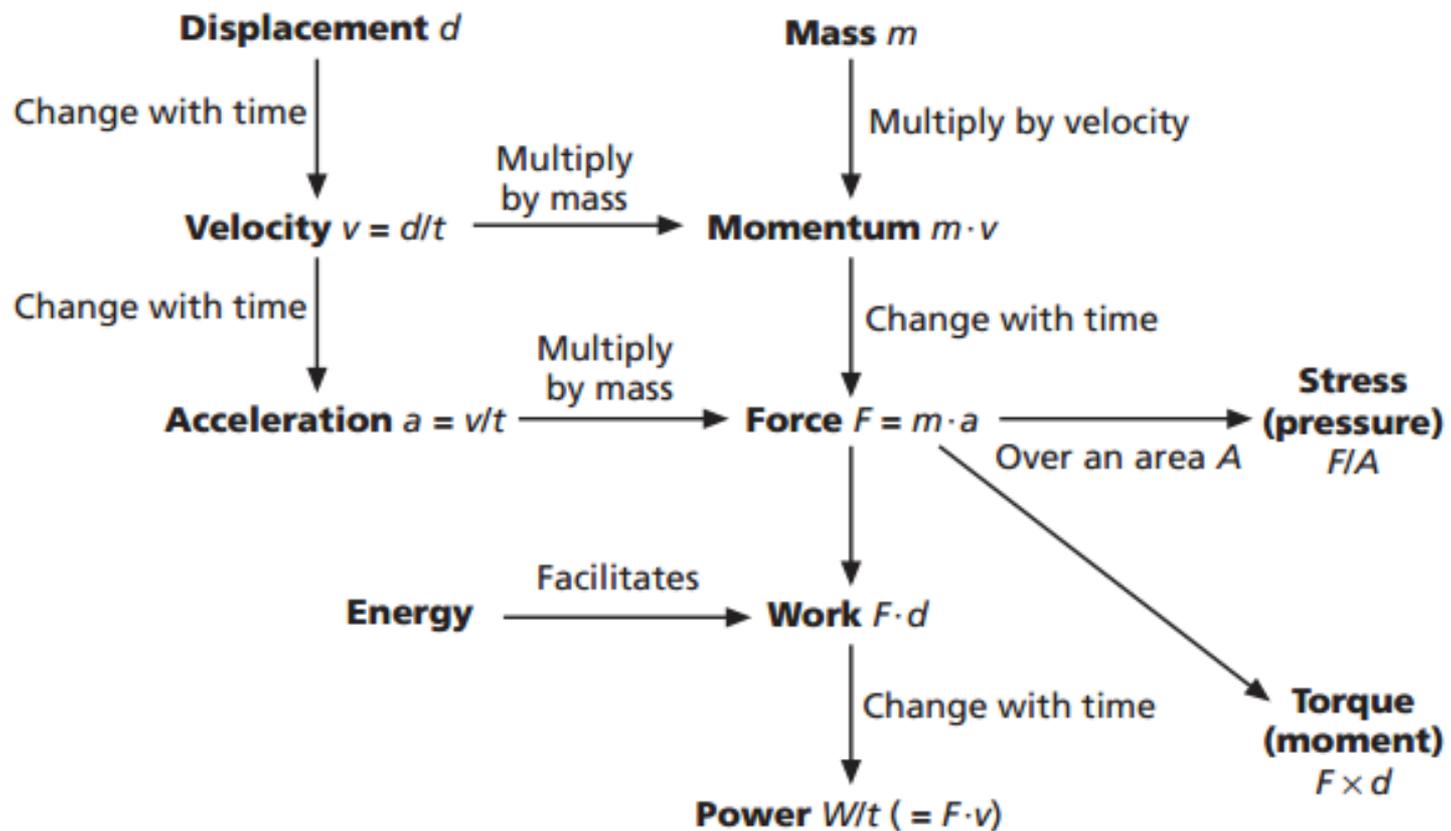


# Dinâmica linear

## Principais conceitos fundamentais utilizados em Biomecânica



# Força

- **Força: Uma impulsão (ou tração) que altere, ou tenda a alterar, o estado de movimento de um corpo é chamado de força (N).**
- Conceito que deu certo!

