

**BCJ0205-15**

# **Fenômenos Térmicos**

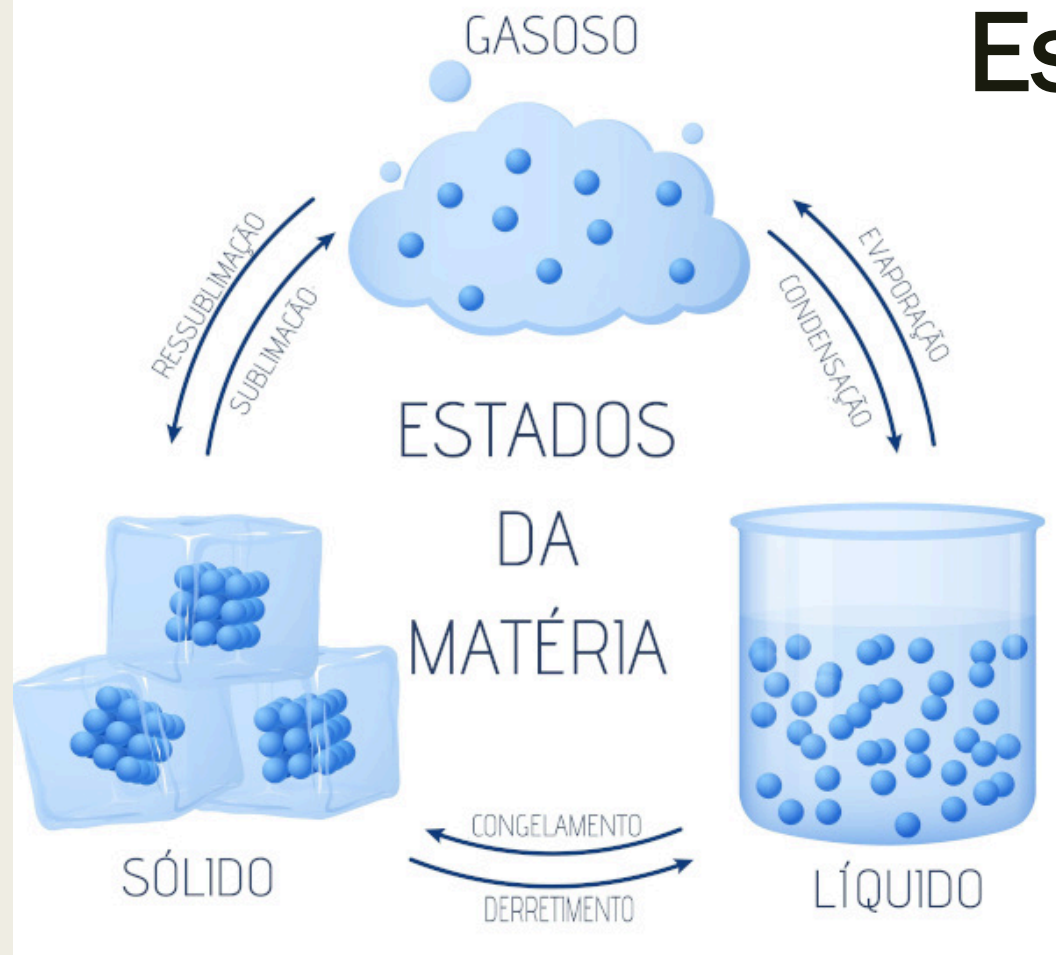
**Prof. Paramita Barai**

## **Modulo 1: Mecânica dos Fluidos**

Capítulo 15 (páginas 96-115) do livro texto  
(Princípios de Física, Serway, Vol. 2)

