



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Departamento de Ciências Exatas e
Naturais

5- FLUIDOS EM SISTEMAS BIOLÓGICOS

Física para Ciências Biológicas

Prof. Roberto Claudino Ferreira

ÍNDICE

1. Pressão hidrostática;
2. Pressão intraocular;
3. Pressão sanguínea;
4. Princípio de Pascal;
5. Princípio de Arquimedes;
6. Efeitos fisiológicos da variação de pressão;
7. Movimento e propriedades dos fluidos;
8. Teorema de Bernoulli;
9. Escoamento;
10. Tensão superficial.
11. Aplicações Biológicas.

OBJETIVO GERAL

Alcançar uma noção pontual a cerca dos sub temas da mecânica dos fluidos aos quais estão associadas aplicações de fenômenos biofísicos.

1 - 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, pressão sanguínea, pressão atmosférica, etc.

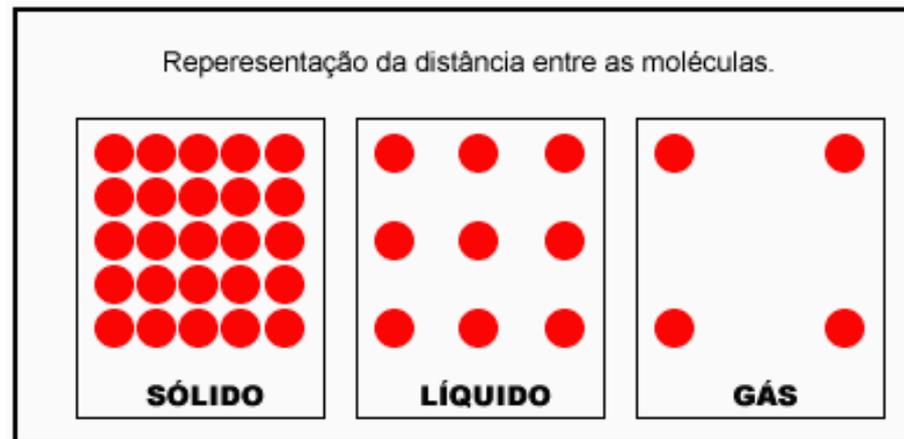
1.1 - Diferenças entre fluido e sólido.

Sólidos: Possui uma forte atração molecular.

Fluidos: Possui pequena força de atração.

Líquidos: Apresentam volume próprio e superfície livre.

Gases: Não tem formato próprio e nem volume próprio, ocupando qualquer volume a ele estabelecido.



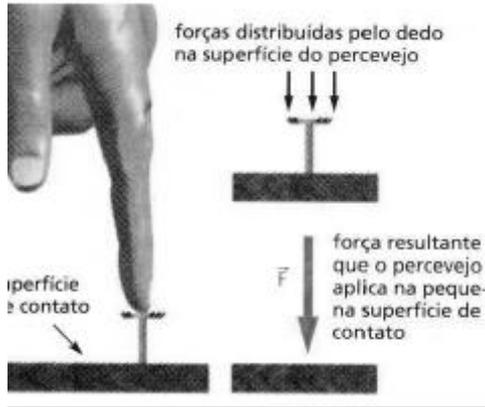
1.2 - DENSIDADE DE UM CORPO

- 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 substância pura, a densidade é chamada de **massa específica**, ou **densidade absoluta**.



Arquimedes

1.3 - PRESSÃO



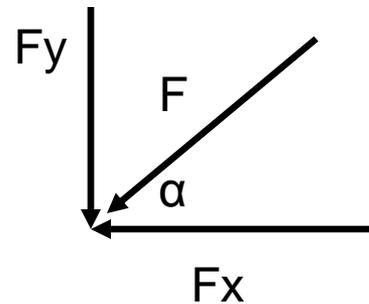
Para forças perpendiculares à superfície:

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

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

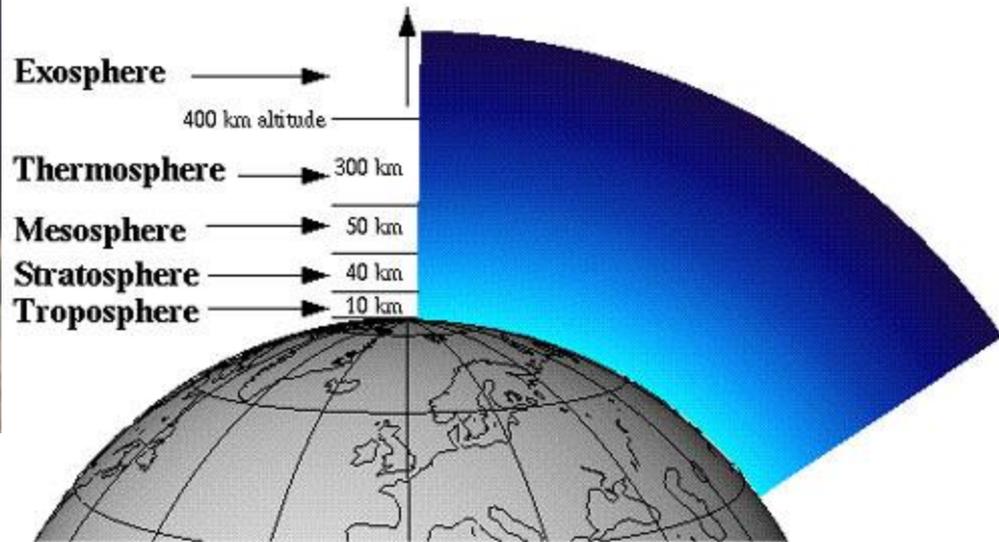
Para forças inclinadas em relação à superfície, calcula-se a componente vertical:

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



1.4 - PRESSÃO ATMOSFÉRICA

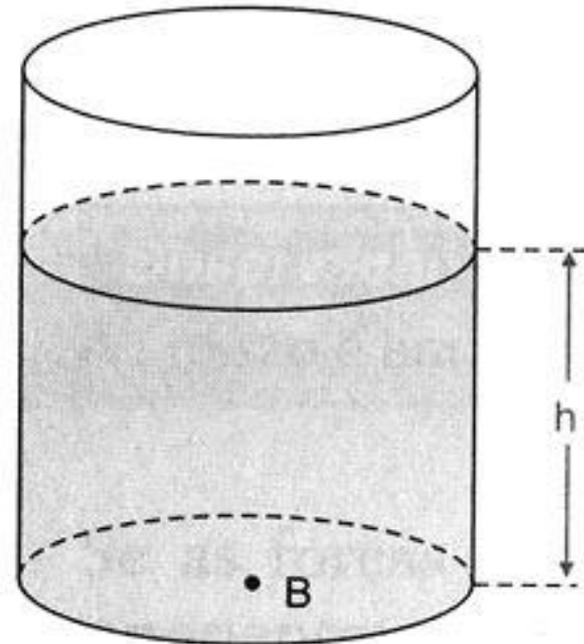
- É a pressão exercida pela camada de ar de altura aproximadamente de 18 km,



1.5 - 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 e gravidade.

$$P_{ef} = \rho g h$$



1.6 - TEOREMA DE STEVIN

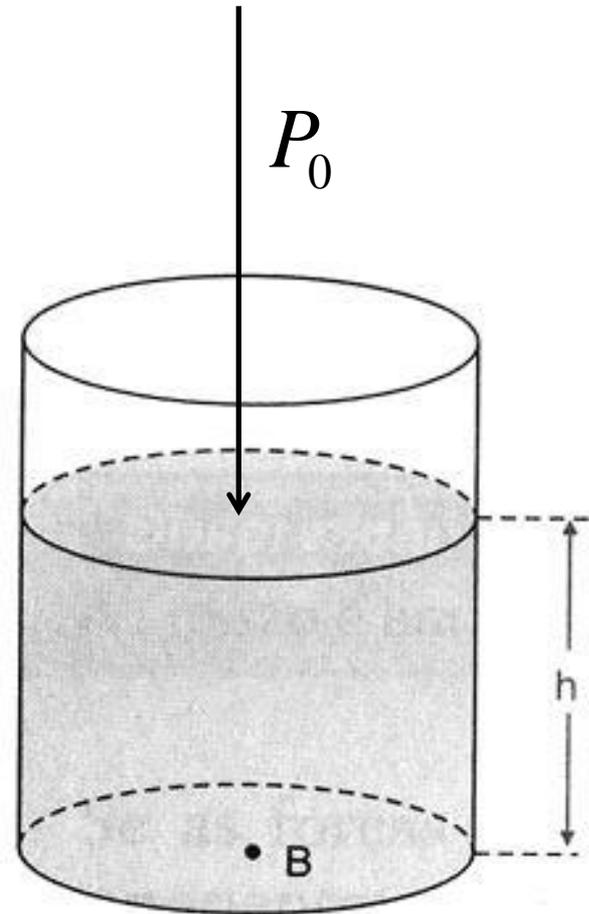
- A Pressão Absoluta: É igual a soma da pressão atmosférica na superfície do líquido adicionada à pressão efetiva:

$$P = P_0 + \rho gh$$

Pressão Efetiva

Pressão Atmosférica

Pressão Absoluta



1º 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: $13,6 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$

Resolução do 1º problema

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

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

Gravidade = 9,8 m/s².

Como pressão é: $P = \rho g h$

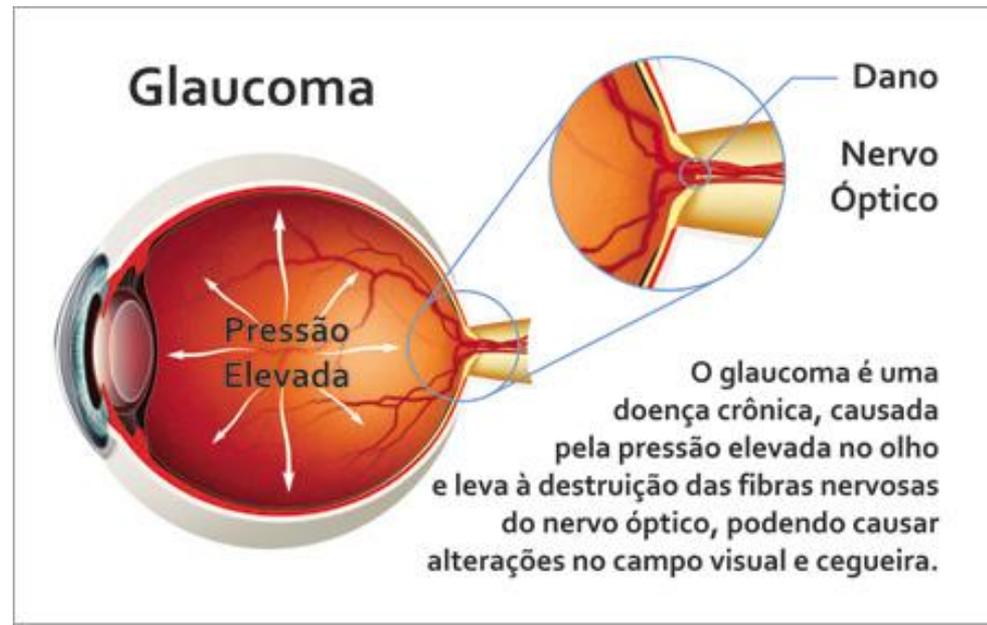
Então:

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

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

1.7 – PRESSÃO INTRA OCULAR

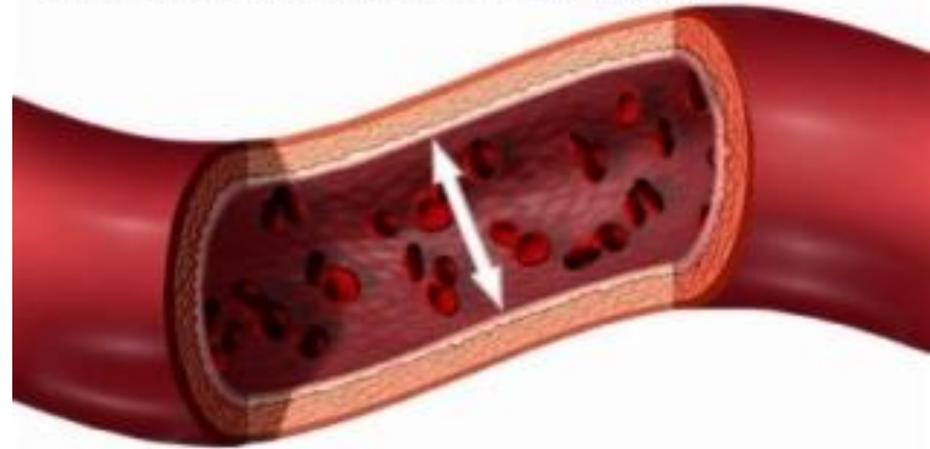
Os fluidos do globo ocular (humores aquoso e vítreo) estão sob pressão e mantêm o globo ocular numa forma e dimensão aproximadamente fixas. A obstrução no sistema de drenagem do humor aquoso aumenta pressão comprimindo a artéria retiniana e o nervo óptico, provocando visão tunelada até a cegueira. (**Glaucoma**)



1.8 – PRESSÃO SANGUÍNEA

Trata-se da pressão exercida pelo fluxo sanguíneo às paredes das artérias. Possui valor um pouco acima da pressão atmosférica.

