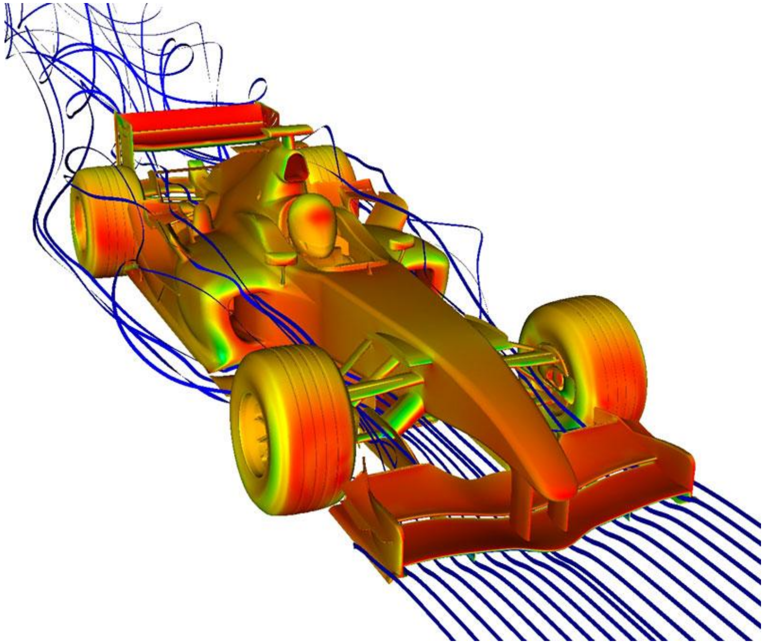
Estática dos fluidos

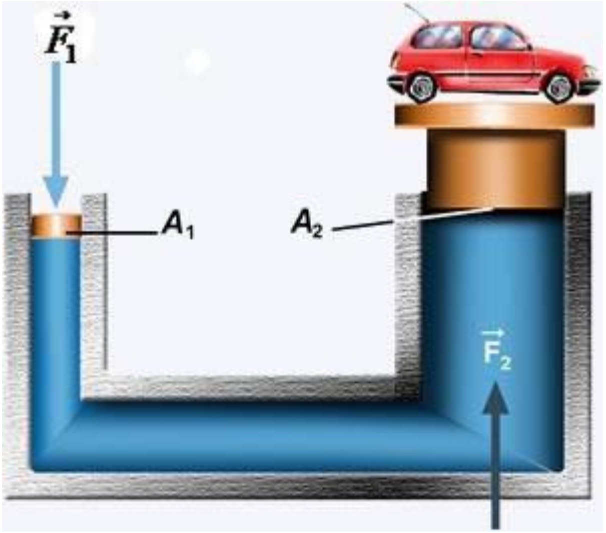
Elisa Valentim Goulart

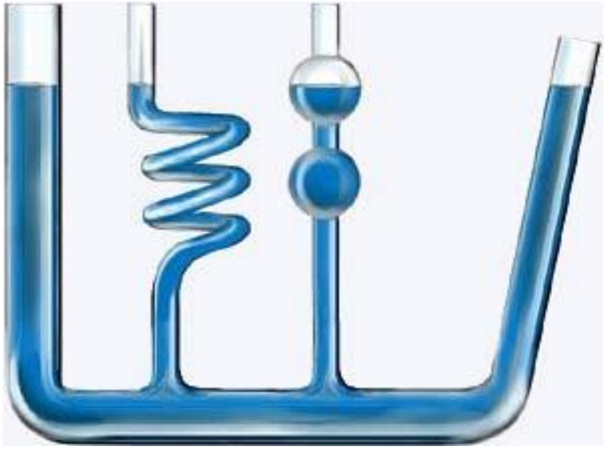
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
DOCETE OMNES GENTES

