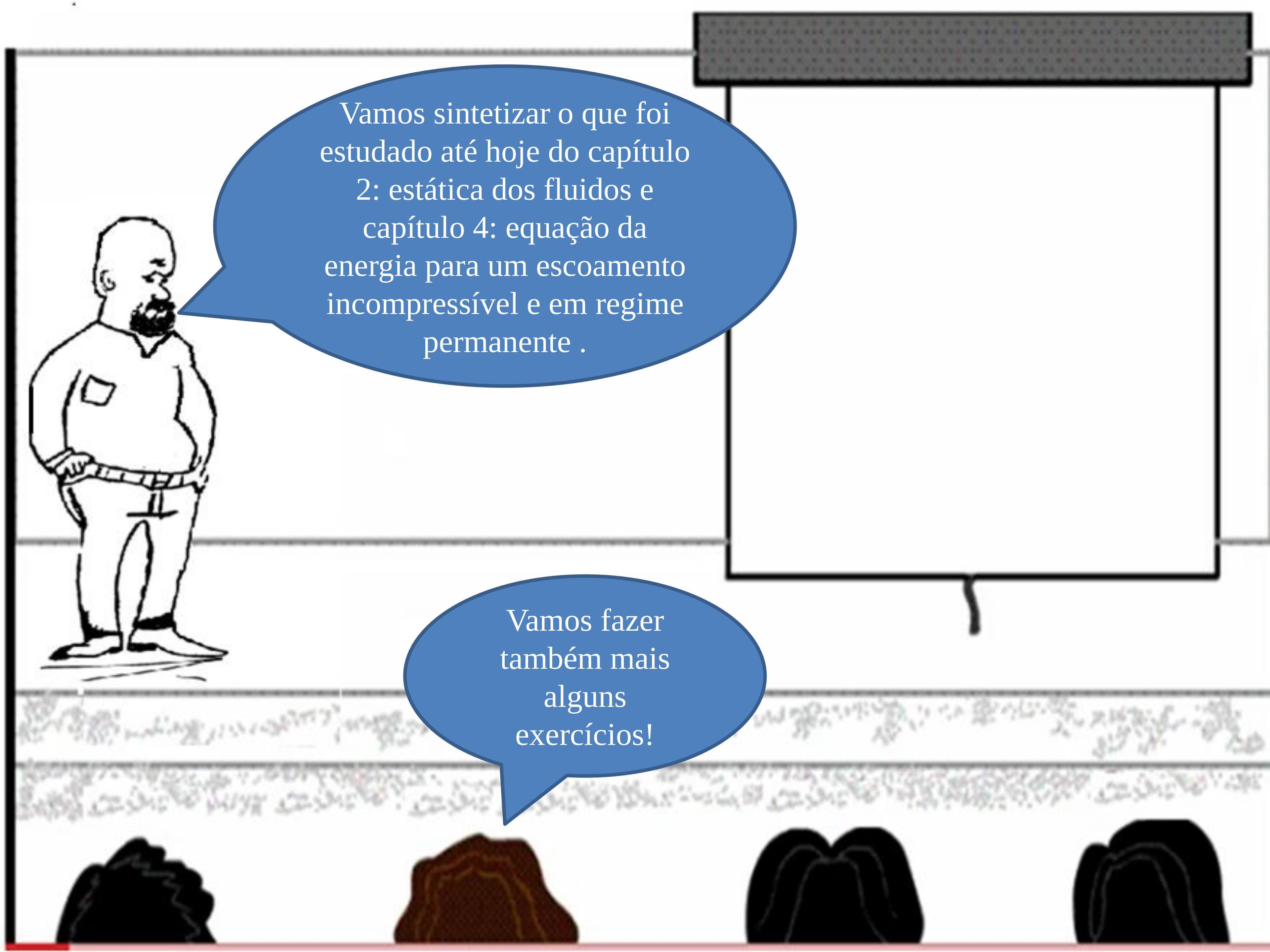
Décima aula de FT

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio


Vamos sintetizar o que foi estudado até hoje do capítulo 2: estática dos fluidos e capítulo 4: equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente .
Vamos fazer também mais alguns exercícios!

Capítulo 2: Estática dos Fluidos

2.1 – Conceito de pressão

Considerando uma pressão média, temos:

