



# Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Departamento de Ciências Exatas e Naturais

## 2 – Mecânica dos Fluidos

Física II

Prof. Roberto Claudino Ferreira

# ÍNDICE

- 1) - Introdução;
- 2) - Densidade;
- 3) - Pressão;
- 4) - Pressão Atmosférica;
- 5) - Teorema de Stevin;
- 6) - O princípio de Pascal;
- 7) - O princípio de Arquimedes;
- 8) - Empuxo;
- 9) - Equação da continuidade;
- 10) - Equação de Bernoulli;
- 11) - Conclusão.

# OBJETIVO GERAL

Alcançar um entendimento das leis, princípios, grandezas e unidades de medidas que envolvem o estudo dos fluidos, assim como suas aplicações práticas, através de abordagens conceituais, históricas e demonstrações matemáticas.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Falar dos fluidos;
- Conceituar Mecânica dos fluidos, divisões e aplicações;
- Relatar um breve histórico acerca do tema;
- Abordar densidade de um corpo;
- Conceituar Pressão;
- Relatar a experiência de Torricelli e suas aplicações;
- Falar da Teoria de Stevin e suas aplicações;
- Abordar o princípio de Pascal;
- Explanar o Princípio de Arquimedes;
- Conceituar os princípios básicos da Hidrodinâmica;
- Falar da equação da continuidade;
- Enunciar a equação de Bernoulli;.

# Quais as diferenças entre fluido e sólido?



- Fluido é mole e deformável
- Sólido é duro e muito pouco deformável

# Os conceitos anteriores estão corretos!

Porém não foram expresso em uma linguagem científica e nem tão pouco compatível com o da Física.



# Fluido

## ➤ Conceito;



## Líquidos

Apesar de não ter um formato próprio, apresentam um volume próprio, isto implica que podem apresentar uma superfície livre.

# Fluidos



**Gases e vapores** – além de apresentarem forças de atração desprezível, não apresentam nem um formato próprio e nem um volume próprio, isto implica que ocupam todo o volume a eles oferecidos.

# Mecânica dos Fluidos

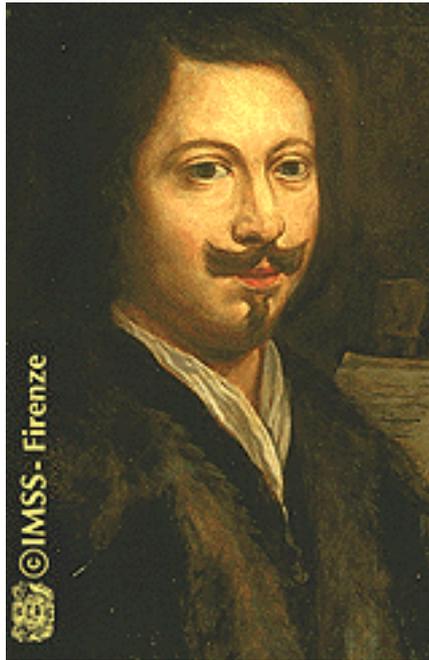
- Conceito;
- Divide-se em duas:
- Hidrostática: Estuda os fluidos em repouso;
- Hidrodinâmica: Estuda os fluidos em movimento;
- Explica o funcionamento das bombas para elevar água, freio automotivos, etc.

# Um Breve Histórico

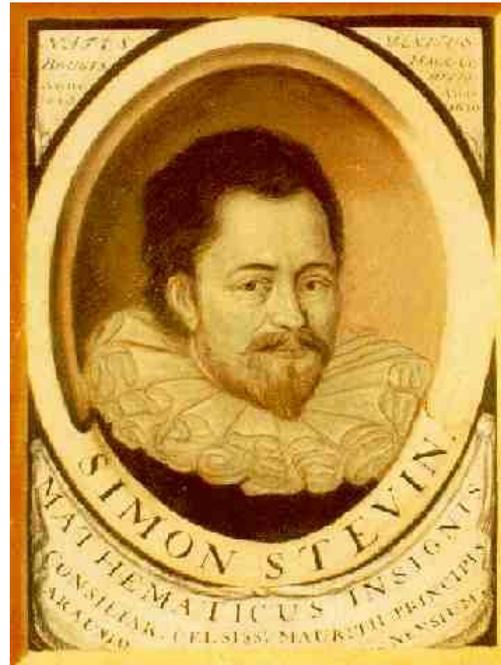
- O primeiro estudo sobre o comportamento dos líquidos foram feitos pelo sábio que viveu em Siracusa no século III a.C. grego Arquimedes.
- “Eureka”