Pressão sanguínea é a medição da força aplicada às paredes das artérias



ADAM

Uma medida de 12/8, significa: 120 mm Hg pressão sistólica. 80 mm Hg pressão diastólica.



esfigmomanômetro

1.9 - O PRINCÍPIO DE PASCAL

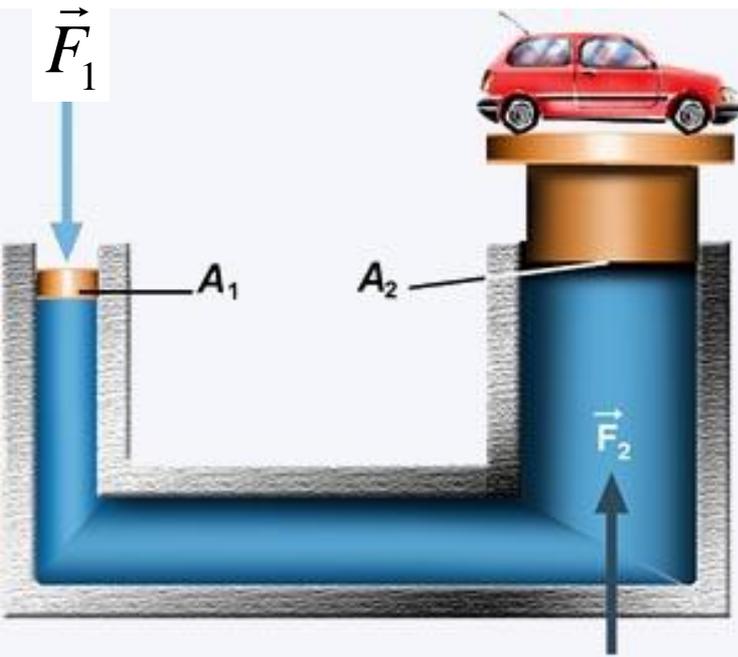
- É um aperfeiçoamento do teorema de Stevin.
- Pascal estudou o que acontece quando um ponto de líquido incompressível em equilíbrio sofre um **acréscimo** de pressão (ΔP) em um recipiente fechado.

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

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

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

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

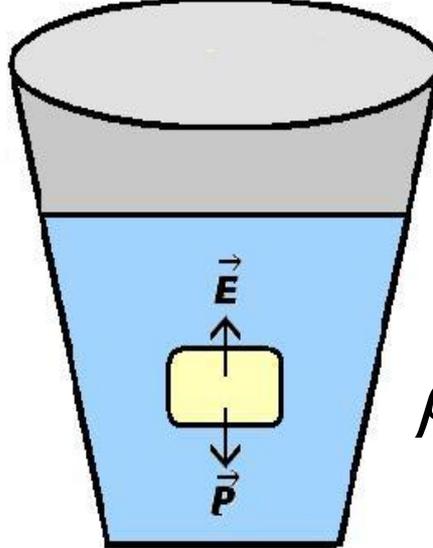
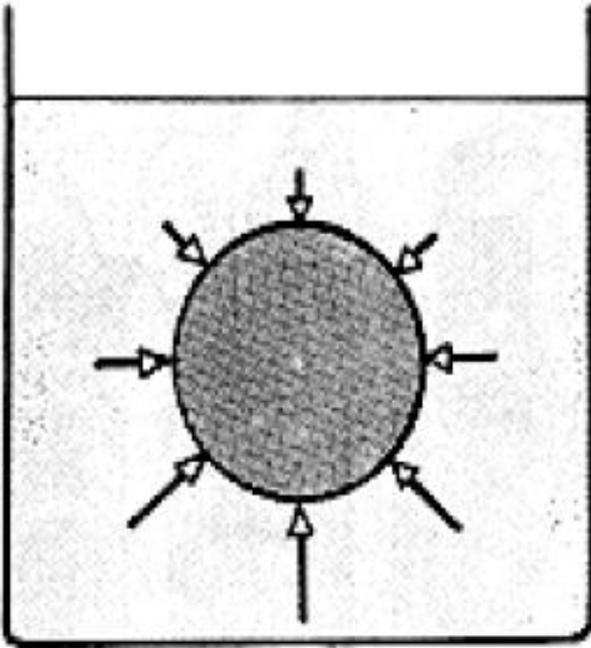


1.10 - O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

- **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. $\vec{F}_E = m_f g$

1.10 - EMPUXO

- O que determina a existência do Empuxo.



$$\vec{F}_E = \vec{P}_{ld} \quad \vec{P}_{ld} = m_{ld} \cdot \vec{g}$$

$$\vec{F}_E = m_{ld} \cdot \vec{g}$$

$$\rho_l = \frac{m_{ld}}{V_{ld}} \quad m_{ld} = V_{ld} \cdot \rho_l$$

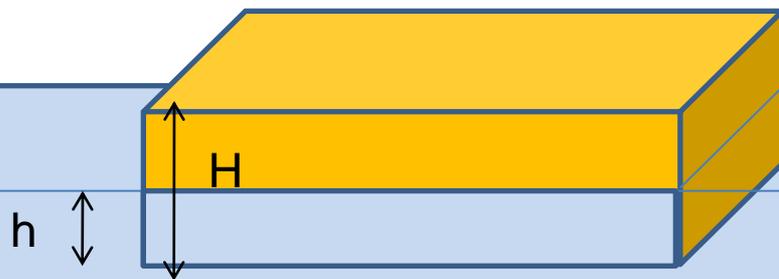
$$\vec{F}_E = \rho_l \cdot V_{ld} \cdot \vec{g}$$

OBS: l_d = Líquido

Deslocado.