Unidades 15.1, 15.2, 15.3

# Estados Físicos da Matéria

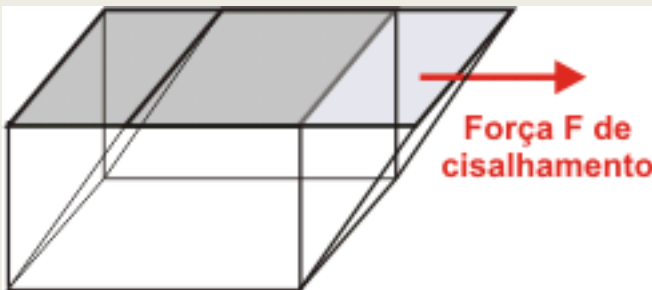
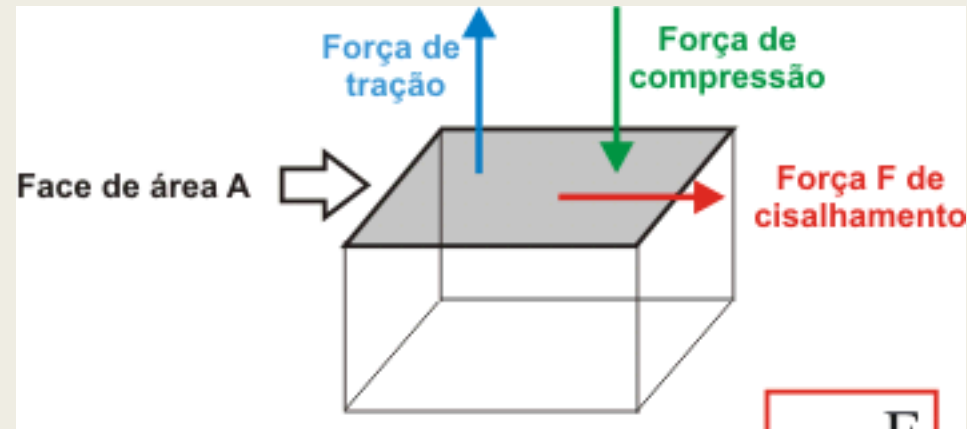


- Estado **Sólido** tem volume e forma definida
  - Exemplo: livro, caneta, computador, celular.
- Estado **Líquido** não tem forma física definida, mas tem volume definido
  - Exemplo: água.
- Estado **Gasoso** não tem forma nem volume definidos
  - Exemplo: gás dentro de um balão.

- Dependendo da temperatura e pressão externas, materiais pode se transformar entre os estados sólido, líquido e gasoso.

# Força de Cisalhamento

- Considere uma força agindo em uma superfície em 2 direções:
  - *Paralelo*
  - *Perpendicular*
- A força **paralela** à superfície é chamada de **força de cisalhamento**



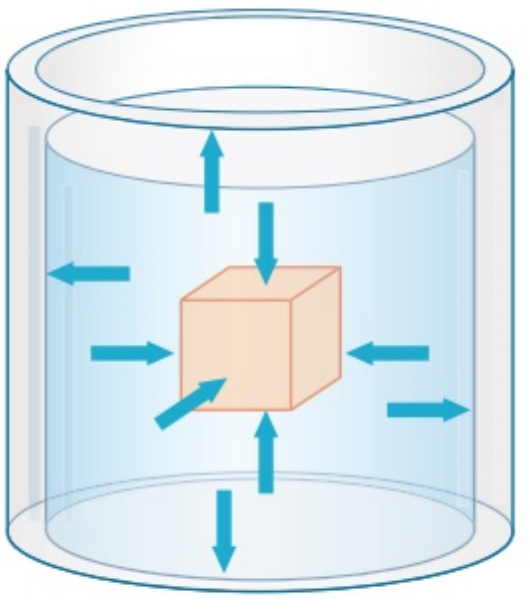
- Um força de cisalhamento pode deformar uma substância sólida
- Como um material responde à força de cisalhamento determina se ele é sólido ou fluido