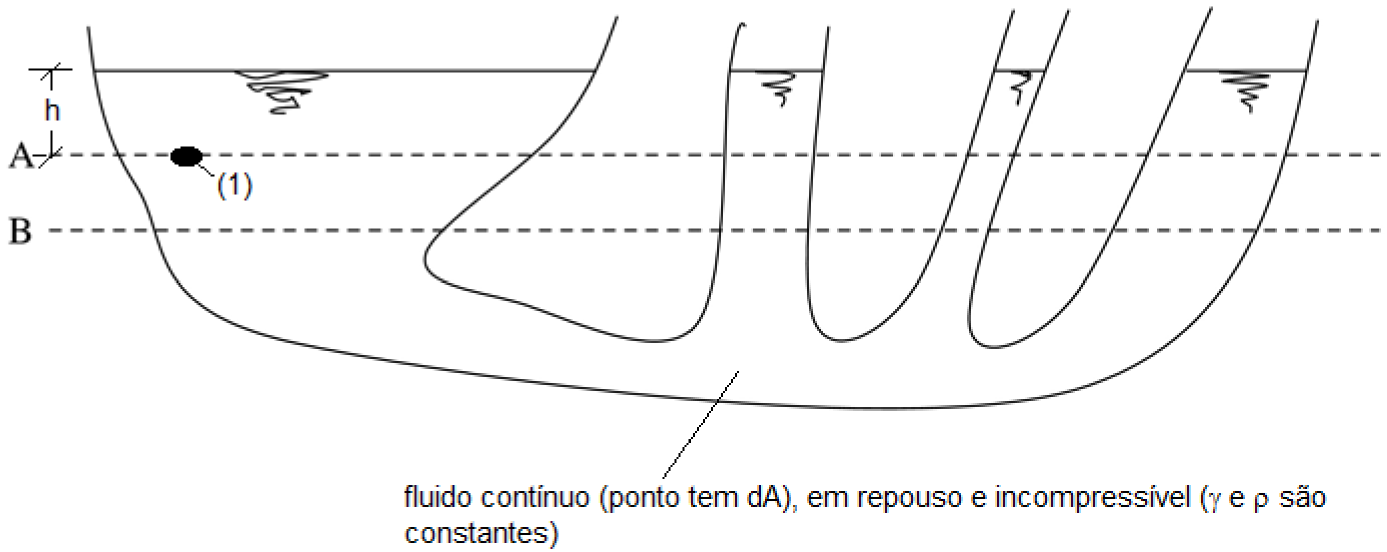
$$p = \frac{|F_N|}{A} \Rightarrow [p] = \frac{F}{L^2} \therefore [p]_{SI} = \frac{N}{m} = Pa(Pascal)$$

2.2 – Conceito de escala efetiva ou relativa.

É aquela que adota como zero a pressão atmosférica local (p_{atm_local}), portanto nesta escala podemos ter pressões positivas (maiores que a p_{atm}), pressões nulas (iguais a p_{atm}) e pressões negativas (menores que a p_{atm}), sendo estas também denominadas de depressões ou vácuos técnicos

Capítulo 2: Estática dos Fluidos (cont.)

2.3 – Pressão em um ponto fluido na escala efetiva



$$p_1 = \gamma \times h$$

onde h é definida como carga de pressão:

$$h = \frac{p}{\gamma}$$

Capítulo 2: Estática dos Fluidos (cont.)

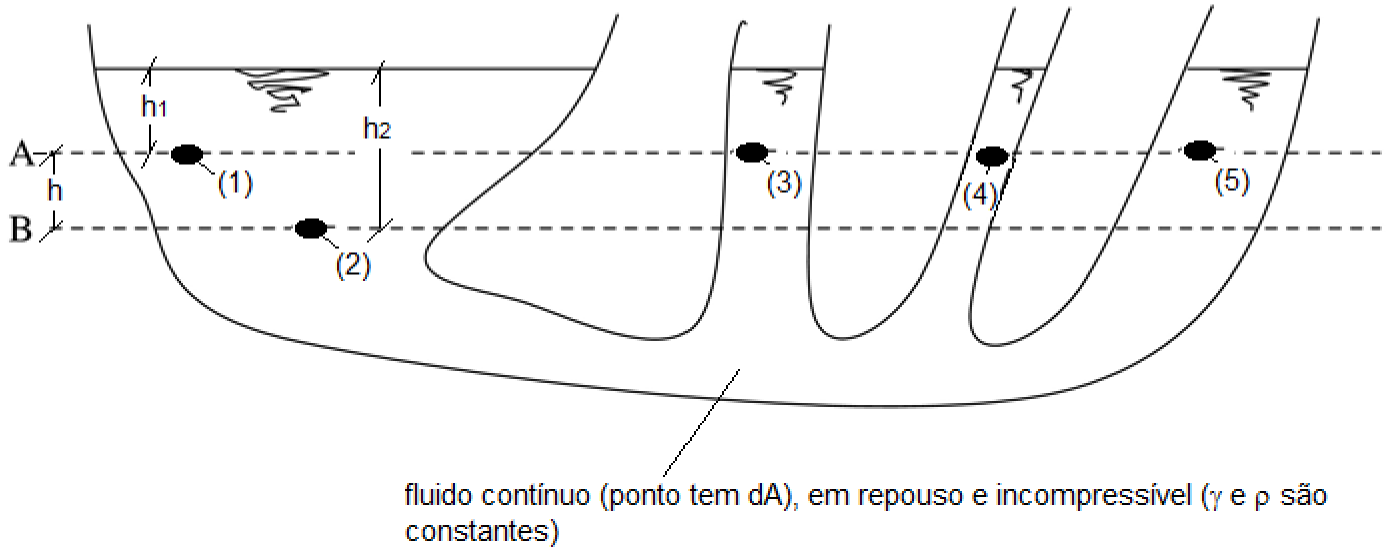
<u>Observação</u>: a unidade de carga de pressão será sempre uma unidade de comprimento seguida do nome do fluido considerado, exemplos: mca (metro de coluna d'água) e mmHg (milímetro de mercúrio)