Unidade é o Newton (N)

2º 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

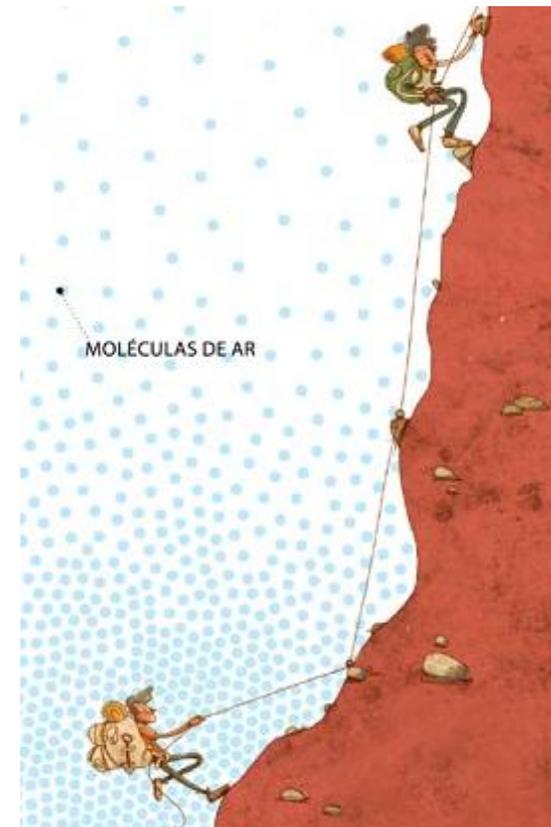
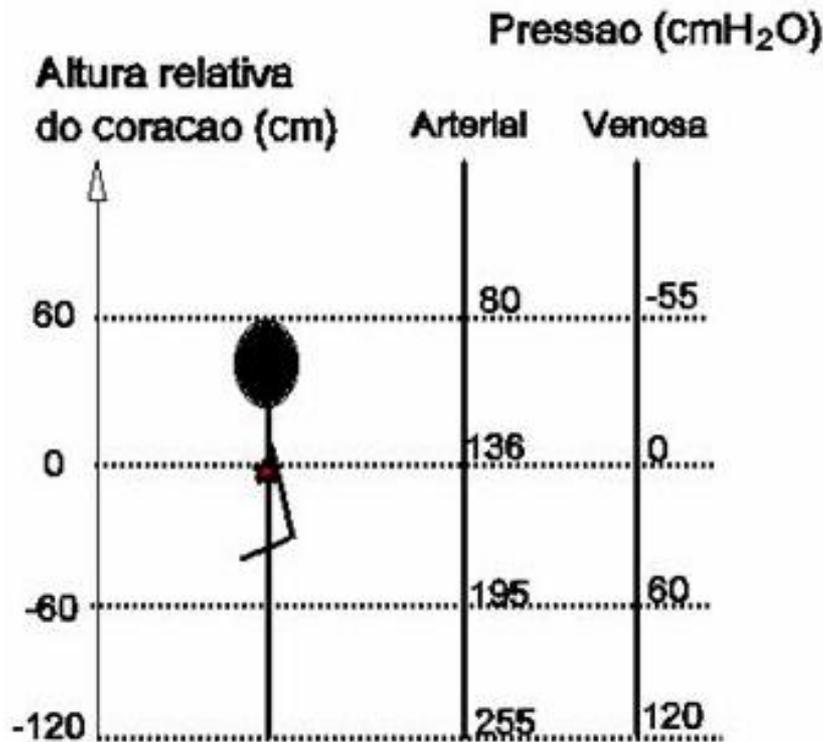
1.11 - EFEITOS FISIOLÓGICOS DA VARIAÇÃO DE PRESSÃO

➤ Efeito da Postura na pressão sanguínea.

$$P_a(\text{cabeça}) = P_a(\text{coração}) - \rho_s gh$$

➤ Mergulho subaquático.

➤ Altitude.



2 – MOVIMENTO E PROPRIEDADES DOS FLUIDOS

2.1 – Introdução.

Hidrodinâmica: Ciência que estuda as propriedades dos fluidos em movimento.

Na biologia existem diversos fenômenos associados ao movimento de fluidos, tais como: (viscosidade, osmose, tensão superficial,...). Neste contexto é essencial o conhecimento da hidrodinâmica.

2.2 – ESCOAMENTO DE FLUIDOS IDEAIS

2.2.1 – Fluido Incompressível: Sua densidade não varia com o tempo.

2.2.2 – Fluido Compressível: Densidade variável com o tempo.

2.2.3 – Fluxo Permanente: Velocidade e pressão do fluido não variam com o tempo.

2.2.4 – Fluxo variado: Existe variação de velocidade e pressão do fluido com o tempo.

$$Q = \frac{A \cdot x}{\Delta t} \text{ ou } Q = A v$$

2.2.5 – Viscosidade: Resistência do fluido ao escoamento.

2.2 – ESCOAMENTO DE FLUIDOS IDEAIS

Um fluido ideal é aquele no qual consideramos não possuir viscosidade, ser incompressível e com fluxo permanente.

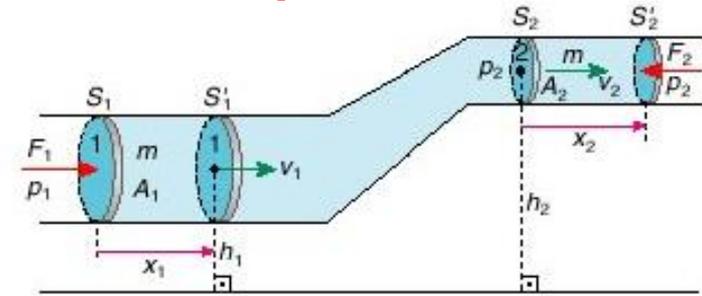
2.2.6 – Equação de Bernoulli.