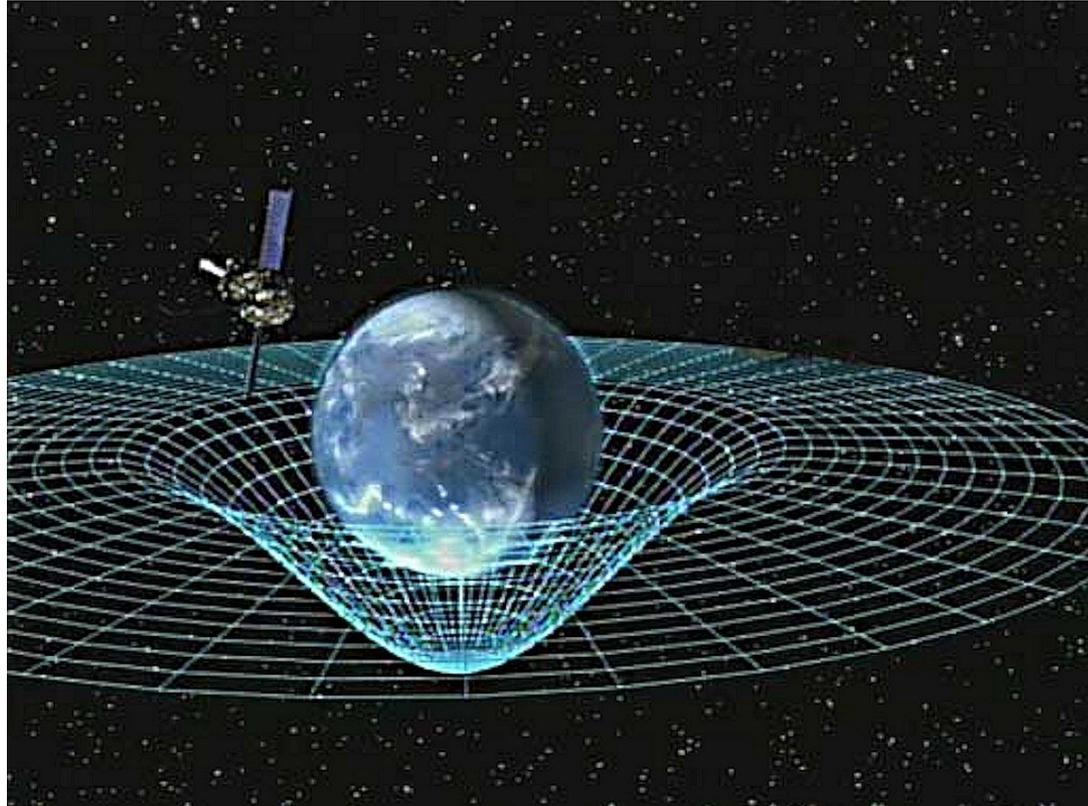
# Tipos de força

- **Peso:** Força gravitacional exercida pela “Terra” sobre um corpo (N).  $F = m \cdot a$
- **Atrito:** É o nome que damos para a força que surge quando corpos estão deslizando ou tentando deslizar sobre qualquer superfície. Estas forças sempre acabam dificultando os movimentos. Elas também podem ocorrer na água, no ar (força de atrito da água ou força de atrito do ar) etc. O único lugar onde elas não existem é no vácuo do espaço. Para identificá-la é fácil, sempre que um corpo estiver movendo-se, ou com tendência a movimentar-se, haverá o surgimento das forças de atrito (  $F_{at}$  ), que serão representadas por vetores apontados no sentido contrário ao do movimento, ou à tendência deste movimento.
- $F_{at} = \mu(e,d) \cdot Normal$

- **Momentum: Quantidade de movimento de um corpo, sendo igual ao produto da massa pela velocidade do corpo.**
- **$M = m * V$**
- **Aceleração da gravidade:**
- **$F = \frac{G(m_1 * m_2)}{D^2}$**
- **onde F = força exercida sobre cada um dos corpos, G = uma constante gravitacional universal que transforma a relação expressa pela lei em uma equação (no SI =  $6,67 * 10^{-11} \text{ N-m}^2/\text{kg}^2$ ), m1 e m2 = massas dos corpos, e D = distância entre eles,  $F = 9,807 \text{ m/s}^2$**

Analogia bidimensional da distorção no espaço-tempo gerada pela massa de um objecto. A matéria altera a geometria do espaço-tempo, esta (curva) geométrica que é interpretado como gravidade.

NASA - [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/gpb/gpb\\_012.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/gpb/gpb_012.html)



<https://www.youtube.com/watch?v=l-BVkHRLPfo>

<https://www.youtube.com/watch?v=129qMw9QsGw>

<https://www.youtube.com/v/l-BVkHRLPfo>

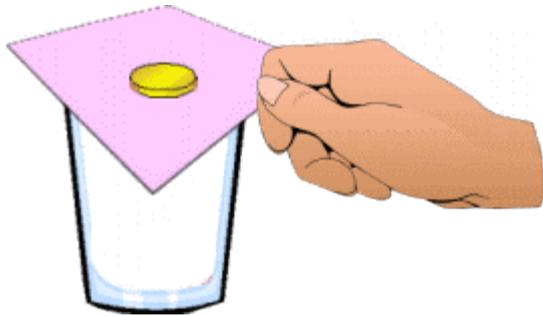
- ***“Todos os corpos se atraem com uma força proporcional ao produto de suas massas, e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.”***

***Isaac Newton***

# Leis de Newton

- **1ª Lei: "Qualquer corpo permanece no estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme se a resultante das forças que atuam sobre esse corpo for nula".**
- **Assim, se o corpo estiver em repouso continuará em repouso; se estiver em movimento, continuará o seu movimento em linha reta e com velocidade constante.**

# 1 lei



Ao puxar bruscamente, a cartolina acelera e a moeda cai dentro do copo.



Quando o cavalo freia subitamente, o cavaleiro é projetado.

# 1 lei

- A primeira lei de Newton, explica o que acontece ao corpo quando a resultante de todas as forças externas que nele atuam é zero: o corpo pode permanecer em repouso ou continuar o seu movimento retilíneo com velocidade constante. A segunda lei de Newton, explica o que acontece ao corpo quando a resultante das forças é diferente de zero.
- Imagine que empurra uma caixa sobre uma superfície lisa (pode-se desprezar a influência de atrito). Quando se exerce uma certa força horizontal  $F$ , a caixa adquire uma aceleração  $a$ . Se aplicar uma força 2 vezes superior, a aceleração da caixa também será 2 vezes superior e assim por diante. Ou seja, *a aceleração de um corpo é diretamente proporcional à força resultante que sobre ele atua.*

# 1 lei

- Entretanto, a aceleração de um corpo também depende da sua massa. Imagine, como no exemplo anterior, que se aplica a mesma força  $F$  a um corpo com massa 2 vezes maior. A aceleração produzida será, então,  $a/2$ . Se a massa triplicar, a mesma força aplicada irá produzir uma aceleração  $a/3$ . E assim por diante. De acordo com esta observação, conclui-se que: *a aceleração de um objeto é inversamente proporcional à sua massa.*

## 2 lei

- **A 2ª Lei de Newton pode enunciar-se do seguinte modo:**
- 
- **A aceleração adquirida por um corpo é diretamente proporcional à intensidade da resultante das forças que atuam sobre o corpo, tem direção e sentido dessa força resultante e é inversamente proporcional à sua massa.**

# 2 lei

1. A força da mão acelera a caixa;
2. A mesma força sobre uma massa duas vezes maior, causa metade da aceleração;
3. Sobre uma massa três vezes maior, causa um terço da aceleração original.