NQualiAr
Núcleo de Estudos da Qualidade do Ar

Dinâmica versus estática







Estática dos fluidos

Fluido em respouso → Não existe tensão de cisalhamento aplicada

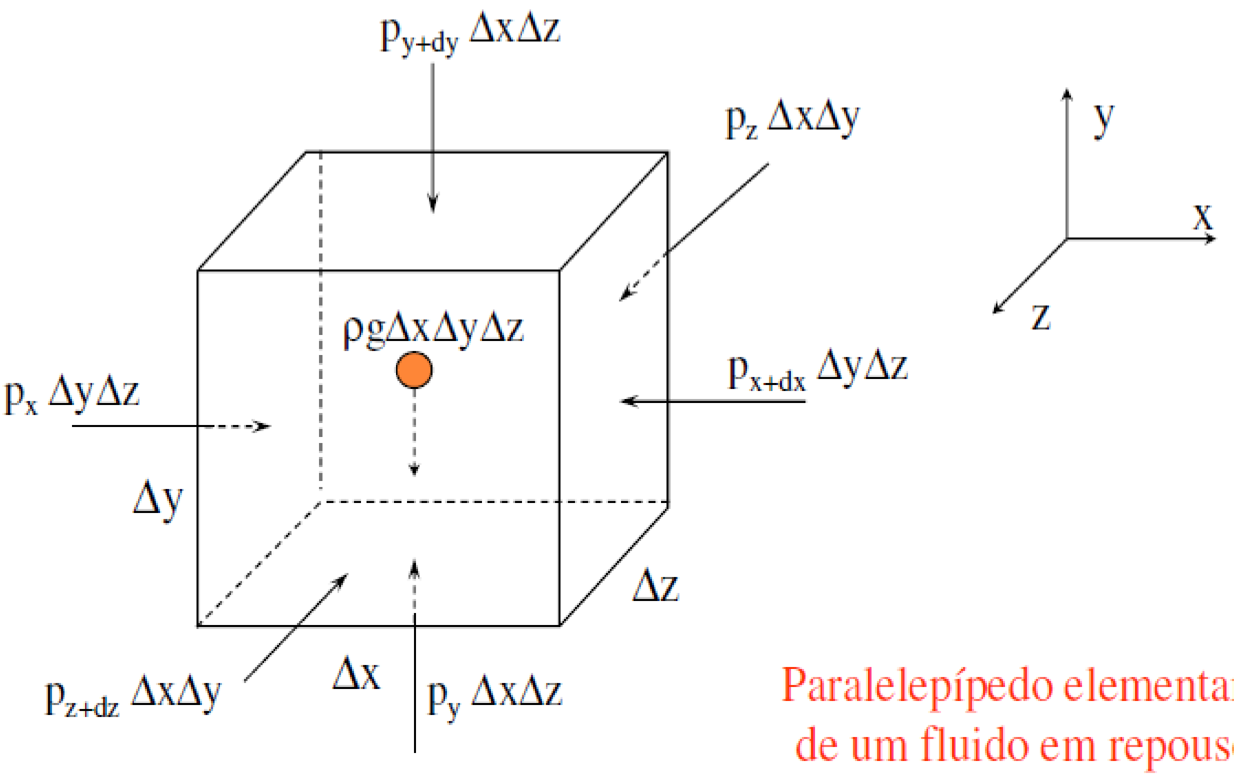
Só existem tensão normal aplicada

Pressão e gravidade

Força de superfície

Força de campo

Pressão em um ponto de fluido



Paralelepípedo elementar de um fluido em repouso

$$d\vec{F} = d\vec{F}_S + d\vec{F}_B$$

$$d\vec{F} = \left(-\nabla p + \rho g\right) dxdydz$$

$$\frac{d\vec{F}}{dV} = \left(-\nabla p + \rho g\right) = 0$$

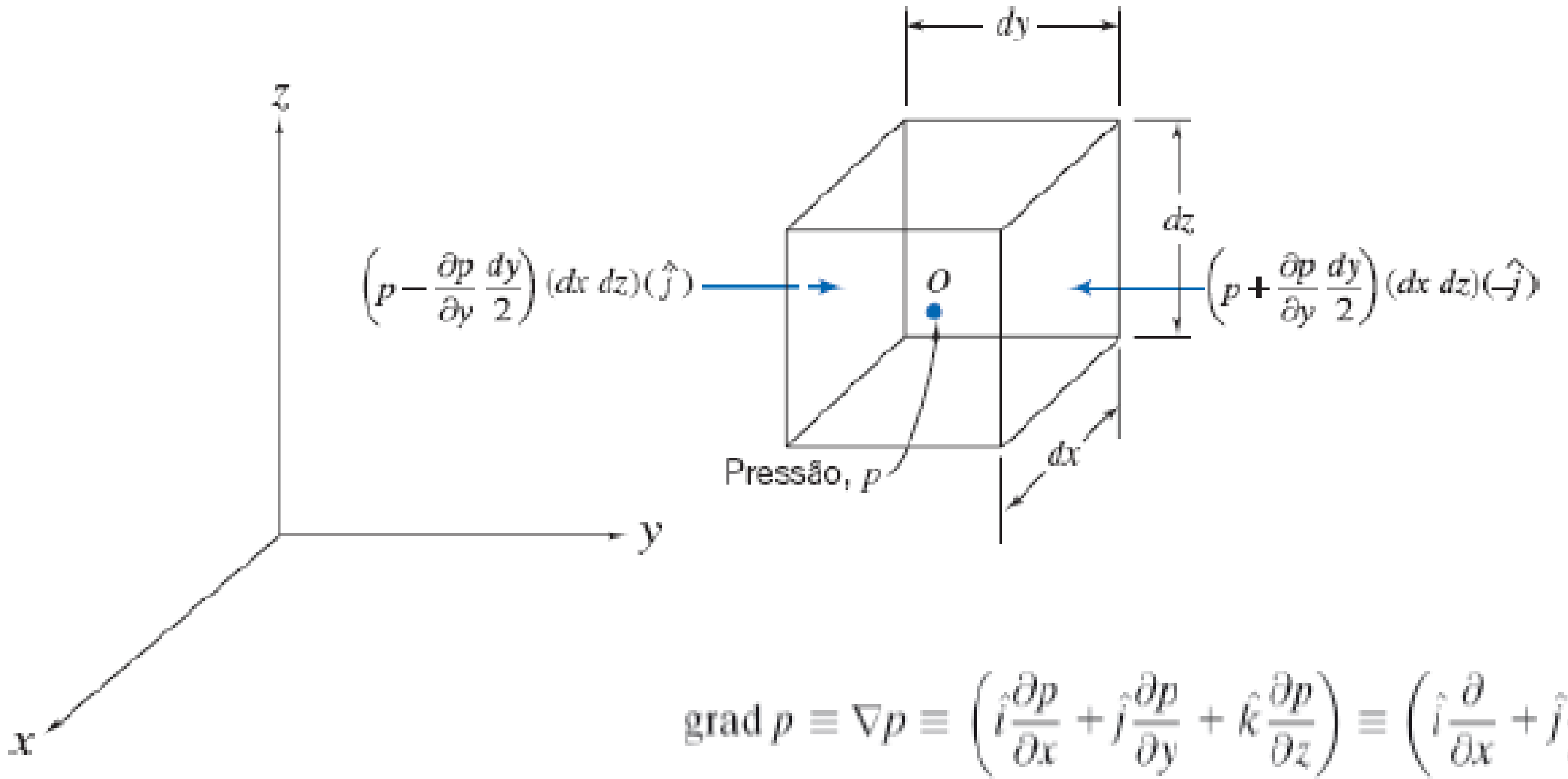
Força de corpo

Única força de corpo é a gravidade.