# Um Breve Histórico



Torricelli



Stevin



Pascal

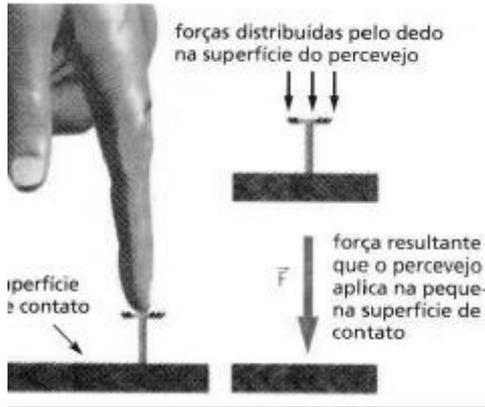
# Densidade de um corpo

- Arquimedes deu os primeiros passos. (A história da coroa).
- Conceito:  $\rho = \frac{\Delta m}{\Delta v}$  no SI:  $\frac{kg}{m^3}$
- Quando se trata de uma substancia pura, a densidade é chamada de **massa específica**, ou **densidade absoluta**.



Arquimedes

# Pressão



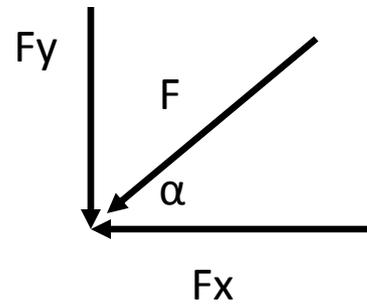
Para forças perpendiculares à superfície:

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

No SI  $\frac{N}{m^2} = \text{Pascal} = Pa$

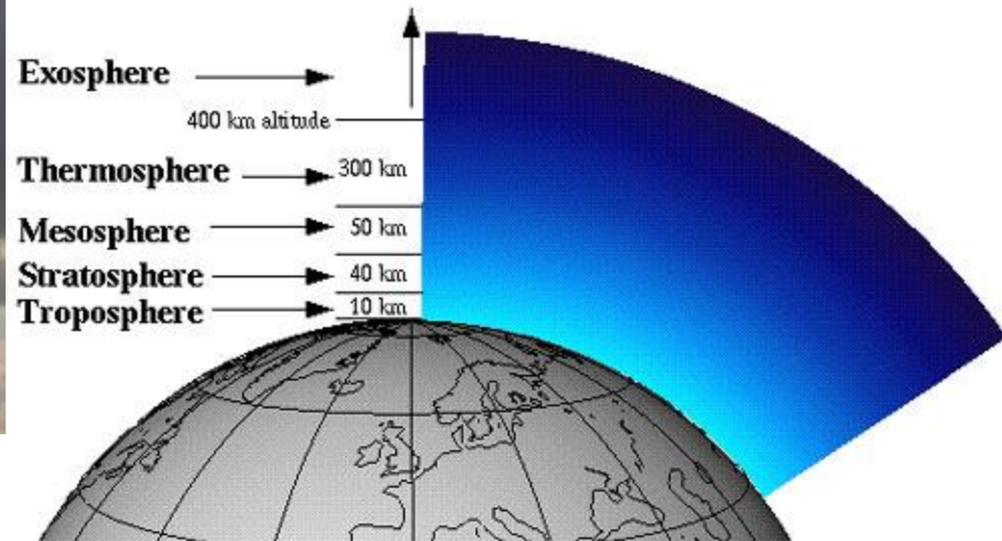
Para forças inclinadas em relação à superfície, calcula-se a componente vertical:

$$P = \frac{F \cdot \text{Sen } \alpha}{S}$$



# Pressão Atmosférica

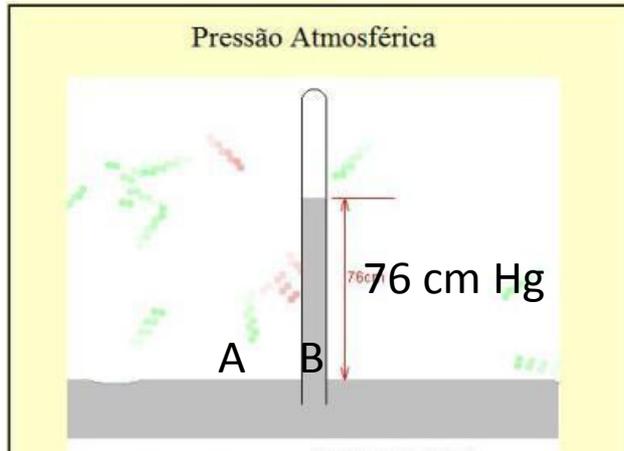
- É a pressão exercida pela camada de ar de altura aproximadamente de 18 km,



# O valor da Pressão Atmosférica

- As bombas aspirante até o século XVII, só conseguiam bombear água até 10,3 m de altura.
- O valor da Pressão Atmosférica, surgiu na tentativa de encontrar a explicação a esse fato, experiência essa desenvolvida por Evangelista Torricelli.
- O valor de  $1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg}$ .

