



**Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia - *Campus São Paulo***

# ***Mecânica dos Fluidos***

## **Aula 1**

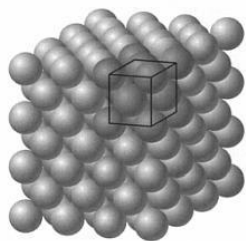
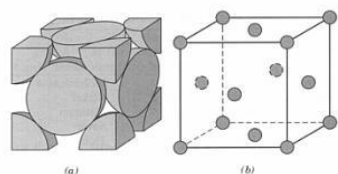
*3ª série LFS . Ensino Médio Integrado*

*André Cipoli*

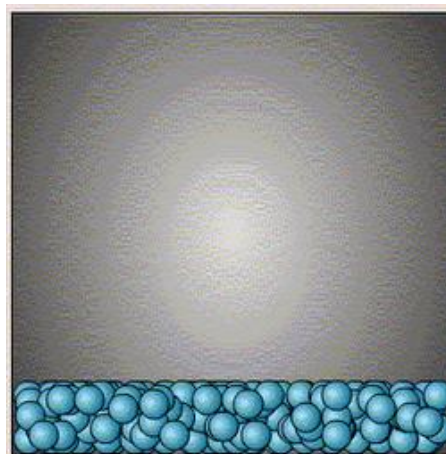
# Estados Físicos da Matéria

Fluidos

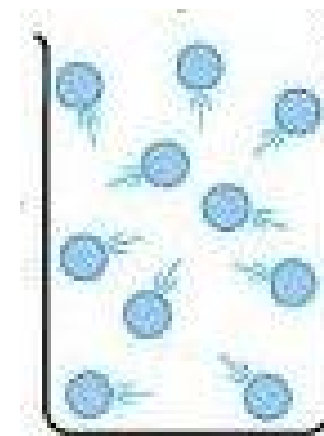
## Sólido



## Líquido



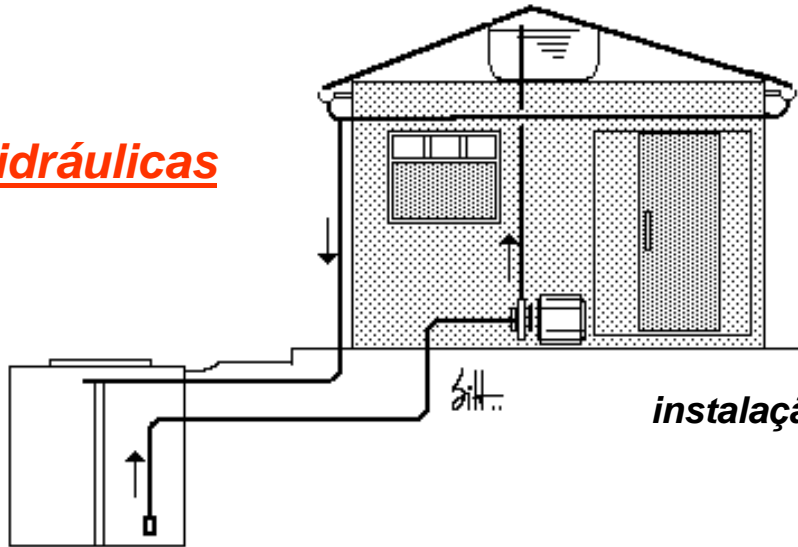
## Gasoso



# O que é Mecânica de Fluidos?

é a ciência que tem por objetivo o estudo do comportamento físico dos fluidos e das leis que regem este comportamento.

## Cálculo de instalações hidráulicas



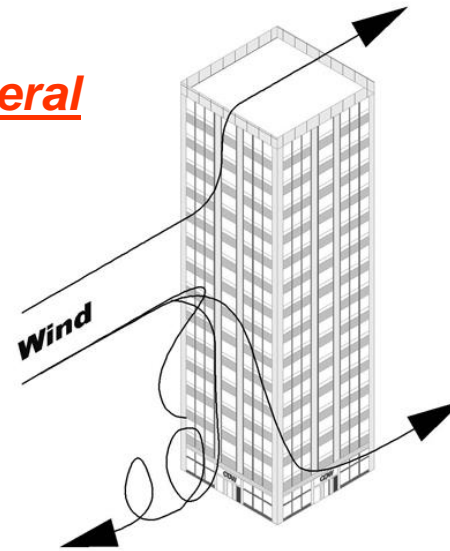
*instalação de bombeamento*

## Equilíbrio de corpos flutuantes

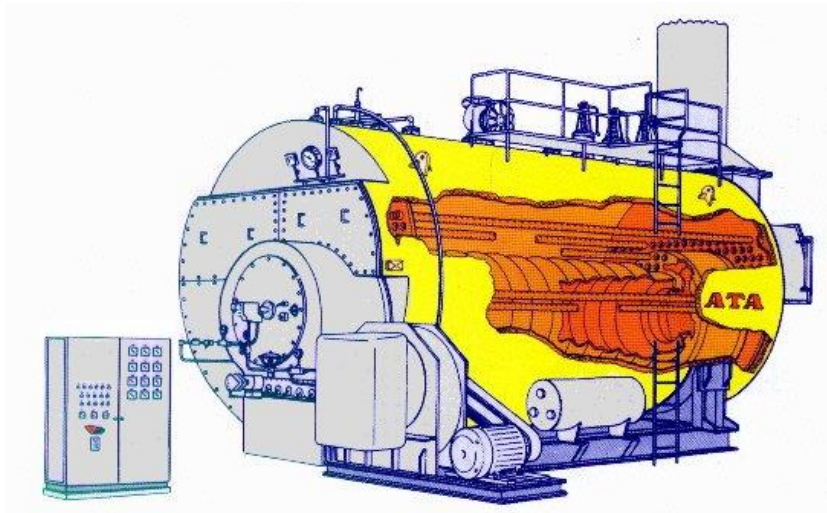


*embarcações*

**Ação de ventos sobre construções em geral**



**Instalações de geração de vapor**



**caldeira**

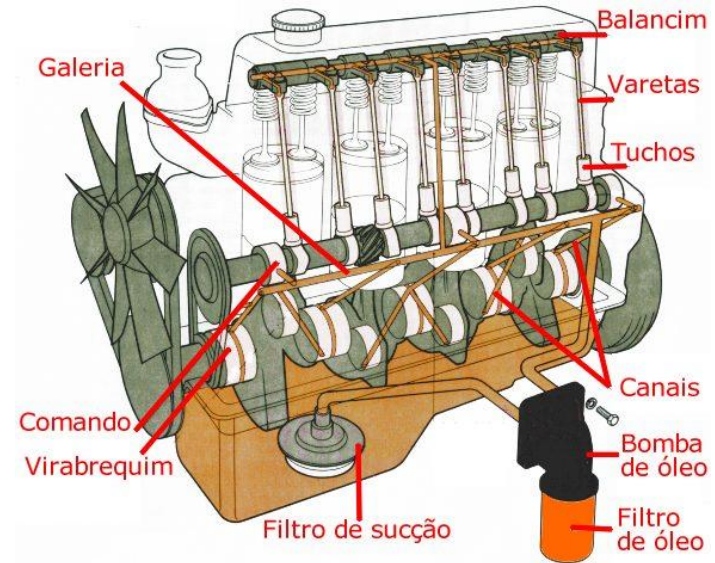
**Ação de fluidos sobre superfícies submersas**



**barragens**



## Estudos de lubrificação



## Equipamentos de Movimentação de Carga



**Guindaste Hidráulico**

## Transporte de sólidos por via pneumática



**Correio pneumático**

## Cálculo de máquinas hidráulicas



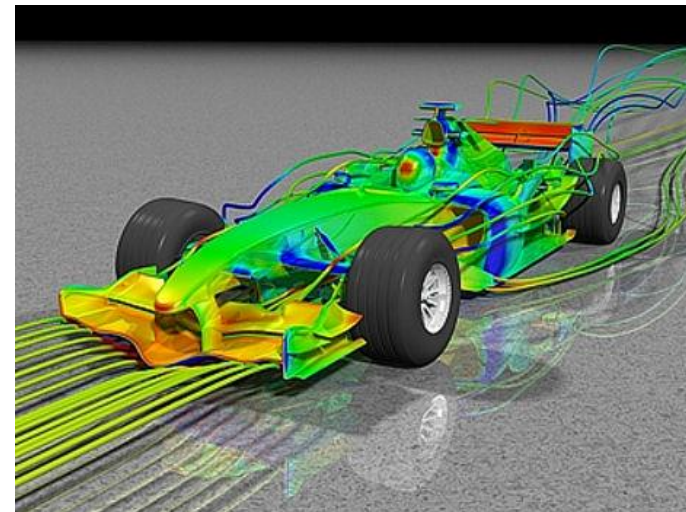
**Bombas e turbinas**



## Ação de fluidos sobre veículos



**Hidrodinâmica**



**Aerodinâmica**



## Aplicações na Medicina

**Esfigmomanômetro com estetoscópio**



*AbioCor Artificial Heart 2001*

## Eletrodomésticos



Máquina de Lavar  
Electrolux LED14 Essential Care



Ventilador de Mesa Arno Ultra Silence Force  
40cm Vu40 220V

Banheira Hidromassagem SPA J355  
com 42 jatos, 231x214x97cm





## Aplicações nos Esportes Aquáticos



Vela



Wing foil



Surf



Kite surf



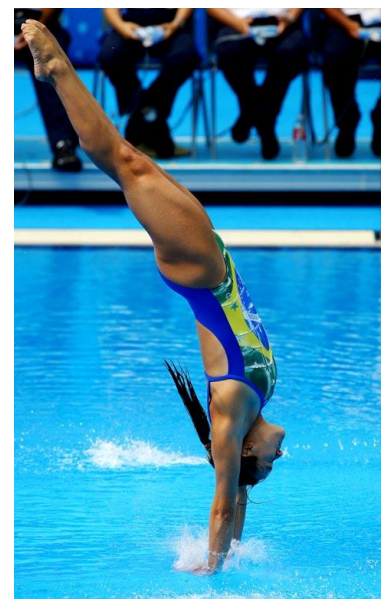
Windsurf



## Aplicações nos Esportes Aquáticos



(IMOCA 60)



