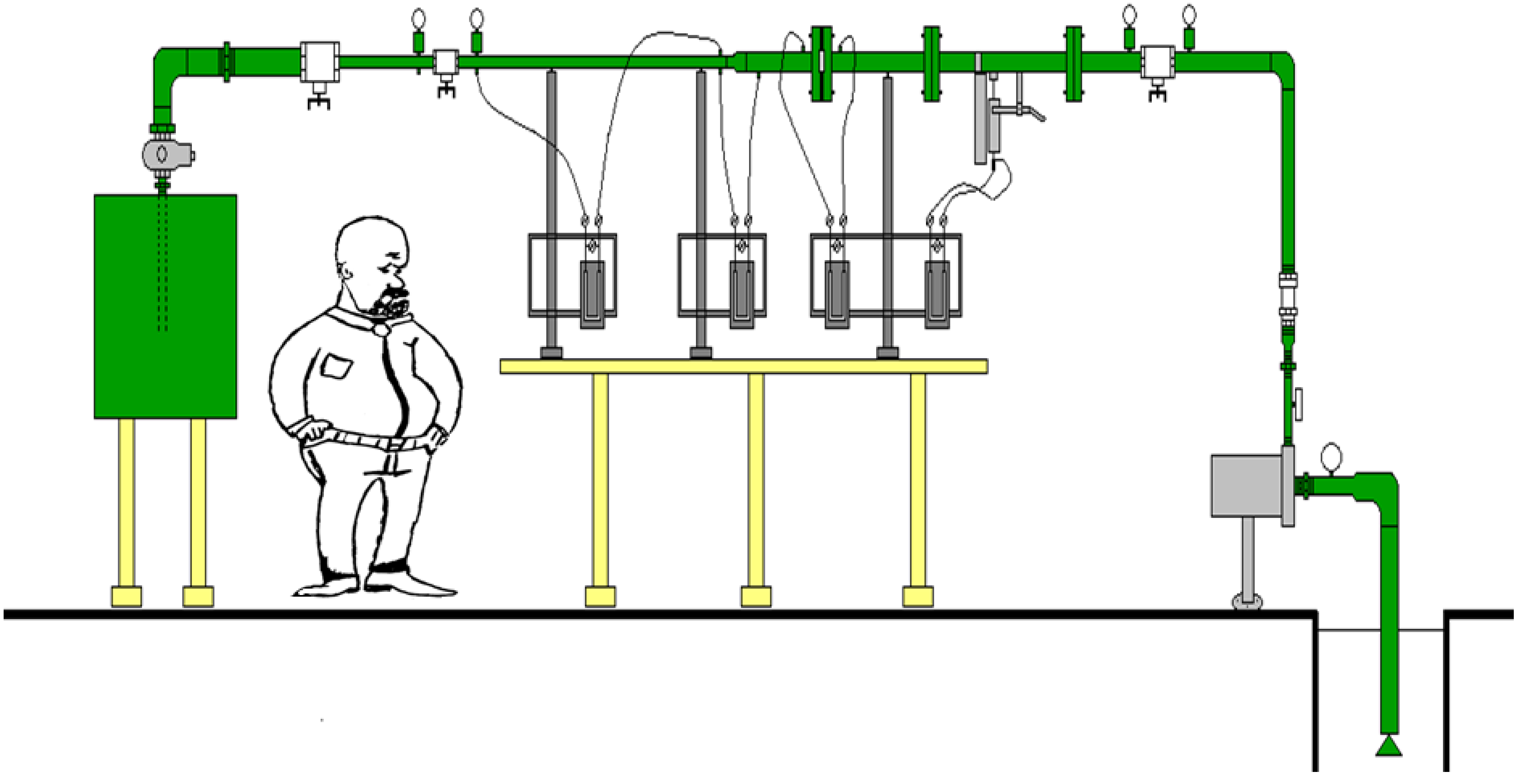

BANCADAS 2, 3, 4 E 5
$p_{m_3}$
$H$
$p_3$
$p_1$
$H_2O$
$p_2$
$h_2$
$h_1$
Hg
Hg
1 9 2004