2.4 – Teorema de Stevin

"A diferença de pressão entre dois pontos fluidos pertencentes a um fluido incompressível, continuo e em repouso é igual ao produto do seu peso específico pela diferença de cota entre os pontos"

$$p_2 - p_1 = \gamma \times \left(h_2 - h_1\right) = \gamma \times h$$

Capítulo 2: Estática dos Fluidos (cont.)



$$p_2 - p_1 = p_2 - p_3 = p_2 - p_4 = p_2 - p_5 = \gamma \times h$$

Conclusões:

1. as pressões dos pontos de um plano horizontal traçado em um meio fluido são iguais;
2. a diferença de pressão entre dois pontos fluidos não depende da distância entre eles e sim da diferença de cotas;
3. a pressão em um ponto fluido não depende do formato do recipiente, desde que ele não seja capilar.

2.5 – Relações entre unidades de pressão

$$1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 10330\,\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 1{,}033\,\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 10{,}33\text{mca}$$

$$= 101234\,\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cong 10^5\,\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^5\,\text{Pa} = 1\text{bar} = 14{,}7\,\frac{\text{lbf}}{\text{pol}^2}$$

$$= 14{,}7\text{psi}$$

$$1\,\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 10^{-4}\,\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 9{,}8\,\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 9{,}8\text{Pa}$$

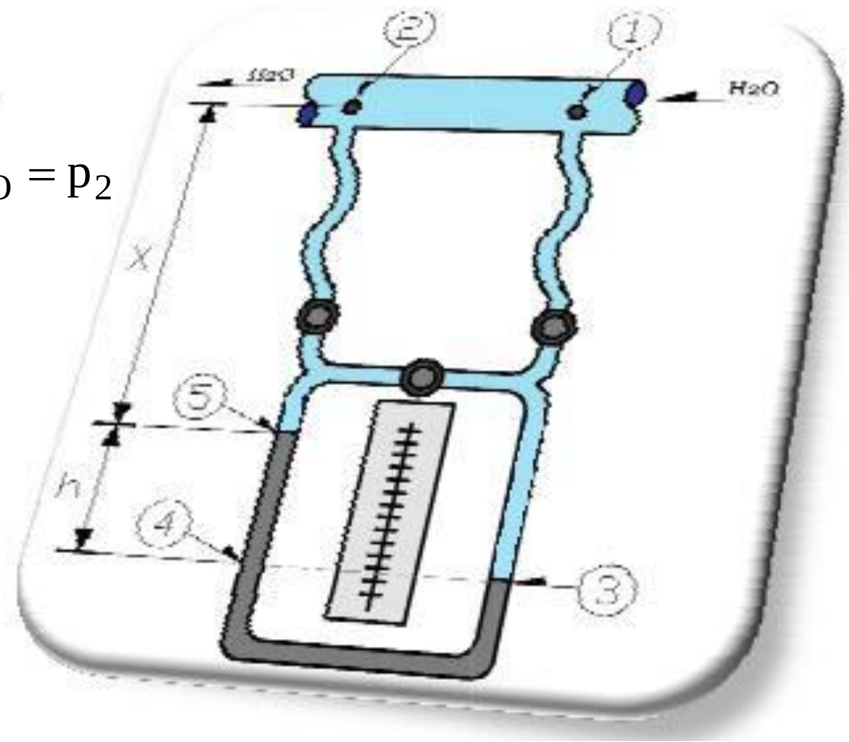
Capítulo 2: Estática dos Fluidos (cont.)

2.6 – Equação manométrica

Adotando-se como referência o ponto (1):

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

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



Capítulo 4: Equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente

4.1 – Introdução

Neste capítulo efetuamos um balanço de cargas mecânicas (carga igual a energia por unidade de peso do fluido) entre duas seções do escoamento.

4.2 – Tipos de cargas observadas na seção do escoamento.

4.2.1 – Carga potencial de posição

$$z = \frac{mgz}{mg} \Rightarrow [z] = [L]$$

4.2.2 – Carga de pressão

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{p \times G}{G} \Rightarrow \left[\frac{p}{\gamma}\right] = [L]$$

Capítulo 4: Equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente (cont.)

4.2.3 – Carga cinética

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mg} \Rightarrow \left[\frac{v^2}{2g}\right] = [L]$$

4.3 – Carga mecânica total em uma seção do escoamento incompressível e em regime permanente

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Capítulo 4: Equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente (cont.)