## 2 lei

- **A segunda lei de Newton também conhecida por Lei Fundamental da Dinâmica pode ser expressa matematicamente por:**
- **$F = m \cdot a$**

# 2 lei

- $F = m \cdot a$
- Quando um sistema interatua com outro sistema, exercem-se sempre forças simultâneas que têm:
  - a mesma linha de ação;
  - a mesma intensidade;
  - sentidos opostos.
- No entanto, estas forças estão aplicadas em corpos diferentes, nunca se anulam.
- $F_{12} = - F_{21}$
- Diz-se, sempre que se verifique uma interação, as forças atuam aos pares. As duas forças que interatuam constituem um par ação-reação. É indiferente considerar qualquer delas como ação ou reação.

# 3 lei

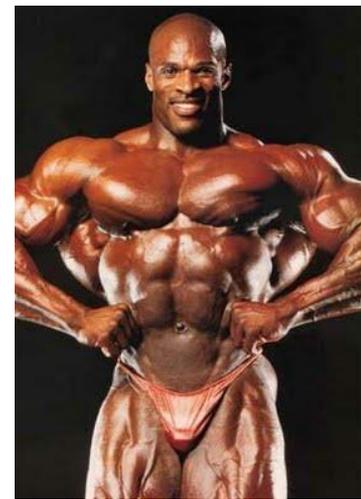
- Quando dois corpos interagem, a força que o corpo 1 exerce sobre o corpo 2 é igual e oposta à força que o corpo 2 exerce sobre o corpo 1
- Como exemplo, imagine um corpo em queda livre. O peso ( $P = m \times g$ ) deste corpo é a força exercida pela Terra sobre ele. A reação à esta força é a força que o corpo exerce sobre a Terra,  $P' = - P$ . A força de reação,  $P'$ , deve acelerar a Terra em direção ao corpo, assim como a força de ação,  $P$ , acelera o corpo em direção à Terra. Entretanto, como a Terra possui uma massa muito superior à do corpo, a sua aceleração é muito inferior à do corpo (veja a 2ª Lei).

# O que Força ?

Em termos mecânico Força é igual ao produto de uma massa pela sua aceleração.



Quem é mais forte?



# Alguns testes

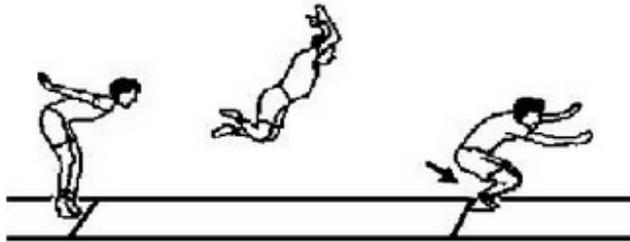


Figura 9 Teste de Potência dos Membros Inferiores

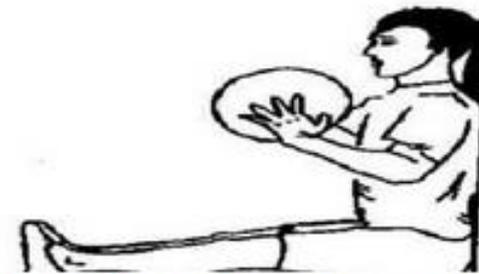


Figura 9 Teste de Potência dos Membros Superiores

**Salto vertical (Johnson & Nelson, 1979)** - Objetivo: medir a potência dos membros inferiores no plano vertical.

Equipamento: superfície lisa, de três metros de altura, graduada de 2 em 2 centímetros e pó de giz.

Resultado: Subtrai-se a marca mais alta do salto da mais baixa.(3 tentativas)

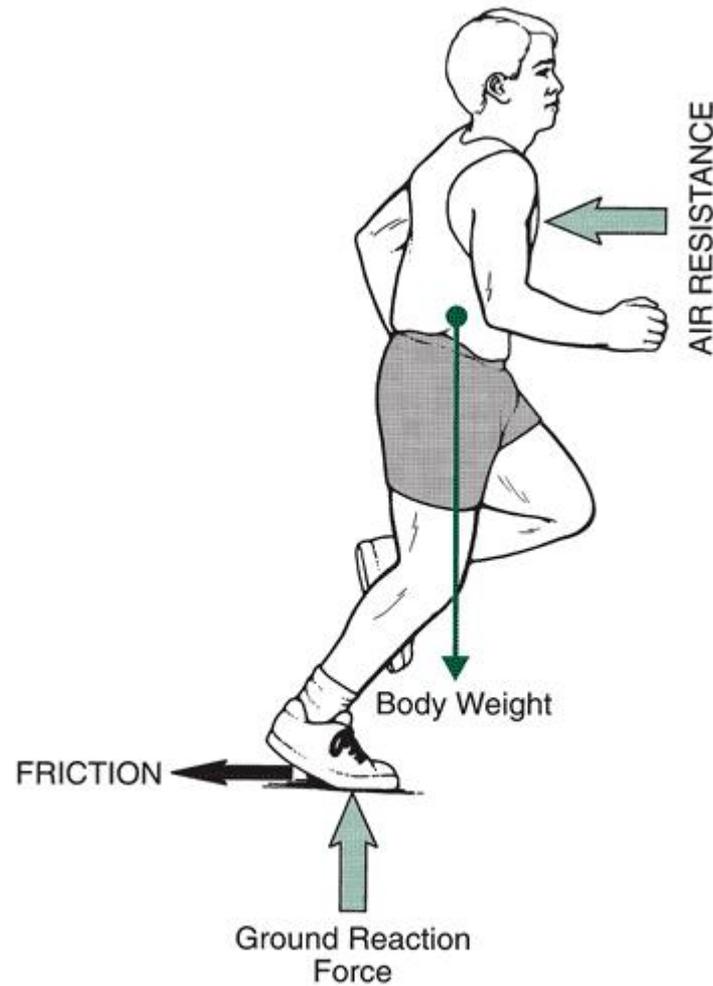
**Salto Horizontal (Johnson & Nelson, 1979)** - Objetivo: medir a potência dos membros inferiores no plano horizontal.