# Fluido



- Fluido: substâncias que apresentam capacidade de fluir ou escoar, que continuamente deforma (flui) sob uma força paralela à sua superfície (força de cisalhamento), ou força externa.
  - *Não podemos mudar a forma da água empurrando com as mãos*
- Fluidos sempre assumem o formato do recipiente onde são confinados.
- Exemplos de fluidos:
  - Tanto os líquidos quanto os gases são fluidos
  - Água, hélio superfluido, plasma sanguíneo
- As forças interatômicas em um fluido são fracas

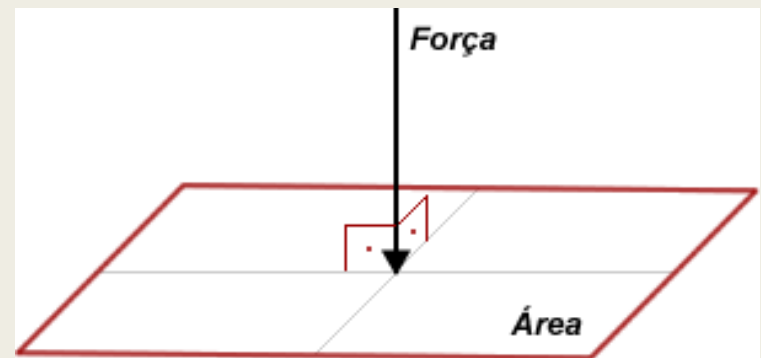
# 1.1 - Pressão



- Portanto, a única força que pode atuar sobre um fluido é uma força perpendicular à superfície.
- Considere um bloco sólido submerso em um copo d'água:
  - Moléculas de água colidem com a superfície do bloco e criam uma força de colisão.
  - Forças de todas as moléculas de fluido se somam, muitas vezes por segundo.

- Se  $F$  é a força do fluido agindo perpendicularmente a uma superfície da área  $A$ , então a **Pressão  $P$**  do fluido é definida como a força dividida pela área :

$$P = \frac{F}{A}$$



# Unidade Física de Pressão

- Seguimos a definição de pressão para entender qual será a sua unidade.
- Dividimos a unidade de força pela unidade de área
- De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de pressão é **Pascal (Pa)**

$$1 \text{ Pascal} = \frac{1 \text{ Newton}}{1 \text{ m}^2}$$

$$P = \frac{F}{A}$$

Onde,

$P$ : Pressão;

$F$ : Força;

$A$ : Área.

$$\text{Unidade de pressão} = \frac{\text{Unidade de força}}{\text{Unidade de área}}$$

Sistemas de unidades	Força $[F] = MLT^{-2}$	Pressão $[p] = ML^{-1}T^{-2}$
SI	N = kg.m/s <sup>2</sup>	Pa = N/m <sup>2</sup>
MK <sub>f</sub> S	kg <sub>f</sub>	kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>

# Quem coloca maior pressão no chão: uma mulher de salto alto, ou um elefante?

Pressure = Force / Area  
 $P = F / A$   
Units N / m<sup>2</sup> (pascal Pa)



(60kg/2) / 0.0001m<sup>2</sup>  
= 3,000,000 n/m<sup>2</sup>

(3,000kg/4) / 0.1m<sup>2</sup>  
= 125,000 n/m<sup>2</sup>

- Uma pequena força pode aplicar uma pressão grande se a área da superfície for pequena.