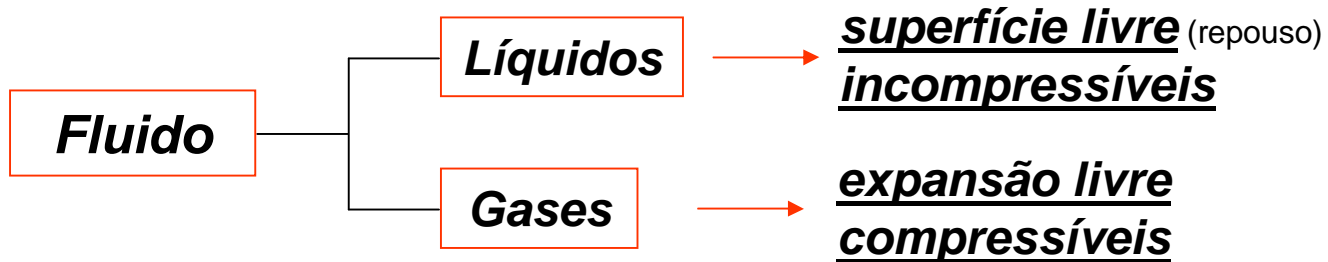
Saltos  
Ornamentais



Charal



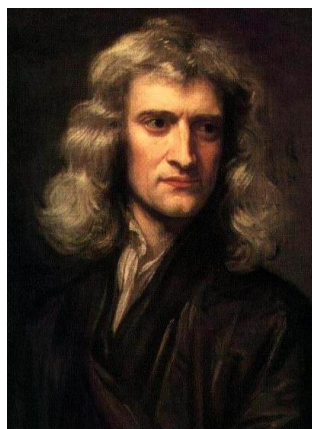
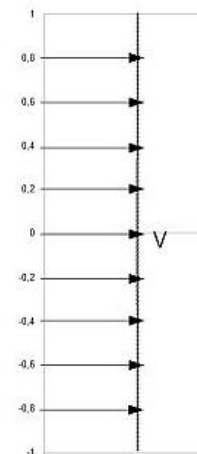
Natação



**Fluido ideal** → não sofre deformação

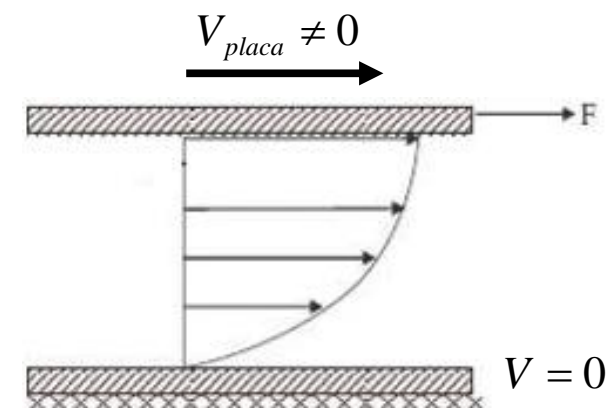
**Fluido real** → **Princípio da Aderência**

fluido ideal  
viscosidad = 0



Isaac Newton  
1643 - 1727

As partículas fluidas em contato com uma superfície sólida adquirem a velocidade dessa superfície.





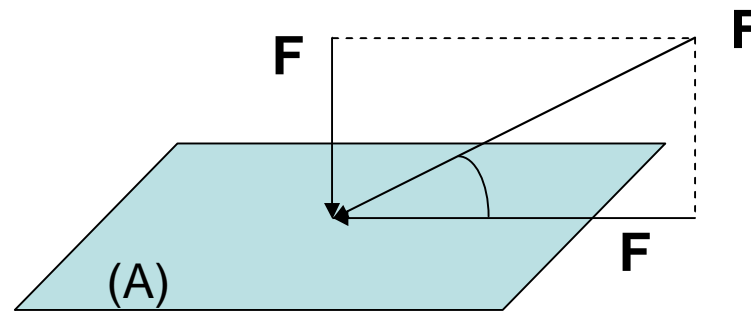
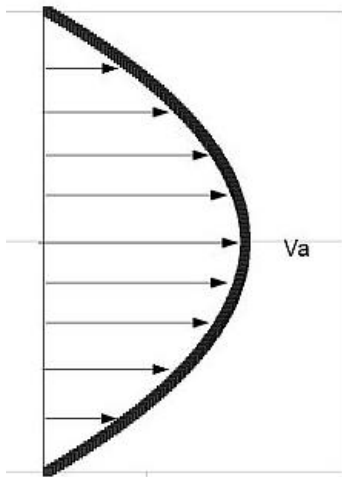
**Fluido real**

**sofre deformação continuamente**

**Tensão de cisalhamento**

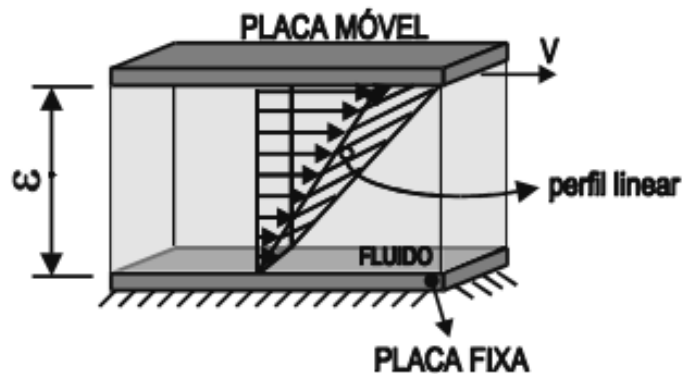
$$= F / A$$

fluido real  
viscosidad = cte



$$F = F \cdot \cos$$

$$F = F \cdot \sin$$



$$\mu = \frac{\tau}{\frac{\Delta V}{\Delta y}}$$

$$\mu = \frac{\tau}{\epsilon}$$

$\mu$  Viscosidade Dinâmica

# Densidade

(massa específica)

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

$$d(\ ) = m/V$$

[kg/m<sup>3</sup>]

[g/cm<sup>3</sup>]

<u>Substância</u>	<u>Massa Específica (g/cm<sup>3</sup>)</u>
<b>Alumínio</b>	<b>2,7</b>
<b>Ferro</b>	<b>7,9</b>
<b>Latão</b>	<b>8,6</b>
<b>Prata</b>	<b>10,5</b>
<b>Chumbo</b>	<b>11,3</b>
<b>Mercúrio</b>	<b>13,6</b>
<b>Ouro</b>	<b>19,3</b>
<b>Platina</b>	<b>21,4</b>

<b>Líquidos</b>	<b>Densidade [g/cm<sup>3</sup>]</b>
Álcool	0,79
Benzeno	0,90
Água	1,00
Mercúrio	13,60
Hexano	0,66
Nitroglicerina	1,60

Densidade do ar		Densidade da água	
t (°C)	ρ <sub>ar</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	t (°C)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )
16	1,2180	16	998,5768
17	1,2138	17	998,3691
18	1,2096	18	998,1614
19	1,2055	19	997,9537
20	1,2013	20	997,7460

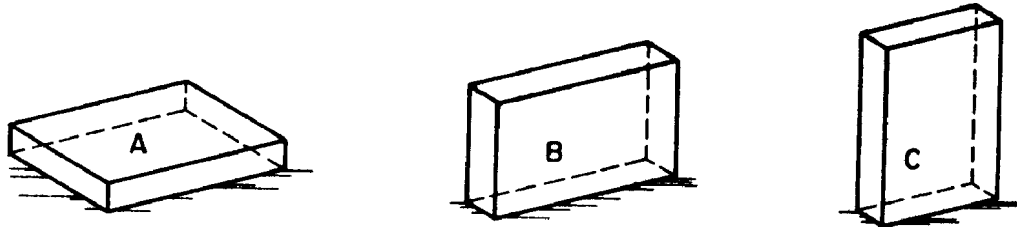
# Pressão

$$p = F / A \quad [N/m^2] \quad \text{pascal (Pa)}$$

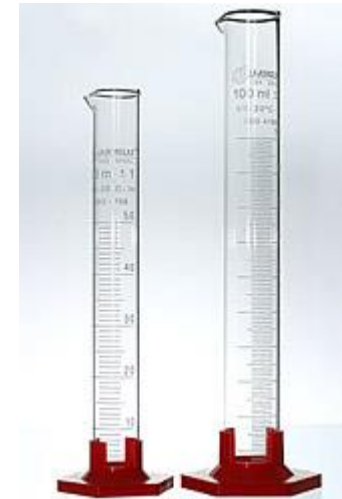


Blaise Pascal  
1623 - 1662

Determine a pressão sobre cada face apoiada do bloco, devido apenas à ação da mesa.



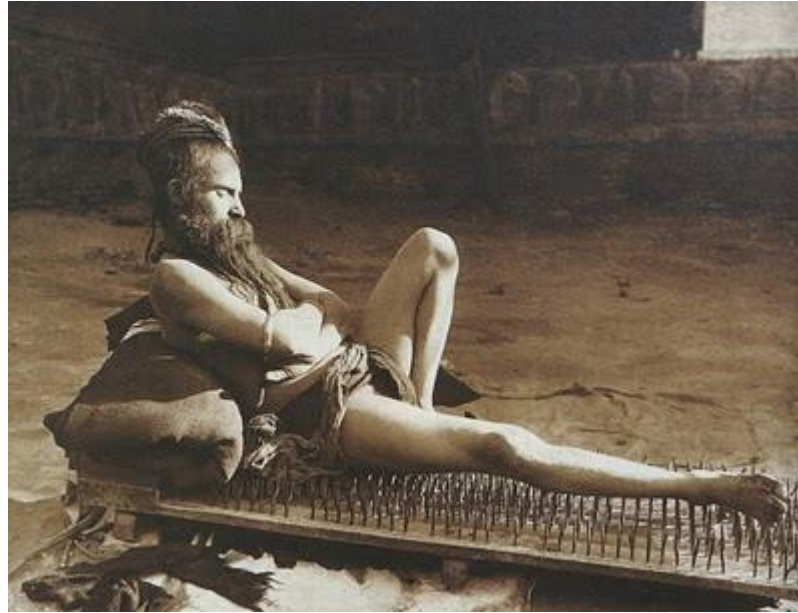
Determine a pressão sobre a área do líquido em contato com o fundo de cada recipiente, devido apenas à ação do recipiente.