Equipamento: fita adesiva, para assinalar a linha de partida e trena.

**Arremesso de Medicinebol (Johnson & Nelson,1979)** - Objetivo: medir a força explosiva dos membros superiores e cintura escapular.

Equipamento: uma bola medicinal de 3 quilos, cadeira, fita adesiva, corda e trena.

# Força de reação do solo (FRS)



# Atrito



**ATRITO ESTÁTICO** —  
Enquanto está imóvel.

$$F_{ae} = \mu_s \cdot FN$$

**ATRITO DINÂMICO** —  
Depois que o movimento inicia.

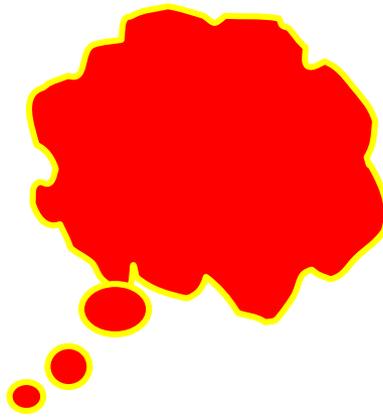
$$F_{ad} = \mu_k \cdot FN$$

## Impulso

$$\text{Impulso} = F \times \Delta t$$

$$F = ma$$

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$



$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{t}$$

$$F = \frac{mv_f - mv_i}{t}$$

$$Ft = mv_f - mv_i$$

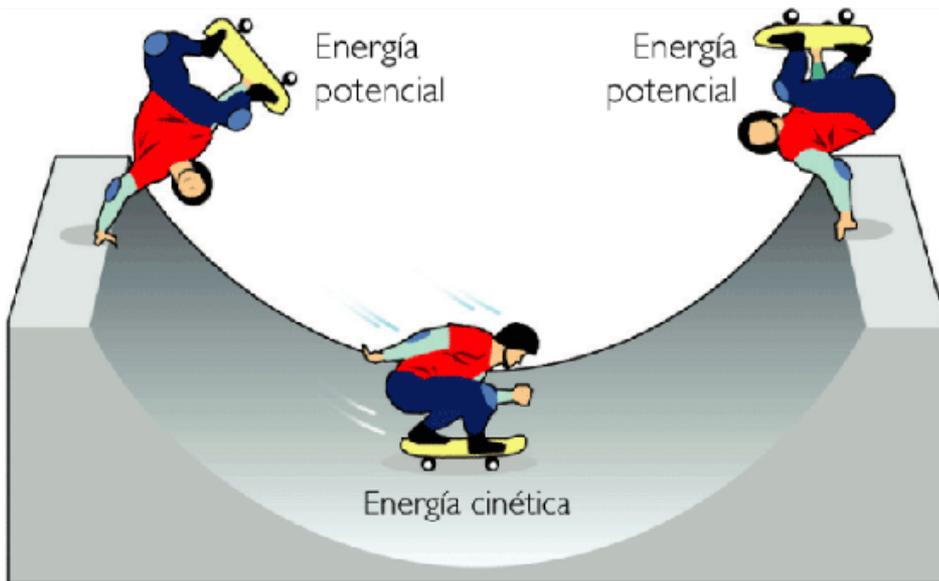
*momentum ou quantidade de movimento = mv*

# Conservação de movimento



$$|E_p| = |m.g|.h$$

$$E_c(t) = \frac{mv^2}{2} .$$



Sendo: = energia potencial gravitacional

m = massa

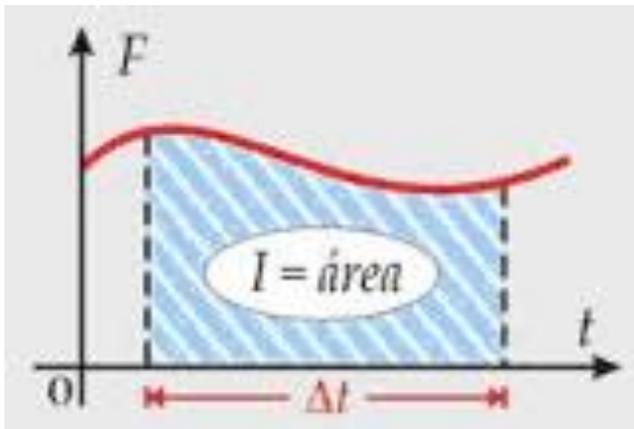
g = gravidade = aceleração (para corpos localizados na Terra)