BANCADA 1
$P_1$

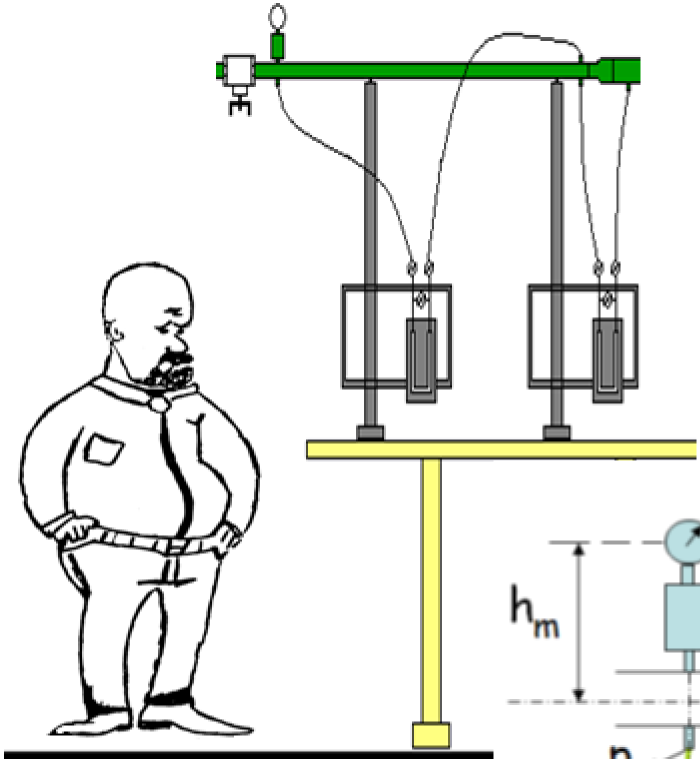

BANCADA 6
$P_1$

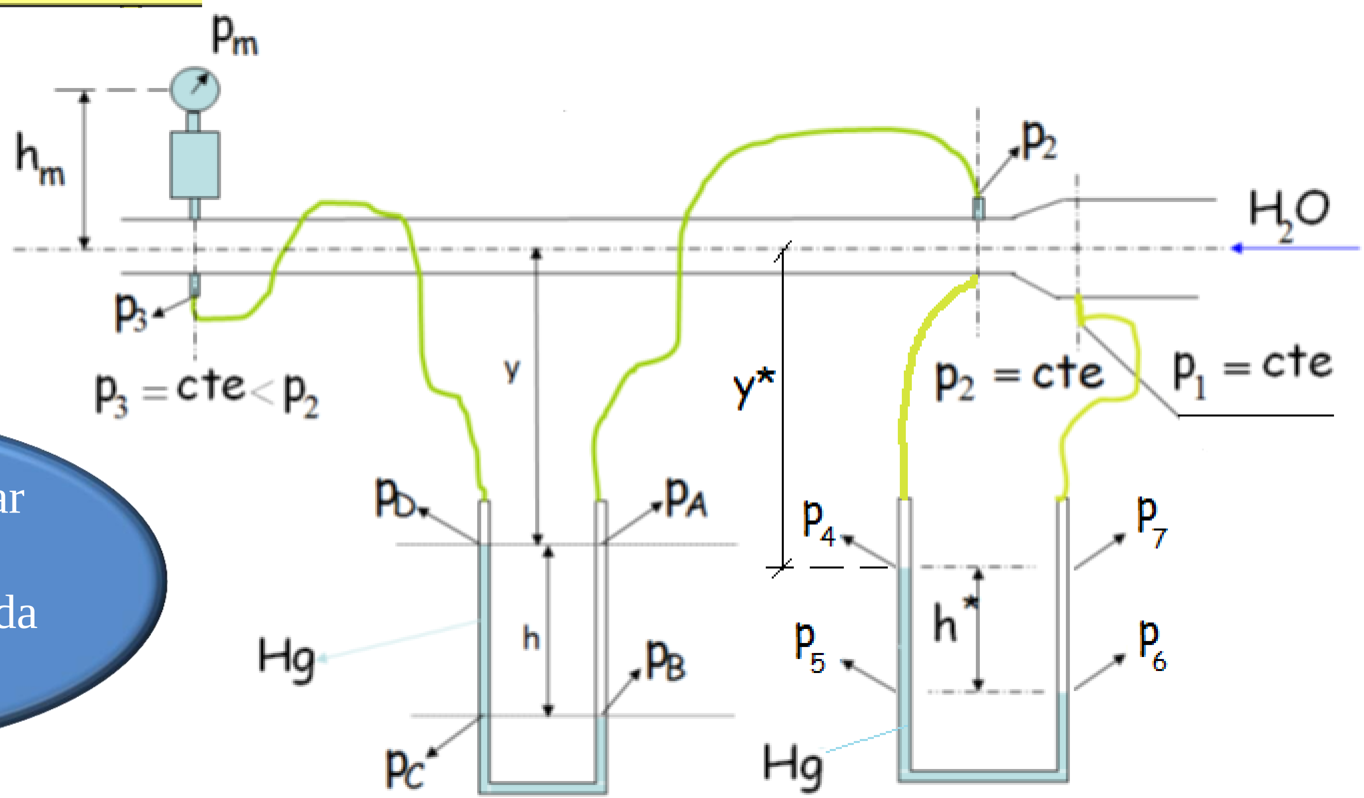

Esquematicamente teríamos:

Um exercício prático através de dados coletados na bancada do laboratório.



Para a vazão máxima determine a pressão $p_1$ e verifique a possibilidade de se instalar um dado equipamento na mesma que necessita de uma pressão mínima de 8,2 mca.






Importante observar que a pressão é constante na seção da tubulação.


$$p_3 - p_m = \gamma_{H_2O} \times h_m \Rightarrow p_3 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m \rightarrow (1)$$

$$p_D - p_3 = \gamma_{H_2O} \times y \Rightarrow p_D = p_3 + \gamma_{H_2O} \times y$$

$$\therefore p_D = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + \gamma_{H_2O} \times y \rightarrow (2)$$

$$p_C - p_D = \gamma_{H_G} \times h \Rightarrow p_C = p_D + \gamma_{H_G} \times h$$

$$\therefore p_C = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + \gamma_{H_2O} \times y + \gamma_{H_G} \times h \rightarrow (3)$$

$$p_C = p_B$$

$$\therefore p_B = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + \gamma_{H_2O} \times y + \gamma_{H_G} \times h \rightarrow (4)$$

$$p_B - p_A = \gamma_{H_2O} \times h \Rightarrow p_A = p_B - \gamma_{H_2O} \times h$$