# Aplicações

*” Cama de pregos (Faquir)*



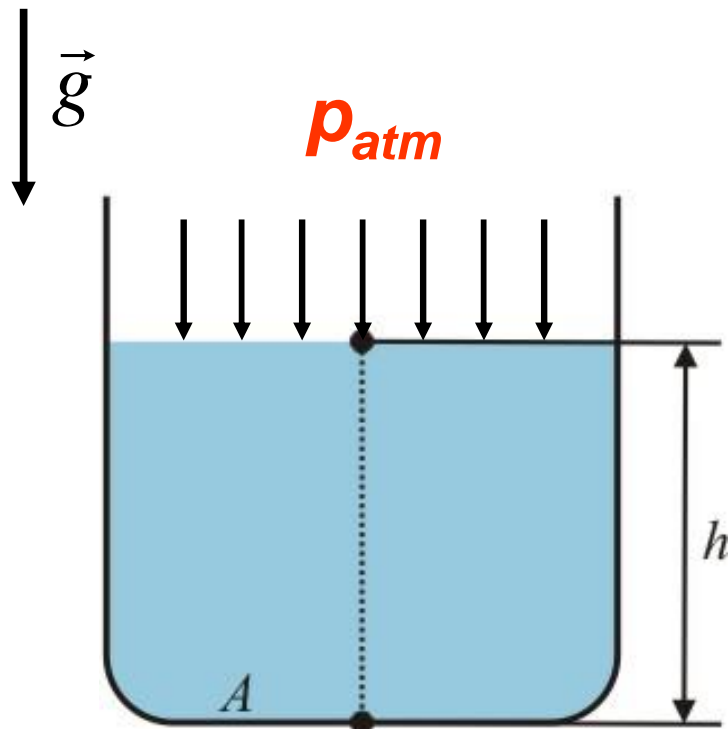
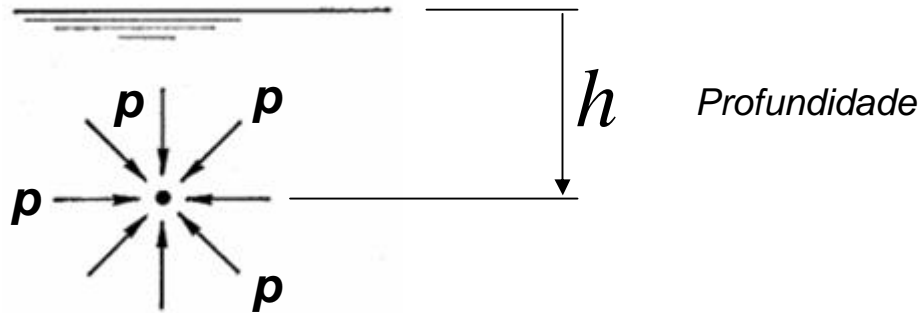
*” O que pode acontecer com as bexigas?*

# Estática de Fluidos



Pressão em um ponto qualquer de um líquido homogêneo,

em repouso!!



Pressão Manométrica

$$p_{man} = d_{Liq} \cdot g \cdot h$$

Pressão Total

$$p_{total} = p_{atm} + d_{Liq} \cdot g \cdot h$$

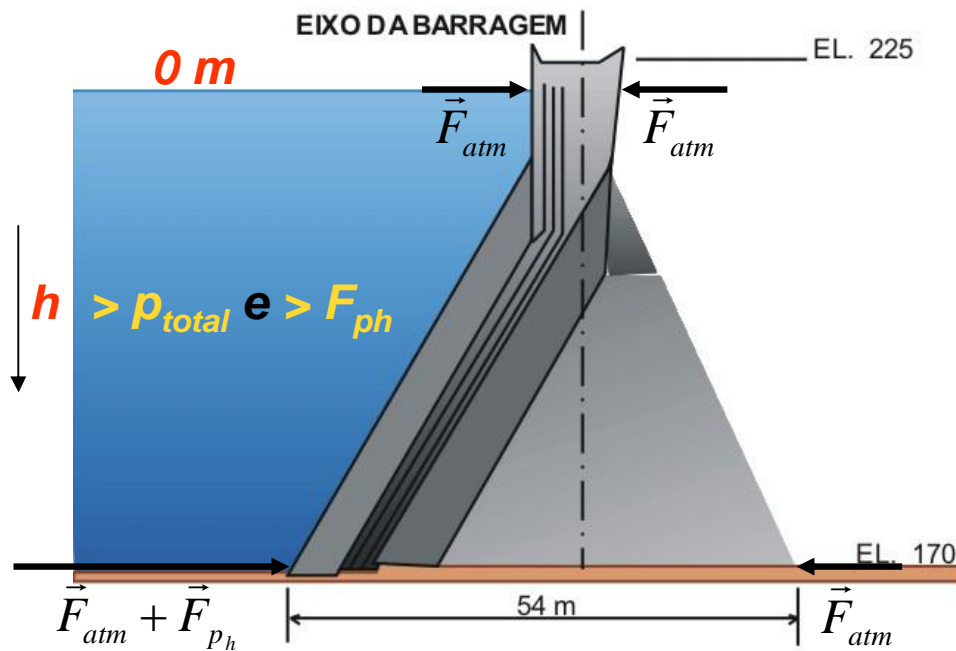


# Aplicação

## Construção de Barragens

### a) Contenção de água

$$p_{total} = p_{atm} + d_{Liq} \cdot g \cdot h \text{ e } F = p \cdot A$$



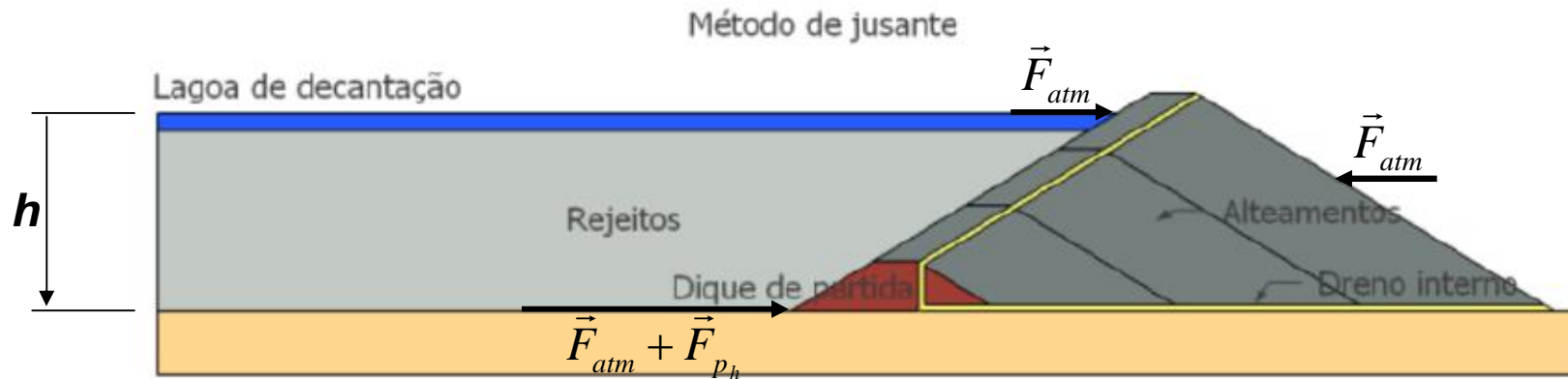
Barragem Itaipú Binacional



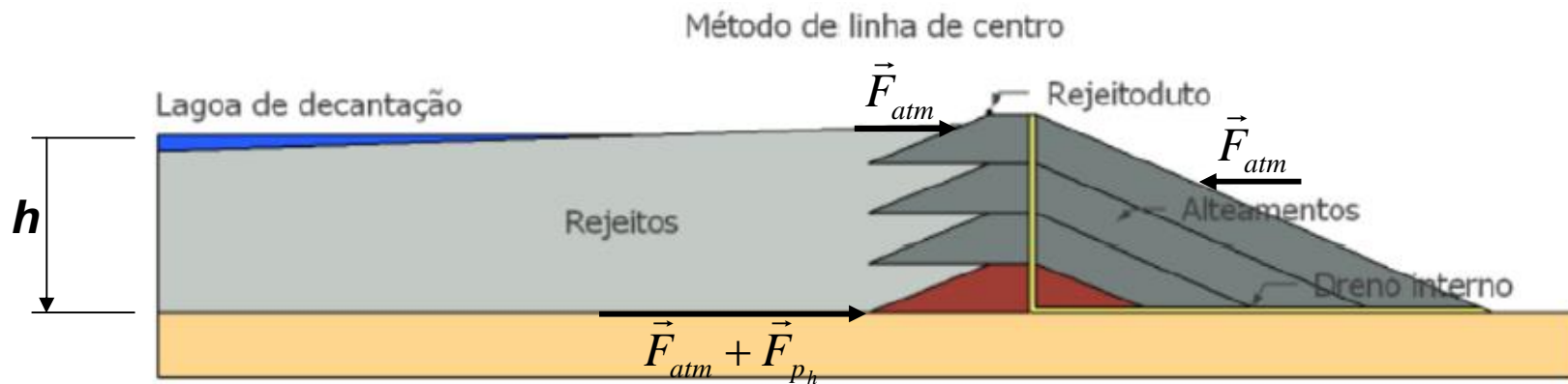
Barragens de Água Fria I e II  
Vitória da Conquista e Belo Campo/BA

## b) Contenção de rejeitos de mineração

$$p_{total} = p_{atm} + d_{Liq} \cdot g \cdot h \text{ e } F = p \cdot A$$



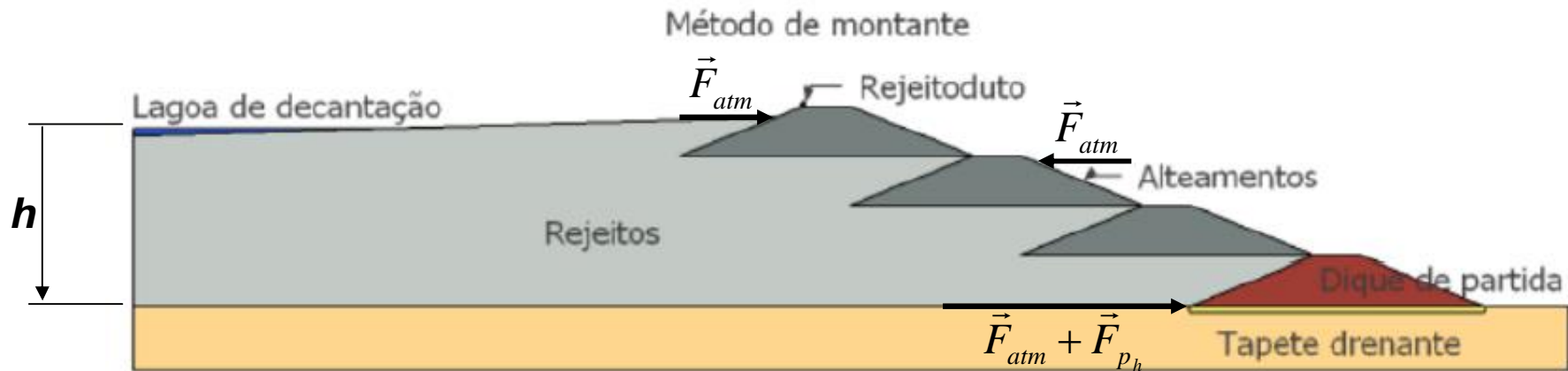
Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.



Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.

## b) Contenção de rejeitos de mineração

$$p_{total} = p_{atm} + d_{Liq} \cdot g \cdot h \text{ e } F = p \cdot A$$



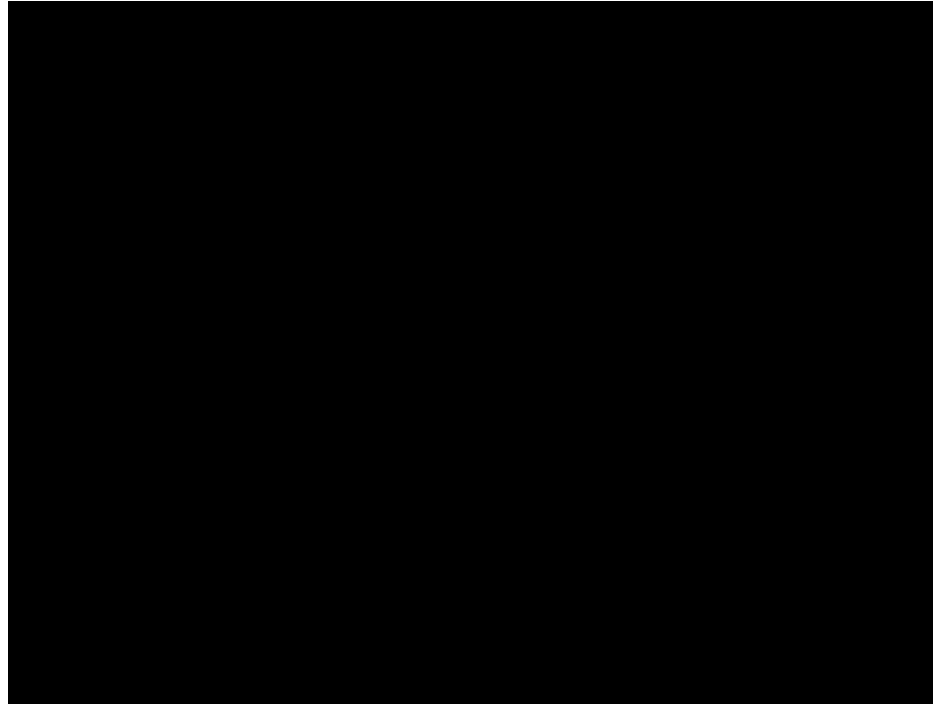
Fonte: VALERIUS, 2014, p. 9.



# Consequência

## Rompimento da barragem da Vale S/A, em Mariana, MG

05/11/2015



### Números da tragédia (25/01/2019)

Danos ao ecossistema do Rio Doce (+/- 230 municípios)

Danos aos ecossistemas marinhos

Toxicidade dos rejeitos

Danos à infraestrutura de Mariana

19 mortes confirmadas

### Processo

22 pessoas processadas

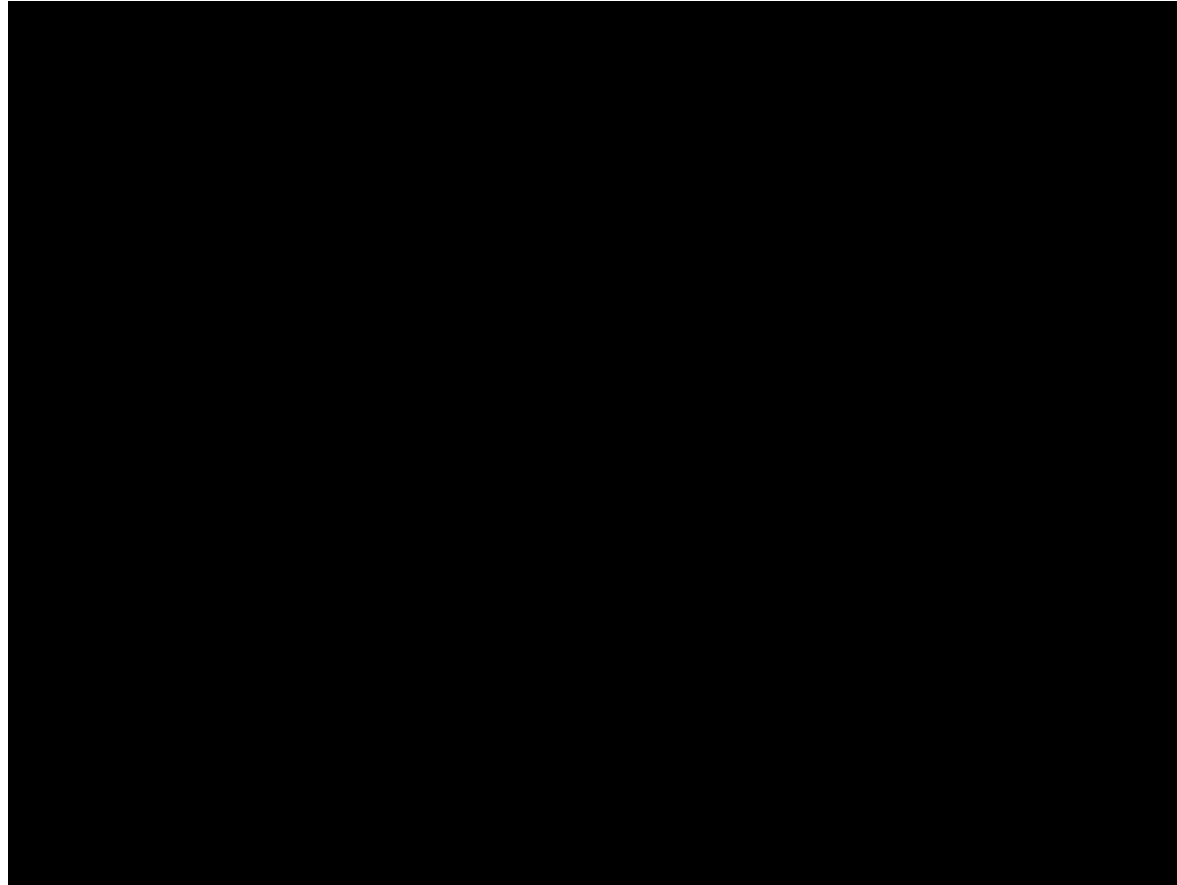
21 por homicídio

<https://www.youtube.com/watch?v=Jabnmjbl04U>

# Consequência

Rompimento da barragem da Vale S/A, em Brumadinho

25/01/2019



**Números da tragédia** (25/02/2019)

179 mortes confirmadas

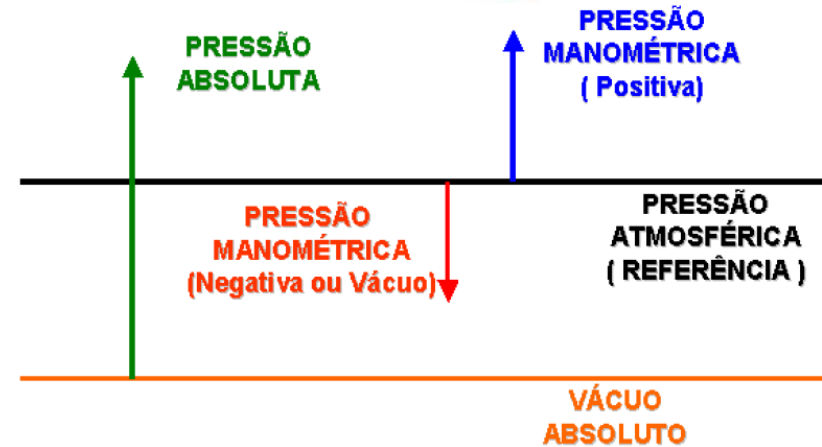
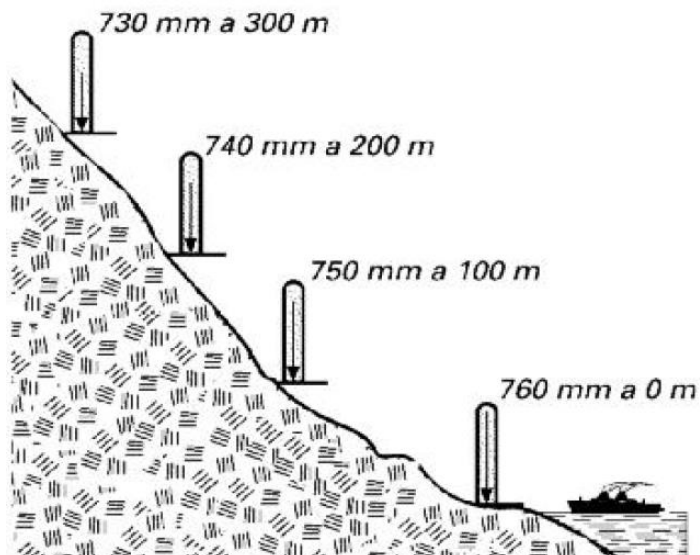
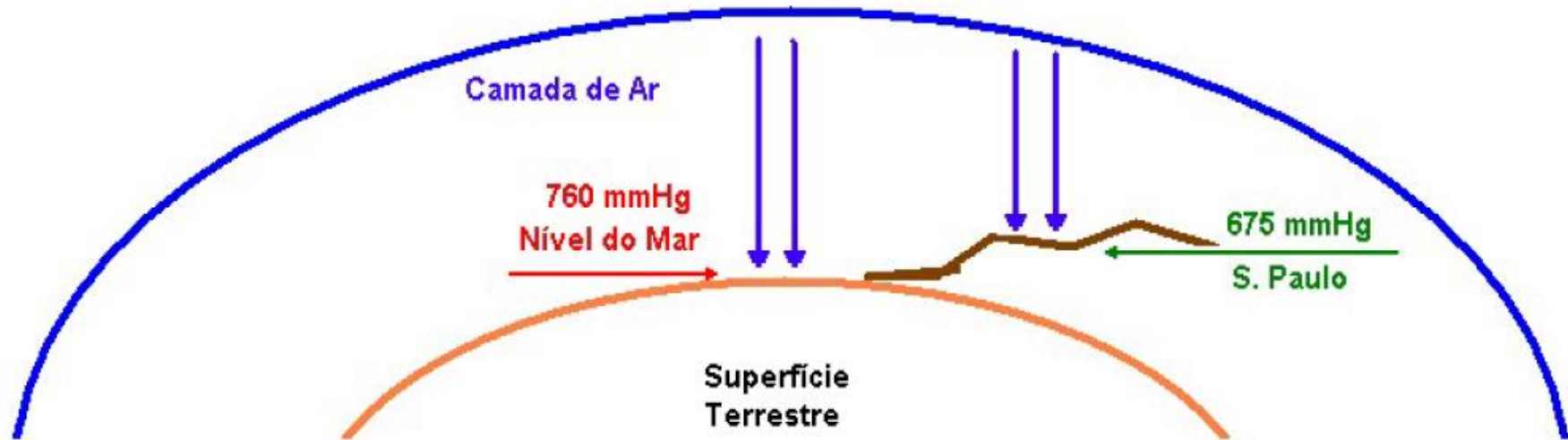
131 desaparecidos