# A Experiência de Torricelli



A água é 13,6 vezes menos densa que o mercúrio. Assim, para que a coluna de água exerça em sua base a mesma pressão

exercida pela atmosfera, como acontece com a coluna de Hg, deve haver a relação:

$$\frac{h_a}{h_{Hg}} = 13,6 \quad h_a = 13,6 \cdot 0,76 = 10,3m$$

# 1º Problema

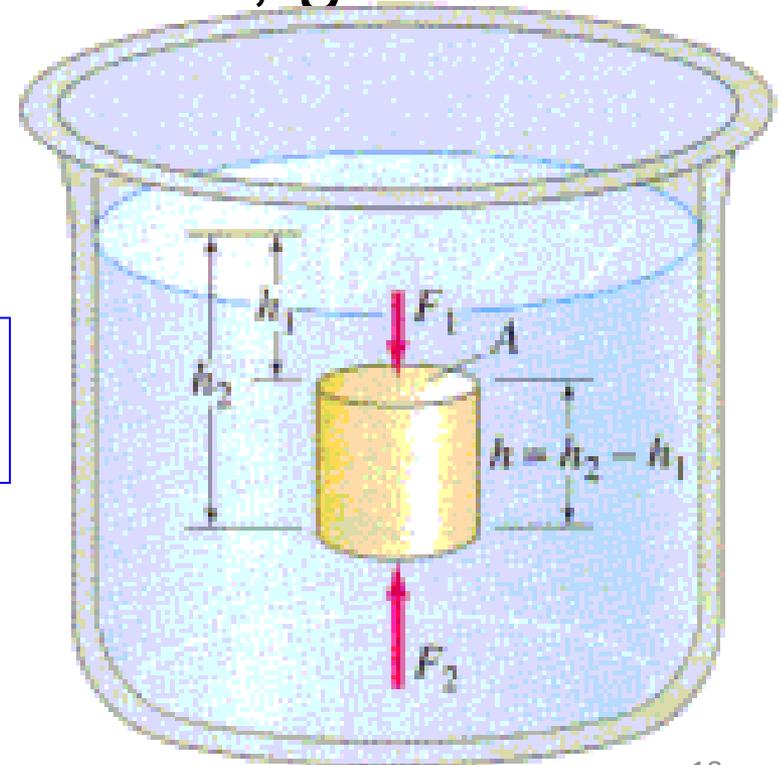
Uma sala tem 4,2 m de comprimento, 3,5 m de largura e 2,4 m de altura.

- a) Qual é o peso do ar na sala se a pressão do ar é 1,0 atm?
- b) Qual é o módulo da força que a atmosfera exerce sobre o alto da cabeça de uma pessoa, que tem uma área da ordem de 0,040 m<sup>2</sup>?

# Fluidos em Repouso

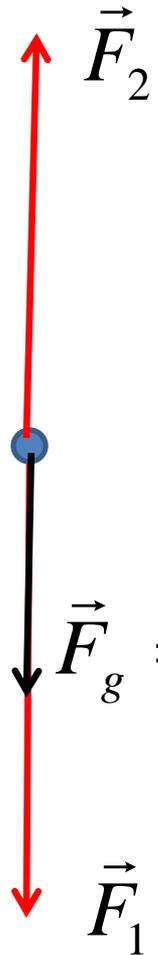
- **PRESSÃO EFETIVA** ( $P_{ef}$ ): Corresponde à pressão que uma coluna de líquido exerce num ponto considerado do líquido, a qual depende da altura; densidade, gravidade.

$$P_{ef} = \rho gh$$



# Fluidos em Repouso

Usando o diagrama do corpo livre.  
O equilíbrio entre estas forças fica:



$$\vec{F}_2 = \vec{F}_1 + \vec{F}_g, \text{ sendo que } P = \frac{F}{A}$$

$$\vec{F}_1 = P_1 A \quad \text{e} \quad \vec{F}_2 = P_2 A$$

$$\text{Lembrando que } \rho = \frac{m}{V} \therefore m = \rho V$$

# Fluidos em Repouso

$$P_2 A = P_1 A + m \cdot g$$

$$P_2 A = P_1 A + \rho V \cdot g$$

*Lembrando que:*

$$\text{Volume} = V = A \cdot h$$

$$P_2 A = P_1 A + \rho A h g$$

$$P_2 = P_1 + \rho h g$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h$$

Como na figura

$$h = h_2 - h_1$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h$$

Fazendo  $h_1 = 0$ ,  $P_1 = P_0$

Fazendo  $h_2 = h$ ,  $P_2 = P$

# Teorema de Stevin

- A Pressão Absoluta num ponto de um líquido homogêneo, incompressível, de densidade ( $\rho$ ), e numa profundidade ( $h$ ), é igual a soma da pressão atmosférica na superfície do líquido adicionada à pressão efetiva:



$$P = P_0 + \rho gh$$

Pressão Efetiva

Pressão Atmosférica

Pressão Absoluta

## 2º Problema

Calcular o valor da pressão atmosférica. Sabendo que a pressão atmosférica é igual a uma pressão exercida em uma coluna de mercúrio de altura 76 cm. A densidade do mercúrio é:  $13,6 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$

# Cálculo da Pressão Atmosférica

Densidade do mercúrio =  $\rho = 13,6 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$

Altura da coluna líquida de Hg = 76 cm = 0,76 m

Aceleração da gravidade = 9,8 m/s<sup>2</sup>.