$$d\vec{F}_B = \vec{g}\,dm = \vec{g}\rho\,d\forall$$

$$d\vec{F}_B = \rho\vec{g}\,dx\,dy\,dz$$

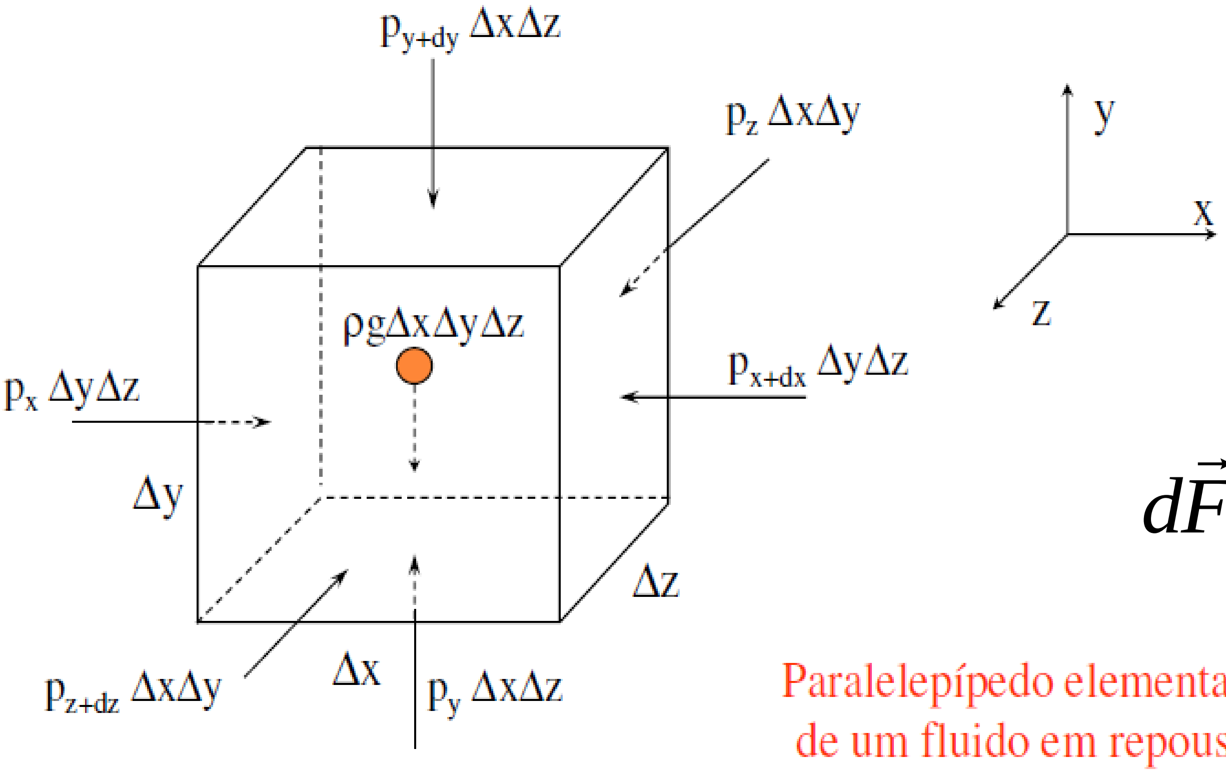
Força de superfície



$$\operatorname{grad} p \equiv \nabla p \equiv \left(\hat{i}\frac{\partial p}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial p}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial p}{\partial z}\right) \equiv \left(\hat{i}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z}\right)p$$

$$d\vec{F}_S = -\operatorname{grad} p\,(dx\, dy\, dz) = -\nabla p\, dx\, dy\, dz$$

Pressão em um ponto de fluido



Paralelepípedo elementar
de um fluido em repouso

$$d\vec{F} = d\vec{F}_S + d\vec{F}_B$$

$$d\vec{F} = \left(-\nabla p + \rho g\right) dxdydz$$

$$\frac{d\vec{F}}{dV} = \left(-\nabla p + \rho g\right) = 0$$

Balanço hidrostático

$$-\nabla p + \rho g = 0$$

Força de pressão líquida
por unidade de volume

Força de corpo
por unidade de volume

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \rho g = 0 \qquad -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho g = 0 \qquad -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0$$