# Escalas de Pressão

## Pressão Absoluta

## Pressão Relativa

ou manométrica



$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}$$

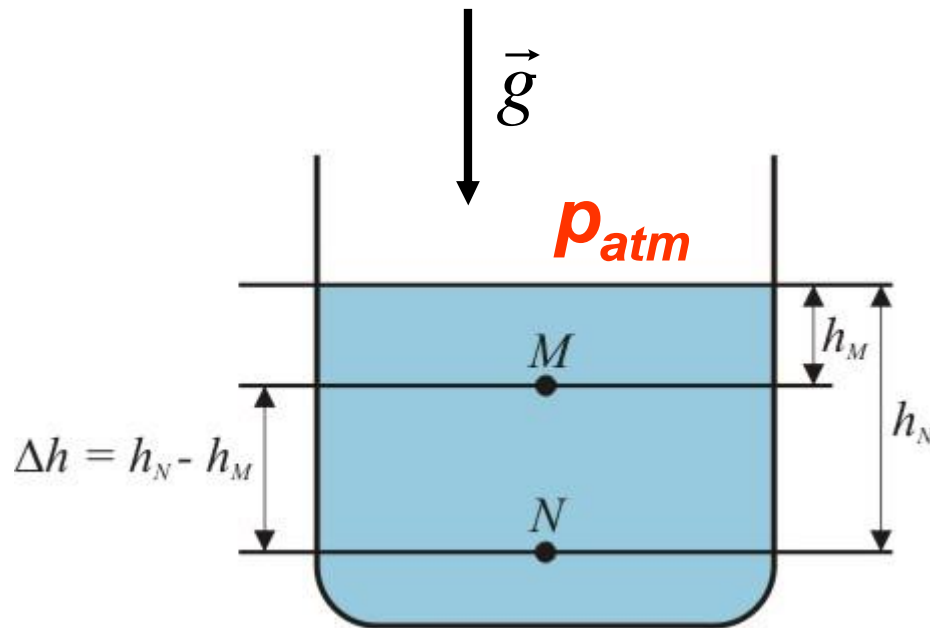


# Princípio de Stevin

A diferença entre as pressões ( $p$ ) em dois pontos considerados no interior de um líquido **em equilíbrio** é igual ao produto da densidade do fluido ( $d_{Liq}$ ), pelo módulo da aceleração da gravidade ( $g$ ) no local e pela diferença entre as **profundidades** consideradas ( $h$ ).+



Simon Stevin  
1548 - 1620



$$p_N = p_{atm} + d_{Liq} \cdot g \cdot h_N$$

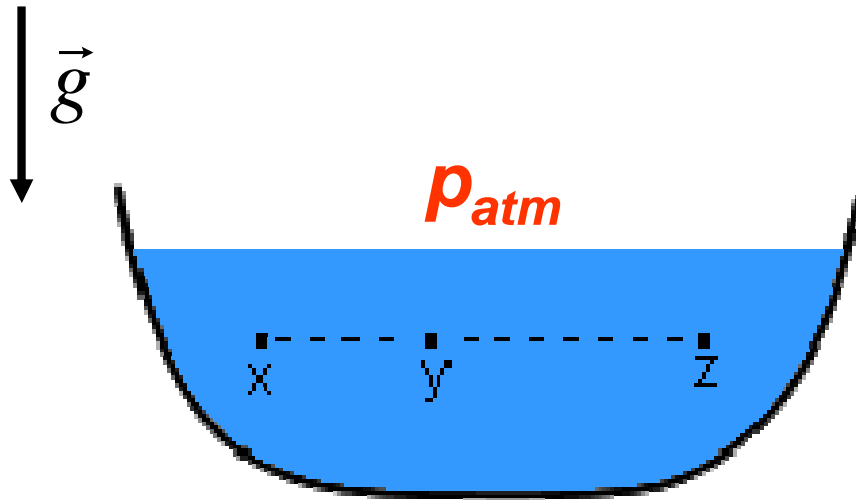
$$p_M = p_{atm} + d_{Liq} \cdot g \cdot h_M$$

$$p_N - p_M = \cancel{p_{atm}} + d_{Liq} \cdot g \cdot h_N - \cancel{p_{atm}} + d_{Liq} \cdot g \cdot h_M$$

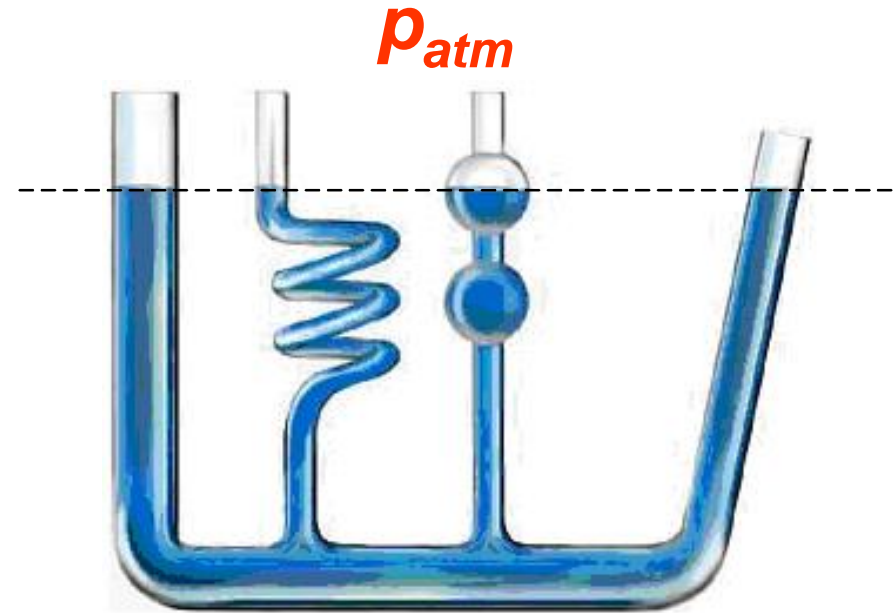
$$\Delta p = d_{Liq} \cdot g \cdot \Delta h$$

**Atenção:** a diferença de pressão **independe** da distância entre os pontos.

# Consequências do Princípio de Stevin



$$P_x = P_y = P_z$$



Vasos Comunicantes

Í Pontos situados em um mesmo líquido e em uma mesma horizontal ficam submetidos à mesma pressão.Î

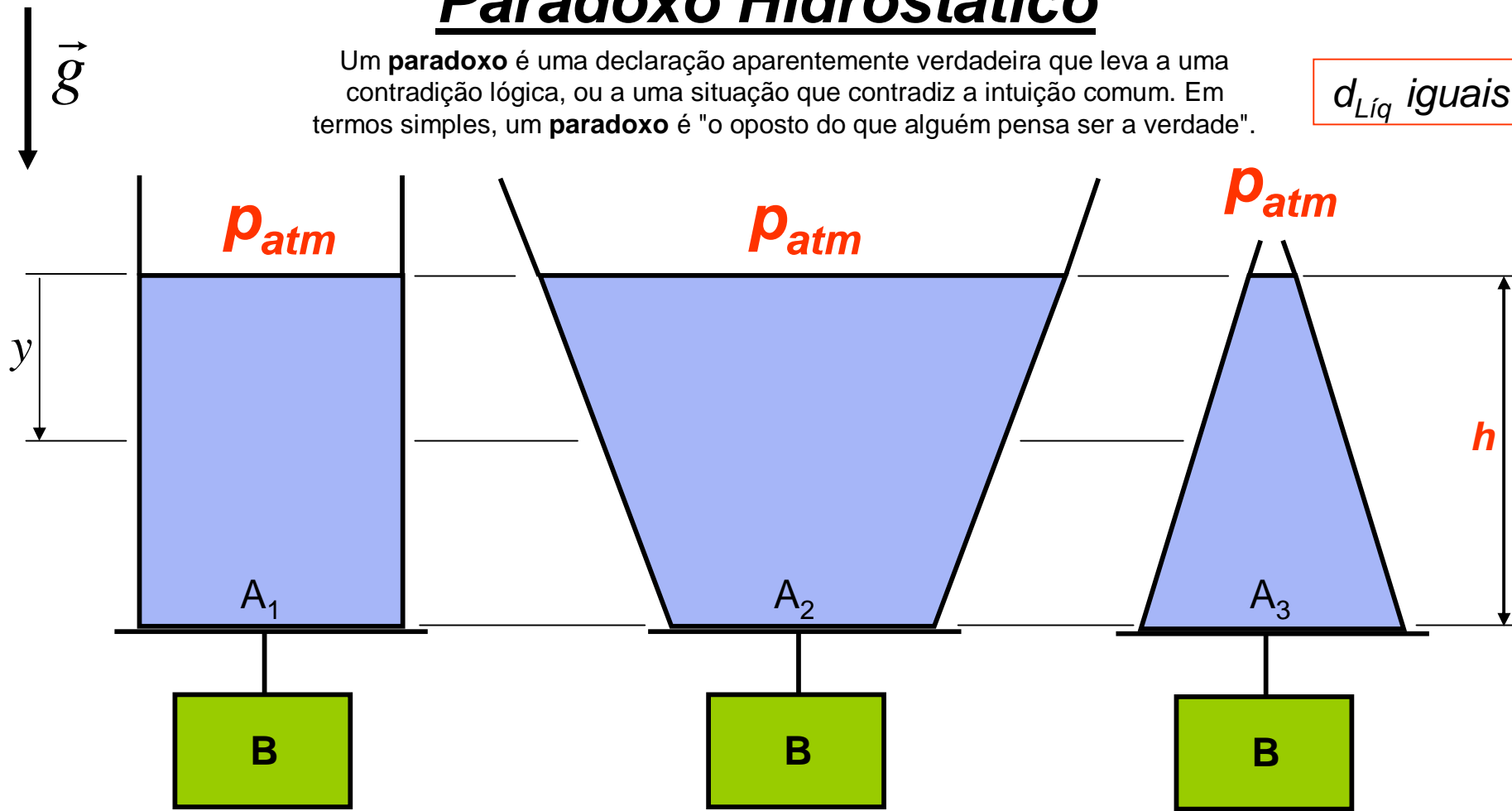
A superfície livre dos líquidos em equilíbrio é horizontal.