$$\therefore p_A = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + \gamma_{H_2O} \times y + \gamma_{H_G} \times h - \gamma_{H_2O} \times h \rightarrow (5)$$

$$p_A - p_2 = \gamma_{H_2O} \times y \Rightarrow p_2 = p_A - \gamma_{H_2O} \times y$$

$$\therefore p_2 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + \gamma_{H_2O} \times y + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h - \gamma_{H_2O} \times y$$

$$p_2 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h \rightarrow (6)$$

$$p_4 - p_2 = \gamma_{H_2O} \times y^* \Rightarrow p_4 = p_2 + \gamma_{H_2O} \times y^*$$

$$\therefore p_4 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h + \gamma_{H_2O} \times y^* \rightarrow (7)$$

$$p_5 - p_4 = \gamma_{H_G} \times h^* \Rightarrow p_5 = p_4 + \gamma_{H_G} \times h^*$$

$$\therefore p_5 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h + \gamma_{H_2O} \times y^* + \gamma_{H_G} \times h^* \rightarrow (8)$$

$$p_5 = p_6$$

$$\therefore p_6 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h + \gamma_{H_2O} \times y^* + \gamma_{H_G} \times h^* \rightarrow (9)$$

$$p_6 - p_7 = \gamma_{H_2O} \times h^* \Rightarrow p_7 = p_6 - \gamma_{H_2O} \times h^*$$