Como pressão é:  $P = \rho gh$

Então :

$$P = (13,6 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}) \cdot (9,8 \frac{m}{s^2}) \cdot (0,76m)$$

$$P = 1,013 \times 10^5 \frac{kg}{m \cdot s^2} \Rightarrow P = 1,013 \times 10^5 Pa$$

# O Princípio de Pascal

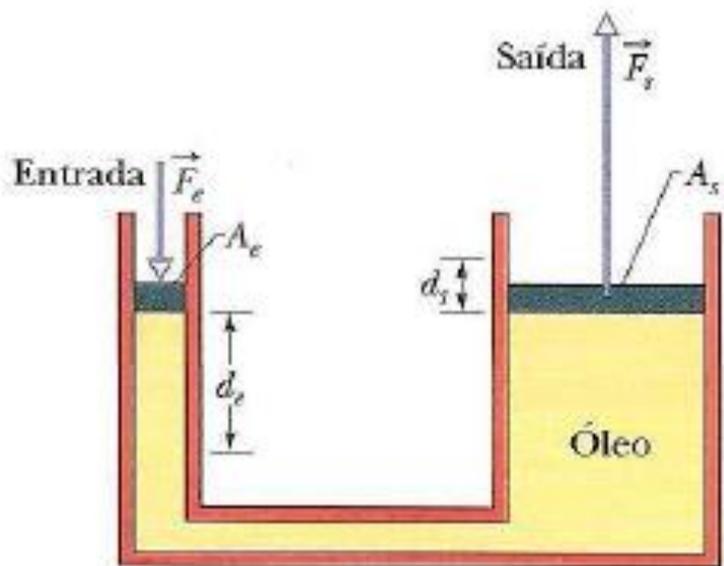
- É um aperfeiçoamento do teorema de Stevin.
- Pascal estudou o que acontece quando um ponto de líquido incompressível em equilíbrio sofre um **acréscimo** de pressão ( $\Delta P$ ) em um recipiente fechado.

*Nestas condições a pressão é distribuída igualmente a todas as partes do fluido a às paredes do recipiente.*

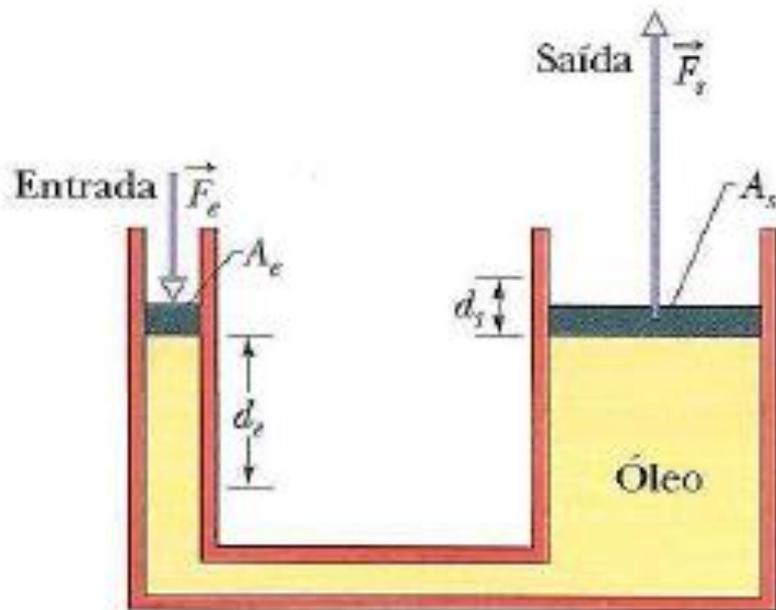
$$\Delta P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

$$\Delta P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

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



**3º Problema:** Observe a figura. Sabendo que a área de saída é 4 vezes maior que a área de entrada. Que o volume deslocado em ambos os cilindros são iguais. Mostre que num macaco hidráulico. (a) Força de saída é maior que a de entrada. (b) O deslocamento de entrada do líquido é maior que o de saída. (c ) O trabalho de saída é igual ao trabalho de entrada. (d) Qual a importância e aplicação prática para essa força maior na saída.

