

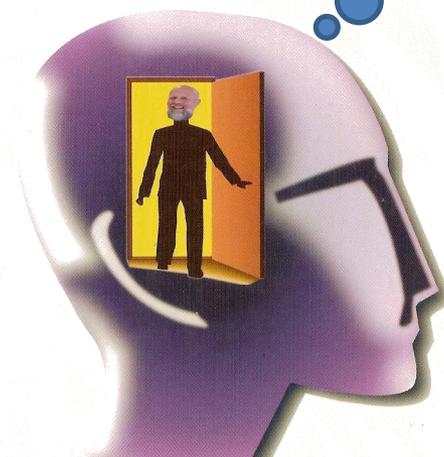
# Primeira aula de laboratório de ME4310

Segundo semestre de 2014



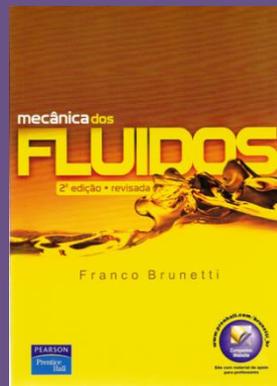
O que iremos  
fazer?

Capítulo 2:  
Estática dos  
Fluidos



Nas aulas de  
laboratório  
estudaremos  
o capítulo 2

Bibliografia  
básica:  
Mecânica dos  
Fluidos –  
Franco  
Brunetti



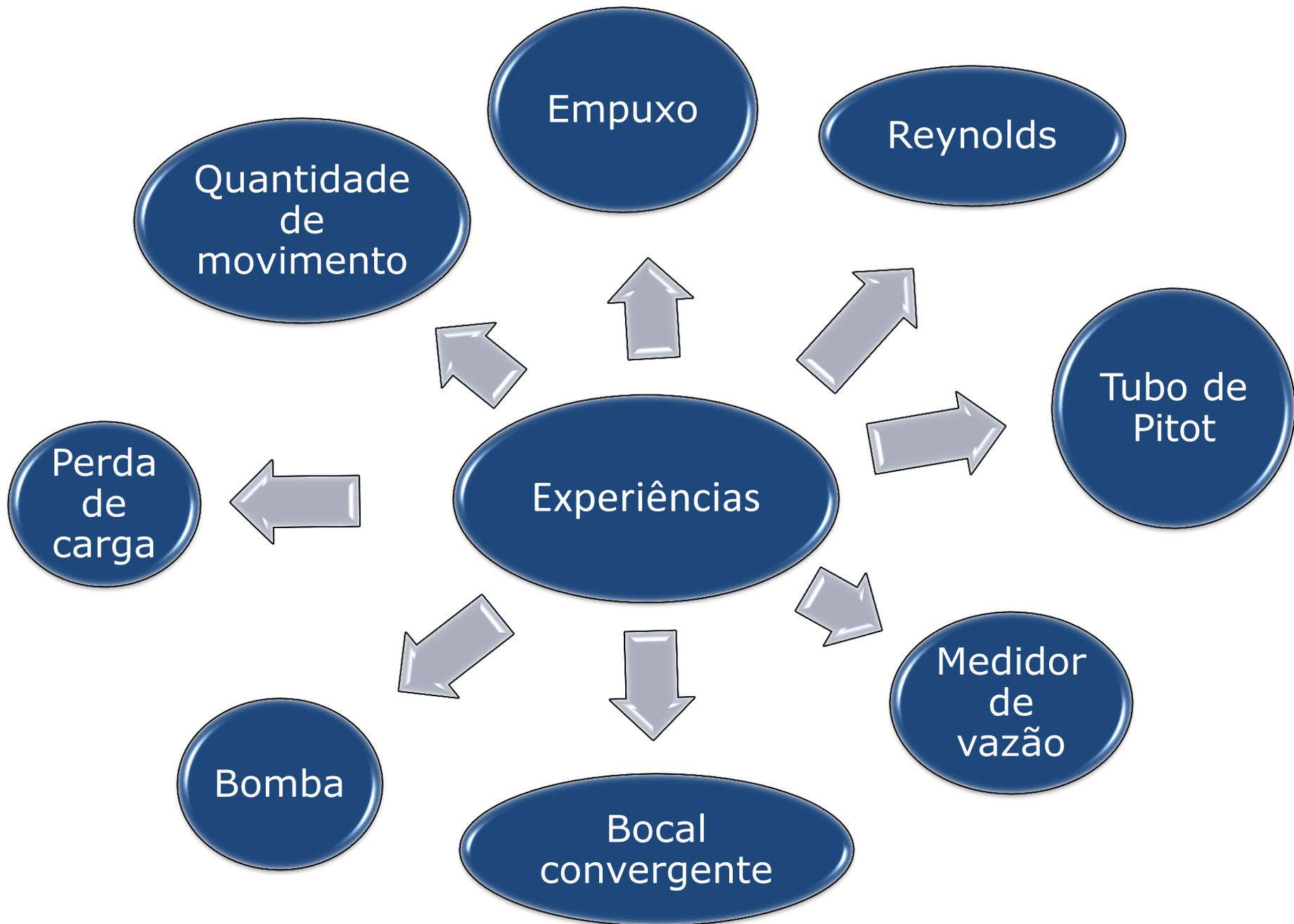
E não faremos  
experiências?



