

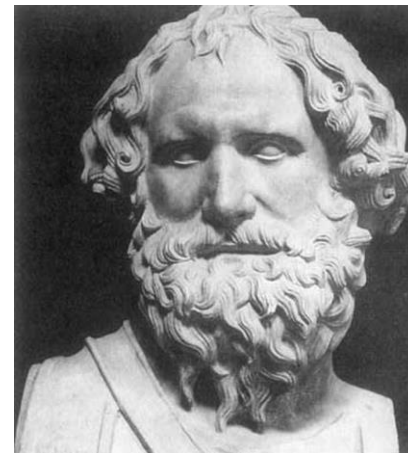


Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Campus São Paulo

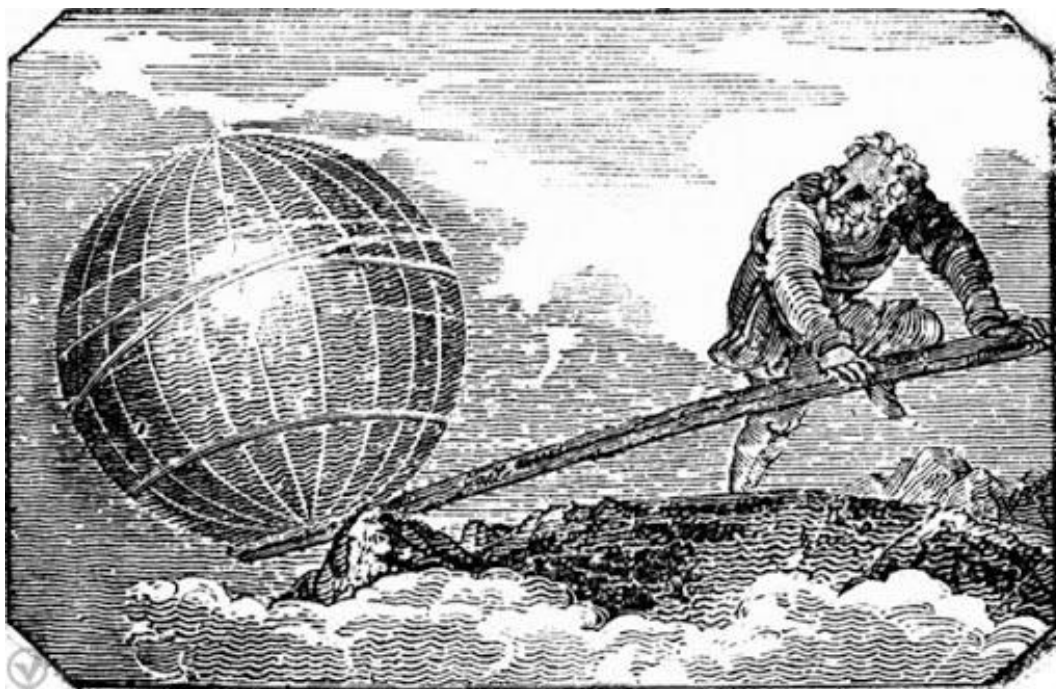
Rotação

Parte 2