4.4 – Equação de Bernoulli

Hipóteses:

1. fluido ideal ($\mu = 0$);
2. trecho sem máquina hidráulica;
3. escoamento sem troca de calor;
4. escoamento em regime permanente;
5. escoamento incompressível;
6. propriedades uniformes na seção.

$$H_1 = H_2$$

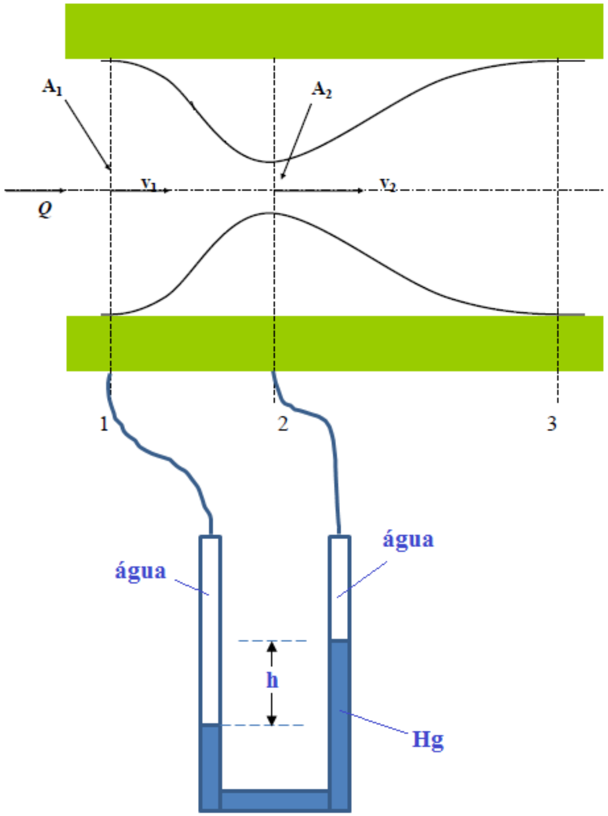
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Capítulo 4: Equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente (cont.)

4.5 – Aplicação da equação de Bernoulli, equação da continuidade e equação manométrica no medidor de vazão tipo Venturi

$$v_{teórica} = v_2 = \sqrt{\frac{2gh\left(\frac{\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}}{\gamma_{H_2O}}\right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$

$$Q_{teórica} = v_{teórica} \times A_2$$



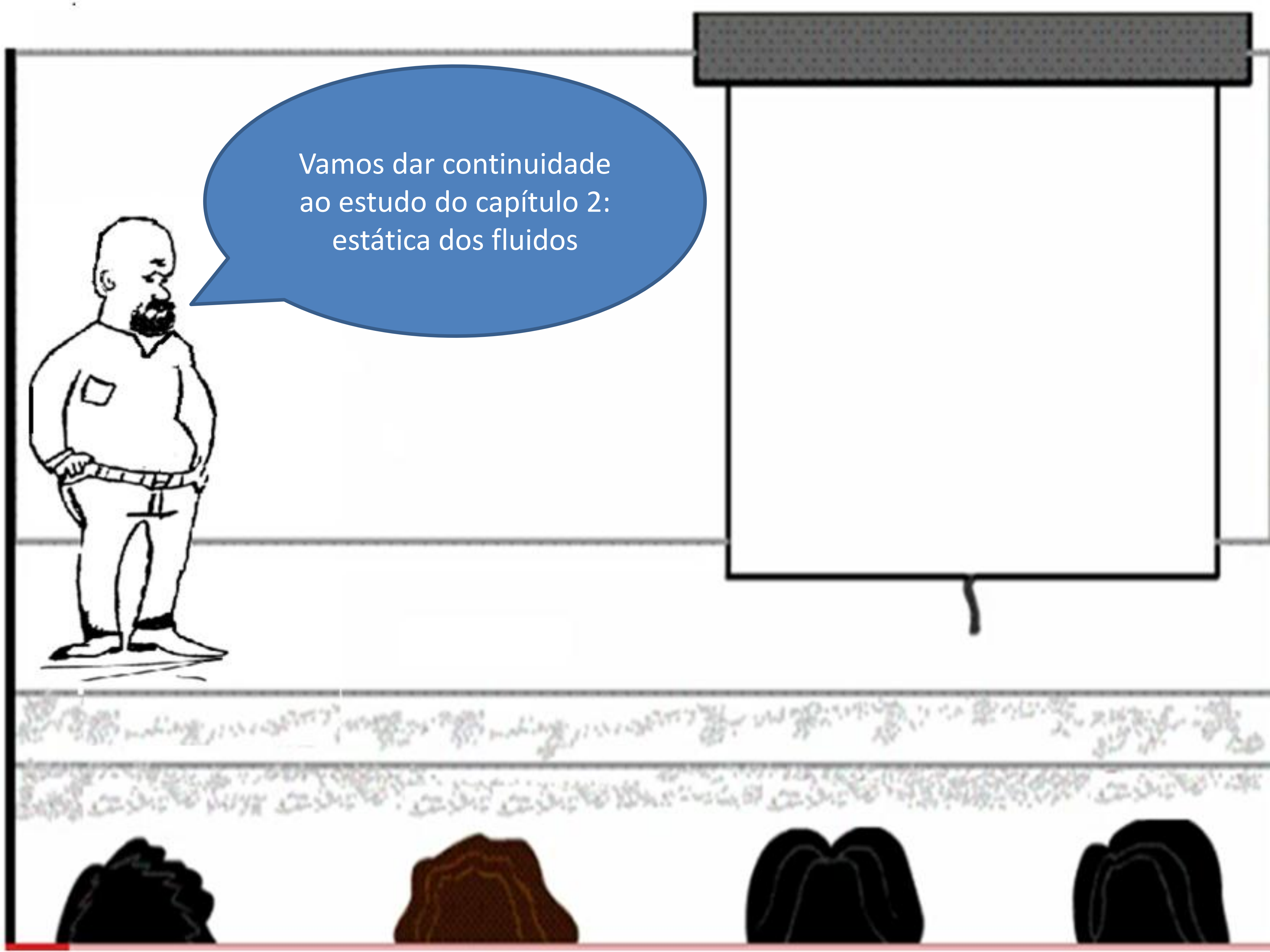
Capítulo 4: Equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente (cont.)