h = altura

v = velocidade

# Impulso

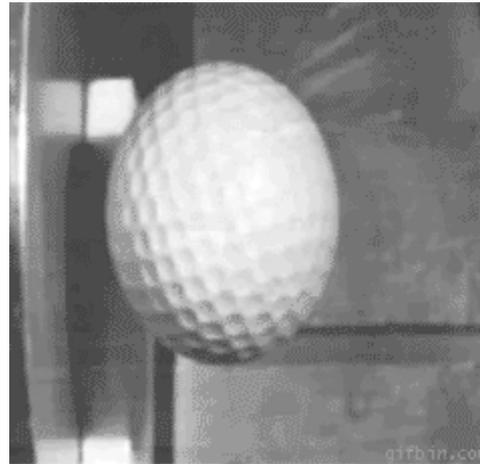
- Se uma força tiver direção constante e intensidade variando no decorrer do tempo, seu impulso será calculado por meio da área sob o gráfico força  $\times$  tempo.



$$\text{N} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m/s}$$

# Impacto

- Colisão em curto intervalo de tempo  $t < 50 \text{ ms}$



IMPACTO PERFEITAMENTE ELÁSTICO → a velocidade relativa dos dois corpos após o impacto é a mesma que sua velocidade relativa antes dele

IMPACTO PERFEITAMENTE PLÁSTICO → pelo menos um dos corpos se deforma, não recuperando sua forma original,

---

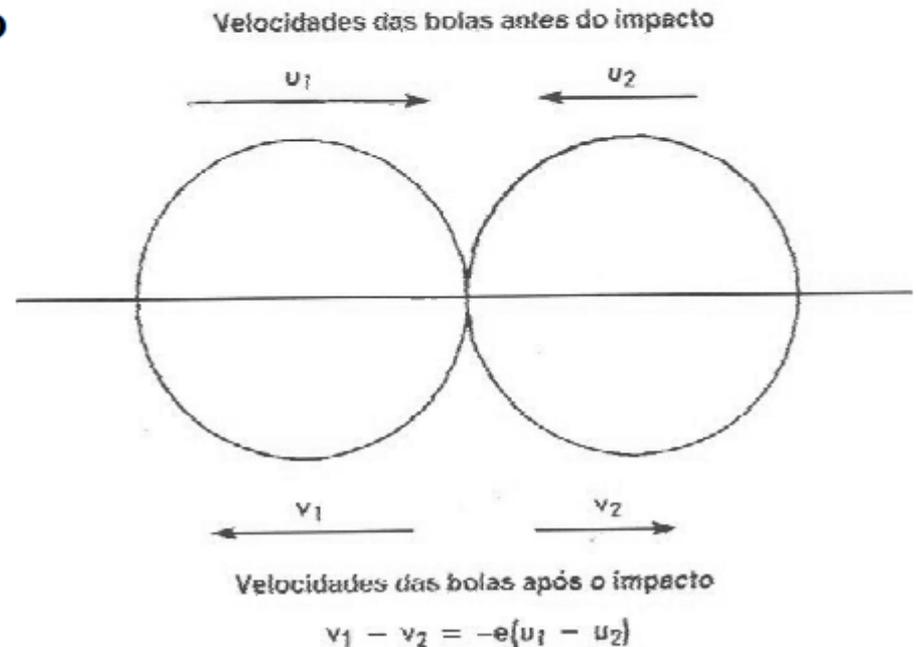
# Impacto

**Coeficiente de restituição para dois corpos em movimento**

$$e = \frac{v_1 - v_2 \quad (\text{velocidade relativa após o impacto})}{u_1 - u_2 \quad (\text{velocidade relativa antes do impacto})}$$

**$e = 1$  : impacto perfeitamente elástico**

**$e < 1$  : impacto plástico**



# Impacto

Coeficiente de restituição para um corpo movimento e outro estacionário

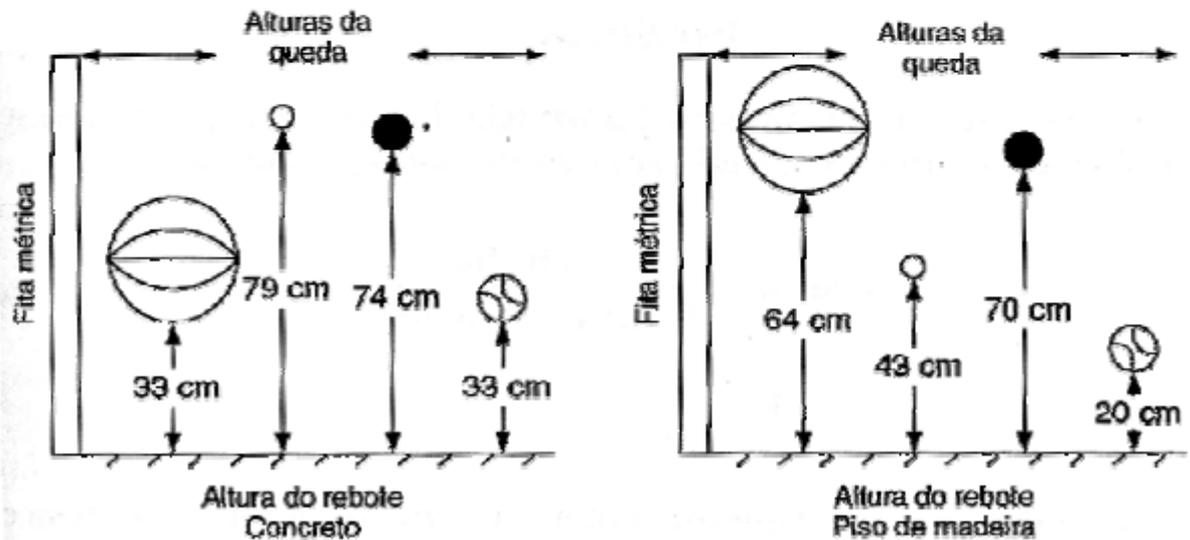
$$e = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}}$$