A black and white cartoon illustration of a classroom. A teacher with a beard and a mustache stands at the front, looking towards a group of students. The students are seated at desks, some holding books or papers. One student on the right is wearing sunglasses. A blue speech bubble is positioned above the teacher, and a green speech bubble is positioned below the students.

Iremos fazer  
uma série de  
experiências!

Quais?





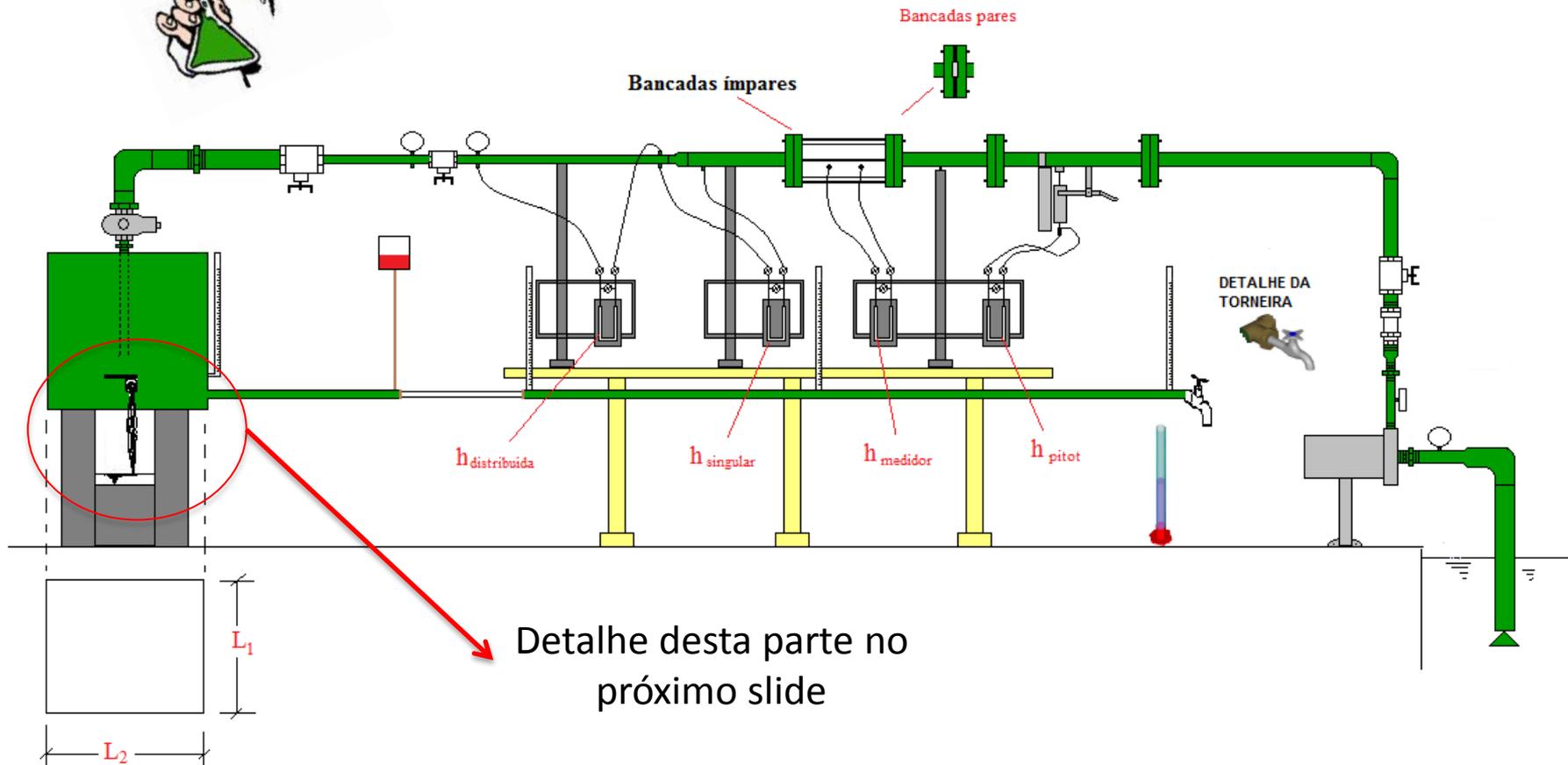
E aonde iremos  
fazer estas  
experiências?