Importante:

Temos a consciência que desejamos determinar a vazão real (Q_R) e para tal devemos ter o coeficiente de vazão (Cd) do aparelho, no caso o Venturi.

$$C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórica}}$$

$$\therefore Q_{real} = C_d \times \frac{\pi D_2^2}{4} \times \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma m - \gamma}{\gamma}\right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$


Vamos dar continuidade ao estudo do capítulo 2: estática dos fluidos

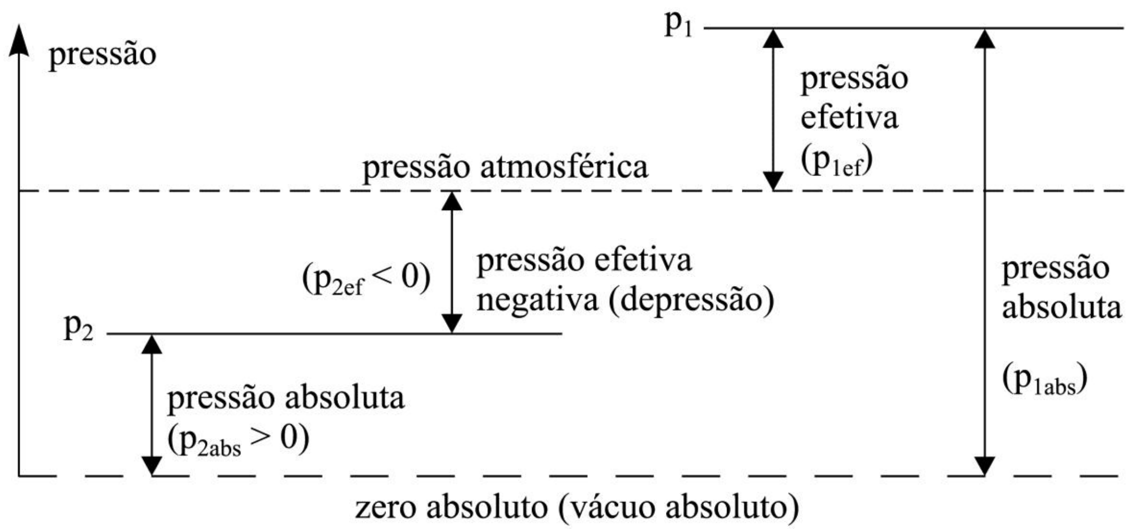
Capítulo 2: Estática dos Fluidos (cont.)

2.7 – Escala absoluta de pressão – é aquela que adota como zero o vácuo absoluto, portanto nesta escala só temos pressões positivas teoricamente poderíamos ter a pressão nula que corresponderia ao vácuo absoluto.

Observação:

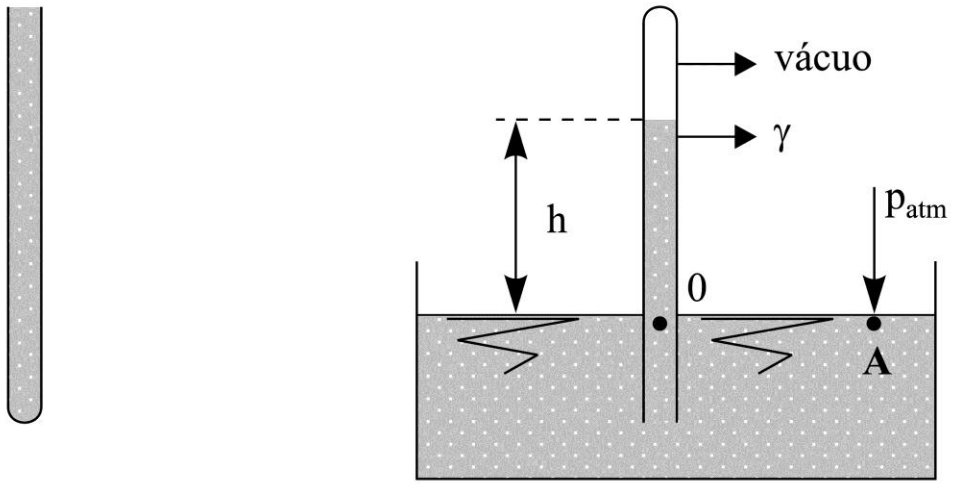
Para distinguir as duas escalas de pressão (absoluta ou efetiva) convencionamos que ao trabalhar na escala absoluta colocaremos o símbolo "***abs***" , sendo a única exceção a pressão atmosférica, já que esta na escala efetiva valerá sempre zero, portanto o seu valor diferente de zero já indica que está sendo considerada na escala absoluta.