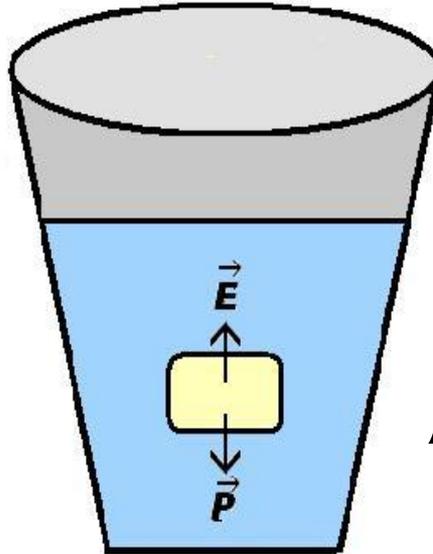
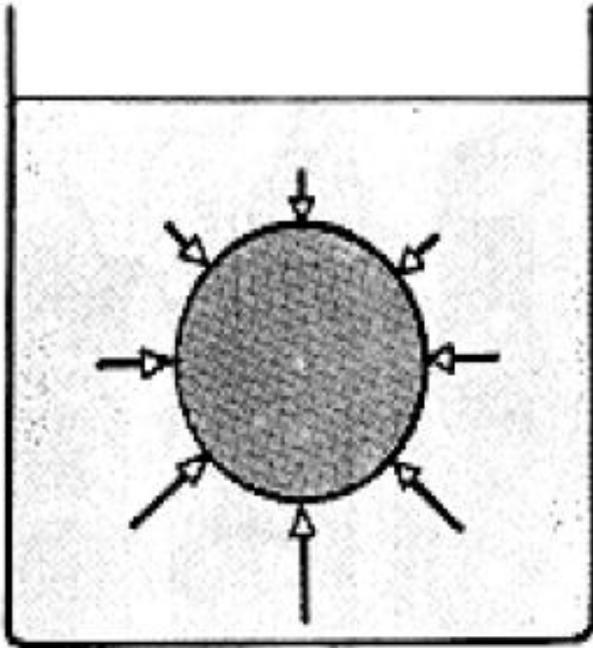


# O Princípio de Arquimedes

- **Todo corpo mergulhado totalmente ou parcialmente num líquido, recebe por parte deste a aplicação de uma força de baixo para cima de módulo igual ao peso deslocado pelo líquido. Essa força é denominada Empuxo.**
- É uma força de contato;
- Depende da densidade do líquido, do volume do corpo imerso no líquido;
- Não tem relação com o material do corpo;
- Intensidade é igual ao peso do volume de líquido derramado pelo corpo.  $\vec{F}_E = m_f g$

# Empuxo

- O que determina a existência do Empuxo.



$$\vec{F}_E = \vec{F}_{gl} \quad \vec{F}_{gl} = m_l \cdot \vec{g}$$

$$\vec{F}_E = m_l \cdot \vec{g}$$

$$\rho_l = \frac{m_l}{V_l} \quad m_l = V_l \cdot \rho_l$$

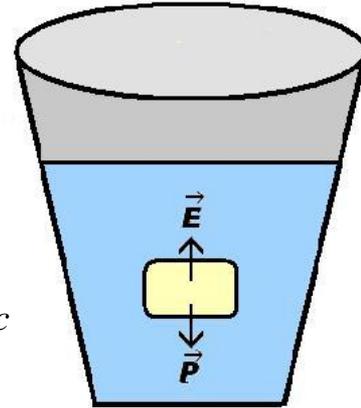
$$\vec{F}_E = \rho_l \cdot V_l \cdot \vec{g}$$

Unidade é Newton (N)

Animação

# (Fr) Num Corpo Imerso - Flutuação

- Corpo totalmente Imerso:  $\vec{F}_r = \vec{F}_E + \vec{F}_{gC}$
- O corpo afunda.  $\vec{F}_E < \vec{F}_{gC} \quad \rho_l < \rho_c$
- O corpo sobe.  $\vec{F}_E > \vec{F}_{gC} \quad \rho_l > \rho_c$
- O corpo permanece em equilíbrio indiferente.  $\vec{F}_r = 0 \quad \vec{F}_E = \vec{F}_{gC}$