$h_f$  = altura final  
 $h_i$  = altura inicial

$e = 1$  : impacto perfeitamente elástico

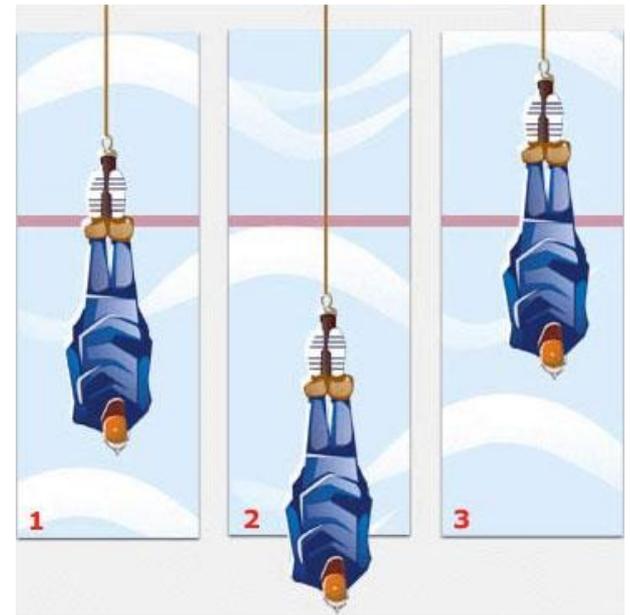
$e < 1$ : impacto plástico

**Bolas esportivas**  
**Quadras**  
**Pisos**



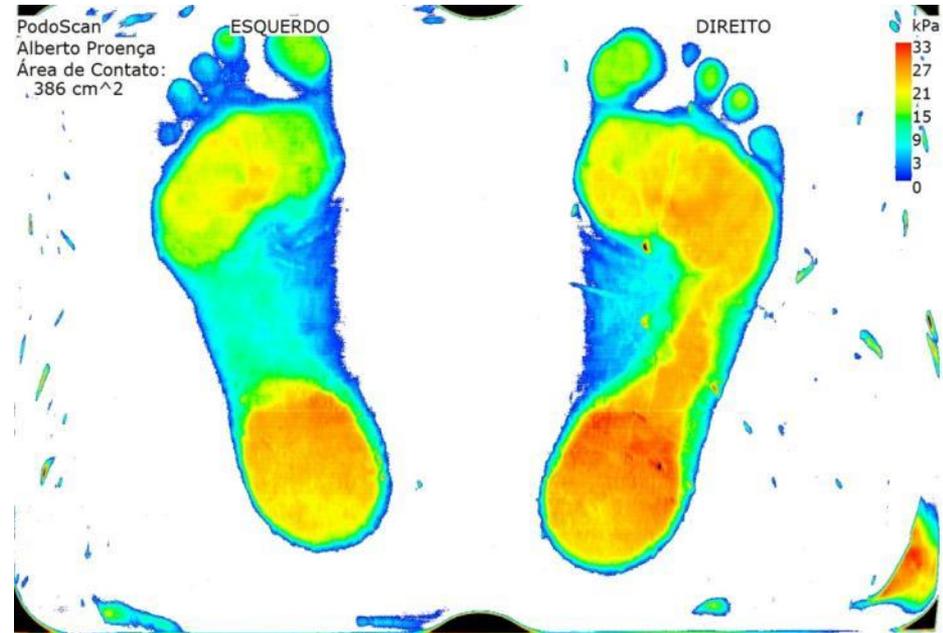
# Força elástica

- $F = k * x$
- Onde:
- F: intensidade da força aplicada (N);
- k: constante elástica da mola ou do elástico(N/m);
- x: deformação da mola ou do elástico(m).