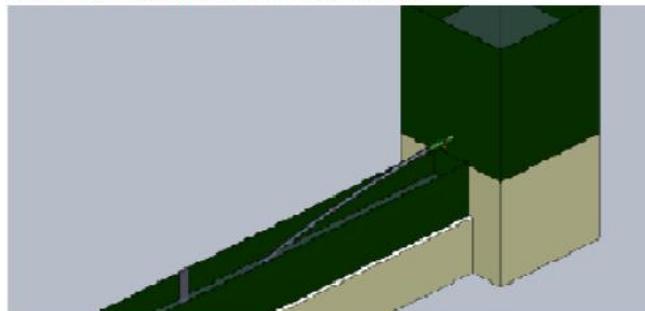
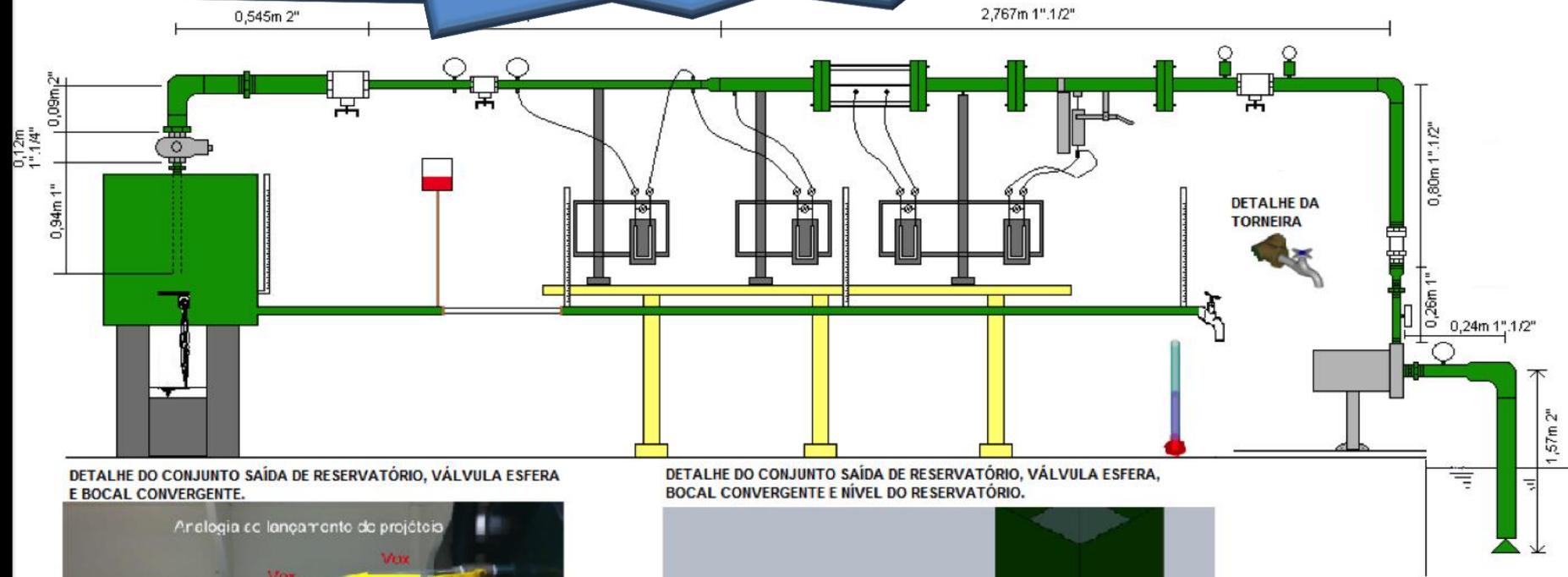
Local da aula:  
sala IS01!



Esquemáticamente temos uma instalação de recalque.



# Bancada com mais detalhes



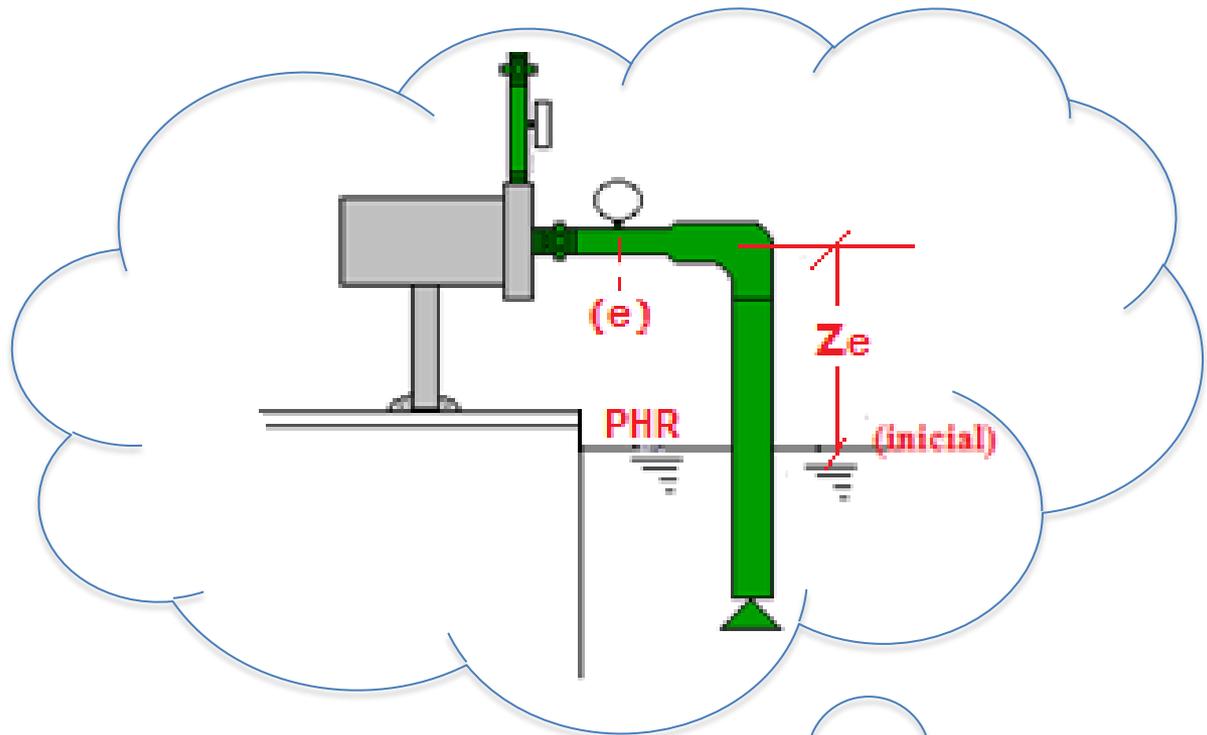


Mas o que vem a ser uma instalação de recalque?