*a curtas distâncias!!*

# Paradoxo Hidrostático

Um **paradoxo** é uma declaração aparentemente verdadeira que leva a uma contradição lógica, ou a uma situação que contradiz a intuição comum. Em termos simples, um **paradoxo** é "o oposto do que alguém pensa ser a verdade".

$d_{Liq}$  iguais



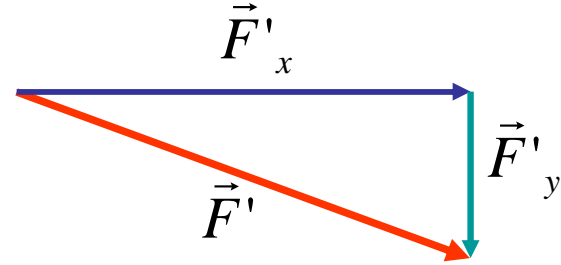
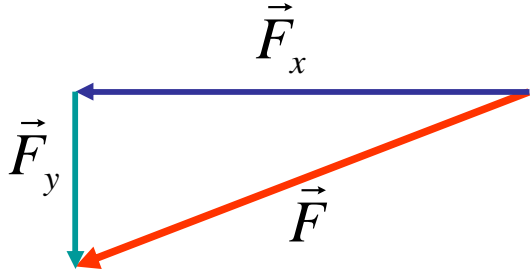
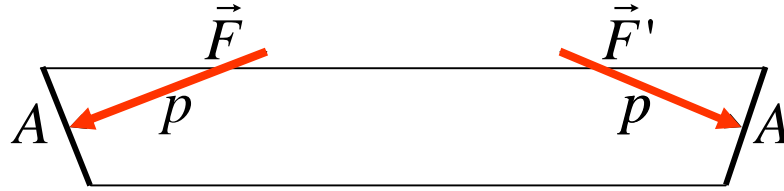
Áreas  $A_1 = A_2 = A_3$

“ As pressões no fundo de cada recipiente são **iguais**!!

Por que as balanças marcam valores **diferentes**?



A



$$\vec{F}_x + \vec{F}'_x = \vec{0}$$

em toda volta e em toda altura h!!

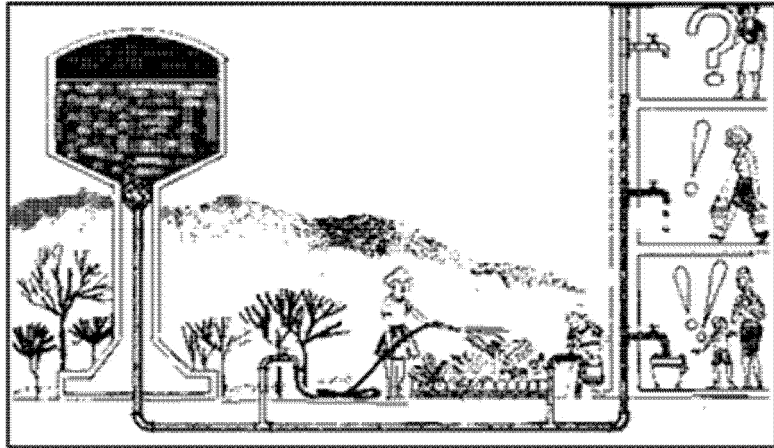
$$\vec{F}_y + \vec{F}'_y \neq \vec{0}$$



# Aplicações

e possíveis consequências desastrosas!!!

“ Vasos comunicantes

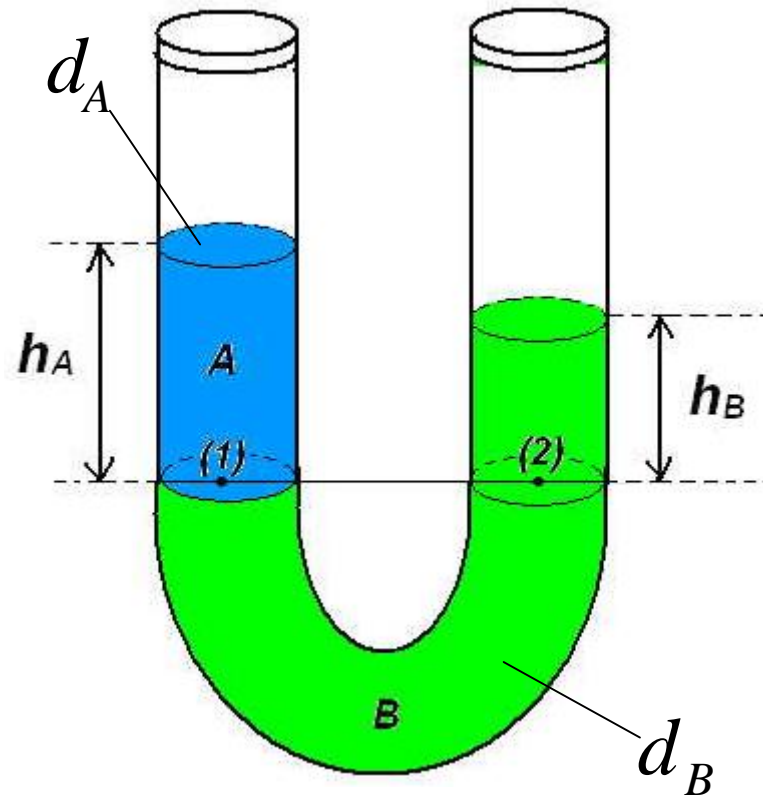


Vila Any, São Paulo  
13/02/19

” Determinação da densidade de líquidos imiscíveis

$$p_1 = p_2$$

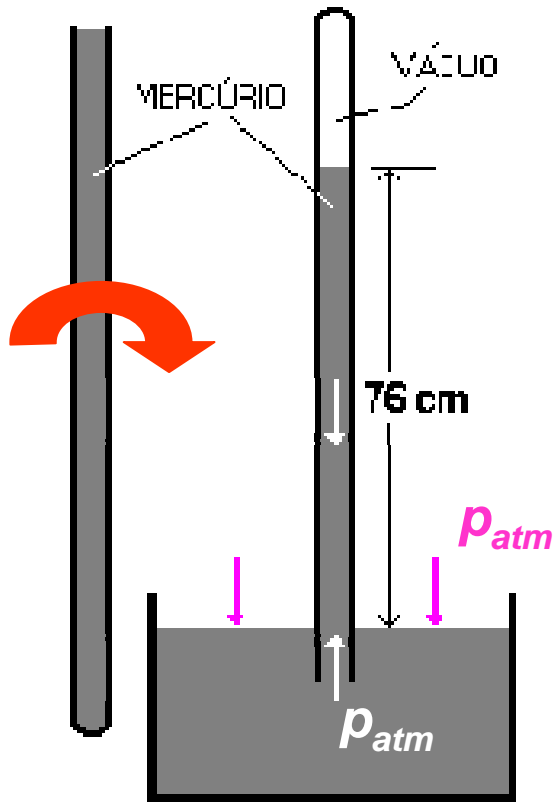
~~$$p_{atm} + d_A \cdot g \cdot h_A = p_{atm} + d_B \cdot g \cdot h_B$$~~



$$d_A \cdot h_A = d_B \cdot h_B$$

mesmo fluido e mesmo nível

” Determinação da pressão atmosférica:



Florença  
1644



Evangelista Torricelli  
1608 - 1647



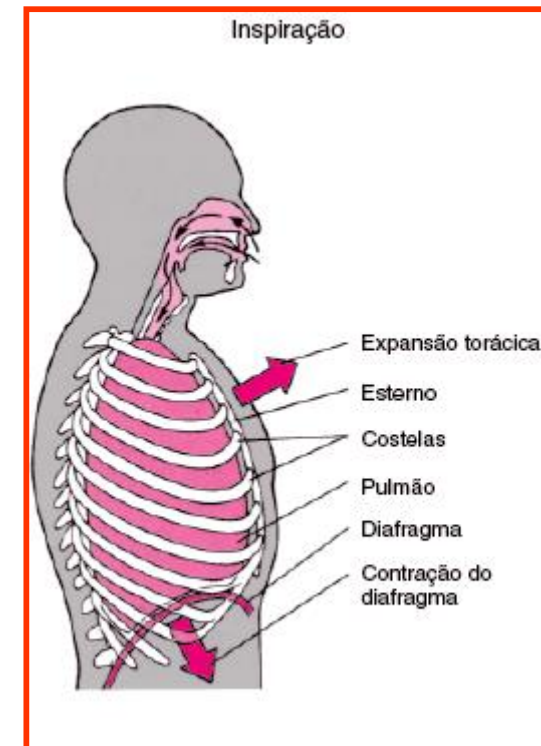
Vincenzo Viviani  
1622 - 1703

1 atm	101.325 N/m <sup>2</sup> (10 <sup>5</sup> Pa)	760 mmHg	14,7 psi
-------	---	----------	----------

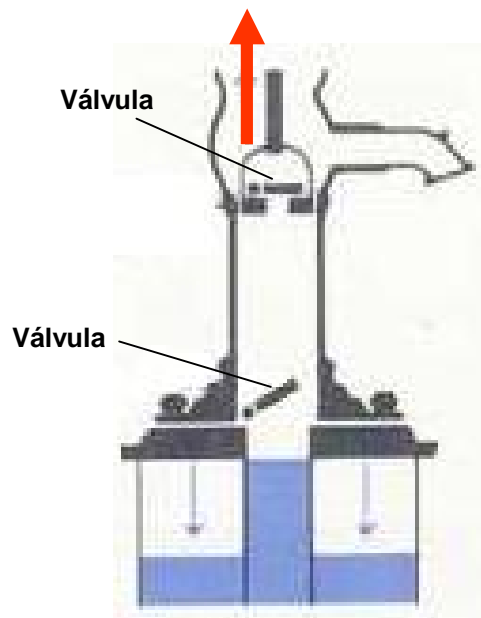


# Efeitos da Pressão Atmosférica

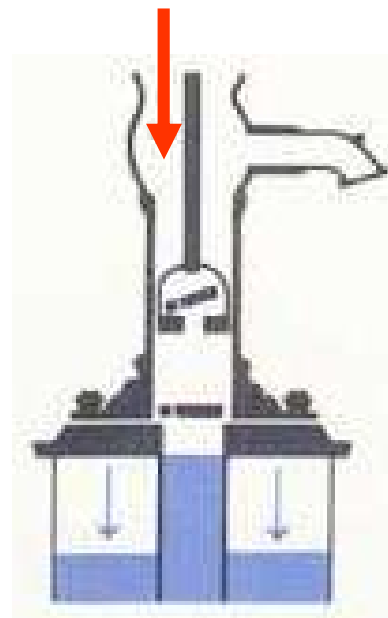
“%Canudinho+”