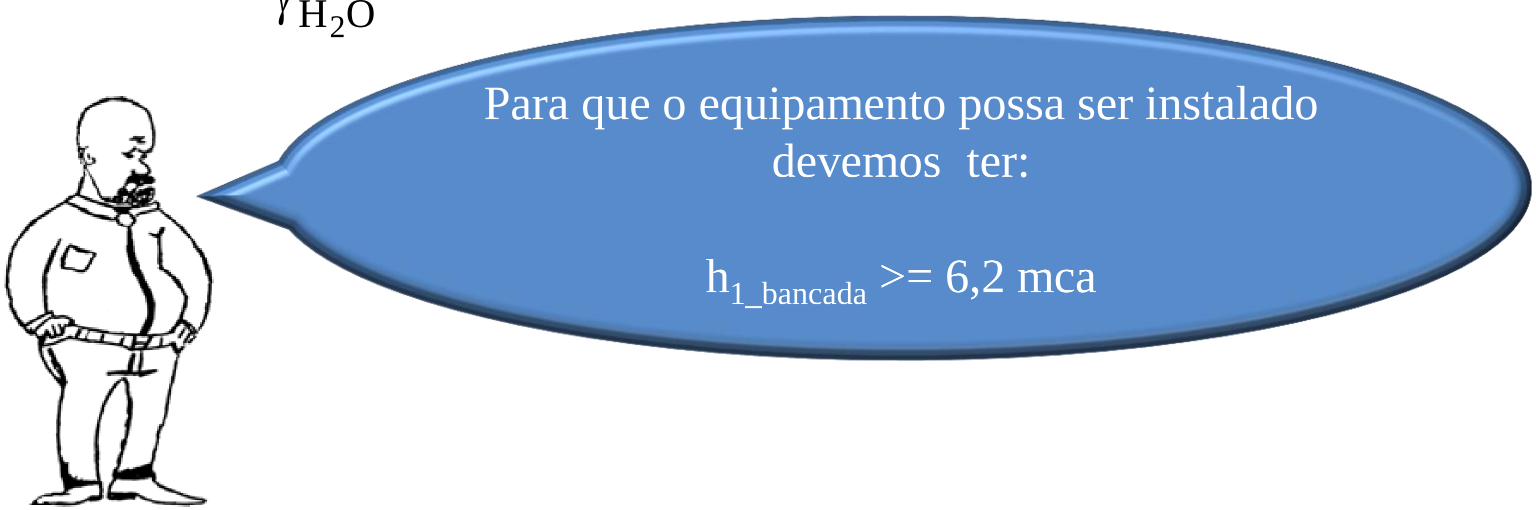
$$p_7 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h + \gamma_{H_2O} \times y^* + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h^* \rightarrow (10)$$

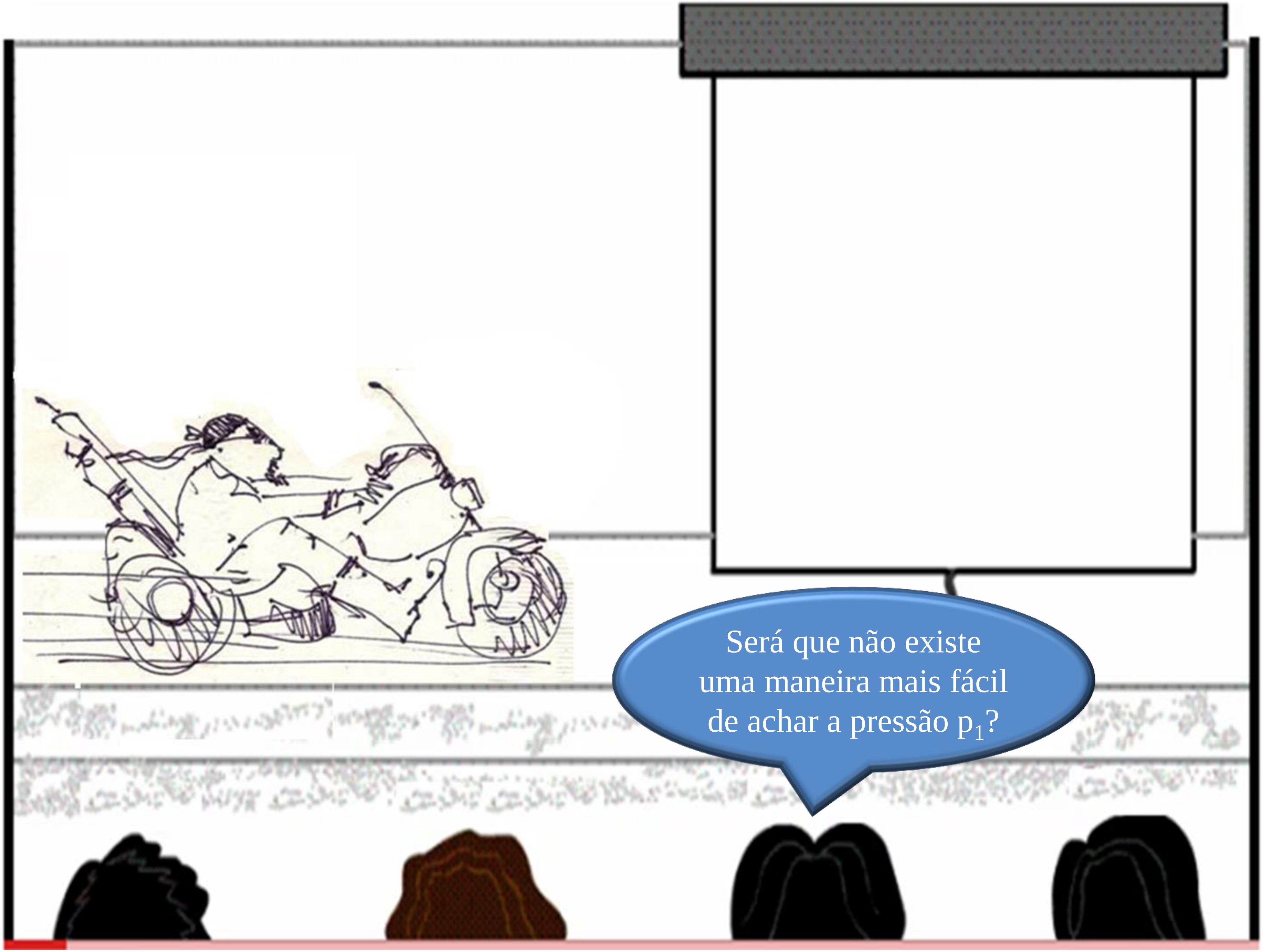
$$p_7 - p_1 = \gamma_{H_2O} \times y^* \Rightarrow p_1 = p_7 - \gamma_{H_2O} \times y^*$$