É a instalação  
onde o fluido é  
transportado de  
uma cota inferior  
para uma cota  
superior.



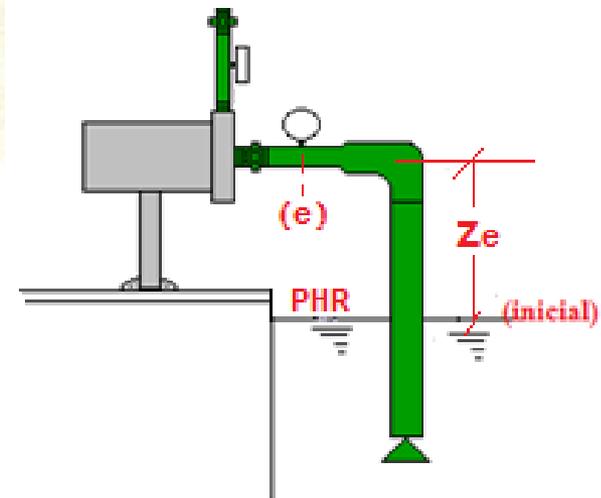




E a tubulação antes da bomba não recebe nome especial?



No caso da bomba estar instalada acima do nível de captação é denominada de tubulação de sucção.



Gostaria de ver isto na bancada e tentar entender o que vem a ser uma bomba!



Lemos a pressão e retiramos o aparelho

Lemos a pressão e NÃO retiramos o aparelho

$$p_{m_s} = 145\text{kPa}$$

Com as leituras anteriores fica fácil de ver que a a bomba tem como função dar pressão ao fluido



$$p_{m_e} = -120\text{mmHg}$$



Outra medida fundamental no laboratório é a vazão, já que esta grandeza fará parte de todas as experiências.





Determinação da vazão de forma direta:

$$Q = \frac{\text{Volume}}{t} = \frac{A_{\text{tanque}} \times \Delta h}{t}$$





Outro ponto importante é que não consideraremos a massa específica d'água constante e nem a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$

E como acharemos os valores, tanto da massa específica como da aceleração da gravidade.



Massa específica:



Conhecemos o fluido e a sua temperatura de escoamento.

Com estas informações calculamos a massa específica, a viscosidade e a viscosidade cinemática do fluido!

Para água com  $0 \leq t \leq 100^\circ\text{C}$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_0} @ -1,704 - 5,306 \times z + 7,003 \times z^2$$

$$\rightarrow \rho_0 = 1,788 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}}$$

Com

$$z = \frac{273(\text{K})}{T(\text{K})}$$





A segunda possibilidade é utilizando a fórmula apresentada no Manual de Hidráulica escrito pelo professor Azevedo Netto e outros e editado pela Edgard Blucher em sua 8ª edição

$$g = 980,616 - 2,5928 \times \cos 2\varphi + 0,0069 \times (\cos 2\varphi)^2 - 0,3086 \times H$$

$\varphi \rightarrow$  latitude em graus

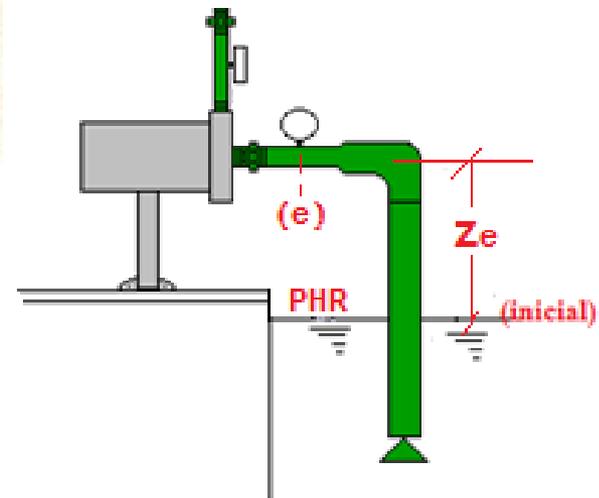
$H \rightarrow$  altitude em km

$g \rightarrow$  aceleração da gravidade em  $\text{cm/s}^2$

Considerando os dados de SBC em ambas as fórmulas obtemos  $g$  aproximadamente igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$



Como a bomba está instalada acima do nível de captação a tubulação antes da mesma é denominada de tubulação de sucção.



No próximo slide  
temos a foto da  
bancada



Lemos a pressão no  
vacuômetro e esta é  
denominada de pressão  
manométrica

$$p_{me} = -150\text{mmHg}$$

Lemos a pressão no manômetro  
e esta também é denominada  
de pressão manométrica

$$p_{ms} = 190\text{kPa}$$

$$p_{m_s} = 190\text{kPa}$$



$$p_{m_e} = -150\text{mmHg}$$

Vamos refletir sobre os valores de pressão lidos e responder algumas perguntas.