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

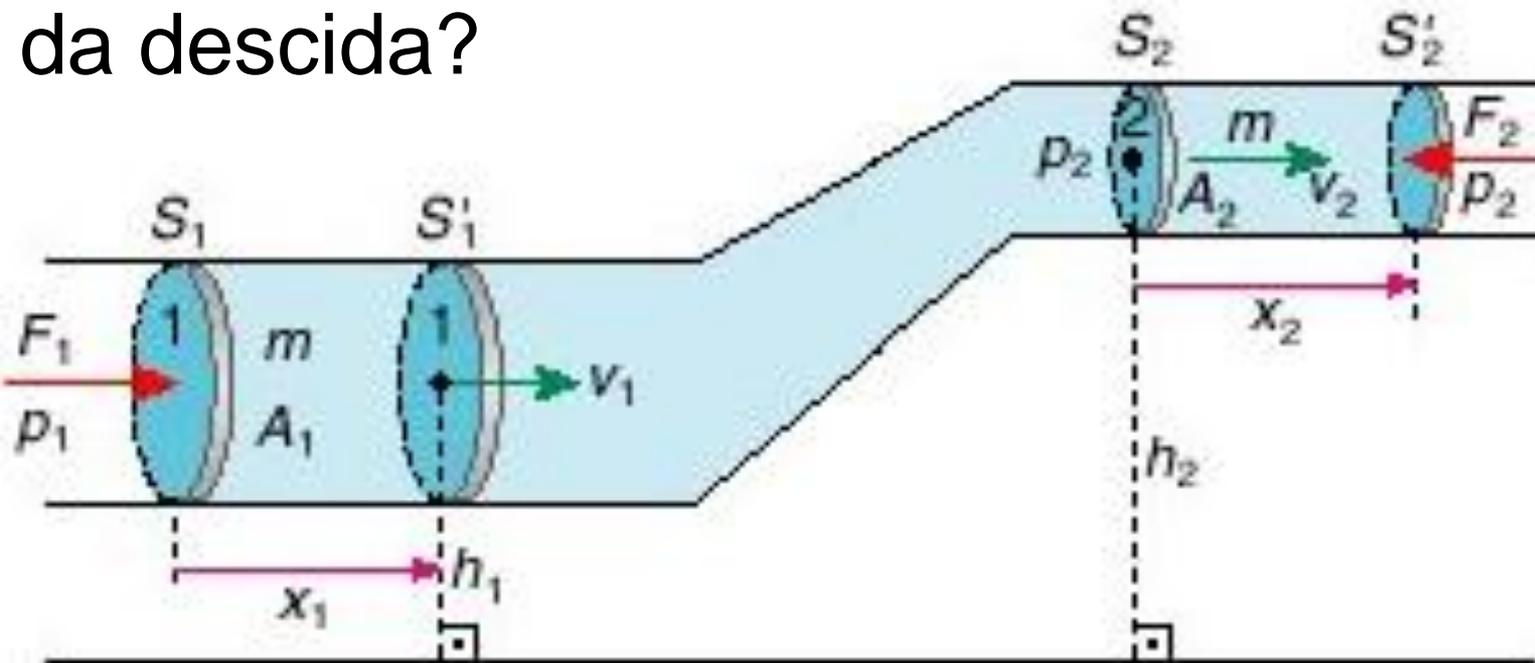
Como o fluxo é constante e o fluido é ideal a energia se conserva. Assim $E = K+U+W$, logo:

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

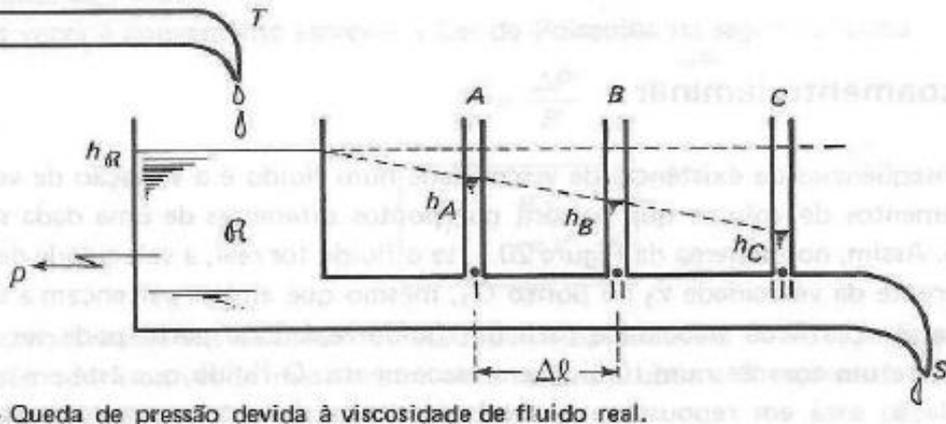
Se a velocidade de um fluido aumenta ao longo de seu deslocamento, a pressão diminui, e vice-versa.



3º Problema: A água se move com uma velocidade de $5,0 \text{ m/s}$ em um cano com uma seção reta de $4,0 \text{ cm}^2$. A água desce gradualmente 10 m enquanto a seção reta aumenta para $8,0 \text{ cm}^2$. (a) Qual é a velocidade da água depois da descida? (b) Se a pressão antes da descida é $P = 1,5 \times 10^5 \text{ Pa}$, qual é a pressão depois da descida?



2.7 – ESCOAMENTO DE FLUIDOS REAIS



Se não houvesse dissipação de energia $h_R = h_A = h_B = h_C$. No entanto $h_R > h_A > h_B > h_C$ o que mostra a existência de forças dissipativas.

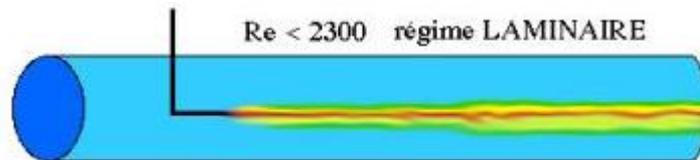
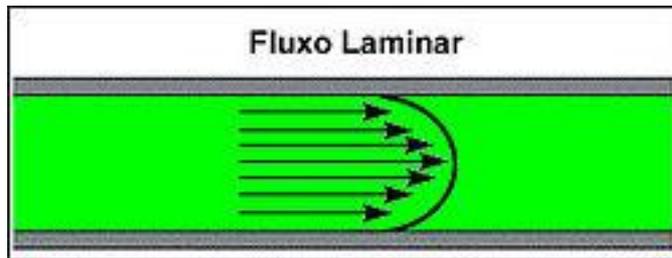
A equação de Bernoulli mostra a diminuição da energia que é devido à existência da viscosidade.

Todos os líquidos apresenta aumento de viscosidade quando há redução de temperatura.