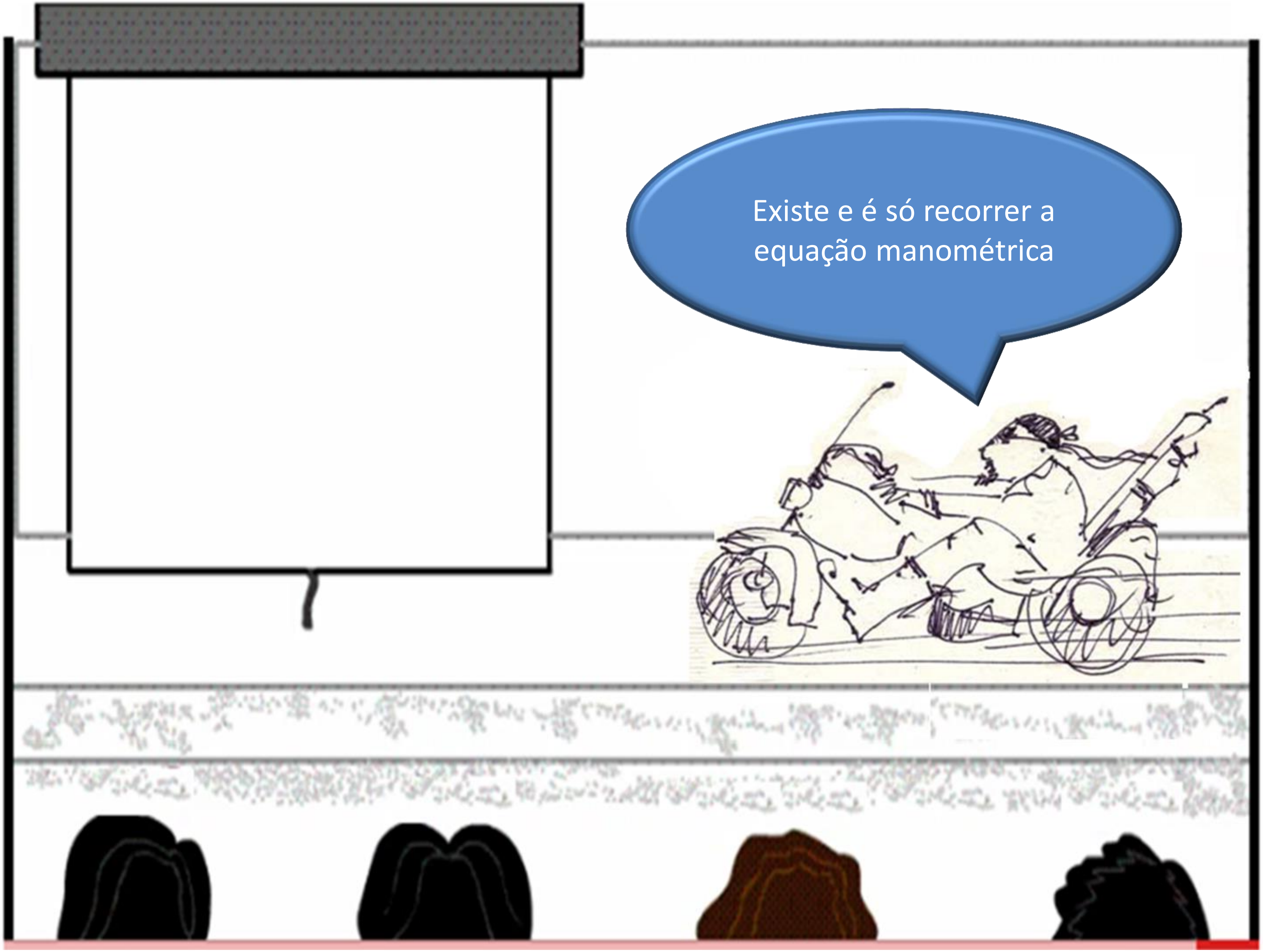
$$p_1 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h + \gamma_{H_2O} \times y^* + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h^* - \gamma_{H_2O} \times y^*$$

