

# Estática dos Fluidos (parte 1)

Ref. White F.M., Mecânica dos  
Fluidos, McGraw-Hill

# Introdução

- Não há movimento relativo entre partículas do fluido
  - $\nabla^2 \vec{V} = 0$
  - Não há tensão de cisalhamento
  - A única tensão normal é P
- 3 situações clássicas
  - Fluido em repouso
  - Fluido em aceleração linear
  - Fluidos contidos em cilindros rotativos com vel. angular cte (mvt de corpo rígido)

# Introdução

- Aplicações:
  - Distribuição de pressão na atmosfera e oceanos
  - Manômetros
  - Forças em corpos submersos
  - Estabilidade de corpos flutuantes

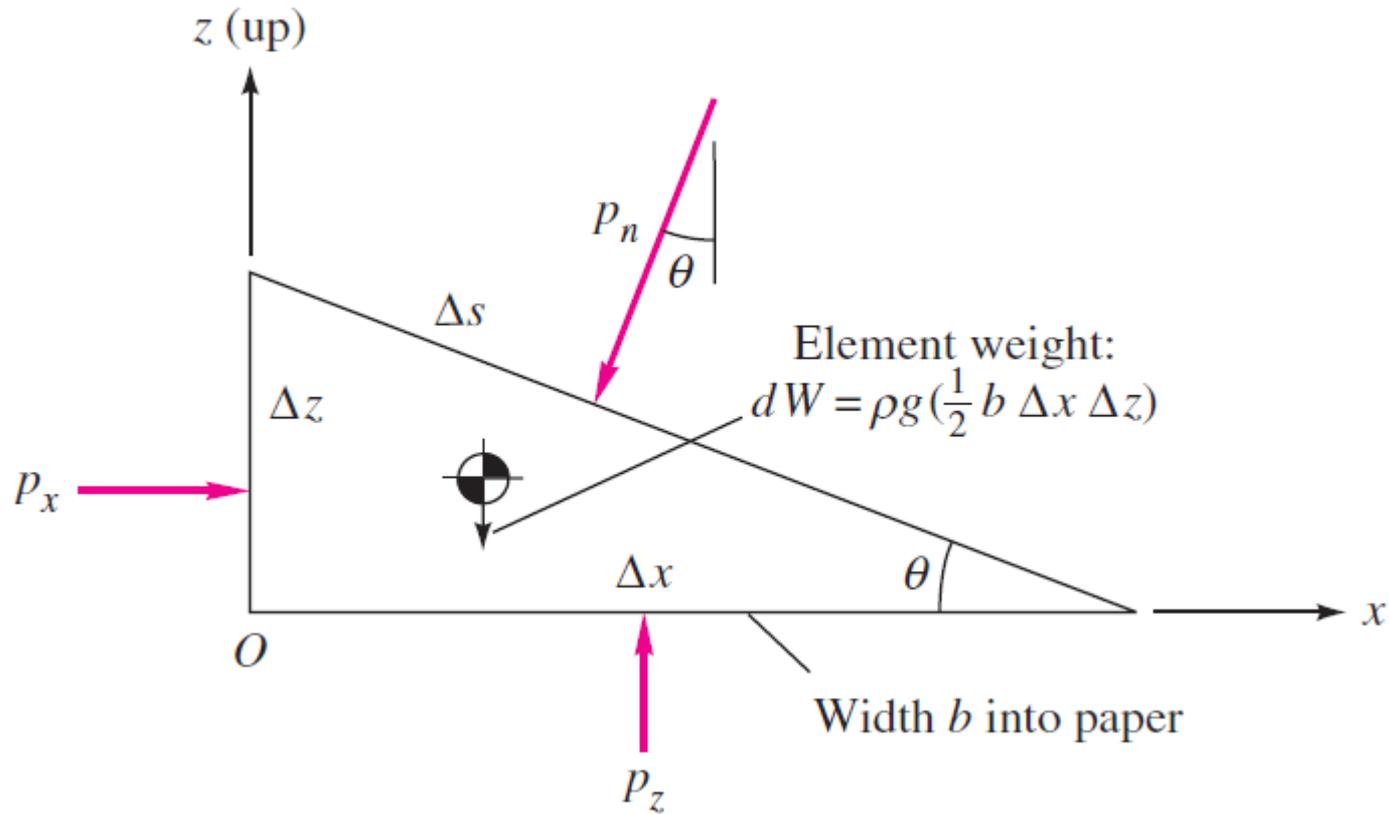
# Pressão em um ponto

- Força de compressão normal dividida por uma área infinitesimal

- $$P = \lim_{\Delta A \rightarrow dA} \left( \frac{F}{\Delta A} \right)$$

- Pressão em um ponto não varia com a direção

# Pressão em um ponto

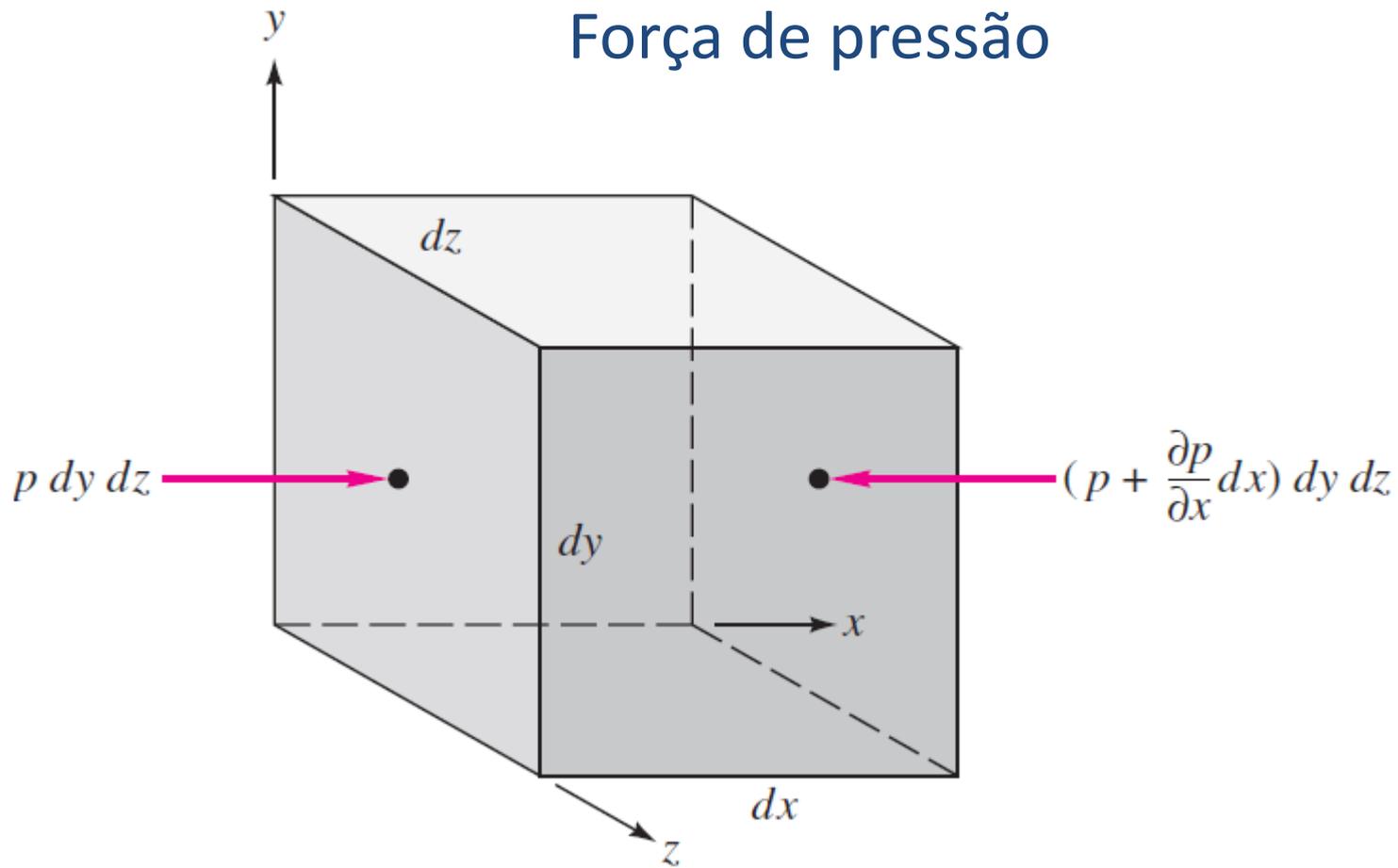


$$\sum F_x = 0 = p_x b \Delta z - p_n b \Delta s \sin \theta$$

$$\sum F_z = 0 = p_z b \Delta x - p_n b \Delta s \cos \theta - \frac{1}{2} \rho g b \Delta x \Delta z$$

$$p_x = p_z = p_n = p$$

# Força de pressão



$$dF_x = p \, dy \, dz - \left( p + \frac{\partial p}{\partial x} dx \right) dy \, dz = -\frac{\partial p}{\partial x} dx \, dy \, dz$$

$$d\mathbf{F}_{\text{press}} = \left( -\mathbf{i} \frac{\partial p}{\partial x} - \mathbf{j} \frac{\partial p}{\partial y} - \mathbf{k} \frac{\partial p}{\partial z} \right) dx \, dy \, dz$$

$$\mathbf{f}_{\text{press}} = -\nabla p$$

# Variação de pressão e fluidos em repouso

- Variação de pressão
  - VER NOTAS DE AULA
- Fluidos em repouso

- Única aceleração é  $\vec{g}$

$$\nabla p = \rho \mathbf{g}$$

- Para SC com g orientado para baixo em z:  $dp = -\rho g dz$
- VER NOTAS DE AULA