# Pressão

- Pressão:
- 
- Pressão = peso / área
- e a unidade é  $\text{N/m}^2$



# Resistência de fluidos

Maiô high tech deve melhorar desempenho de nadadores em Sydney



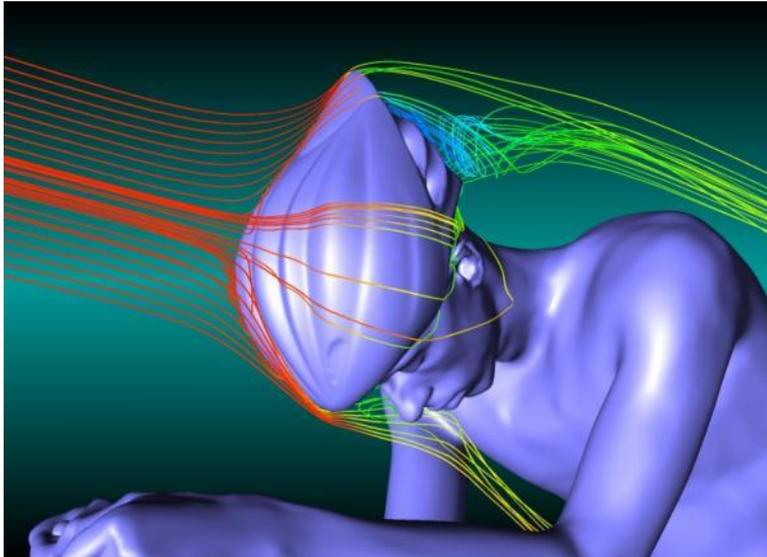
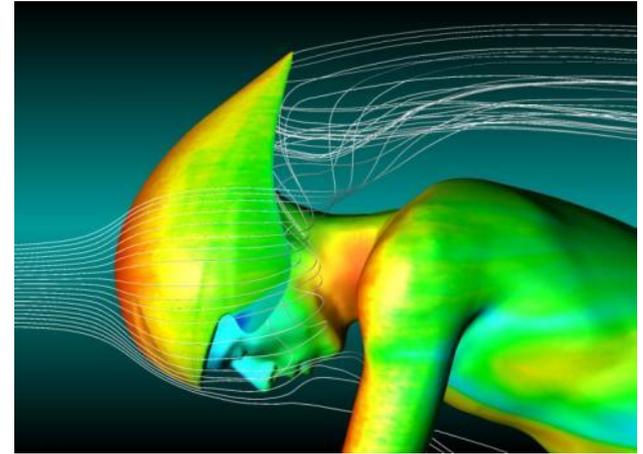
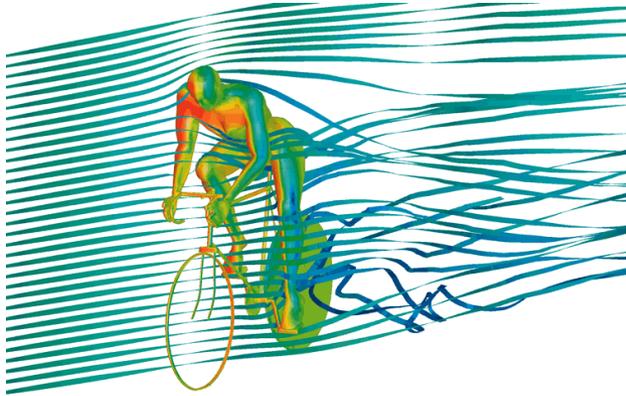
**Na pele dos tubarões**

O maiô de elastano e poliamida tem menos de 1 mm de espessura

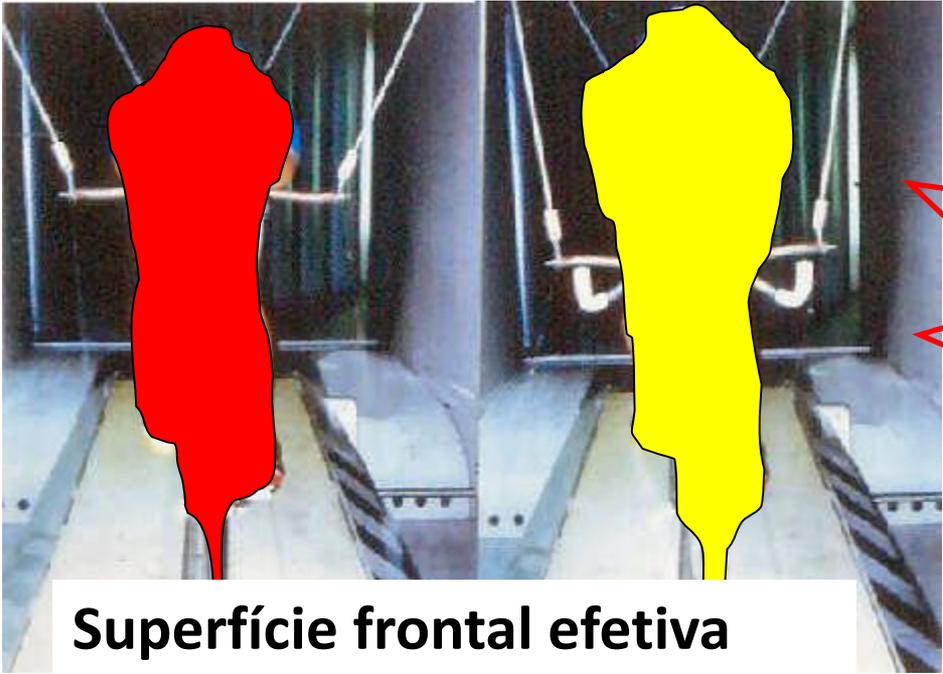
- 1 - Superfícies em "V" diminuem a resistência à passagem da água
- 2 - Sulcos produzem turbilhões menores na piscina, reduzindo o arrasto
- 3 - As costuras planas são desenhadas para seguir a direção em que a água passa sobre o corpo

O atleta Matt Dunn, da equipe olímpica australiana, prova o fastskin

# Arrasto (*Drag*)



**Conjunto de forças fluidas que tendem a se opor aos movimentos que um atleta realiza**



**Superfície frontal efetiva**

Quanto menor a superfície frontal efetiva ( $A$ ) menor o arrasto.