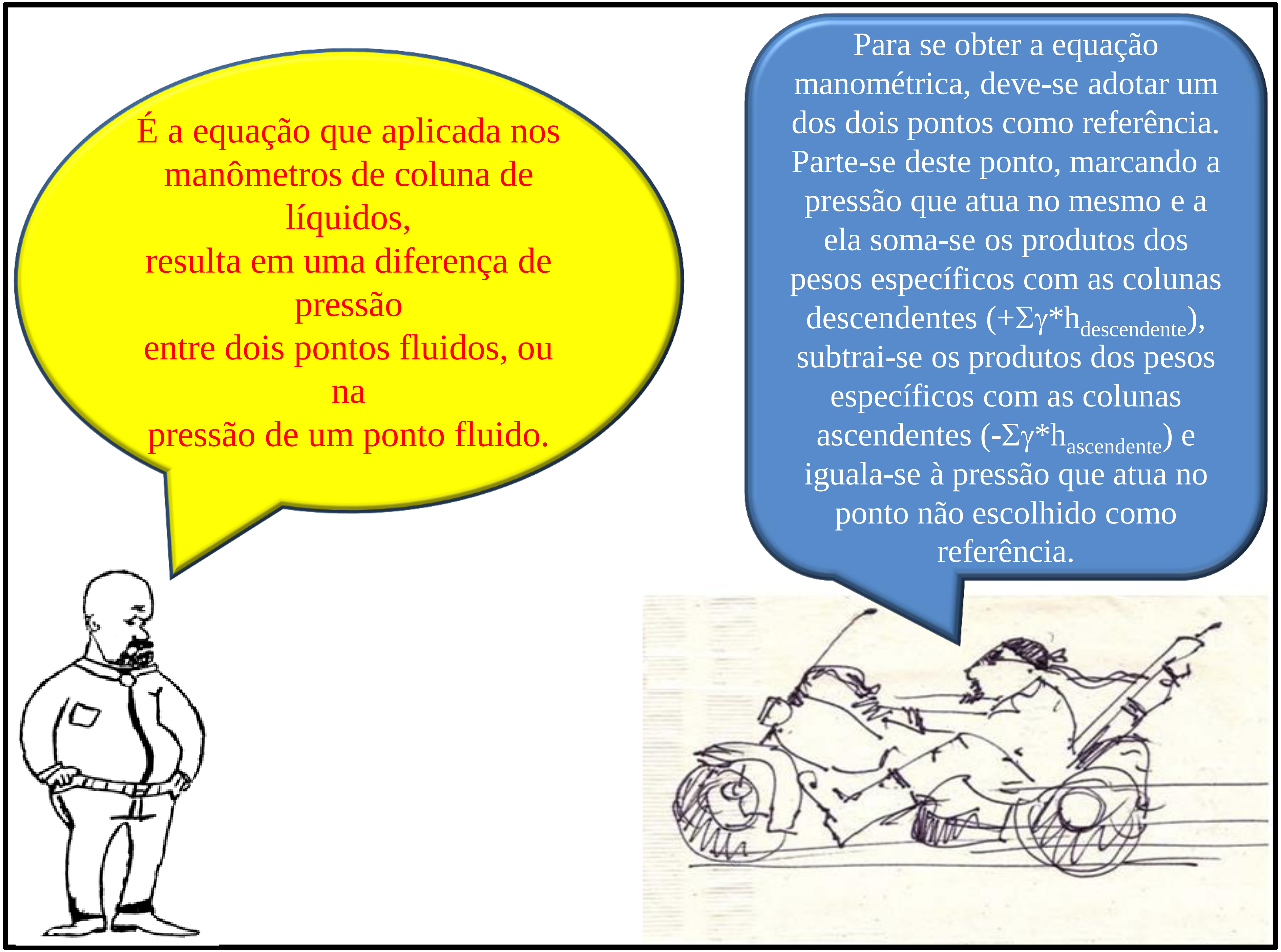
$$p_1 = p_m + \gamma_{H_2O} \times h_m + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h + (\gamma_{H_G} - \gamma_{H_2O}) \times h^* \rightarrow (11)$$