# Densidade

$$\text{densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

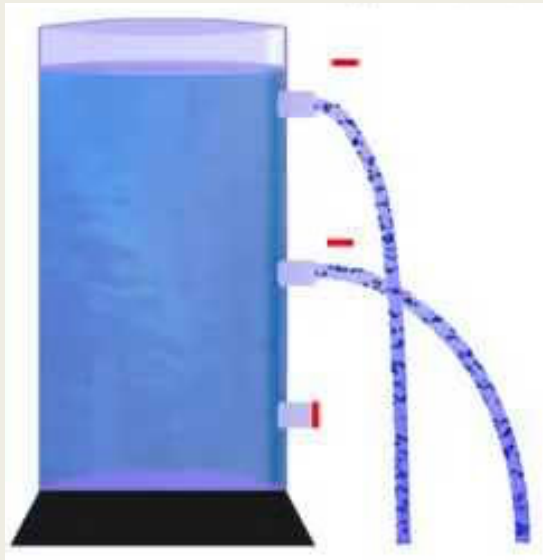
Substância/Objeto	Massa específica (Kg/m <sup>3</sup> )
Ar (a 20°C e 1 atm)	1,21
Ar (a 20°C e 50 atm)	60,5
Água (a 20°C e 1 atm)	0,998 x 10 <sup>3</sup>
Água (a 20°C e 50atm)	1,0 x 10 <sup>3</sup>
Ferro	7,9 x 10 <sup>3</sup>
Crosta terrestre	2,8 x 10 <sup>3</sup>
Água do mar (a 20°C e 1 atm)	1,024 x 10 <sup>3</sup>
Sangue	1,060 x 10 <sup>3</sup>

- A **densidade** é definida como a massa por unidade de volume de uma substância.
- Os valores de densidade dependem da temperatura e pressão, por causa das mudanças de volume
  - *As densidades de gás são 1000 vezes menores do que as densidades de sólidos e líquidos*



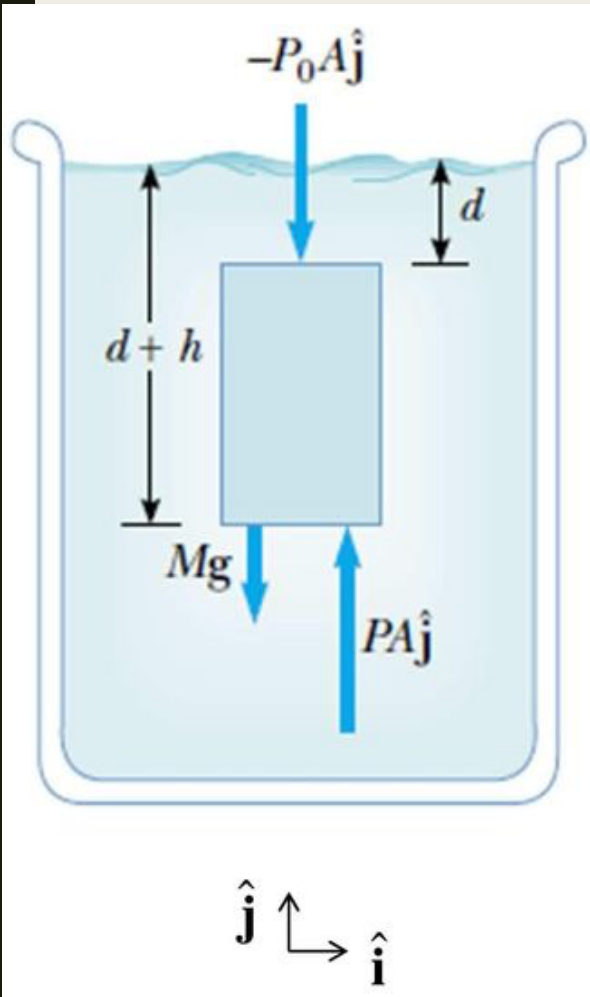
# 1.2 - Variação da Pressão com a Profundidade

- A pressão em uma superfície dentro de um fluido depende do peso do fluido acima da superfície
  - *A Pressão em um mar ou lago aumenta à medida que mergulhamos mais fundo na água*
  - *A pressão da atmosfera é a mais alta para nós, e diminui à medida que subimos uma montanha ou voamos em um avião*



Altitude (km)	Pressão Atmosférica (mm Hg)
0	760
1	600
2	480
4	300
6	170
8	120
10	100