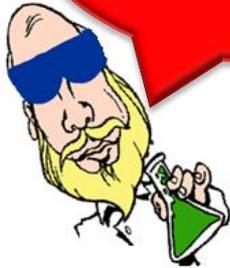




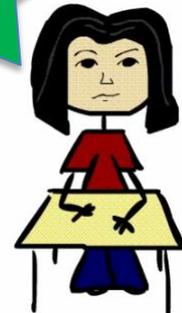
Na saída a  
pressão aumento  
bastante!



Pelas pressões de entrada e saída da bomba, como podemos defini-la?



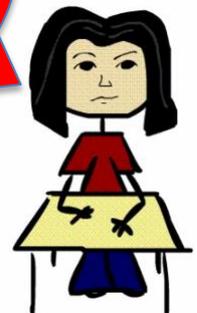
Bomba é um dispositivo que fornece pressão ao fluido



Quais as unidades de pressão observadas?



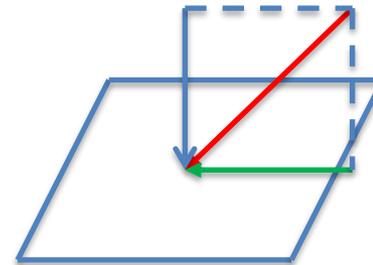
Como relacionar estas duas unidades de pressão (N/m<sup>2</sup> e mmHg)?



Considerando a unidade  $\text{N/m}^2$ , podemos procurar definir a pressão como sendo força por unidade de área.



Mas que tipo de força? normal ou tangencial?



$$p = \frac{|F_N|}{A}$$

Seria a força normal e se tratando de uma pressão constante, ou média, temos:



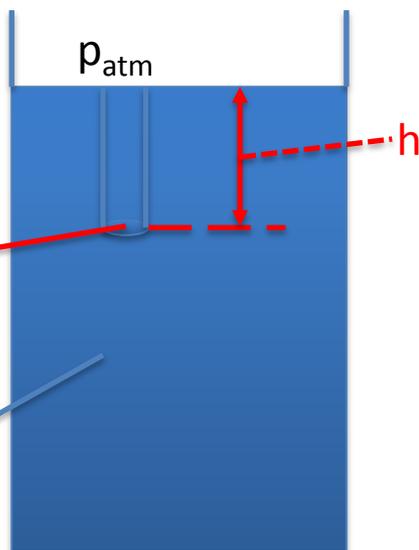


Para relacionar as unidades, vamos evocar o conceito de pressão média e obter a pressão em um ponto fluido pertencente a um fluido contínuo, ou seja, aquele que o ponto fluido tem uma área elementar  $dA$ , que esteja em repouso e que seja considerado incompressível ( $\rho$  e  $\gamma$  constantes)



Ponto com uma área  $dA$   
e que desejamos achar  
o peso  $dG$

Fluido contínuo,  
incompressível e em repouso  
com peso específico  $\gamma$



Como vou  
achar o peso  
 $dG$ , já que  
não dá para  
usar a  
balança?



Considerando a pressão  
atmosférica igual a zero e  
como para o fluido  
incompressível o peso  
específico fica constante,  
temos:

$$dG = \gamma \times dV$$

$$dG = \gamma \times dA \times h$$

$$p = \frac{dG}{dA} = \frac{\gamma \times dA \times h}{dA}$$

$$p = \gamma \times h \rightarrow \text{para } p_{atm} = 0$$





Quando consideramos a pressão atmosférica igual a zero, passamos a trabalhar na escala efetiva ou relativa, ou seja, aquela que adota como zero da escala a pressão atmosférica.

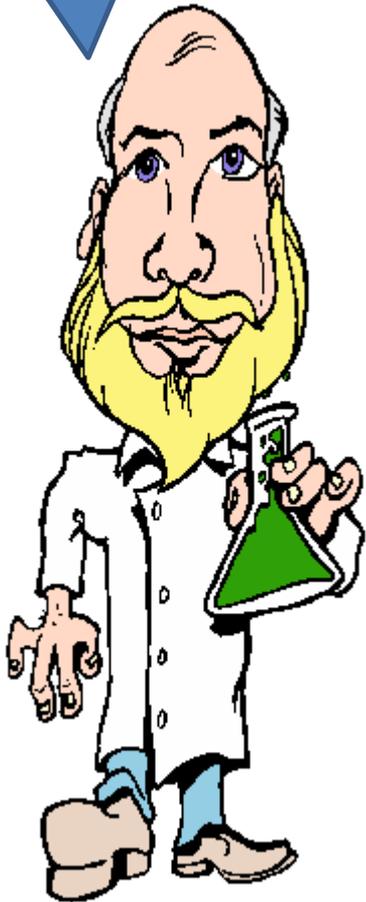
E nessa escala, temos pressões positivas, nulas e negativas.

Importante saber que as pressões lidas nos manômetros (pressões manométricas) são sinônimos de pressões na escala efetiva.

E como funciona um manômetro?



PRESSÃO  
MANOMÉTRICA ( $p_m$ )  
lida nos manômetros  
metálicos tipo bourdon



$p_m$  = é a pressão registrada em um manômetro metálico ou de Bourdon e que se encontra na escala efetiva, a escala que adota como zero a pressão atmosférica local, que também é chamada de pressão barométrica.