2.8 – Diagrama comparativo entre escalas



$$p_{abs} = p + p_{atm_{local}}$$

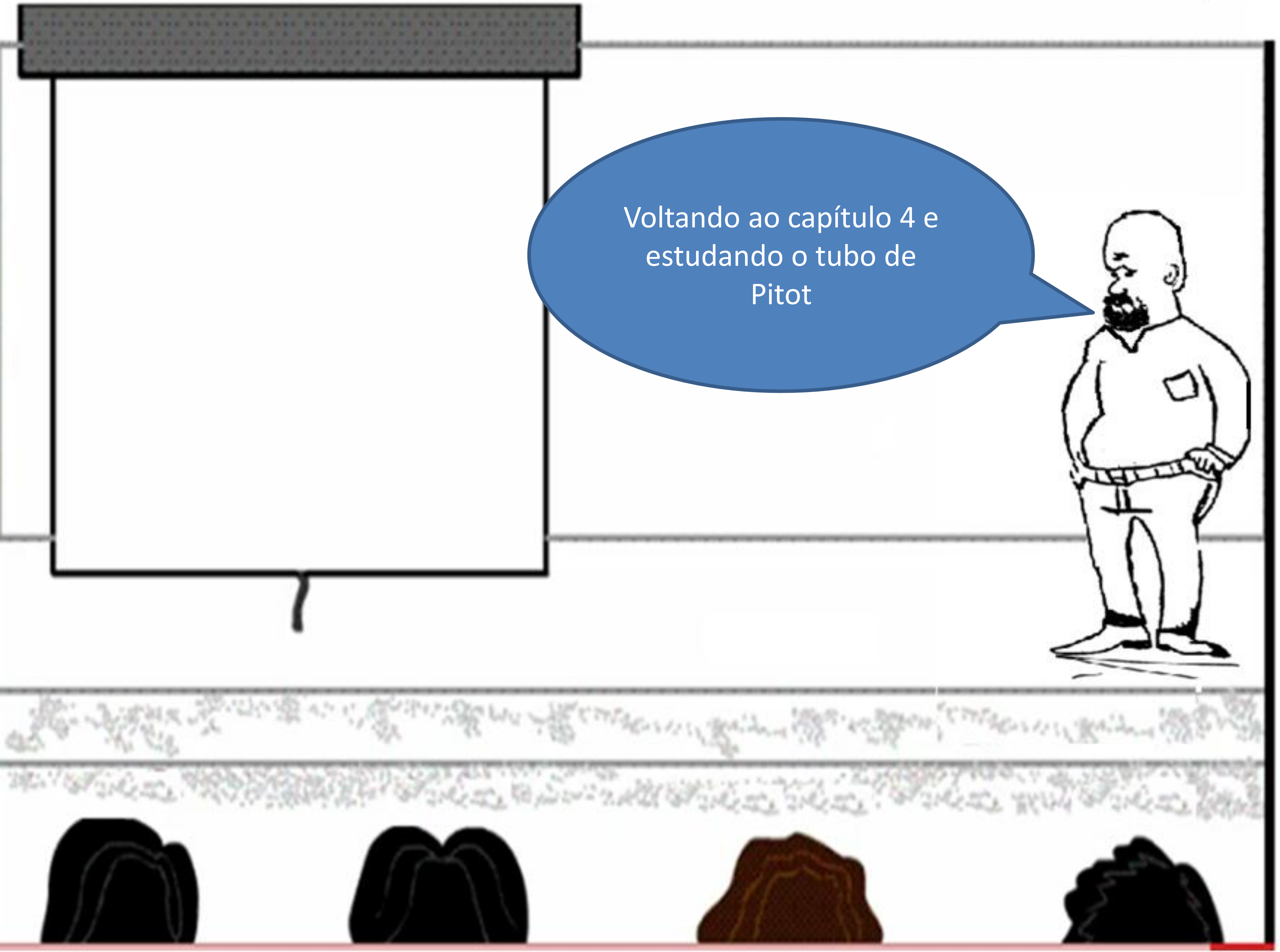
2.9 – Barômetro



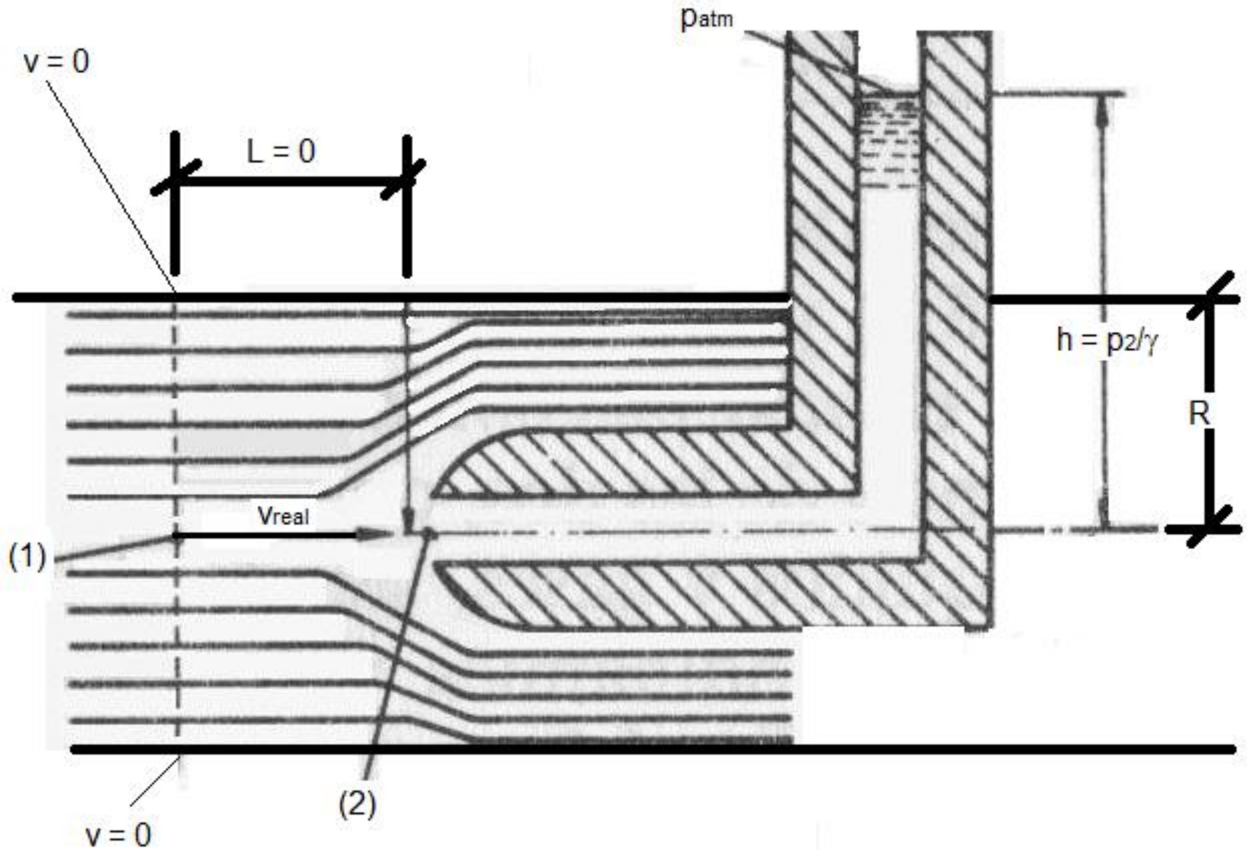
É um aparelho que trabalha na escala absoluta e que foi projetado para a determinação da pressão atmosférica local que também é denominada de pressão barométrica.

$$p_A = p_0$$

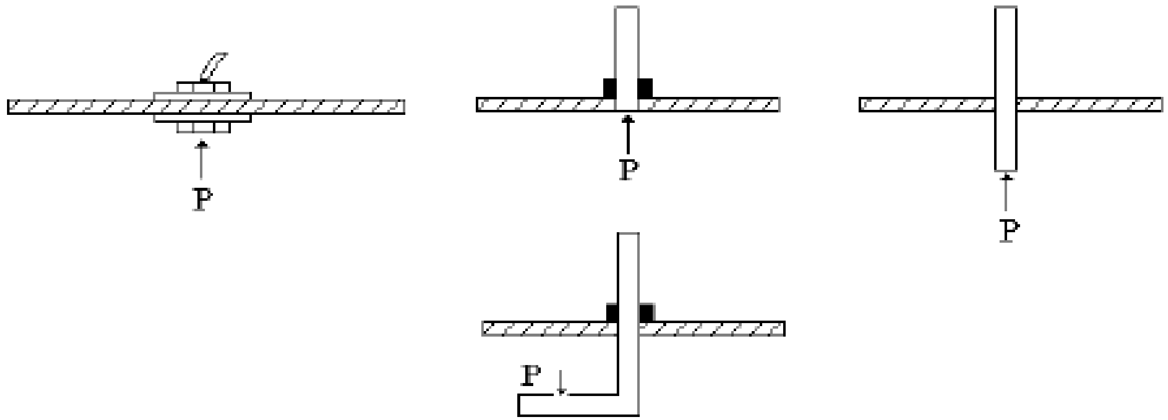
$$p_{atm_{local}} = \gamma h$$


Voltando ao capítulo 4 e estudando o tubo de Pitot

O tubo de Pitot é um aparelho projetado para determinar a velocidade real de um ponto fluido e deve ser sempre instalado contra o escoamento. No esquema a seguir o ponto (2) é denominado de ponto de estagnação, ou seja, aquele onde ocorre a transformação da energia cinética em pressão, sendo esta pressão denominada de pressão dinâmica e que só existirá tendo um "anteparo" instalado "contra" o escoamento.