# Como a Pressão Aumenta com a Profundidade



- Considere um líquido de densidade  $\rho$  em repouso
- Se selecionarmos um cilindro de área  $A$  e altura  $h$  (estendendo-se da profundidade  $d$  a  $d+h$ ) dentro do líquido, a força resultante atuando no cilindro de líquido é zero.
  - Na direção horizontal, as forças devido à pressão em lados opostos se cancelam.
- Face inferior do cilindro
  - pressão exercida pelo líquido =  $P$
  - Módulo da força para cima exercida pelo fluido =  $PA$
- Face superior do cilindro
  - pressão exercida pelo líquido =  $P_0$
  - Módulo da força para baixo exercida pelo líquido no topo =  $P_0 A$

# Como a Pressão Aumenta com a Profundidade

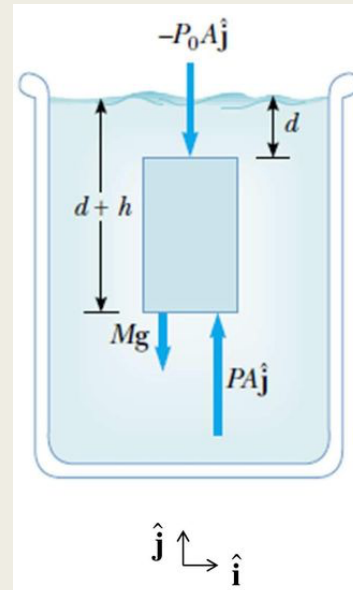
- Como o cilindro está em equilíbrio, a força vertical resultante é zero.
- Massa do líquido no cilindro:  $M = \rho V = \rho A h$
- Força gravitacional exercida no cilindro =  $M g = \rho g A h$
- A pressão dentro de um líquido depende apenas da profundidade  $h$

$$\sum F_y = PA - P_0A - Mg = 0$$

$$PA - P_0A - \rho Ahg = 0$$

$$PA - P_0A = \rho Ahg$$

$$P = P_0 + \rho gh$$



# Lei de Pascal

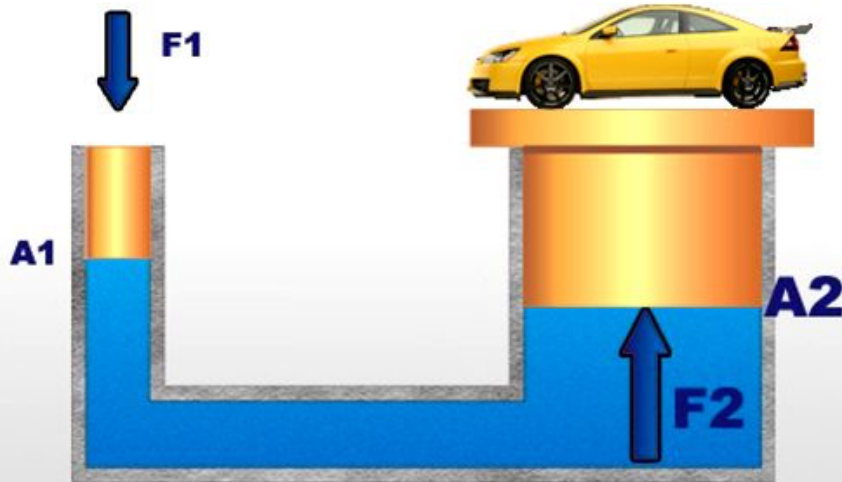


- Por equação  $P = P_0 + \rho gh$ , aumento na pressão na superfície de um fluido é transmitido a cada ponto no fluido
- A lei foi estabelecida pelo cientista francês Blaise Pascal em 1653, e publicada em 1663.

## Lei de Pascal

**Uma variação de pressão exercida num dado ponto de um fluido em equilíbrio transmite-se a todos os pontos do fluido e às paredes que o contém.**

# Prensa Hidráulica



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

$$F_2 = F_1 \left( \frac{A_2}{A_1} \right)$$

- Portanto, a força  $F_2$  é maior do que  $F_1$
- Assim, a lei de Pascal é aplicada em freios hidráulicos e elevadores de carros.