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g$$

Restrições do Balanço hidrostático

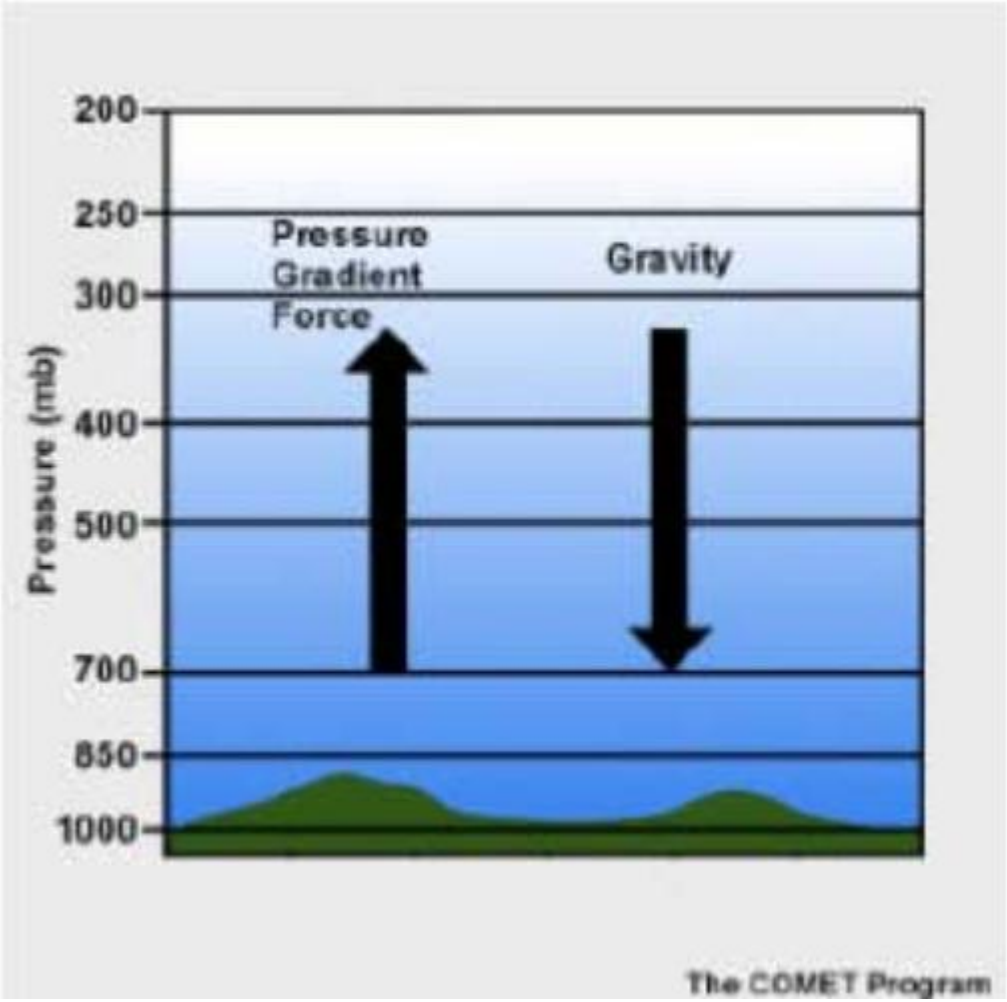
- Fluido estático
- Gravidade é a única força de campo
- Eixo z é vertical e voltado para cima

E para a atmosfera?

- A atmosfera geralmente é considerado em balanço hidrostático. Mesmo com movimentos de ventos.
- O balanço pode ser considerado desde que os acelerações verticais sejam muito menores que a aceleração da gravidade.

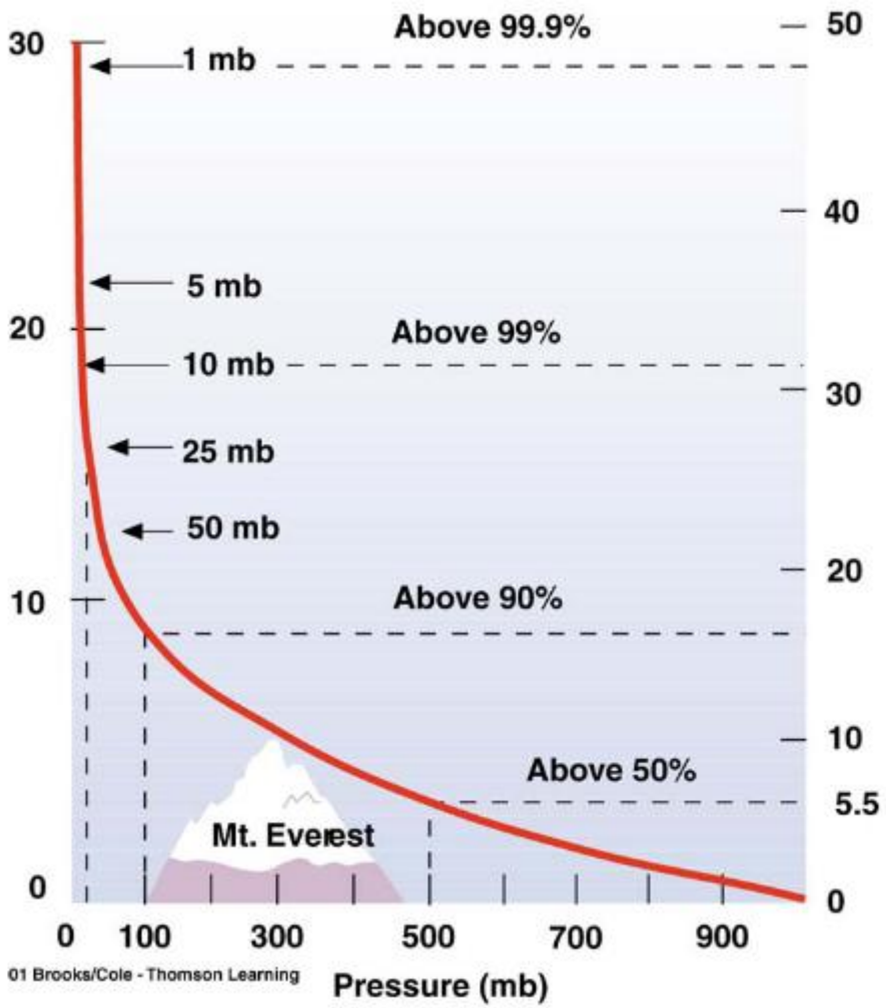
E para a atmosfera?

- **Representa o balanço entre a força do gradiente vertical de pressão e a força de gravidade**



E para a atmosfera?