Em estado de choque uma pessoa pode ter complicações no fluxo sanguíneo devido ao aumento de densidade do sangue.

2.7.1 – ESCOAMENTO LAMINAR

A viscosidade causa atrito entre o fluido e as paredes de tubo, causando diferença de velocidade entre este ponto e centro do fluxo. Quando este movimento apresenta redução de velocidade em forma de uma parábola temos o escoamento laminar



$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

$$\bar{v} = \frac{r^2 \Delta P}{8\eta \Delta l}$$

R = Resistência de uma tubulação;

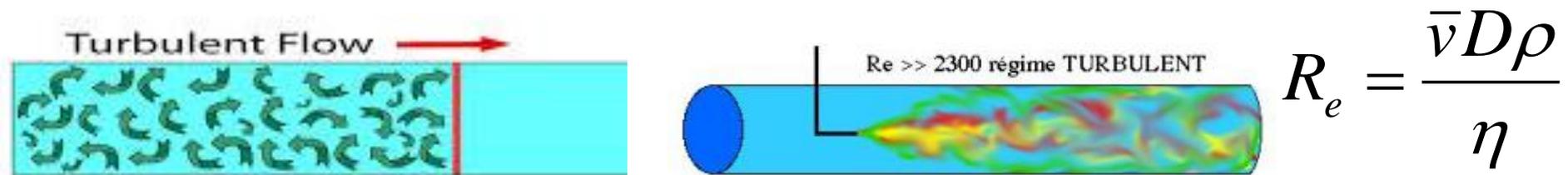
η = coeficiente de viscosidade; (kg/(m.s))

L = Comprimento do tubo; (m)

r = raio do tubo. (m)

2.7.2 – ESCOAMENTO TURBULENTO

Ocorre quando a velocidade alcança valores acima de certo limite. Assim o fluido escoar em formato de redemoinhos devido a mistura de camadas adjacentes ao fluido.



Re = Número de Reynolds;

η = Coeficiente de viscosidade; (kg/(m.s))

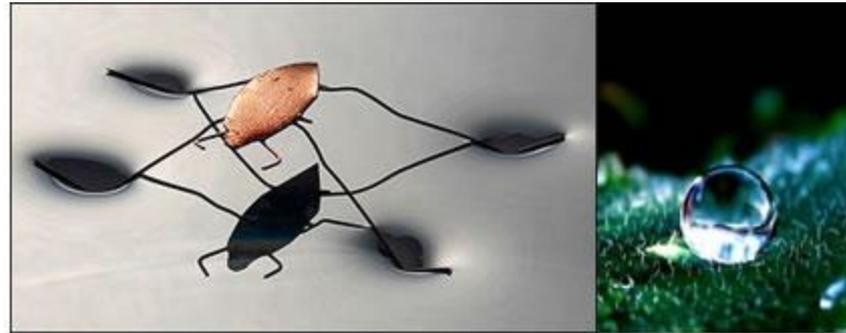
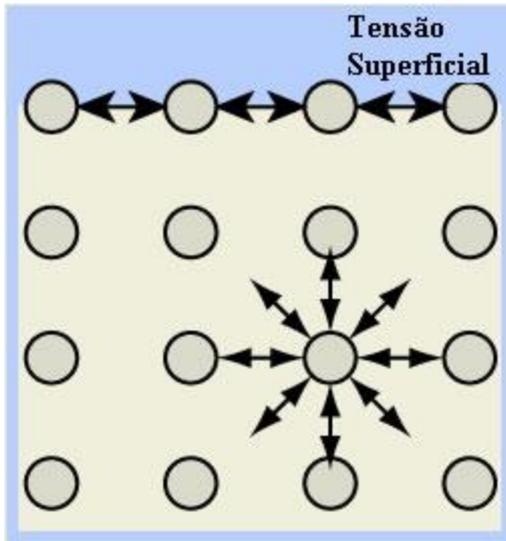
D = Diâmetro do tubo; (m)

ρ = Densidade de fluido. (kg/m³)

4º Problema: O Diâmetro da aorta de um adulto é da ordem de 2,2 cm. A velocidade sistólica média do sangue é cerca de 60 cm/s. Considere a densidade do sangue igual à da água e sua viscosidade igual a 0,004 kg/(m.s). Determine se o fluxo sanguíneo na aorta é laminar ou turbulenta.

2.7.3 – TENSÃO SUPERFICIAL

É a energia potencial que mantém as moléculas de uma dada superfície ligadas à substância que a contém por unidade de área.



$$\gamma = \frac{W}{A} = \frac{F \cdot \Delta x}{l \cdot \Delta x}$$
$$\gamma = \frac{F}{l}$$

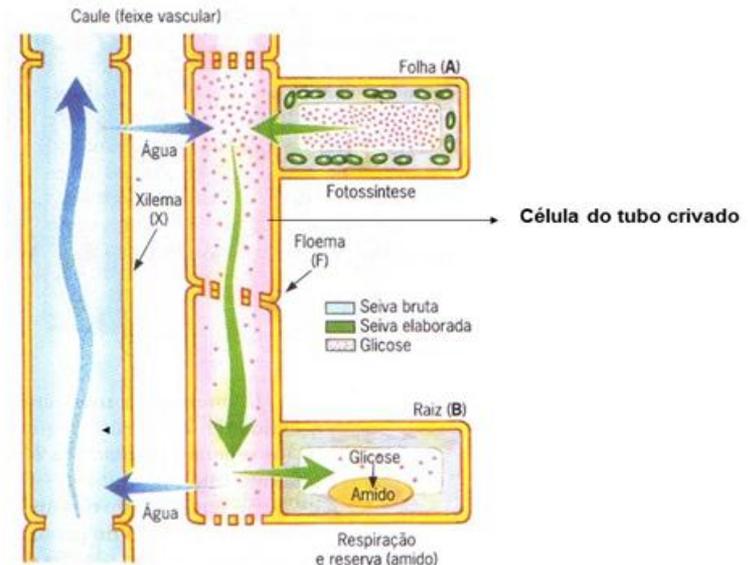
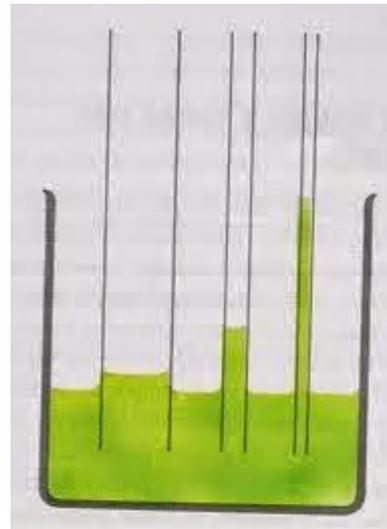
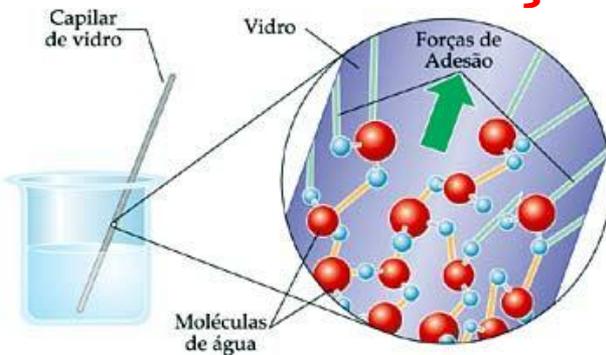
Tensão superficial (N/m)