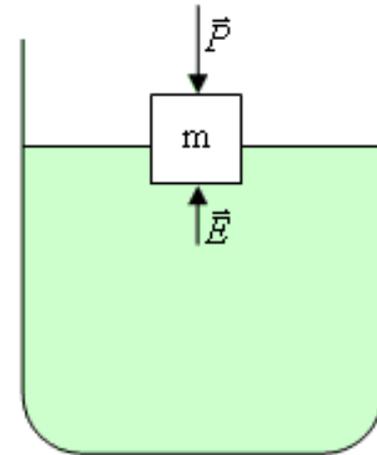


$$\rho_l \cdot V_l \cdot g = \rho_c \cdot V_c \cdot g$$

$$\rho_l = \rho_c$$

O corpo fica onde  
for abandonado

$$\frac{\rho_c}{\rho_l} = \frac{V_l}{V_c}$$

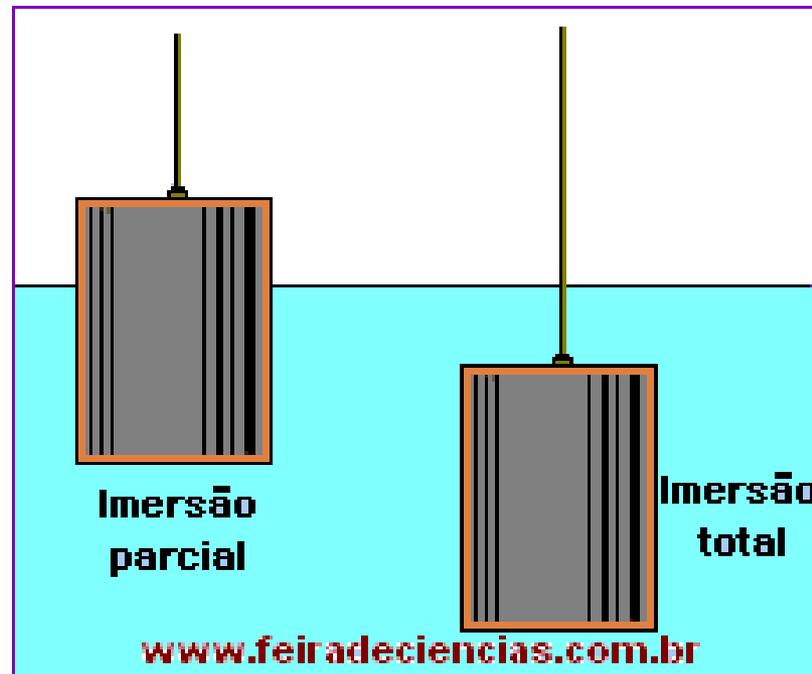


# (Fr) Num Corpo Imerso - Flutuação

- Corpo totalmente Imerso e comprimido ao fundo do recipiente.
- O fundo do recipiente exerce no corpo uma força normal

$$\vec{F}_E < \vec{F}_{gC}$$

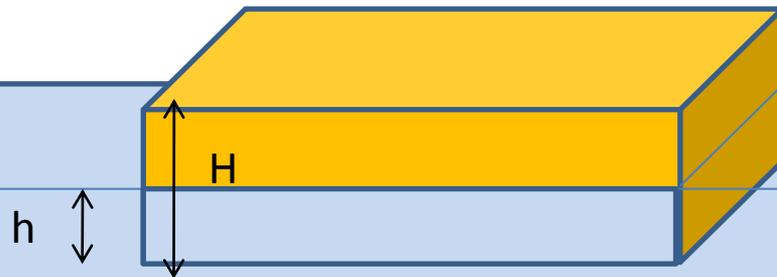
$$\vec{F}_{gC} = \vec{F}_E + \vec{F}_N$$



**4º Problema:** Um surfista está na parte dianteira de uma onda, em um ponto no qual uma tangente à onda tem uma inclinação  $\theta = 30^\circ$ . A massa total do surfista e da prancha é  $m = 83,0 \text{ kg}$ , e o volume submerso da prancha é  $V = 2,50 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ . O surfista mantém sua posição em relação à onda quando esta se move com velocidade constante em direção à praia. Quais são o módulo e a orientação (em relação ao semi-eixo  $x$  positivo) da força de arrasto que a água exerce sobre o surfista?



**5º Problema:** Um bloco de massa específica  $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$  flutua em um fluido de massa específica  $\rho_f = 1200 \text{ kg/m}^3$ . O bloco tem uma altura  $H = 6,0 \text{ cm}$ . (a) Qual a altura  $[h]$  da parte submersa do bloco? (b) Se o bloco é totalmente imerso e depois liberado, qual é o módulo da sua aceleração?

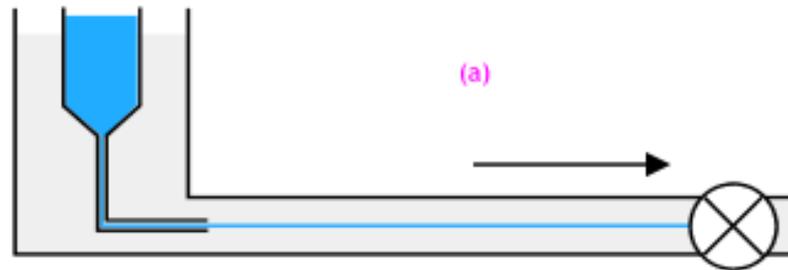


Água

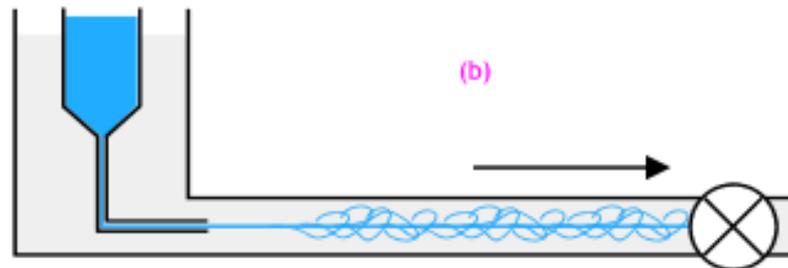
# Fluidos Ideais em Movimento

O Fluido ideal satisfaz 4 requisitos:

- 1. Escoamento Laminar.** A velocidade do fluido em um ponto qualquer não muda com o tempo. Se o escoamento não for laminar, ele passa a ser turbulento.



