

# FÍSICA: TERMODINÂMICA, ONDAS E ÓPTICA

## RESUMO UNIDADE 1 Hidrostática

**Professora: Olivia Ortiz John**

# INTRODUÇÃO A HIDROSTÁTICA

- A Hidrostática é a área da Física que estuda os fluidos em repouso.
- Mas o que é um fluido?

# Conceito de Fluidos

- Um **fluido**, em contraste com um sólido, é uma substância que pode **escoar (líquidos e gases)**.
- Os fluidos se moldam aos contornos de qualquer recipiente onde são colocados.

Os **fluidos** estão muito presentes em nosso cotidiano:

- ✓ Nós os respiramos e bebemos fluidos;
- ✓ O sangue é o fluido vital circula em nosso sistema cardiovascular;
- ✓ Os oceanos, rios, lagos e a atmosfera são formados por fluidos;
- ✓ Nas profundezas da Terra encontramos o magma que é composto por minerais nos estado líquido;
- ✓ Utilizamos fluidos em equipamentos (combustível, óleo, etc.).

# Densidade e massa específica

Ambas são definidas como a **razão entre a massa de um corpo e seu volume total.**

Porém, a ideia de **densidade é aplicada para um corpo como um todo**, podendo este ser composto de várias substâncias diferentes.

Utiliza-se a definição de **massa específica quando se faz referência a uma substância pura e homogênea.** No caso dos fluidos aqui estudados, são coincidentes os valores de massa específica e densidade.

# ***Densidade (ou massa específica)***

É a razão entre a massa de um determinado corpo pelo volume que ele ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Onde:

$\rho$  é a densidade ou massa específica (kg/m<sup>3</sup>);

$m$  é a massa do corpo ou de fluido (kg);

$V$  é o volume do corpo ou de fluido (m<sup>3</sup>).

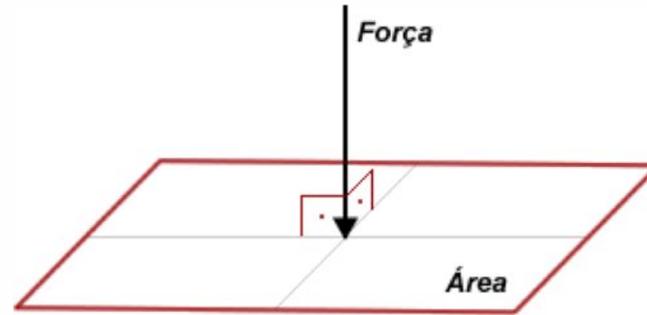
Usualmente, utiliza-se a unidade g/cm<sup>3</sup> para densidade:

$$\mathbf{1\text{g/cm}^3 = 1000\text{ kg/m}^3}$$

# Pressão

A pressão é definida pela razão entre a força aplicada sobre uma determinada superfície pela área de atuação da força.

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



A unidade de pressão no SI é o **Pascal (Pa)**, onde:

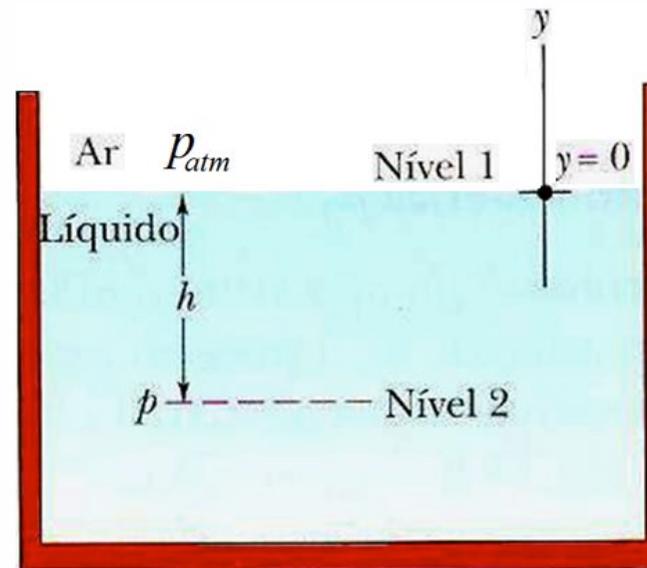
$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

# Pressão em um fluido em equilíbrio

Um fluido estático, sob a ação da gravidade terrestre, sofre a ação de forças que são perpendiculares à superfície terrestre.