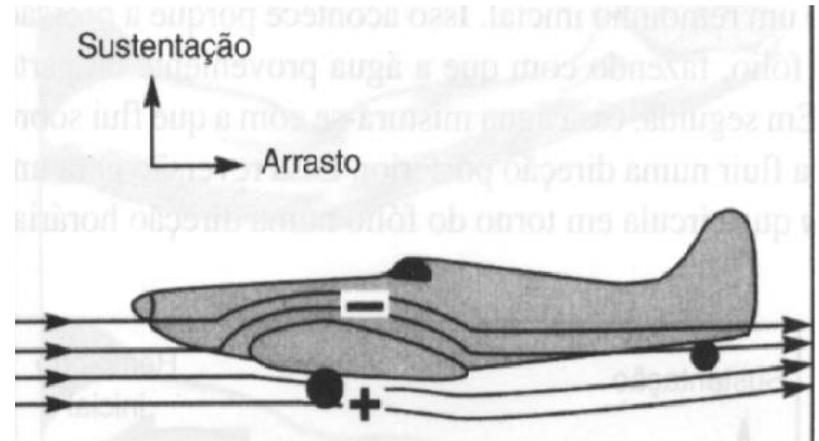
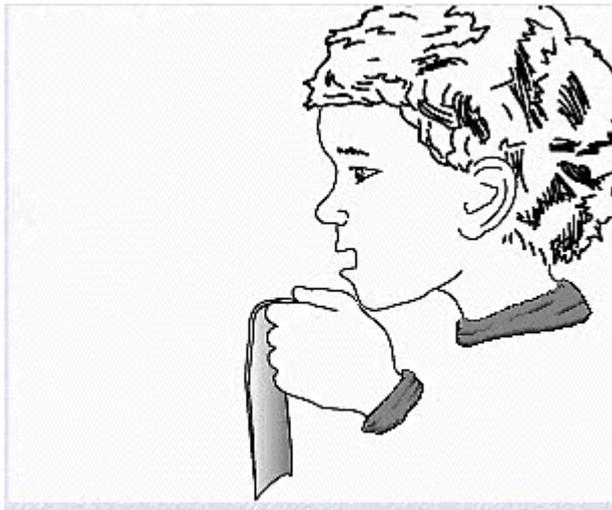


# Resistência de fluidos

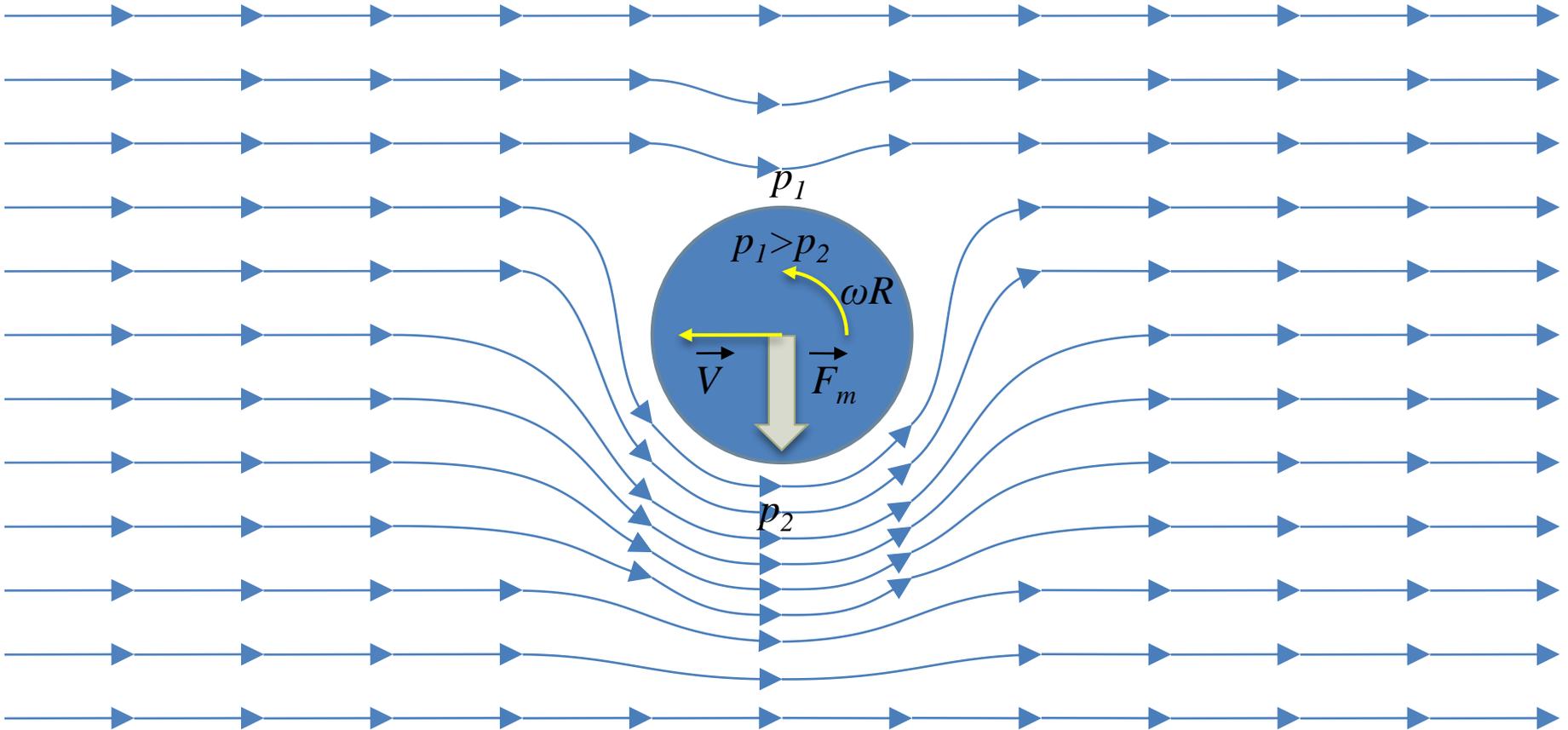
$$F_r = \frac{1}{2} \rho C_x A v^2$$

Força de Resistência  
em um fluido

# teorema de *Bernoulli*



# Efeito Magnus



# Feira de mecânica da EEFERP

- Agora vocês irão fazer as experiências!
- Sejam criativos....