$$\therefore h_{1_{bancada}} = \frac{p_1}{\gamma_{H_2O}}$$




Será que não existe
uma maneira mais fácil
de achar a pressão $p_1$?


Existe e é só recorrer a
equação manométrica

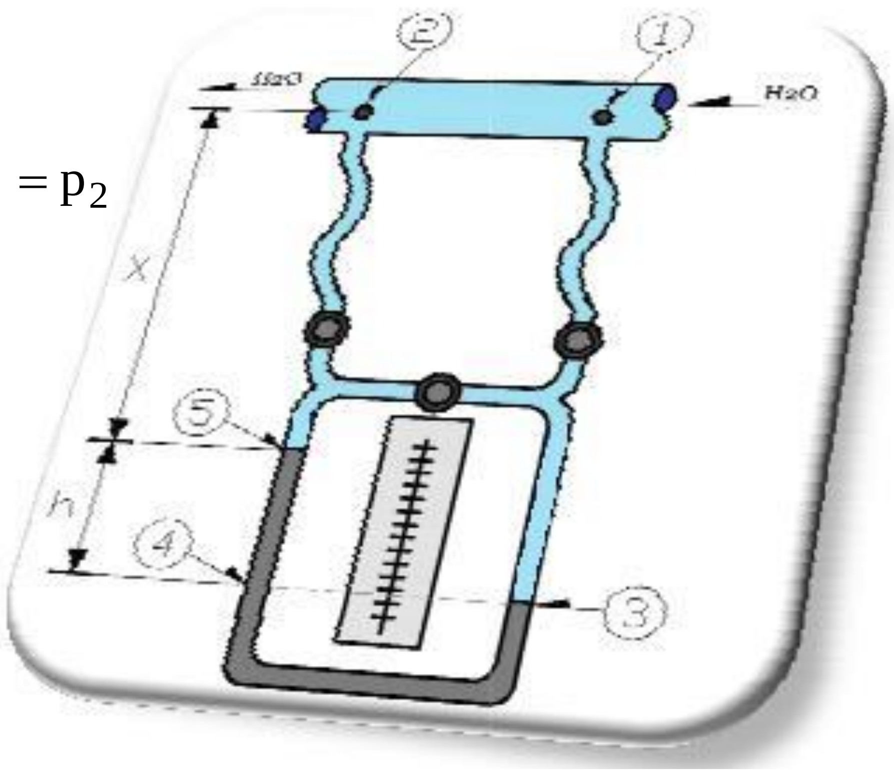

É a equação que aplicada nos manômetros de coluna de líquidos, resulta em uma diferença de pressão entre dois pontos fluidos, ou na pressão de um ponto fluido.
Para se obter a equação manométrica, deve-se adotar um dos dois pontos como referência. Parte-se deste ponto, marcando a pressão que atua no mesmo e a ela soma-se os produtos dos pesos específicos com as colunas descendentes ($+\Sigma\gamma * h_{descendente}$), subtrai-se os produtos dos pesos específicos com as colunas ascendentes ($-\Sigma\gamma * h_{ascendente}$) e iguala-se à pressão que atua no ponto não escolhido como referência.