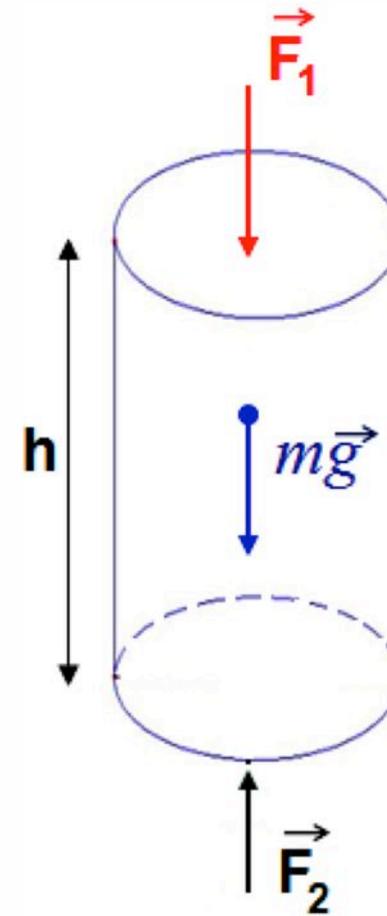
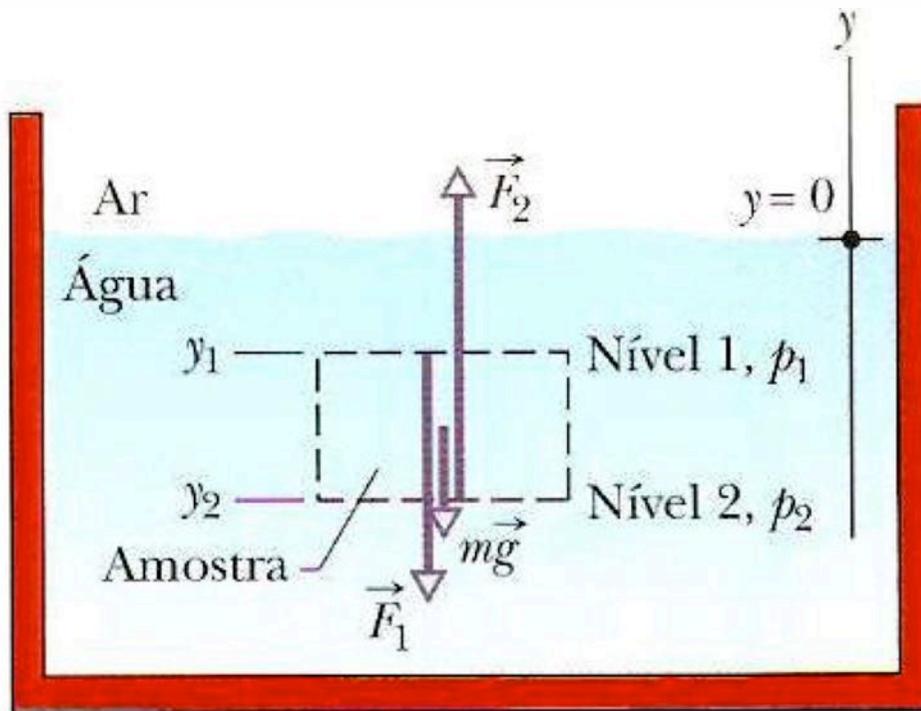
**A pressão a uma mesma profundidade de um fluido deve ser constante ao longo do plano paralelo à superfície.**

Supondo que a constante da gravidade local,  $g$ , não varie apreciavelmente dentro do volume ocupado pelo fluido, a pressão em qualquer ponto de um fluido estático depende apenas da pressão atmosférica ( $p_0$ ) na superfície do fluido e da profundidade do ponto no fluido.

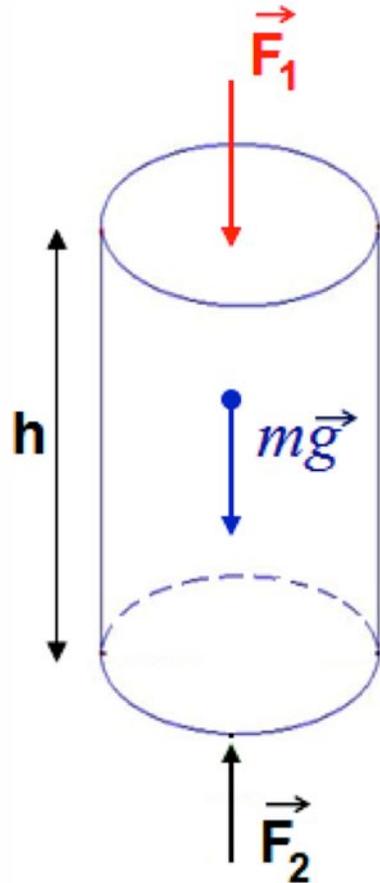


Fonte: HALLIDAY, RESNICK, WALKER; Fundamentos da Física, Vol. 2, 8ª Edição, LTC, 2009.