Importante observar que as pressões existentes nas seções do escoamento e que são medidas por aparelhos perpendiculares ao escoamento são denominadas de pressões estáticas.



É fundamental observar que em trechos de área constante e sem nenhum acessório hidráulico, quando o comprimento é desprezível, podemos afirmar que a pressão estática se mantém constante e isto pode ser visível quando criamos dois furos bem próximos em uma mangueira na qual temos um escoamento com a vazão constante, ou seja, com a torneira em uma posição fixa.

<u>Ponto </u>(1): só existe a pressão estática e isto nos permite afirmar que v_1 é diferente de zero.

<u>Ponto </u>(2): neste ponto temos a pressão total, ou seja, a pressão estática ***mais*** a pressão dinâmica, isto porque a velocidade em 2 (v_2) é nula, e aí além da pressão estática que já existia surge a pressão dinâmica.

Aplicando o balanço de cargas entre os pontos (1) e (2), resulta:

$$H_1 = H_2 \Rightarrow z_1 = z_2; v_2 = 0$$

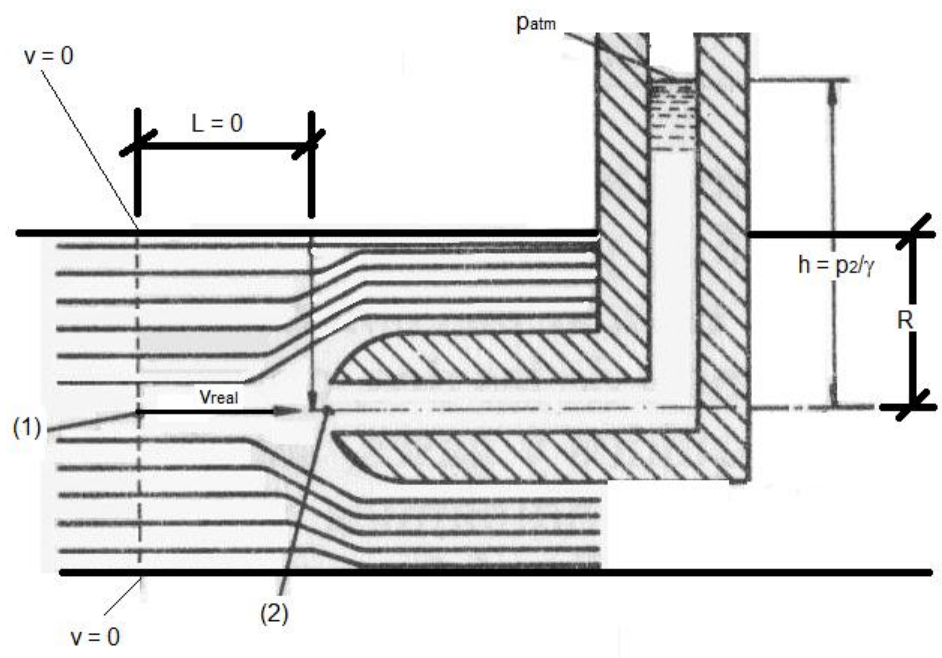
$$p_1 \rightarrow p_{\text{estática}}$$

$$p_2 \rightarrow p_{\text{total}} = p_{\text{estática}} + p_{\text{dinâmica}}$$

$$p_2 - p_1 = p_{\text{dinâmica}}$$

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_{real}^2}{2g}$$

$$\therefore v_{real} = \sqrt{2g \times \left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma}\right)}$$



Importante

LAMINAR $\Rightarrow$ Re $\leq$ 2000

$$\Rightarrow v_{real} = v_{máx} \times \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$$

$$\Rightarrow v_{média} = \frac{v_{máx}}{2}$$

TURBULENTO $\Rightarrow$ Re $\geq$ 4000

$$\Rightarrow v_{real} = v_{máx} \times \left[1 - \frac{r}{R}\right]^{\frac{1}{7}}$$

$$\Rightarrow v_{média} = \frac{49}{60} \times v_{máx}$$

Sabendo que o fluido que escoa é a água (ρ = 1000 kg/m³) e que o fluido manométrico é o bromofórmio (ρ_m = 2856 kg/m³), calcule a velocidade máxima do escoamento, a velocidade média do escoamento e a vazão d'água para a situação representada.

Dados: g = 9,8 m/s²; D_{int} = 40,8 mm (A = 13,1 cm²) e r = 7,5 mm