# Aplicando-se a equação manométrica ao esboço abaixo, resulta:

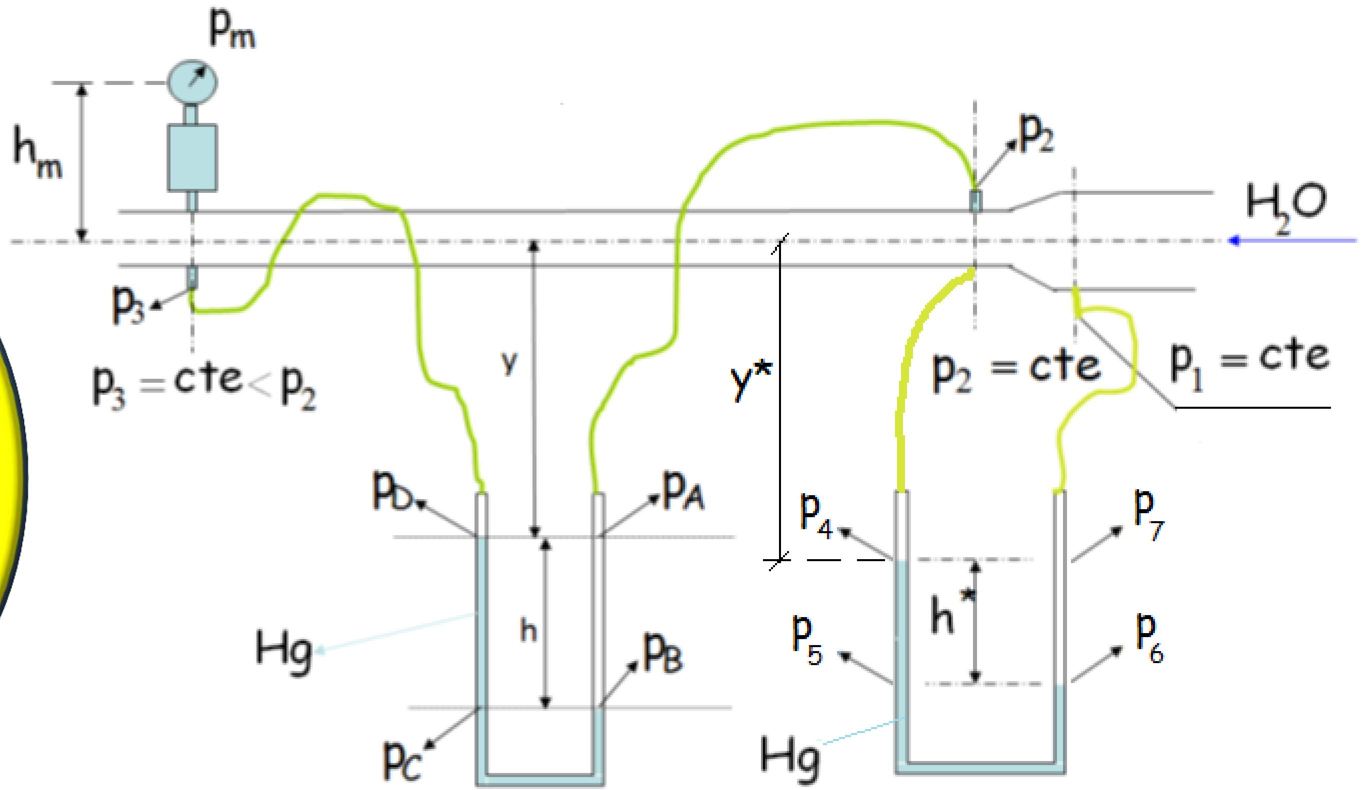
Adotando-se como referência o ponto (1):

$$p_1 + x \times \gamma_{H_2O} + h \times \gamma_{H_2O} - h \times \gamma_{Hg} - x \times \gamma_{H_2O} = p_2$$

$$p_1 - p_2 = h \times \left(\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}\right)$$



Com a origem no manômetro metálico resulta:




$$p_m + \gamma_{água} \times h_m + h \times \gamma_{Hg} - h \times \gamma_{H_2O} + h^* \times \gamma_{Hg} - h^* \times \gamma_{H_2O} = p_1$$

Assista esta solução no YouTube na página:

**http://www.youtube.com/watch?v=DqyWxYhFSPU&feature=related**