Para calcular a diferença de pressão entre os dois pontos basta imaginar um volume cilíndrico, cuja altura  $h$  seja ao longo da vertical à superfície com as bases contendo os pontos 1 e 2, respectivamente. A área das bases,  $A$ , pode ser qualquer: desde que elas estejam dentro do fluido.



Fonte: HALLIDAY, RESNICK, WALKER; Fundamentos da Física, Vol. 2, 8ª Edição, LTC, 2009.



Como o volume cilíndrico é estático a força resultante sobre ele é nula, logo temos que:

$$F_2 - F_1 - mg = 0$$

$$\rho = m/V$$

$$F_2 - F_1 = mg$$

$$m = \rho V$$

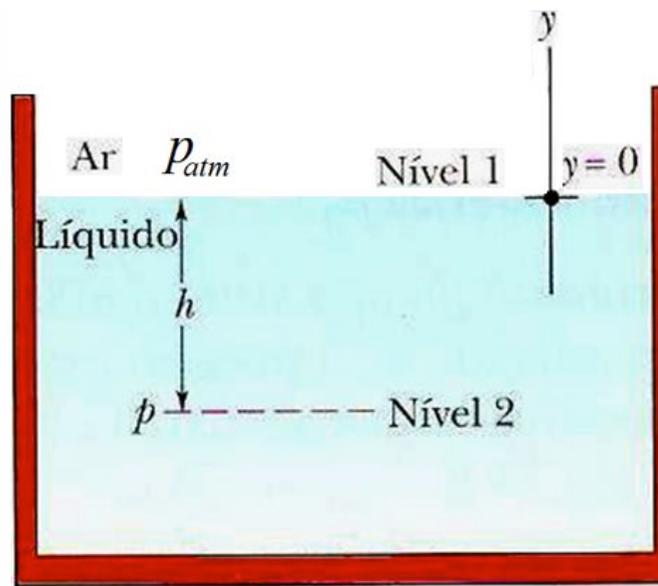
$$m = \rho(Ah)$$

onde **A** é a área da base e **h** a altura.

**Assim**  $\rightarrow F_2 - F_1 = \rho Ahg$

Dividindo esta equação por **A** obtemos que a pressões nos pontos 1 e 2 estão relacionadas por

$$p_2 = p_1 + \rho gh \quad (\text{Princípio de Stevin})$$



Fonte: HALLIDAY, RESNICK, WALKER; Fundamentos da Física, Vol. 2, 8ª Edição, LTC, 2009.

A pressão absoluta (total) em certo ponto do fluido (nível 2) em relação a superfície do líquido (nível 1), pode ser determinada pelo princípio de Stevin:

$$p = p_0 + \rho gh$$

Onde:

$p_0$  é a pressão atmosférica ( $1,01 \times 10^5$  Pa)

$\rho gh$  é a pressão manométrica

# *Princípio de Arquimedes*

**Princípio de Arquimedes:** Um objeto que está parcialmente ou completamente submerso em um fluido, sofrerá uma força de empuxo (**E**) igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto.



Arquimedes (282-212 AC).