Como a pressão atmosférica varia com a altura, pode-se calcular a pressão em um determinado nível supondo certas condições de equilíbrio



Princípio de Pascal

- O Principio de Pascal representa uma das mais significativas contribuições práticas para a mecânica dos fluidos no que tange a problemas que envolvem a transmissão e a ampliação de forças através da pressão aplicada a um fluido.

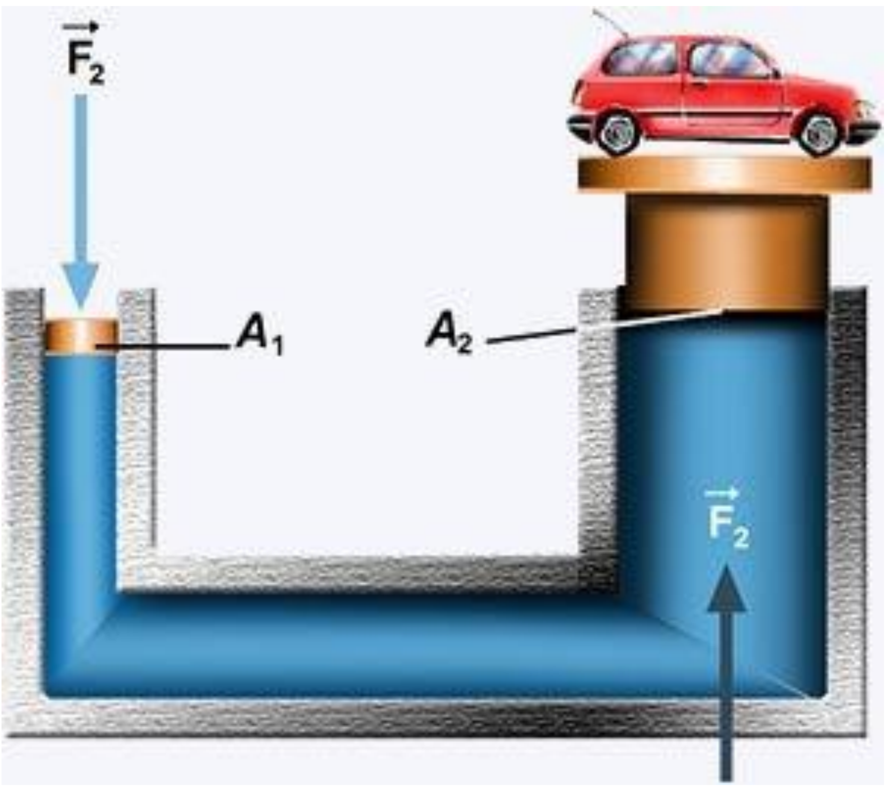
- O seu enunciado diz que: “quando um ponto de um líquido em equilíbrio sofre uma variação de pressão, todos os outros pontos também sofrem a mesma variação”.

Aplicação do princípio de Pascal

- Ao se aplicar uma pressão em um ponto qualquer de um líquido em equilíbrio, essa pressão se transmite a todos os demais pontos do líquido, bem como às paredes do recipiente.

- Essa propriedade dos líquidos, expressa pela lei de Pascal, é utilizada em diversos dispositivos, tanto para amplificar forças como para transmitilas de um ponto a outro. Um exemplo disso é a prensa hidráulica e os freios hidráulicos dos automóveis.

Aplicação do princípio de Pascal

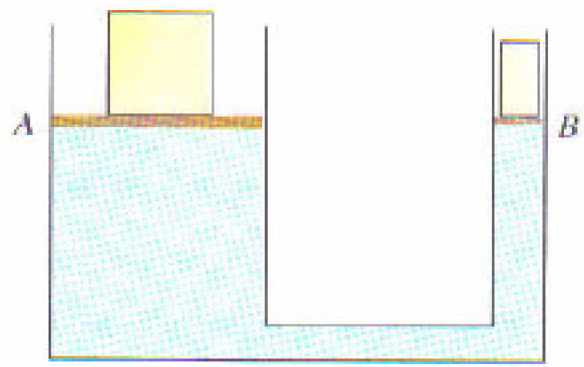


$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Estática dos fluidos

Exercício

1- Na figura apresentada a seguir, os êmbolos ***A*** e ***B*** possuem áreas de $80cm^2$ e $20cm^2$ respectivamente. Despreze os pesos dos êmbolos e considere o sistema em equilíbrio estático. Sabendo-se que a massa do corpo colocado em ***A*** é igual a 100kg, determine a massa do corpo colocado em ***B***.



Solução

Força atuante em A:

$$F_A = m_A \cdot g$$

$$F_A = 100 \cdot 10$$

$$F_A = 1000\text{N}$$

Força atuante em B:

$$\frac{F_A}{A_A} = \frac{F_B}{A_B}$$

$$\frac{1000}{80} = \frac{F_B}{20}$$

$$F_B = \frac{1000 \cdot 20}{80}$$

$$F_B = 250\text{N}$$

Massa em B:

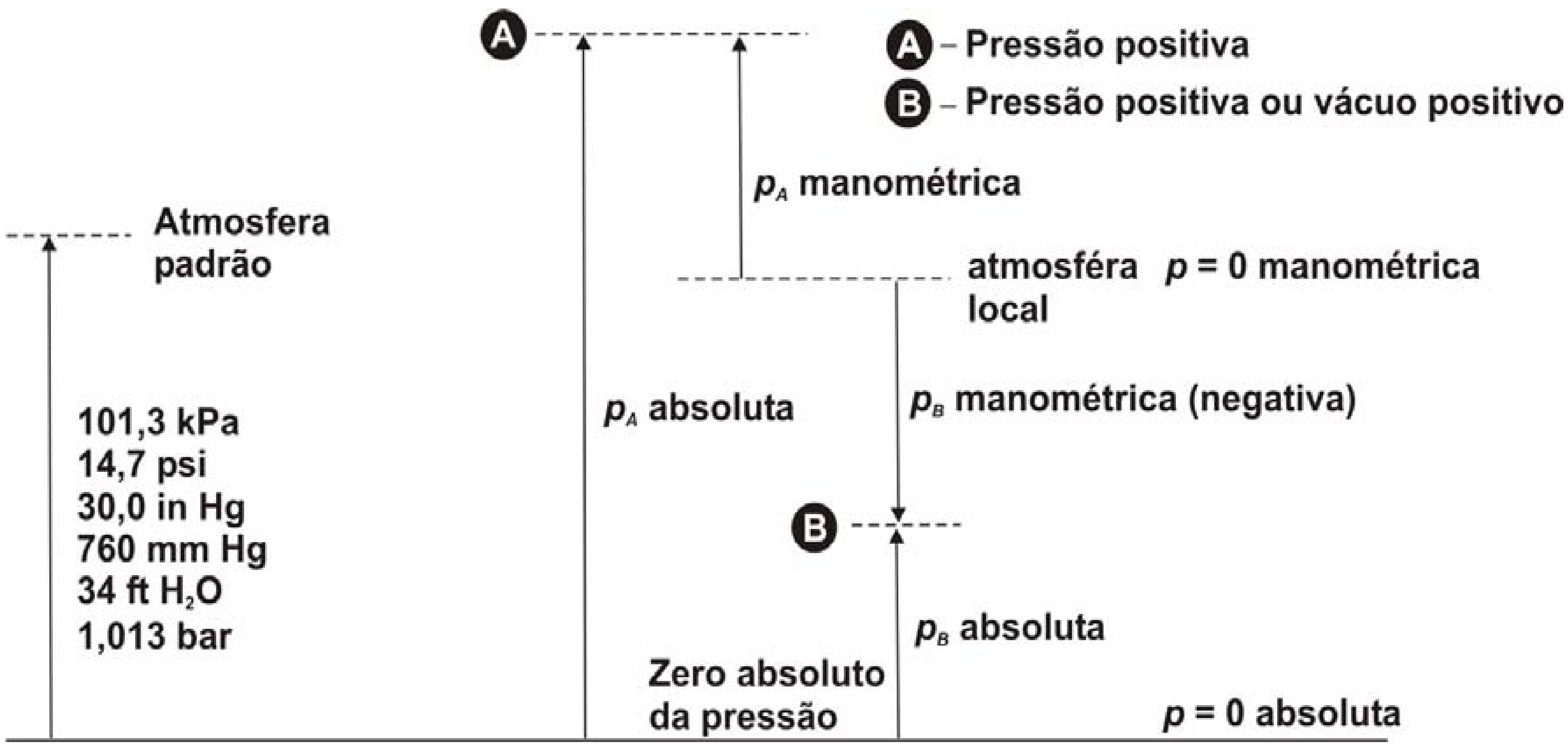
$$F_B = m_B \cdot g$$

$$m_B = \frac{F_B}{g}$$

$$m_B = \frac{250}{10}$$

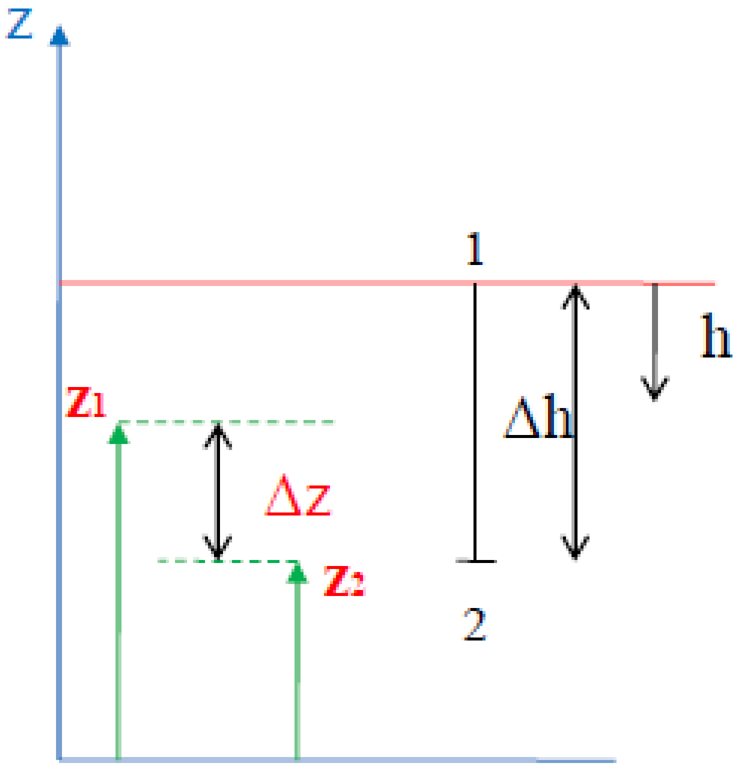
$$m_B = 25\text{kg}$$

Referenciais de pressão



P absoluta = P manométrica + P atmosférica

Variação de pressão em um fluido estático



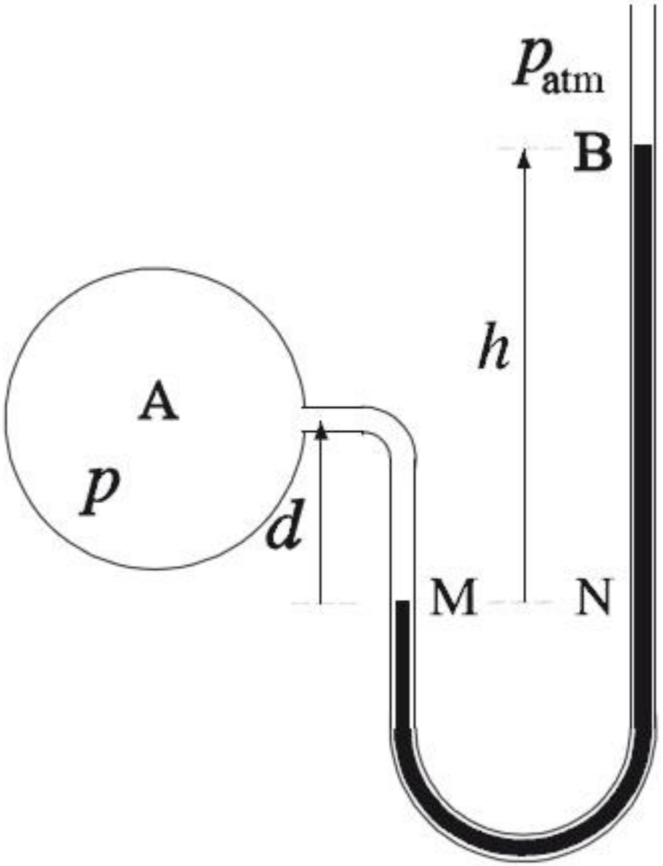
$$h = z_0 - z$$

$$\int_{p_0}^{p} dp = -\int_{z_0}^{z} \rho g \, dz$$

$$p - p_0 = -\rho g (z - z_0)$$
$$p - p_0 = \rho g (z_0 - z)$$