# Líquidos em repouso

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g = -\gamma$$

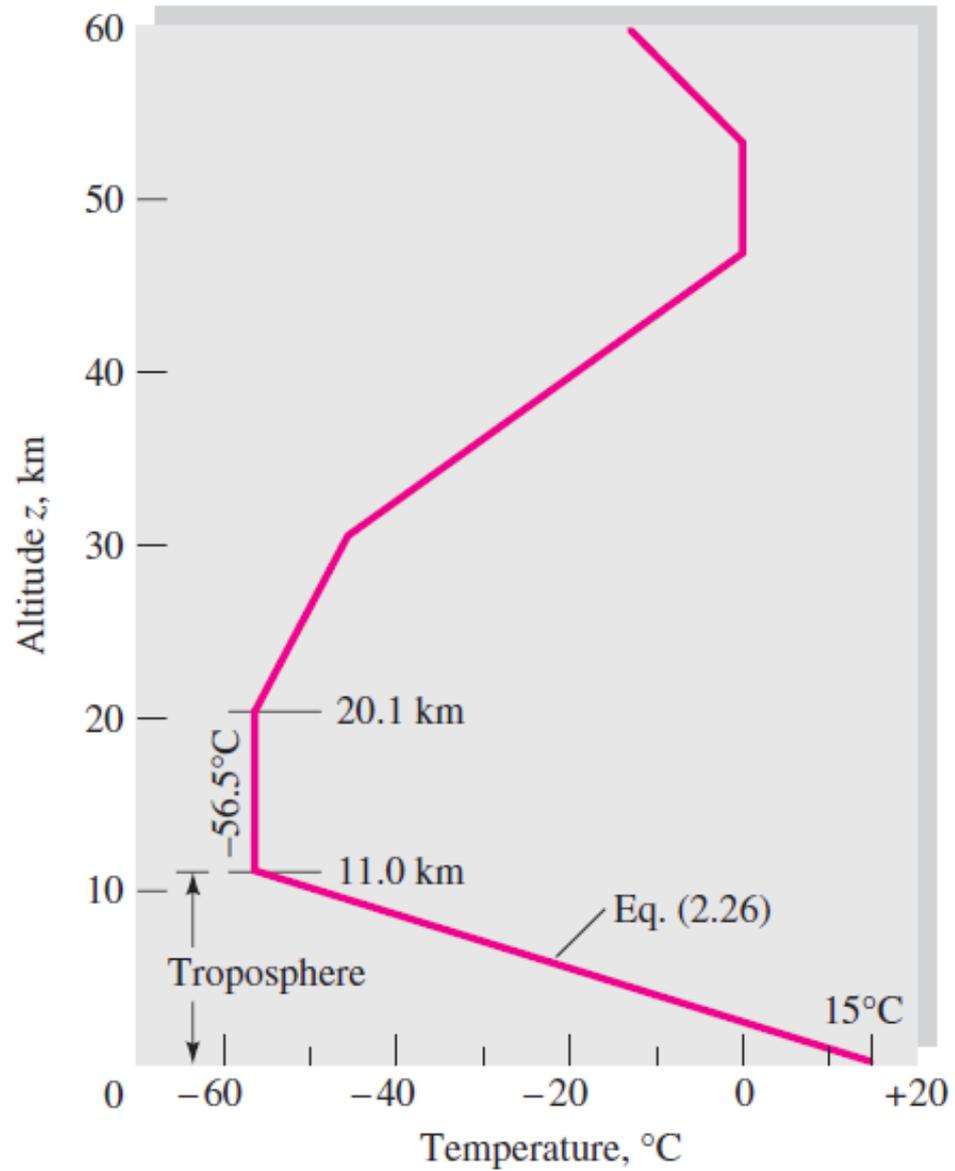
$$\frac{dp}{dz} = -\gamma$$

$$p_2 - p_1 = -\int_1^2 \gamma dz$$

$$p_2 - p_1 = -\gamma(z_2 - z_1)$$

$$z_1 - z_2 = \frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma}$$

# Pressões na atmosfera



# Troposfera

- Mais próxima à terra

- $0 < z < 11\text{km}$

- $T(z) = T_0 - Bz$

$$T_0 = 518.69^\circ\text{R} = 288.16 \text{ K} = 15^\circ\text{C}$$

$$B = 0.003566^\circ\text{R}/\text{ft} = 0.00650 \text{ K/m}$$

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

- VER NOTAS DE AULA

$$p = p_a \left( 1 - \frac{Bz}{T_0} \right)^{g/(RB)}$$

# Estratosfera

- $11\text{km} < z < 80\text{km}$
- $T \approx cte = -56,5^\circ\text{C}$
- É nesta região onde voa a maior parte dos aviões comerciais
- VER NOTAS DE AULA