Laminar



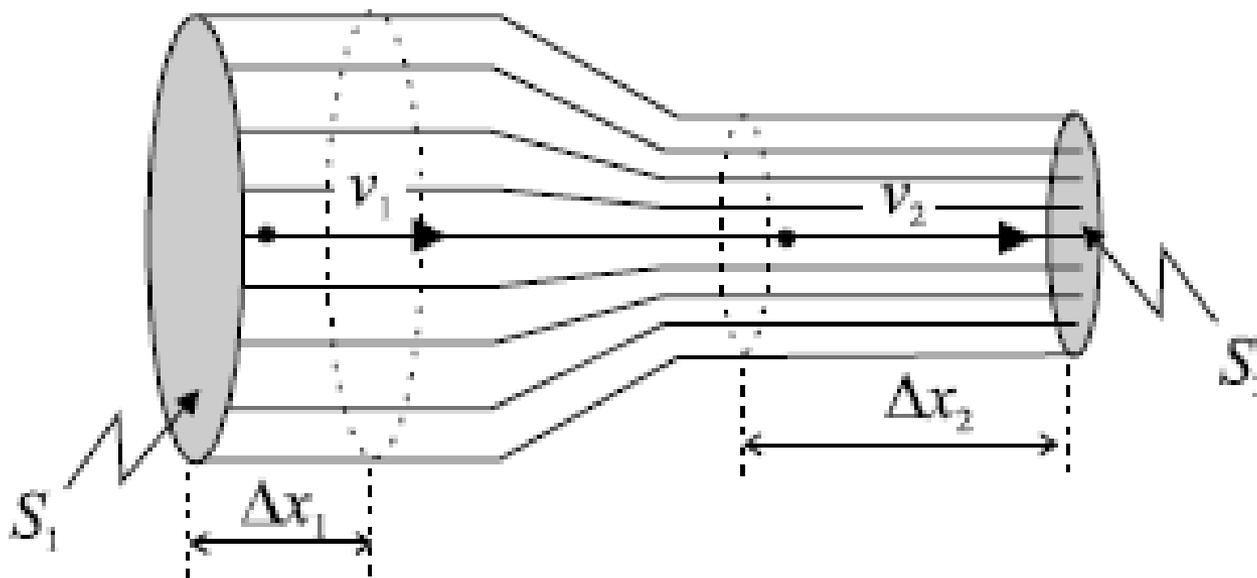
Turbulento

# Fluidos Ideais em Movimento

- 2. Escoamento Incompressível.** Sua massa específica tem um valor uniformemente constante.
- 3. Escoamento não viscoso.** A viscosidade é uma resistência que o fluido oferece ao escoamento. Exemplo: O mel oferece mais resistência ao escoamento que a água. Portanto é mais viscoso.
- 4. Escoamento Irrotacional.** As partículas que se deslocam com o fluido não giram em torno de seu eixo.

# Equação da Continuidade

Consideremos um fluido em um fluxo estacionário no interior de um tubo de diâmetro variável mostrado na figura a seguir.



$$\Delta V_1 = S_1 \Delta x_1$$

$$\Delta V_2 = S_2 \Delta x_2$$

$$\Delta V_1 = S_1 v_1 \Delta t$$

$$\Delta V_2 = S_2 v_2 \Delta t$$

# Equação da Continuidade

$\Delta V_1 = \Delta V_2$  e que o tempo é o mesmo

$$\Delta V = S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad \text{Equação da continuidade}$$