$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$
$$p_{ext} = p_{atm} = 0$$

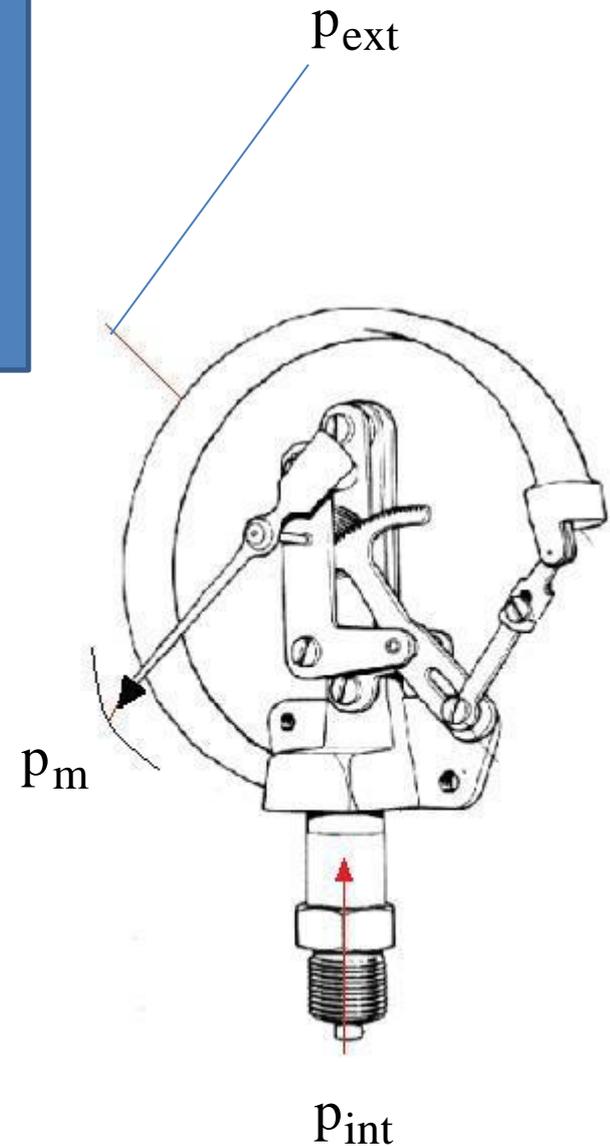
Na figura temos um manovacuumetro já que existem duas escalas, a positiva e negativa.



O princípio de funcionamento deste tipo de aparelho é o princípio da "língua da sogra" como mostra o esquema a seguir e onde a pressão manométrica é igual a pressão interna menos a pressão externa.

### MANÔMETRO METÁLICO TIPO BOURDON

Se só existir a escala positiva o aparelho é chamado de manômetro, só escala negativa é chamado de vacuômetro e ambas é chamado de manovacuômetro