2.7.3 – CAPILARIDADE

É a propriedade física que os fluidos têm de subirem ou descerem em tubos extremamente finos. Combinam duas forças, a de coesão (causada pela tensão superficial) e a de adesão.

A coesão: **Atração entre moléculas iguais.**

Adesão: **Atração entre moléculas diferentes.**



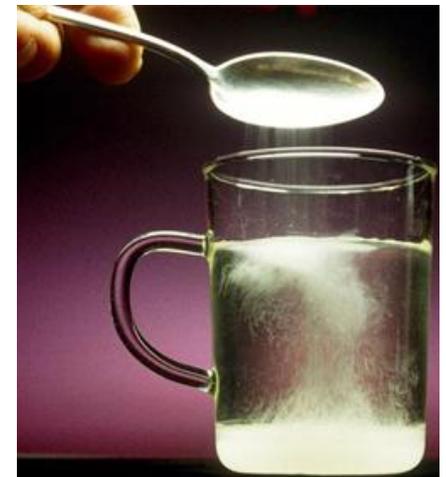
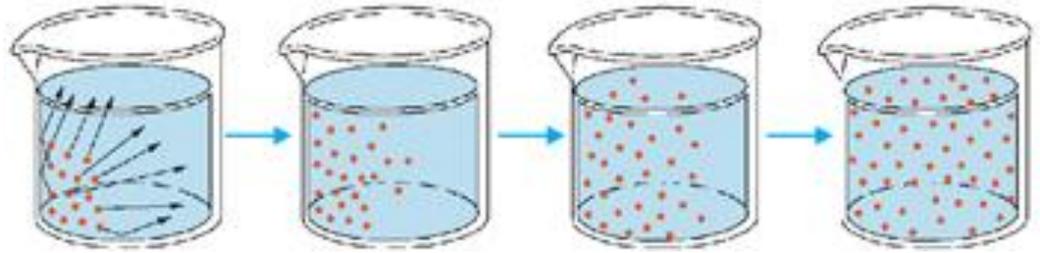
$$h = \frac{2\gamma \cos \alpha}{r\rho g}$$

↓

Altura atingida por um fluido em um capilar.

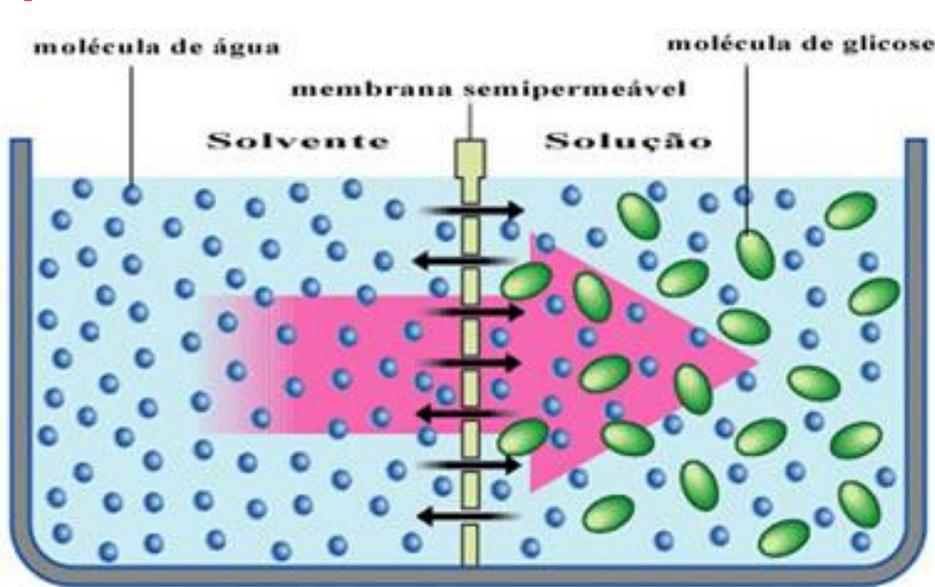
2.7.4 – DIFUSÃO

Difusão: É a passagem de uma substância (soluto) de um meio onde estão mais concentradas para outro (solvente) onde estão menos concentradas. O resultado da mistura é chamado de solução.



2.7.5 – DIFUSÃO E OSMOSE

Osmose: É uma difusão de mão única, só ocorre pelo movimento do solvente.



A osmose cessa quando a **Pressão osmótica** (π) se iguala pressão hidrostática.

$$\Pi = \Delta P \quad \Pi = C_M RT \quad C_M = \frac{n}{V}$$

C_M = Concentração molar.

$R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

$T =$ Temperatura.

A equação acima só é válida para baixas concentrações.