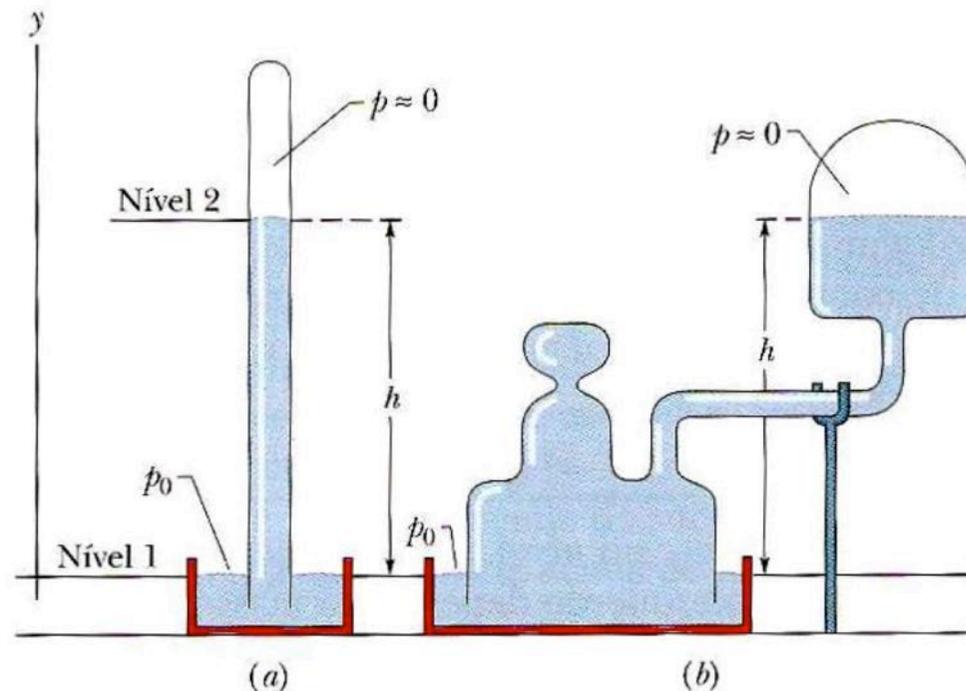
# Medidores de pressão

A relação entre pressão e profundidade é muito utilizada em instrumentos que medem pressão. Exemplos são o manômetro com tubo fechado e o de tubo aberto. A medida é feita comparando-se a pressão em um lado do tubo com uma pressão conhecida (calibrada) no outro lado.

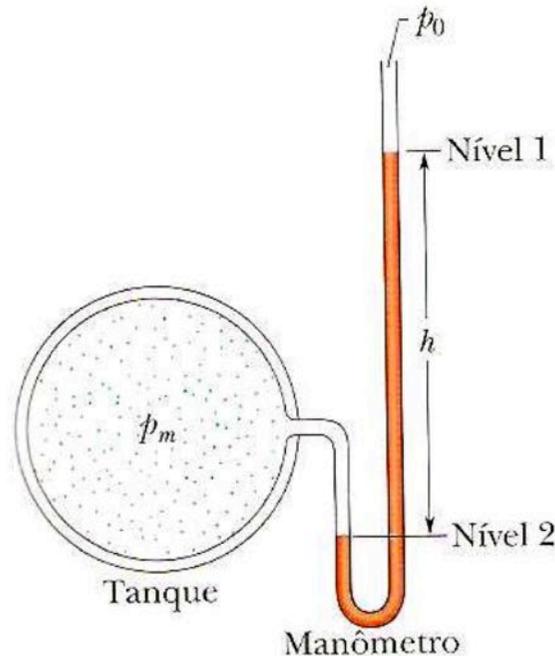
Um barômetro típico de mercúrio é um manômetro de tubo fechado. A parte fechada é próxima a pressão zero, enquanto que o outro extremo é aberto à atmosfera, ou é conectada a onde se quer medir uma pressão.

Manômetro de  
tubo fechado:

$$p = \rho gh$$



Em um manômetro de tubo aberto, um extremo do tubo é aberto para a atmosfera, e está portanto à pressão atmosférica. O outro extremo está sob a pressão que deve ser medida. Novamente, se existe uma diferença de pressão entre os dois extremos do tubo, se formará uma coluna dentro do tubo cuja altura ( $h$ ) é proporcional à diferença de pressão.



*Manômetro de tubo aberto:*

$$p = p_0 + \rho gh$$

Fonte: HALLIDAY, RESNICK, WALKER; Fundamentos da Física, Vol. 2, 8ª Edição, LTC, 2009.

- A pressão  $p$  é conhecida como pressão absoluta (total).
- A diferença de pressão ( $\Delta p$ ) entre a pressão absoluta  $p$  e a pressão atmosférica é conhecida como pressão de calibre (ou manométrica).
- Muitos medidores de pressão só informam a pressão de calibre.

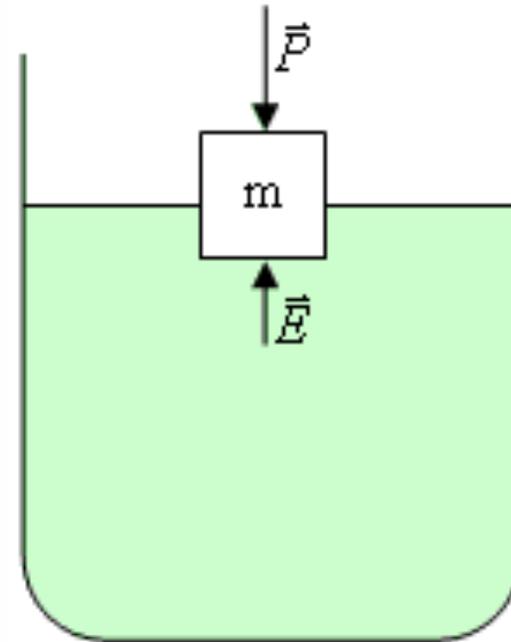
Um corpo mergulhado num fluido, parcial ou totalmente, sofre pressões em toda a extensão de sua superfície em contato com o fluido. Então, existe uma resultante das forças aplicadas pelo fluido sobre o corpo que é chamada de **empuxo**. Essa força é direcionada verticalmente para cima e opõe-se à ação da força-peso que atua no corpo. A força deve-se à diferença de pressão exercida na parte de baixo e na parte de cima do objeto.