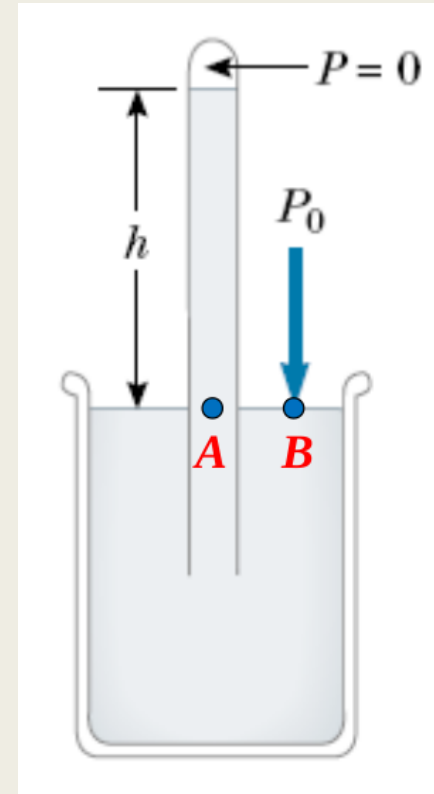
- Aplicação da lei de Pascal na vida diária
- Uma força  $F_1$  é aplicada a um pequeno pistão (à esquerda) de área  $A_1$
- A pressão é transmitida através do fluido para um grande pistão de área  $A_2$  à direita
- O fluido exerce força  $F_2$  no pistão direito
- A pressão é a mesma em ambos os pistões



# 1.3 - Medição de Pressão: Barômetro de Mercúrio

- Inventado por Evangelista Torricelli (1608-1647)
- Tubo longo cheio de mercúrio é invertido em um prato de mercúrio.
  - Pressão no topo,  $P_{top} = 0$
- $P_A$  (devido à coluna de mercúrio) =  $P_B$  (pressão atmosférica) =  $P_0$ 
  - Densidade de mercúrio =  $\rho_{Hg}$
  - Altura da coluna de mercúrio =  $h$
  - Aceleração devido à gravidade =  $g$
- Usando a equação da variação da pressão com a profundidade:

$$P_A = P_{top} + \rho_{Hg} g h \quad , \quad P_0 = P_B = P_A$$
$$\rightarrow P_0 = \rho_{Hg} g h$$



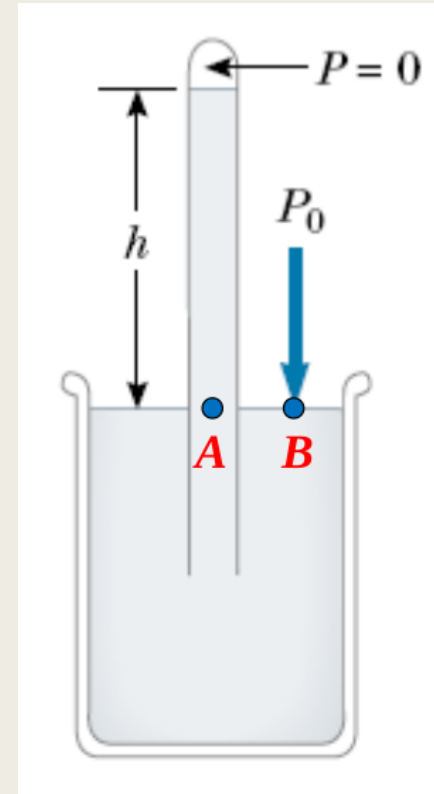
# 1.3 - Medição de Pressão: Barômetro de Mercúrio

$$P_0 = \rho_{\text{Hg}} g h$$

- Altura do mercúrio para 1 pressão atmosférica:  
 $P_0 = 1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