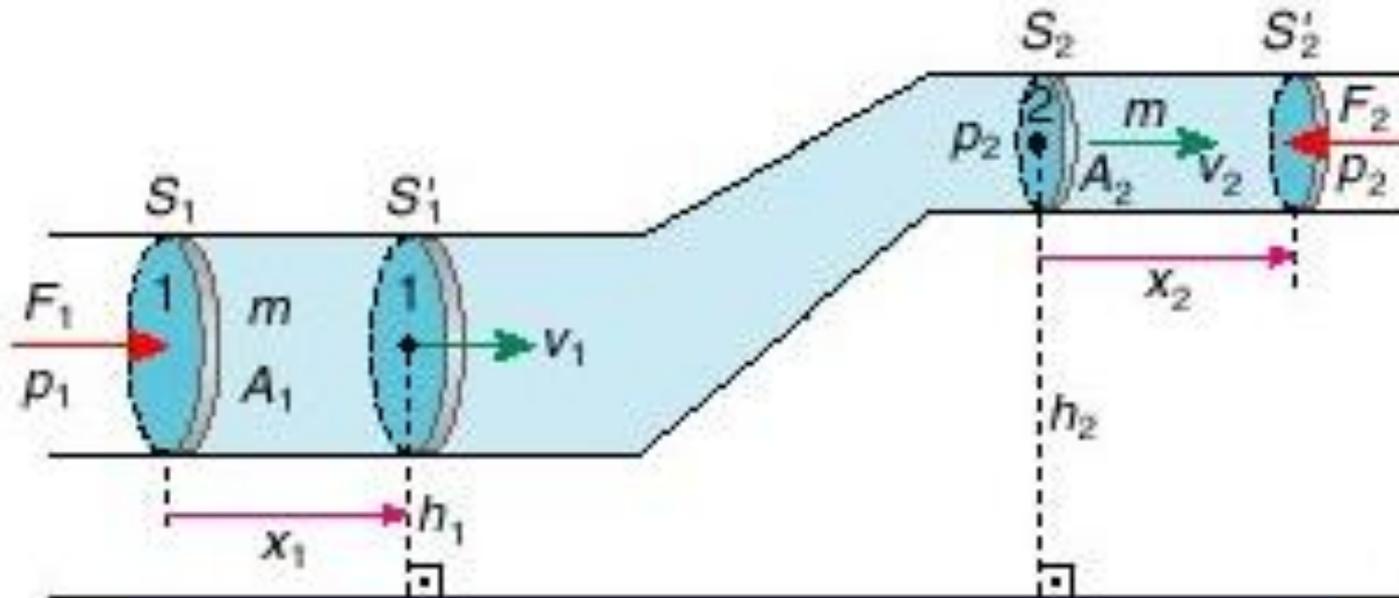
$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = S v = R_V = \text{Vazão constante}$$

$$R_V = S v = \text{constante} \quad \text{Equação da vazão}$$

A unidade de vazão é o  $\text{m}^3/\text{s}$

# Equação de Bernoulli

O Líquido que está entre  $S_1$  e  $S'_1$ , em um intervalo de tempo estará entre  $S_2$  e  $S'_2$ .



$$P_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$$

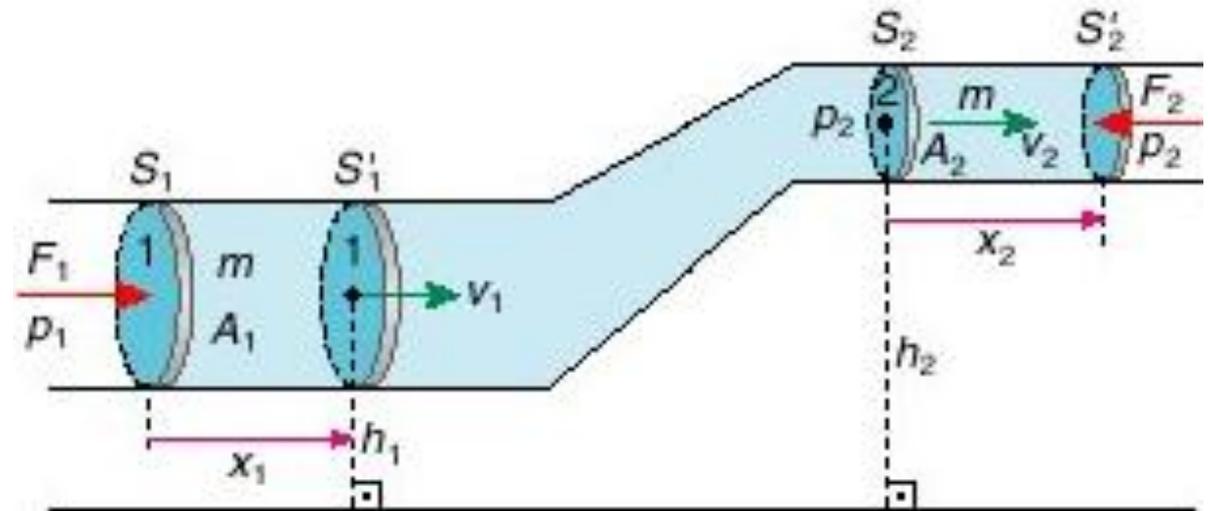
Trata-se da aplicação da lei conservação da energia no escoamento de um fluido ideal .

**6º Problema:** Mostre que, usando o princípio da conservação da energia para o escoamento de um fluido ideal, como mostra a figura, chegamos a equação de Bernoulli. Use:

$$W = \Delta K$$

$$W = W_{Fg} + W_{F1} + W_{F2}$$

$$\Delta K = K_f - K_i$$



$$P_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$$

**7º Problema:** Considere agora um fluido em repouso. Aplique esta situação à equação de Bernoulli. Descreva a equação encontrada, e comente seu sentido físico.