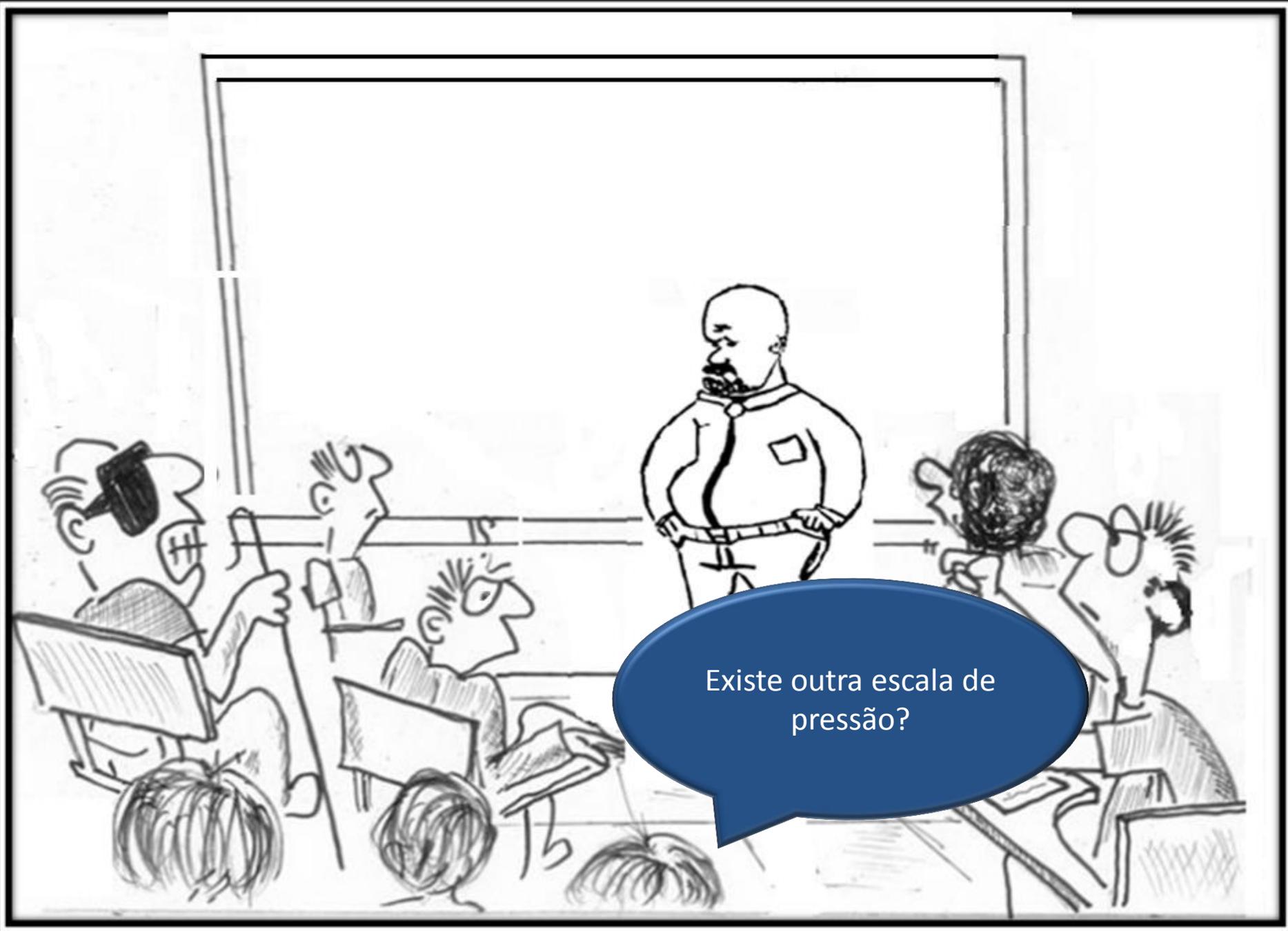
$$P_m = P_{int} - P_{ext}$$



Manovacuômetro =  
apresenta a escala  
negativa e a escala  
positiva

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

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



Existe outra escala de  
pressão?

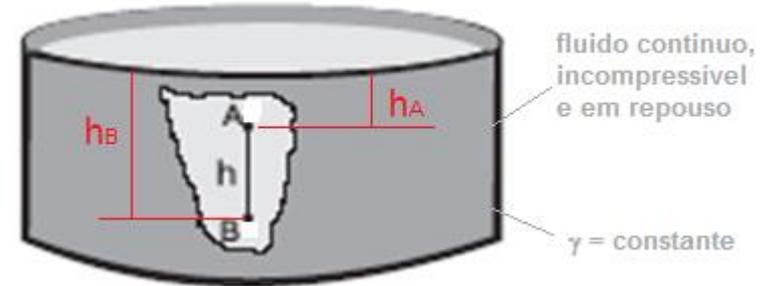
Sim e a veremos na próxima aula, agora vamos falar do teorema de Stevin.



# Teorema de Stevin



$$p_A = \gamma \times h_A \rightarrow p_B = \gamma \times h_B$$
$$p_B - p_A = \gamma \times (h_B - h_A) = \gamma \times h$$



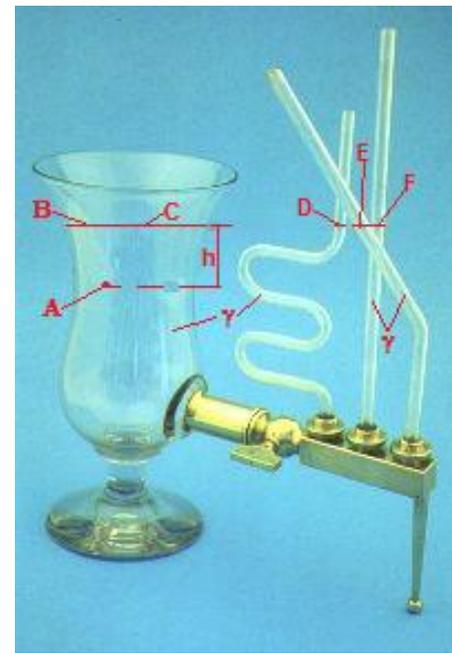
**Simon Stevin (1548 - 1620)**

**Enunciado:** a diferença de pressão entre dois pontos fluidos, pertencentes a um fluido contínuo, incompressível e em repouso é igual ao produto do seu peso específico pela diferença de cotas entre os pontos.



O que podemos concluir deste enunciado?

## Conclusões de Stevin



$$p_A - p_B = p_A - p_C = p_A - p_D = p_A - p_E = p_A - p_F = \gamma \times h$$
$$\therefore p_B = p_C = p_D = p_E = p_F$$

### Conclusões:

1. Em um plano horizontal em um meio fluido todos os seus pontos estão submetidos a mesma pressão.
2. A pressão de um ponto

fluido não depende da distância entre os pontos, depende só da diferença de cotas.  
3. A pressão do ponto fluido não depende do formato do recipiente.

Vamos aplicar isso!