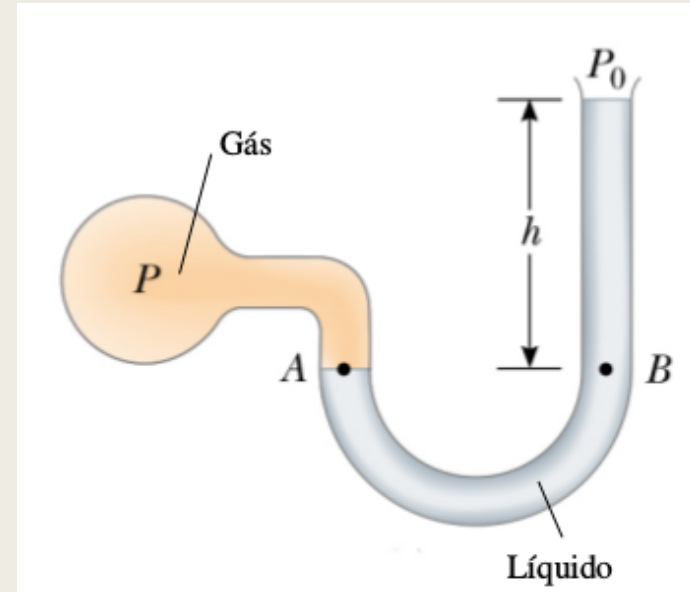
$$h = \frac{P_0}{\rho_{\text{Hg}} g} = \frac{1,013 \times 10^5 \text{ Pa}}{(13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) (9,80 \text{ m/s}^2)} = 0,760 \text{ m}$$

- Assim, podemos medir a pressão atmosférica como a altura da coluna de mercúrio.



# Medição de Pressão: Manômetro de Tubo Aberto

- Instrumento para medir a pressão do gás dentro de um recipiente
- Tubo em forma de U
  - Contendo um líquido em uma extremidade aberta para a atmosfera
  - A outra extremidade conectada ao gás de pressão desconhecido  $P$
- Considere o ponto **A** na interface de gás e o líquido, e outro ponto **B** na extremidade oposta do tubo
- $P_A$  (pressão desconhecido do gás) =  $P_B$  (pressão atmosférica + coluna de líquido) →



$$P = P_0 + \rho gh$$



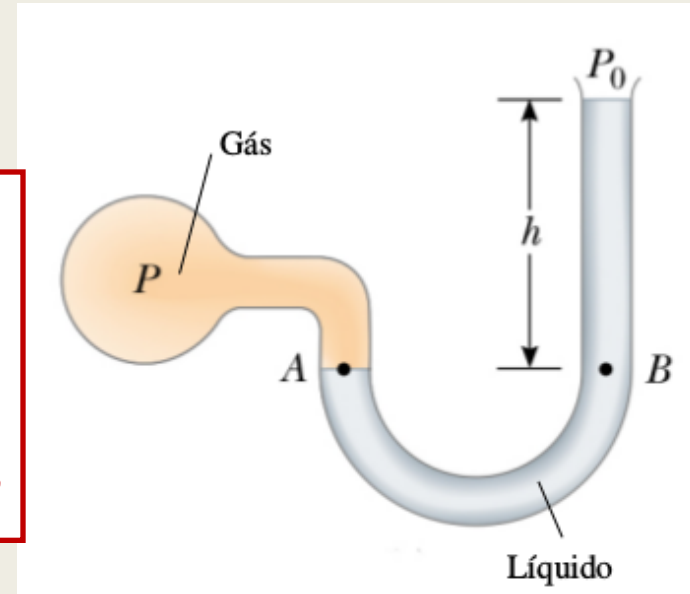
# Medição de Pressão

$$P = P_0 + \rho g h$$

$$P_A = P_B = P_0 + \rho g h$$

$$(Como, P_0 = \rho_{Hg} g h)$$

$$\rightarrow P_A = P_B = (\rho_{Hg} + \rho) g h$$



✓ Pressão Atmosférica =  $P_0$

✓ Pressão Absoluta =  $P = P_A = P_B$

✓ Pressão Manométrica =  $P - P_0 = \rho g h$