$$E = \text{Peso}_{\text{fluido deslocado}}$$

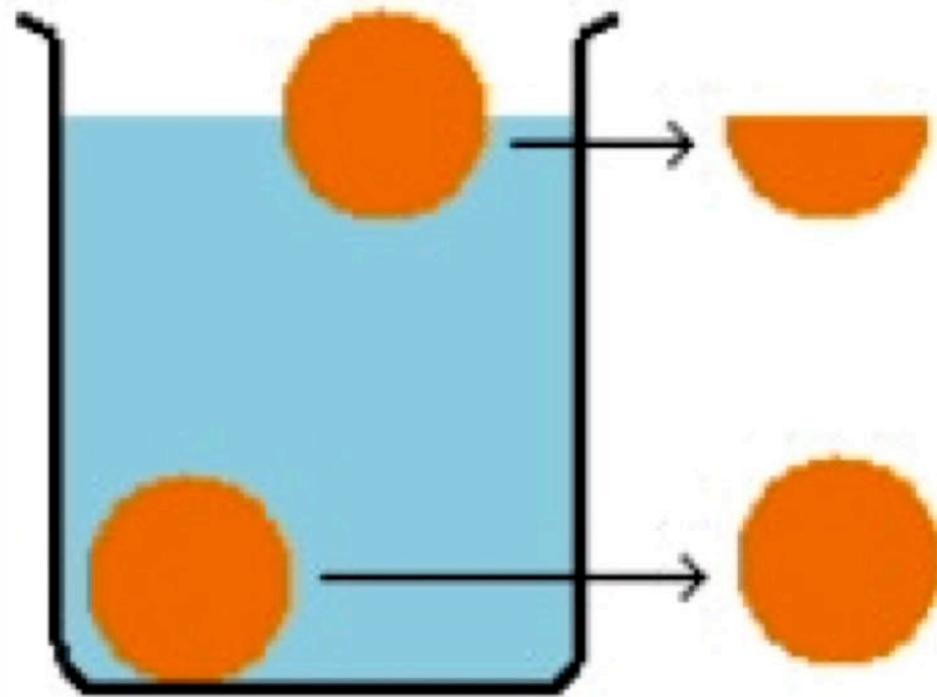
$$E = m_{\text{fluido deslocado}} \cdot g$$

$$E = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{fluido deslocado}} \cdot g$$

$$E = \rho_f \cdot V_d \cdot g$$



O fluido deslocado é o volume do fluido que caberia dentro da parte imersa no fluido, estando ele totalmente ou parcialmente imerso, como mostra figura abaixo.

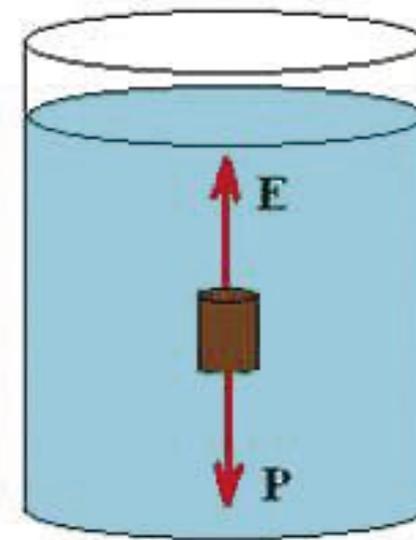


# PESO APARENTE

Quando um corpo mais denso que um líquido é totalmente imerso nesse líquido, observamos que o valor do seu peso, dentro desse líquido, é aparentemente menor do que no ar. A diferença entre o valor do peso real e do peso aparente corresponde ao empuxo exercido pelo líquido:

$$P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} - E$$

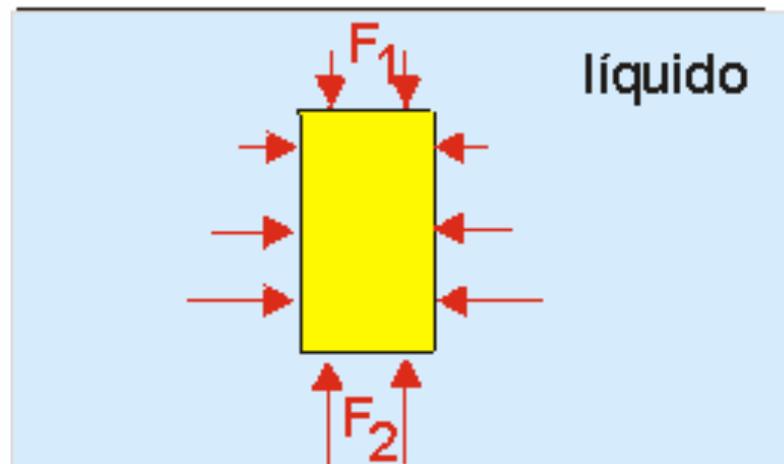
$$E = P_{\text{real}} - P_{\text{aparente}}$$



**Observação:** As forças laterais-horizontais diametralmente opostas, anulam-se duas a duas.

Portanto, a resultante horizontal das forças exercidas pelo fluido é nula.

A força resultante atua somente na vertical, onde  $\mathbf{E} = \mathbf{F}_2 - \mathbf{F}_1$ .



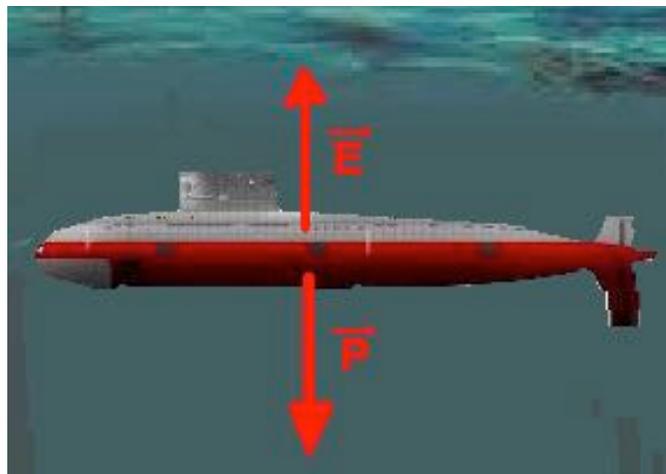
Fonte; <http://www.alfaconnection.pro.br/fisica/liquidos/teoremas-basicos-da-hidrostatica/teorema-de-arquimedes/>

Quando um corpo está totalmente imerso em um fluido, podemos ter as seguintes condições:

- **Se ele permanece parado no ponto onde foi colocado:**

→ A intensidade da força de empuxo é igual à intensidade da força peso ( **$E = \text{Peso}$** ).

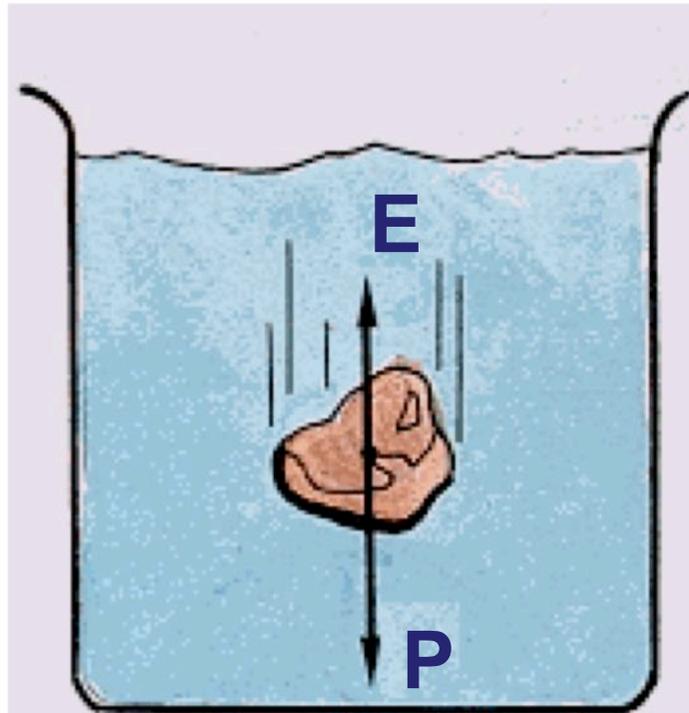
→ Nessa situação, a densidade do fluido é igual a densidade do corpo:  **$\rho_{\text{fluido}} = \rho_{\text{corpo}}$** .



- **Se ele afundar:**

→ A intensidade da força de empuxo é menor do que a intensidade da força peso (**Empuxo < Peso**).