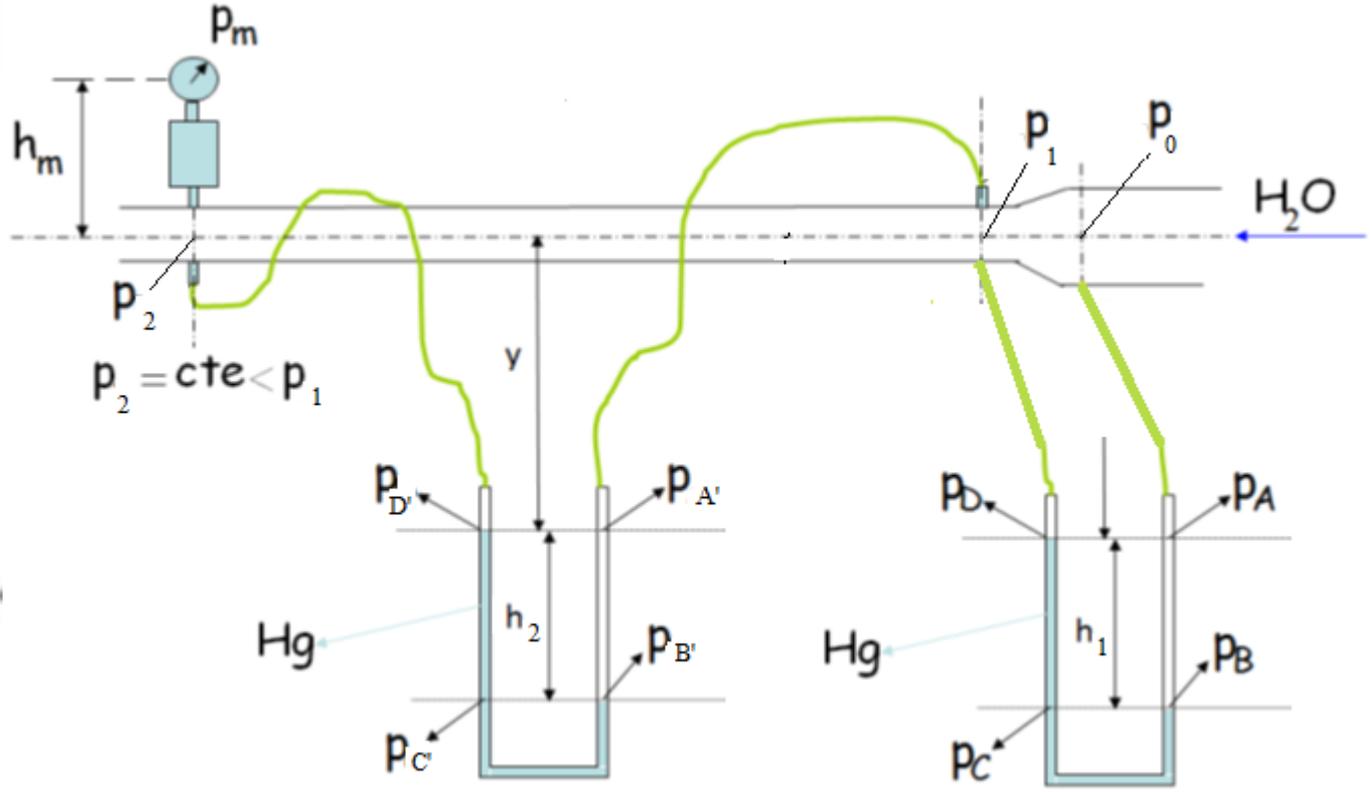
# Aplicação do teorema de Stevin na bancada





Vamos  
esquematizar o  
problema!







Pede-se determinar para  
uma dada posição da  
válvula globo, ou seja,  
para uma dada vazão a  
pressão  $p_0$

Por que achar  
esta pressão?





Justificando:

CONSIDERANDO QUE NA  
SEÇÃO DE PRESSÃO  $P_0$   
SERÁ INSTALADO UM  
EQUIPAMENTO QUE  
EXIGE UMA PRESSÃO  
MÍNIMA DE 9,2 mca,  
PERGUNTA-SE SE É  
POSSÍVEL INSTALÁ-LO  
PARA A VAZÃO MÁXIMA  
DA BANCADA?

# DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE FORMA DIRETA

vazão =  $Q$

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

$$V = A_{\text{tan que}} \times \Delta h$$

$$A_{\text{tan que}} = \dots\dots\dots \text{m}^2$$



Vamos considerar os dados a seguir:

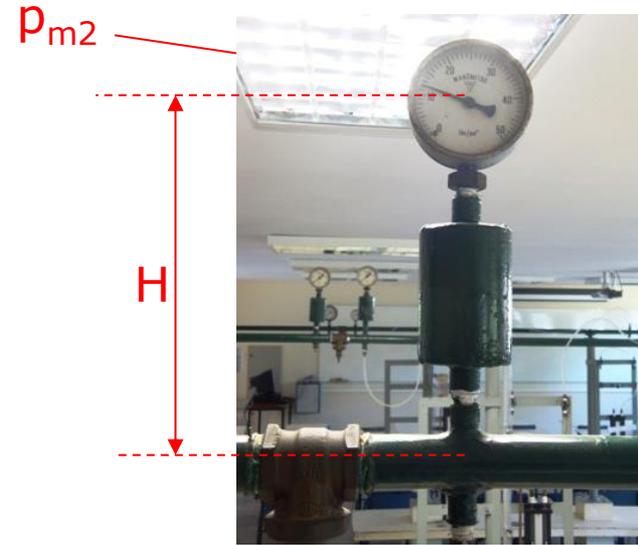


$$A_{\text{tanque}} = \dots \times \dots = \dots \text{m}^2$$

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

$$t = \dots \text{s}$$

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



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

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

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

$$p_{m2} = \dots \frac{\text{lbf}}{\text{pol}^2} \text{ (ou psi)}$$

$$t = \dots {}^{\circ}\text{F}$$

$$\rho_{\text{água}} = \dots \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

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

# BANCADA 1

$P_0$



BANCADA 6

$P_0$