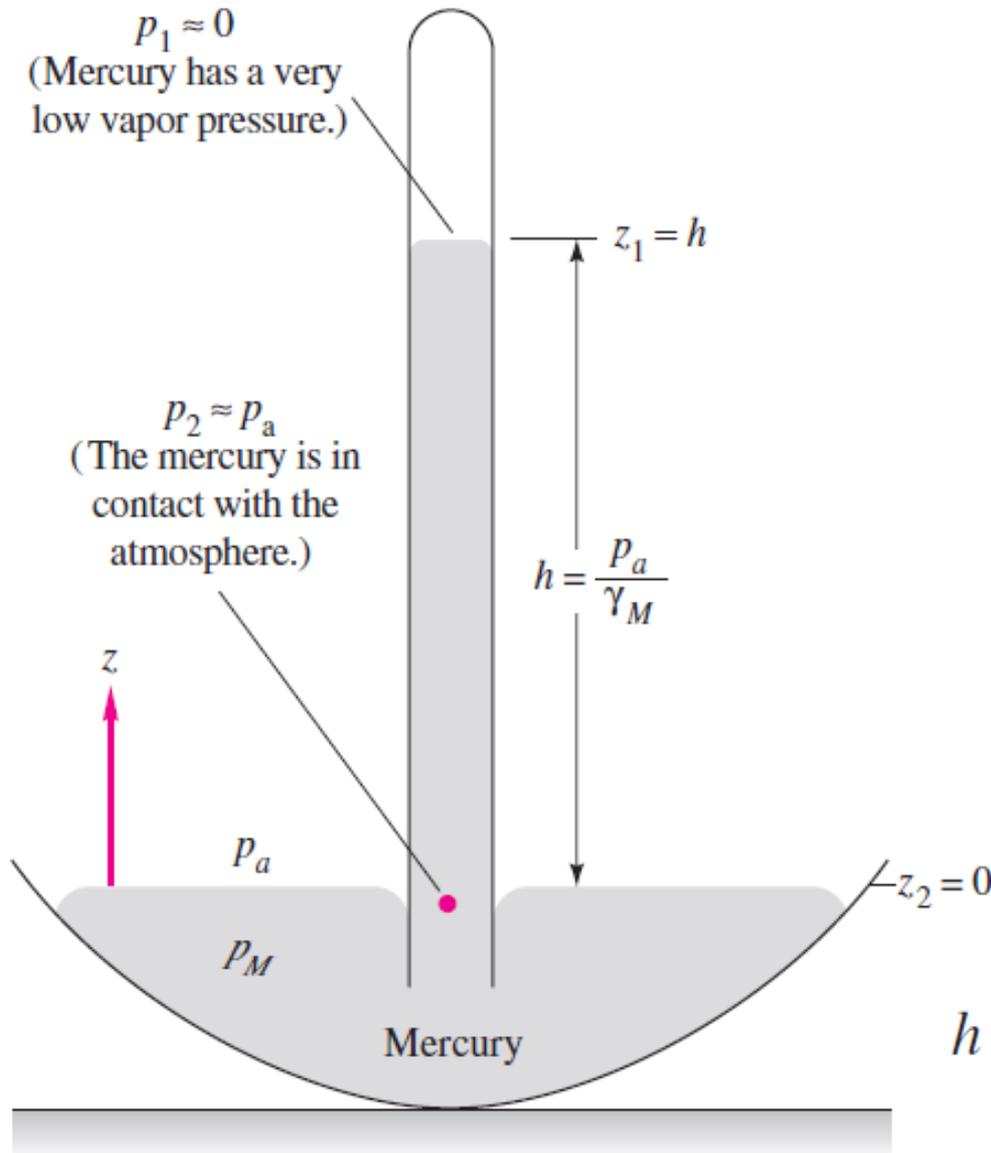
$$\frac{dp}{dz} = -\rho g = -\frac{p}{RT} g$$

$$p_2 = p_1 \exp\left[-\frac{g(z_2 - z_1)}{RT_0}\right]$$

## Questão

- Calcule a pressão a uma altitude de 10km considerando uma atmosfera isotérmica ( $T=256K$ ). Calcule os erros em relação (i) à fórmula da troposfera e (ii) à tabela de Atmosfera Padrão (que se encontra no anexo, ao final do livro)

# Exemplo de aplicação: Barômetro



Evangelista Torricelli, 1643

$$p_a - 0 = -\gamma_M(0 - h)$$

$$p_a = \rho_M g h$$

Ao nível do mar:

$$p_a = 101,350 \text{ Pa}$$

$$h = 101,350 / 133,100 = 0.761 \text{ m}$$

$$p_a = 761 \text{ mm Hg}$$