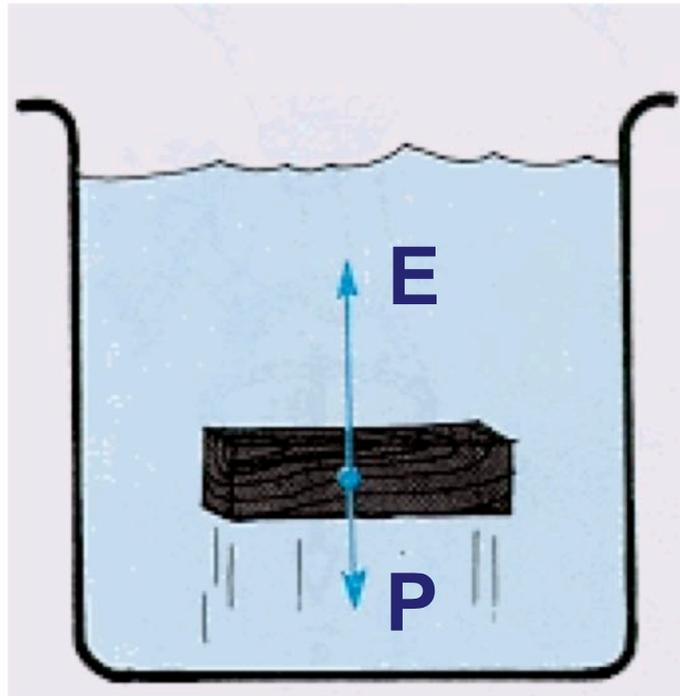
→ Nessa situação, a densidade do fluido é menor do que a densidade do corpo:  $\rho_{\text{fluido}} < \rho_{\text{corpo}}$ .



- **Se ele for levado para a superfície :**

→ A intensidade da força de empuxo é maior do que a intensidade da força peso (**Empuxo > Peso**).

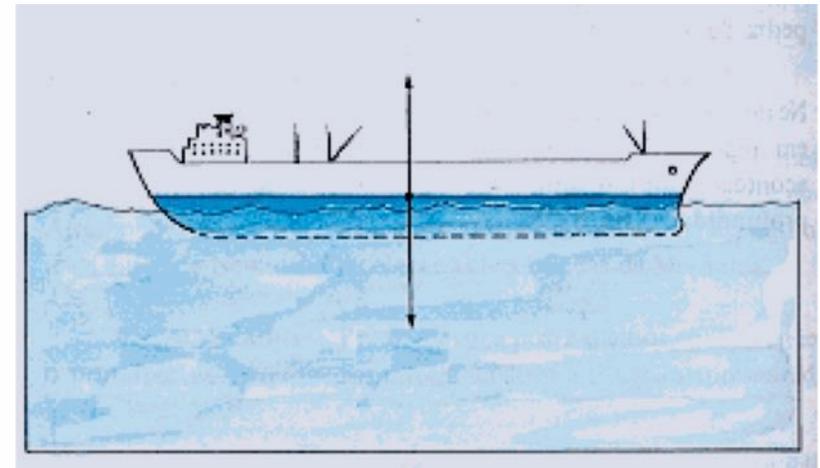
→ Nessa situação:  $\rho_{\text{fluido}} > \rho_{\text{corpo}}$ .



# Flutuação

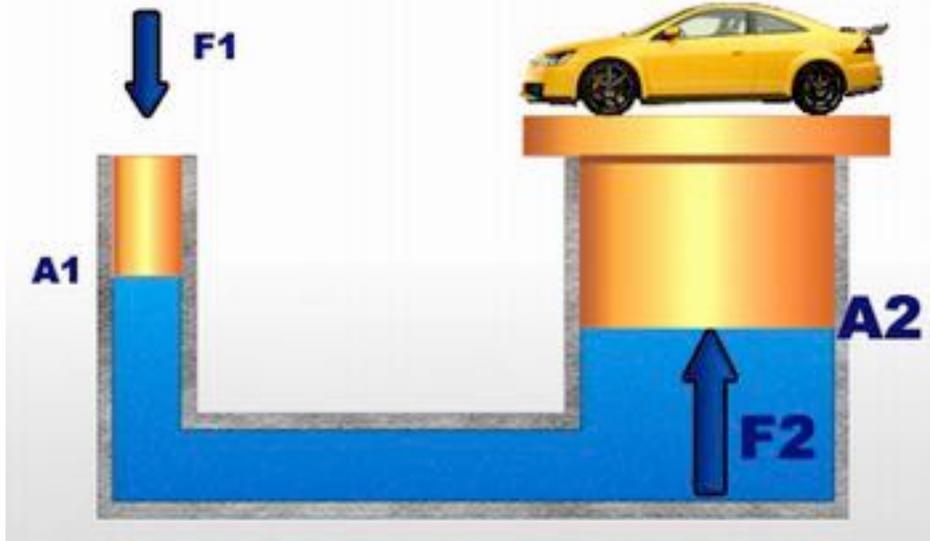
Para um corpo flutuando em um líquido, temos as seguintes condições:

- 1) Ele encontra-se em equilíbrio: **Empuxo = Peso**
- 2) O volume de fluido que ele desloca é menor do que o seu volume:  **$V_{\text{fluido deslocado}} < V_{\text{corpo}}$**
- 3) Nessa situação:  **$\rho_{\text{fluido}} > \rho_{\text{corpo}}$**
- 4) O valor do peso aparente do corpo é nulo:  
 **$P_{\text{aparente}} = P_{\text{real}} - E = 0$**



# Princípio de Pascal

O Princípio de Pascal, é o princípio elaborado pelo físico e matemático francês Blaise Pascal(1623-1662), que estabelece que a ***alteração de pressão produzida num fluido em equilíbrio é transmitida integralmente a todos os pontos do fluido e às paredes do recipiente.***

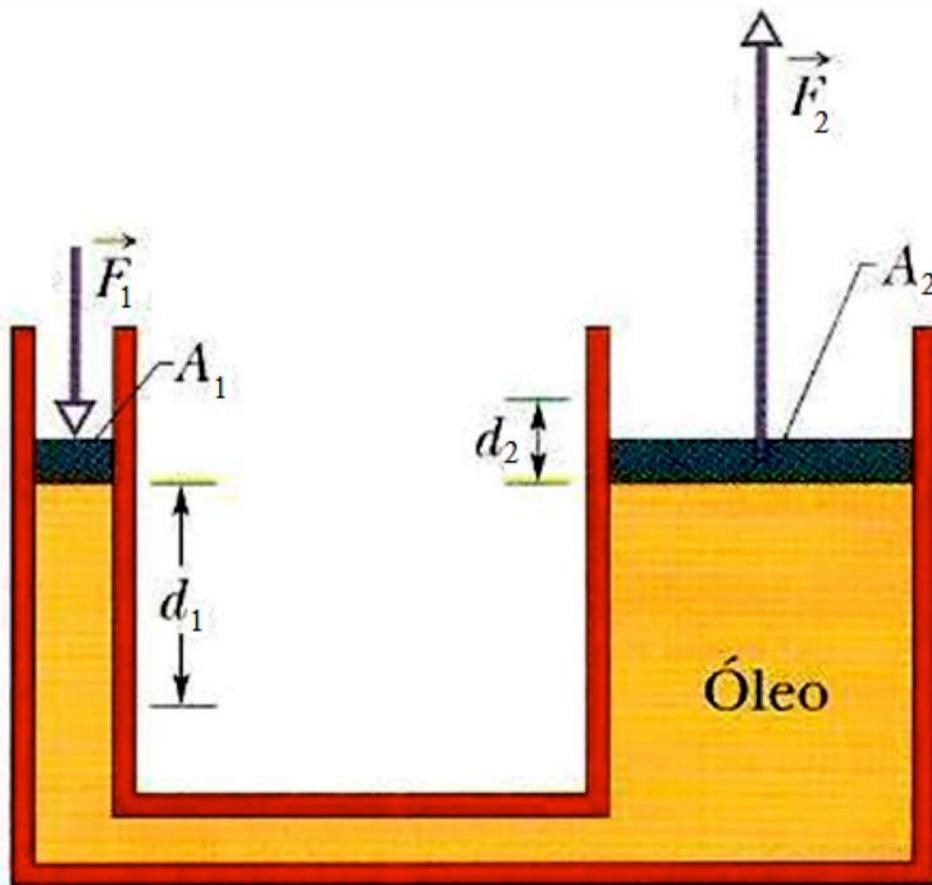


$$p_1 = p_2$$

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

Embora a força aplicada ( $F_1$ ) seja bem menor que a força gerada ( $F_2$ ), o trabalho ( $W = F \cdot d$ ) realizado é o mesmo.

Logo, se a força no pistão maior for 10 vezes maior do que a força no pistão menor (aplicada), a distância que ela percorre será 10 vezes menor. Isto se deve à conservação de volume:



$$V_1 = V_2 \rightarrow d_1 \cdot A_1 = d_2 \cdot A_2$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

*Atenção para as unidades de medida  
a serem utilizadas na resolução dos  
exercícios!*

*Dúvidas devem ser enviadas para a  
professora por mensagem!*

*Bons estudos!*