$$\Delta p = \rho g h$$

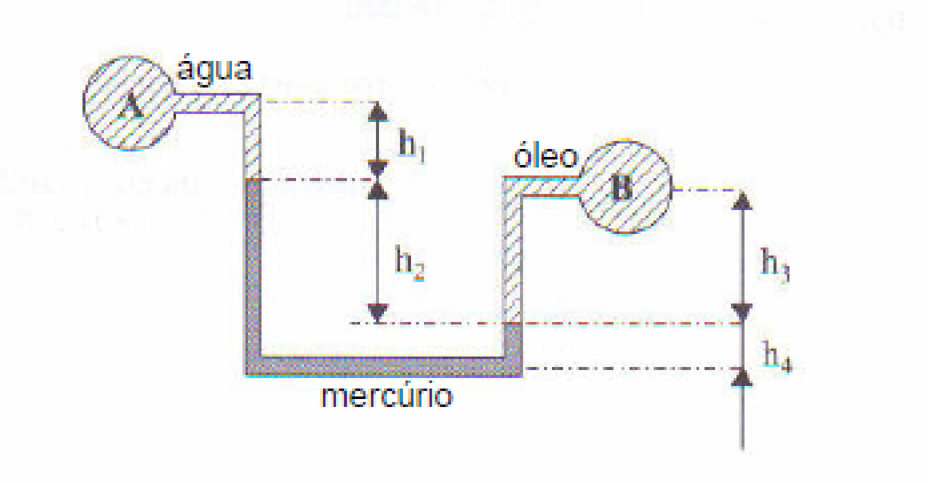
Manômetros



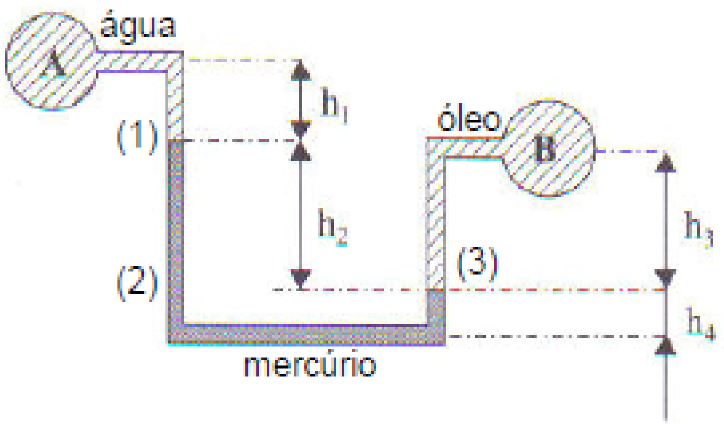
Exercício de manômetros

1) No manômetro diferencial mostrado na figura, o fluido **A** é água, **B** é óleo e o fluido manométrico é mercúrio. Sendo h_1 = 25cm, h_2 = 100cm, h_3 = 80cm e h_4 = 10cm, determine qual é a diferença de pressão entre os pontos **A** e **B**.

Dados: γ_{h20} = 10000N/m³, γ_{Hg} = 136000N/m³, $\gamma_{óleo}$ = 8000N/m³.