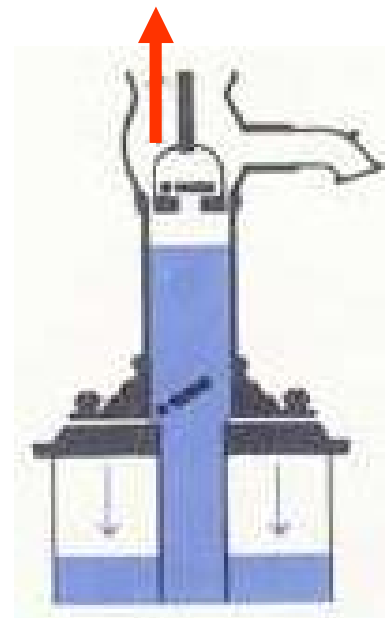
## Bombas Aspirantes



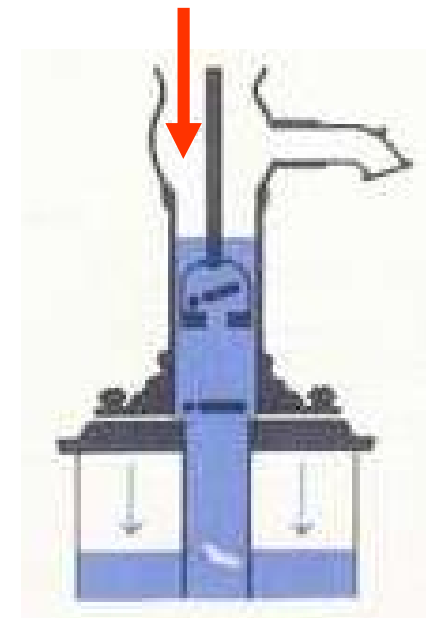
Movimento  
ascendente



Movimento  
descendente

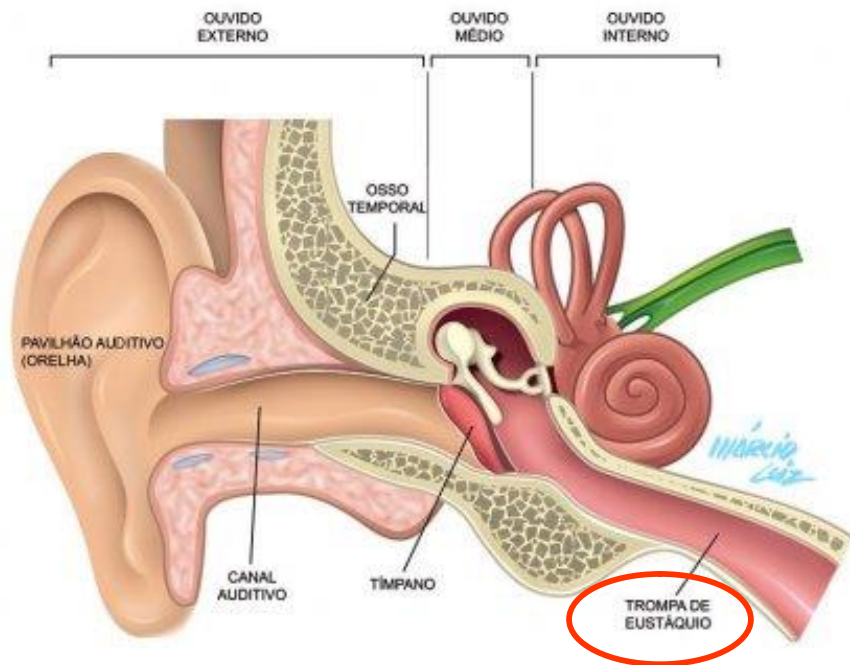


Movimento  
ascendente



Movimento  
descendente

**Mudanças bruscas de altitude** (Descida - ou subida - de serra)

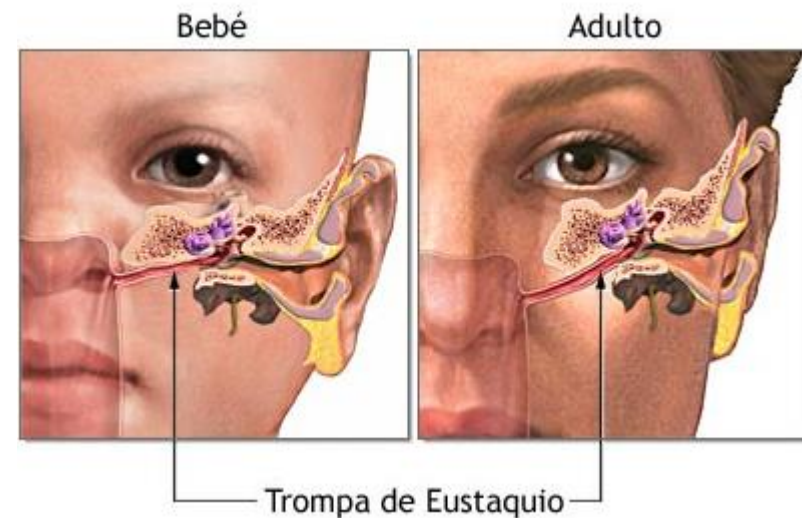


ou Tuba auditiva



Serra do Rio do Rastro

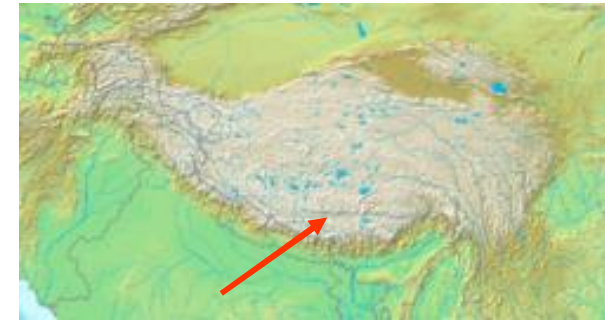
SC 438 (Lages - Tubarão) - ~ 1.100m em 12km



## “ Escalagem ”



Pico Everest - 8.848m



↑  
**3.000** metros  
de altitude

“ taquicardia com frequências cardíacas superiores a **100** batimentos/min

“ dores de cabeça

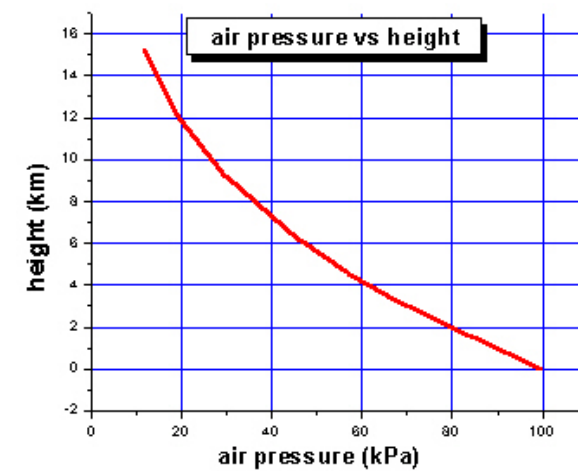
“ dificuldade de respirar

“ náusea

“ mal-estar generalizado

“ vômito

“ insônia







## “ **Apneia**”

É o processo de suspensão voluntária ou involuntária da ventilação, ou a interrupção da comunicação do ar atmosférico com as vias aéreas inferiores e pulmões.



Karoline Mariechen Meyer  
1968



*Karol Meyer em mergulho livre com tarpões.*

- “ 3 recordes mundiais na prova de apneia estática, com o tempo de 5'49, 6'02 , 6'13" , 7'18" (continental).
- “ 2 recordes mundiais na prova de profundidade *No Limits Tandem*, com 91m e 121m.
- “ 2 recordes mundiais na Skandalopetra (profundidade, prova grega que remonta o início do século).
- “ 1 recorde mundial para o *Guinness Book* de apneia estática com inalação prévia de oxigênio, no tempo de **18 minutos e 32,59 segundos** (2009).

## ” Mergulho Livre



Guillaume Néry  
1982

Recorde francês:  
(*não registrado*)