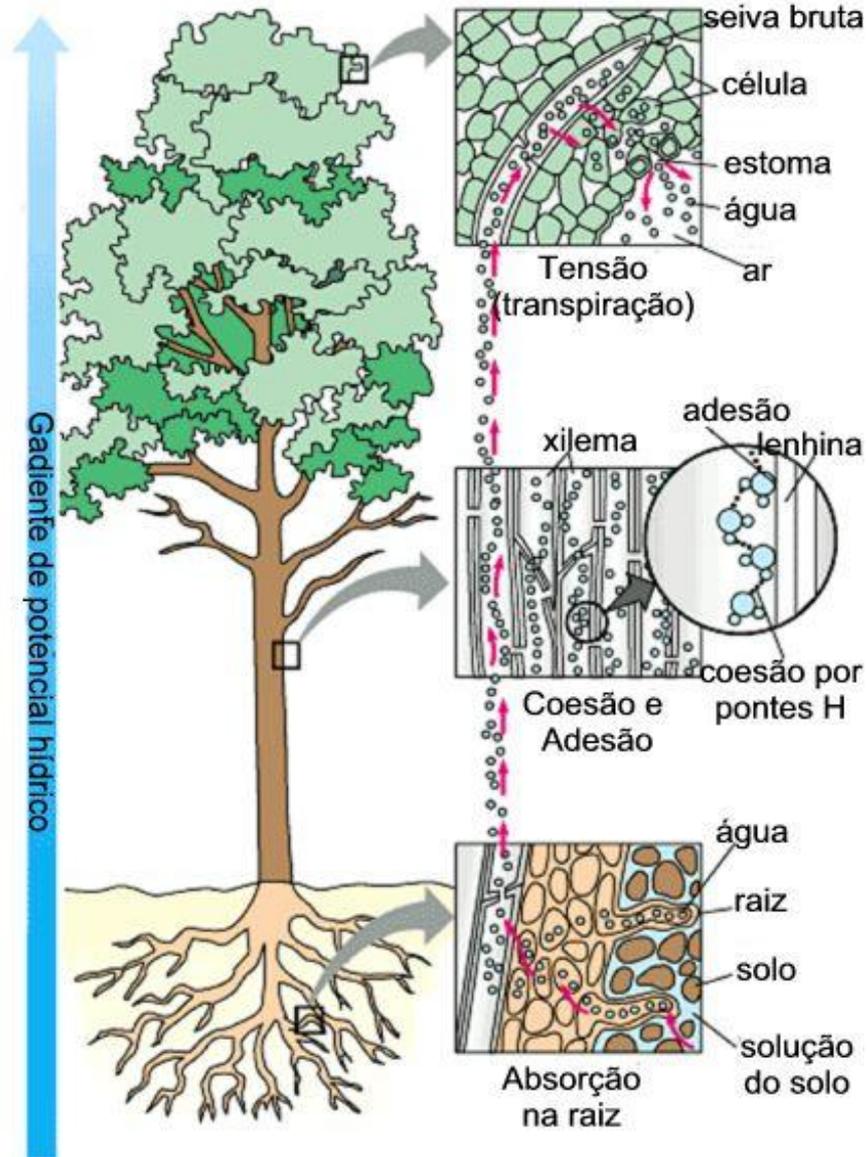
Um exemplo de osmose está no funcionamento dos rins.

5º Problema: Determine a pressão osmótica de uma hemácia quando a célula for imersa em água destilada a 27 °C. Considere que a concentração molar da hemoglobina seja 10 mM dentro da hemácia.

2.8 – APLICAÇÕES BIOLÓGICAS

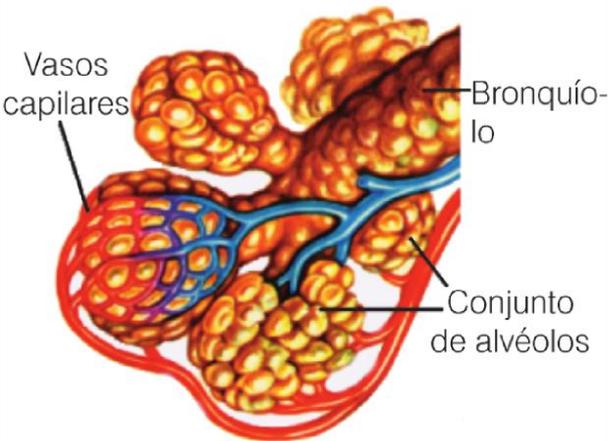
2.8.1 – Movimento ascendente da seiva nas árvores.

[Visite o site com simulações.](#)



2.8 – APLICAÇÕES BIOLÓGICAS

2.8.2 – Tensão superficial nos pulmões.

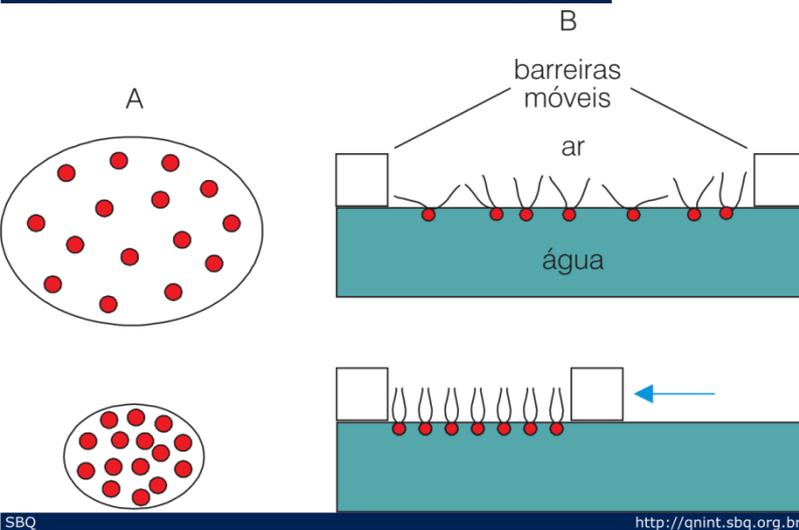


SBQ <http://qnint.sbq.org.br>

A tensão superficial do fluido que compõe o alvéolo é de 0,050 N/m. O raio do alvéolo é de 50 μm . A diferença de pressão entre o lado externo e interno dos alvéolos devido a **tensão superficial** é dada por:

$$P_i - P_e = \frac{2\gamma}{R}$$

$$P_i - P_e = \frac{2 \cdot 0,050}{50 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^3 \text{ N} / \text{m}^2 = 15 \text{ mmHg}$$



SBQ <http://qnint.sbq.org.br>

Na inspiração a pressão dos pulmões e alvéolos é de **3 mm Hg** já a intrapleural é de **4 mm Hg**, a diferença é de 1 mm Hg 15 vezes menor que a pressão devido à tensão superficial. **Então como ao alvéolos conseguem se manter abertos?**

Isso ocorre devido aos surfactantes substância lipoproteica que atua com um detergente (reduzindo a tensão superficial nos fluidos dos alvéolos). Reduzindo a pressão.