Solução



Ponto 1:

$$P_1 = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1$$

Ponto 2:

$$P_2 = P_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

$$P_2 = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

Ponto 3:

$P_3 = P_2$ Mesmo fluido e nível

$$P_3 = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

Diferença de pressão:

$$P_B = P_3 - \gamma_{óleo} \cdot h_3$$

$$P_B = P_A + \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2 - \gamma_{óleo} \cdot h_3$$

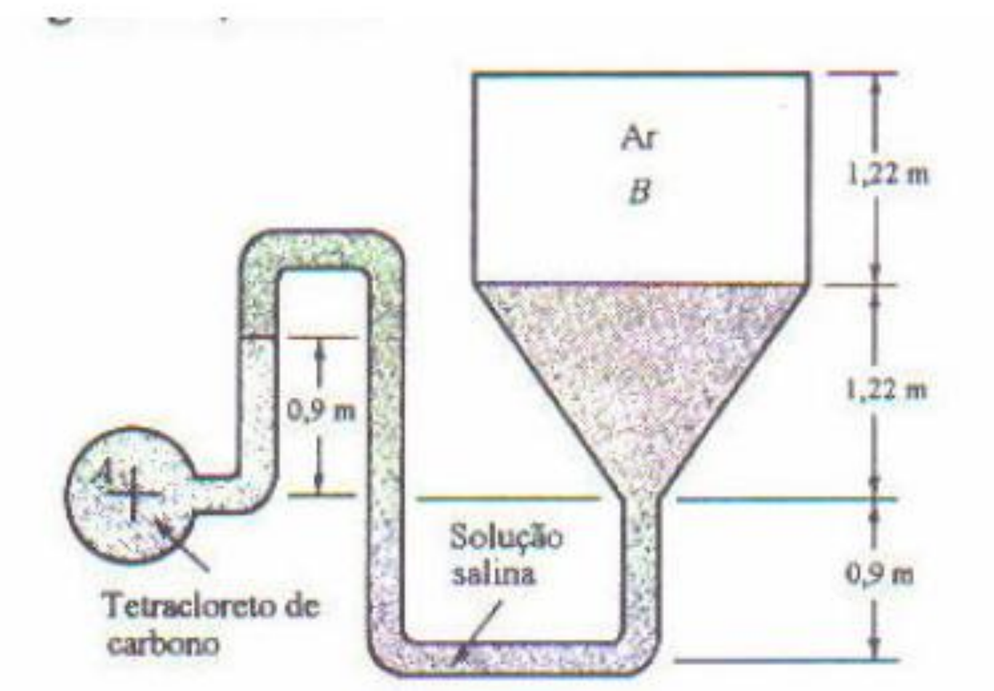
$$P_B - P_A = \gamma_{h2o} \cdot h_1 + \gamma_{Hg} \cdot h_2 - \gamma_{óleo} \cdot h_3$$

$$P_B - P_A = 10000 \cdot 0{,}25 + 136000 \cdot 1 - 8000 \cdot 0{,}8$$

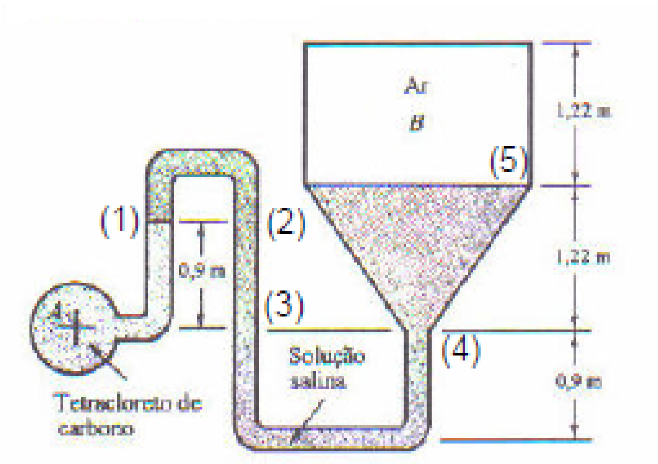
$$P_B - P_A = 132100 \text{ Pa}$$

Exercício

2) O tubo ***A*** da figura contém tetracloreto de carbono com peso específico relativo de 1,6 e o tanque ***B*** contém uma solução salina com peso específico relativo da 1,15. Determine a pressão do ar no tanque ***B*** sabendo-se que a pressão no tubo A é igual a 1,72bar.



Solução



Pressão em A:

1,01bar = 101230Pa

1,72bar = P_A

$$P_A = \frac{1{,}72 \cdot 101230}{1{,}01}$$

$$P_A = 172391{,}68\text{Pa}$$

Peso específico:

Tetracloreto:

$$\gamma_{TC} = \gamma_{rTC} \cdot \gamma_{h2o}$$

$$\gamma_{TC} = 1{,}6 \cdot 10000$$

$$\gamma_{TC} = 16000\text{N/m}^3$$

Solução Salina:

$$\gamma_{SS} = \gamma_{rSS} \cdot \gamma_{h2o}$$

$$\gamma_{SS} = 1{,}15 \cdot 10000$$

$$\gamma_{SS} = 11500 \text{ N/m}^3$$

Determinação da Pressão:

Ponto 1:

$$P_1 = P_A - \gamma_{TC} \cdot 0{,}9$$

$$P_1 = 172391{,}68 - 16000 \cdot 0{,}9$$

$$P_1 = 157991{,}68\text{Pa}$$

Ponto 2:

$P_2 = P_1$ Mesmo fluido e nível

$$P_2 = 157991{,}68\text{Pa}$$

Ponto 3:

$$P_3 = P_2 + \gamma_{SS} \cdot 0{,}9$$

$$P_3 = 157991{,}68 + 11500 \cdot 0{,}9$$

$$P_3 = 168341{,}68\text{Pa}$$

Ponto 4:

$P_4 = P_3$ Mesmo fluido e nível

$$P_4 = 168341{,}68\text{Pa}$$

Ponto 5:

$$P_5 = P_4 - \gamma_{SS} \cdot 1{,}22$$

$$P_5 = 168341{,}68 - 11500 \cdot 1{,}22$$

$$P_5 = 154311{,}68\text{Pa}$$