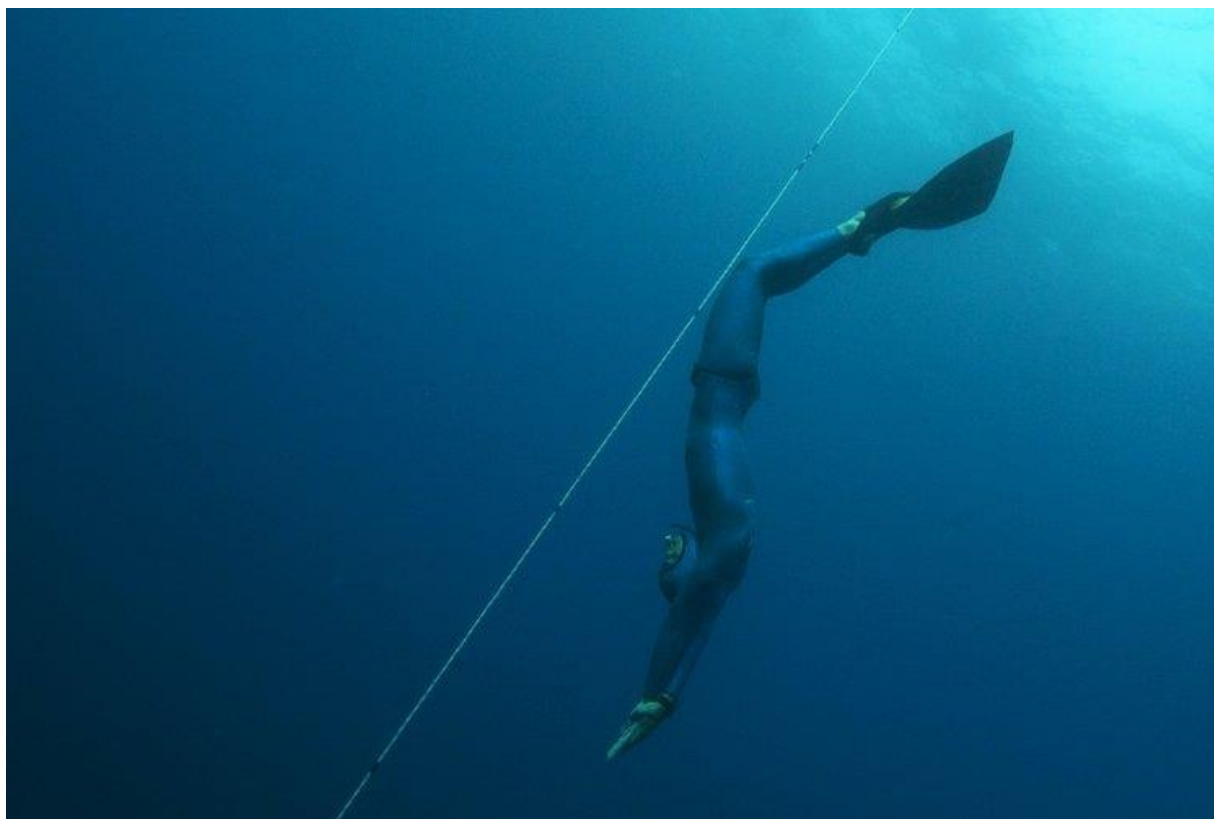
**139** m

## Embolia Pulmonar

é a obstrução dos vasos sanguíneos por bolhas de gás na corrente sanguínea, geralmente decorrentes da expansão do ar ( $N_2$ ) nos pulmões com a diminuição da pressão durante a subida à superfície em um mergulho.

Um mergulho de dez minutos a 40 metros de profundidade vai exigir que o mergulhador suba gradativamente para até três metros de profundidade e fique ali por alguns minutos para depois subir à superfície.

*(Tabela de descompressão)*





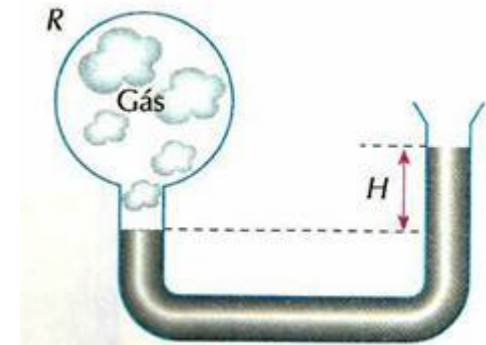
# Exercícios

**DENS03)** Misturam-se massas iguais de dois líquidos de densidade  $d_1 = 0,4 \text{ g/cm}^3$  e  $d_2 = 0,6 \text{ g/cm}^3$ . Determine a densidade da mistura, suposta homogênea.

**PRE01)** Uma força de intensidade  $2\text{N}$  é aplicada perpendicularmente a uma superfície através de um pino de  $1 \text{ mm}^2$  de área. Determine a pressão, em  $\text{N/m}^2$ , que o pino exerce sobre a superfície. Dado:  $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ N/m}^2$

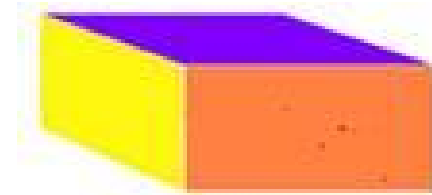
**PRL04)** O esquema representa um recipiente R, contendo um gás, conectado em um tubo em U, com mercúrio, e aberto para o exterior. Na situação de equilíbrio esquematizada, a altura  $H$  da coluna de mercúrio é  $24\text{cm}$  e a pressão atmosférica é  $76\text{cmHg}$ . Determine a pressão exercida pelo gás:

- expressa em centímetros de mercúrio (cmHg);
- expressa em  $\text{N/m}^2$ , sendo dadas a densidade do mercúrio ( $d = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) e a aceleração da gravidade ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ).





4. (UFAL-AL) Um prisma reto, maciço, é constituído de alumínio e ferro na proporção de 3 para 1, respectivamente, em massa. Se a densidade do alumínio vale  $2,7\text{g/cm}^3$  e a do ferro  $7,5\text{g/cm}^3$ , a densidade do prisma em  $\text{g/cm}^3$ , vale:



- a) 3,2      b) 3,9      c) 4,5      d) 5,1      e) 7,8

5. (UFMG-MG) José aperta uma tachinha entre os dedos, como mostrado na figura. A cabeça da tachinha está apoiada no polegar e a ponta, no indicador. Sejam  $F(i)$  o módulo da força e  $p(i)$  a pressão que a tachinha faz sobre o dedo indicador de José. Sobre o polegar, essas grandezas são, respectivamente,  $F(p)$  e  $p(p)$ . Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que



- a)  $F(i) > F(p)$  e  $p(i) = p(p)$ .  
b)  $F(i) = F(p)$  e  $p(i) = p(p)$ .  
c)  $F(i) > F(p)$  e  $p(i) > p(p)$ .  
d)  $F(i) = F(p)$  e  $p(i) > p(p)$ .

6. (UFSM-RS) Referindo-se à estrutura física, uma das causas importantes da degradação do solo na agricultura é a sua compactação por efeito das máquinas e da chuva. Um trator tem rodas de grande diâmetro e larga para que exerça contra o solo, pequeno(a)

- a) pressão.
- b) força.
- c) peso.
- d) energia.
- e) atrito.



7. (FMTM-MG) A válvula reguladora de pressão em uma panela de pressão tem massa igual a 60g e está apoiada sobre um orifício de diâmetro 2,8mm da tampa da panela, vedando perfeitamente a comunicação do exterior com o interior. Sendo  $g=10\text{m/s}^2$ , a mínima variação de pressão no interior da panela, que fará com que a válvula permita o escape do vapor do interior da panela, é, aproximadamente, em Pa: (Dado  $\pi=3$ )



a)  $0,8 \cdot 10^5$

b)  $0,9 \cdot 10^5$

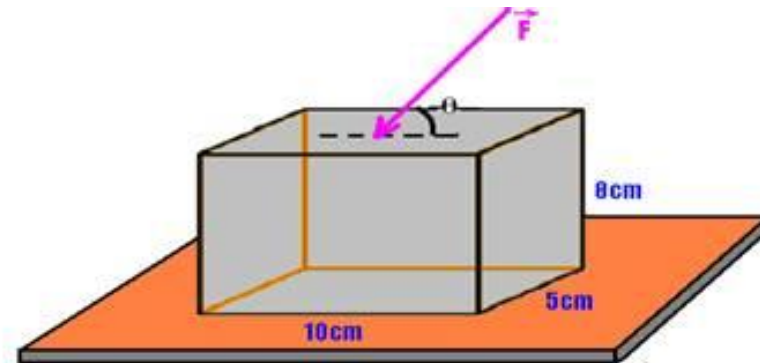
c)  $1,0 \cdot 10^5$

d)  $1,2 \cdot 10^5$

e)  $1,8 \cdot 10^5$

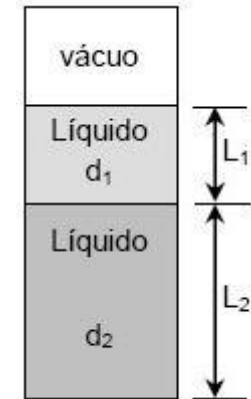
8. (MACKENZIE-SP) Um corpo homogêneo, com forma de paralelepípedo e de massa 2,80 kg, encontra-se apoiado sobre uma superfície plana e horizontal, conforme mostra a figura. Sobre esse corpo aplica-se uma força  $\vec{F}$ , de intensidade 100N, segundo a direção que forma um ângulo  $\theta = 60^\circ$ , com a horizontal. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Dados:  $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0,5$ ;  $\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = 0,87$ .

A pressão exercida sobre a superfície horizontal, devido a ação da força e do peso do corpo, em Pa:



- a) 1,56      b) 1,74      c)  $2,3 \cdot 10^4$       d) 1,74      e)  $1,56 \cdot 10^4$
9. Um mergulhador que atinge uma profundidade de 50m em um lago sofre, em relação à superfície, uma variação de pressão, em  $\text{N/m}^2$ , graças ao líquido, estimada em:  
Dados:  $d$  (água) =  $1,0 \text{ g/cm}^3$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- a) 50  
b)  $5,0 \times 10^{+2}$   
c)  $5,0 \times 10^{+3}$   
d)  $5,0 \times 10^{+4}$   
e)  $5,0 \times 10^{+5}$

9. (UFPE) Um tubo fechado contém dois líquidos não miscíveis de densidades  $d_1$  e  $d_2$ . Na parte superior é feito vácuo. Mantendo-se o tubo na vertical, verifica-se que as colunas dos líquidos têm comprimentos  $L_1$  e  $L_2$ , respectivamente, como indicado na figura. Considerando a aceleração da gravidade local igual a  $g$ , determine o valor da pressão no fundo do recipiente.



- a)  $g \cdot d_1 \cdot (L_1 + L_2)$
- b)  $g \cdot d_2 \cdot (L_1 + L_2)$
- c)  $g \cdot (d_1 + d_2) \cdot (L_1 + L_2)$
- d)  $g \cdot (d_1 \cdot d_2) \cdot (L_1 + L_2)$
- e)  $g \cdot (d_1 L_1 + d_2 L_2)$

10. (UFAC) A cidade de Rio Branco, AC, está aproximadamente a 160 m de altitude, sendo a pressão atmosférica em torno de  $9,9 \times 10^4$  Pa. Em épocas de cheias, a pressão no fundo do Rio Acre triplica esse valor. Qual é a profundidade do Rio Acre nessa época?

DADOS:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ;  $\rho_{\text{ÁGUA}} = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$

- a) 15,50 m
- b) 9,90 m
- c) 19,80 m
- d) 25,60 m
- e) 10,80 m



# Referências

- ~ <http://fisicativa.blogspot.com/2009/06/efeitos-biologicos-da-pressao.html>
- ~ <http://www.extremescience.com/dead-sea.htm>
- ~ <http://www.cfcenter.co.il/dsinfo.htm>
- ~ [http://en.wikipedia.org/wiki/Dead\\_Sea](http://en.wikipedia.org/wiki/Dead_Sea)
- ~ <http://radicalart.info/physics/vacuum/index.html>
- ~ <http://fisicaevestibular.com.br/novo/mecanica/hidrostatica/densidade-e-pressao/exercicios-de-vestibulares-com-resolucoes-comentadas-sobre-densidade-e-pressao/19480-71227-1-PB.pdf>