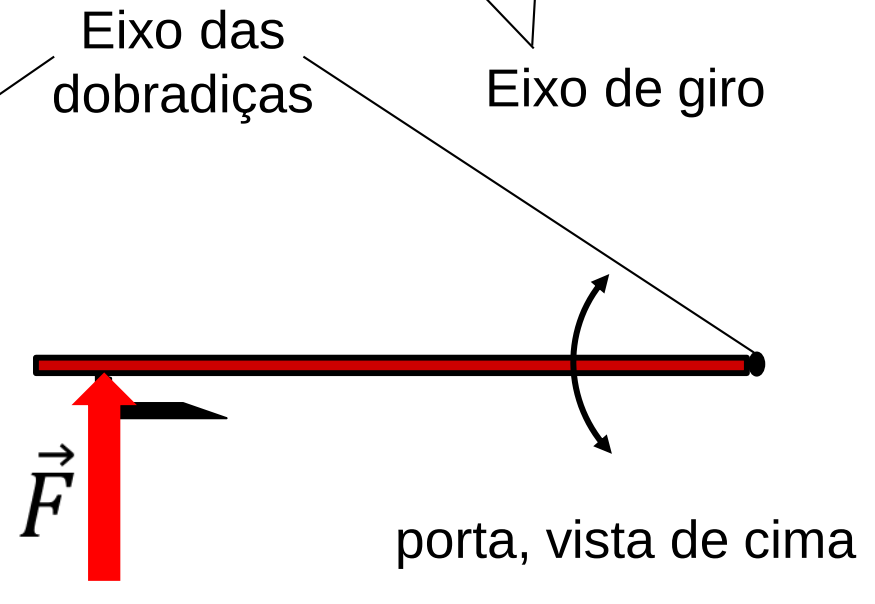
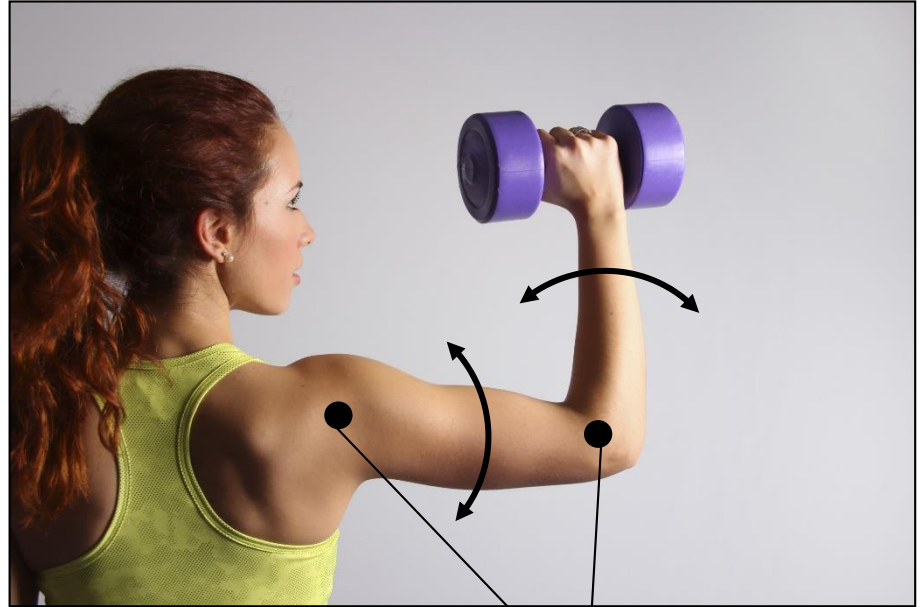
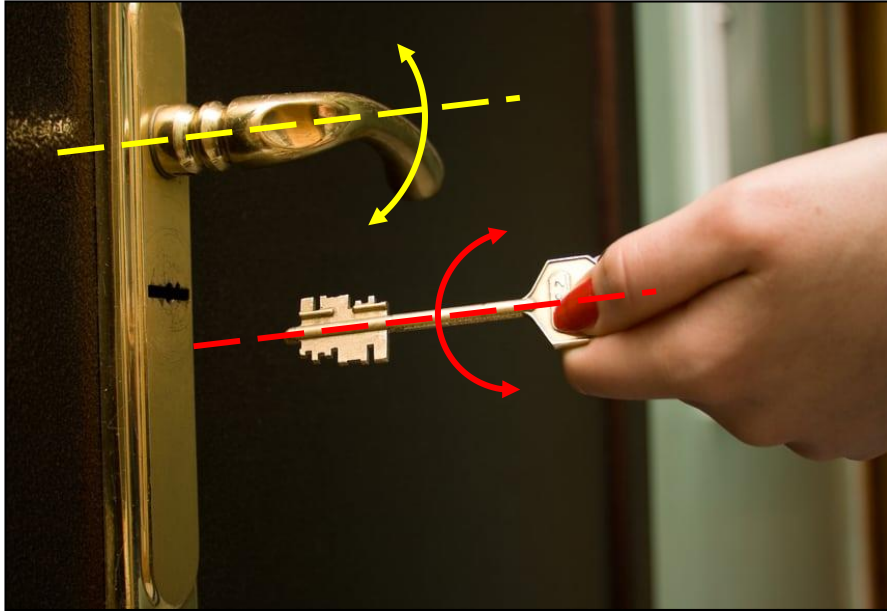
Arquimedes de Siracusa
287 a.C. - 212 a.C.



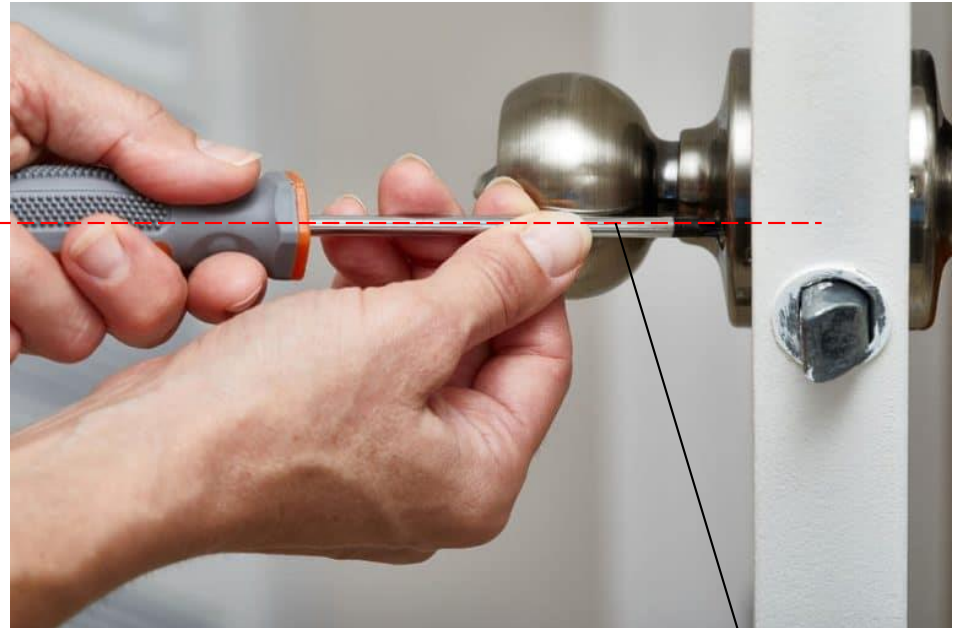
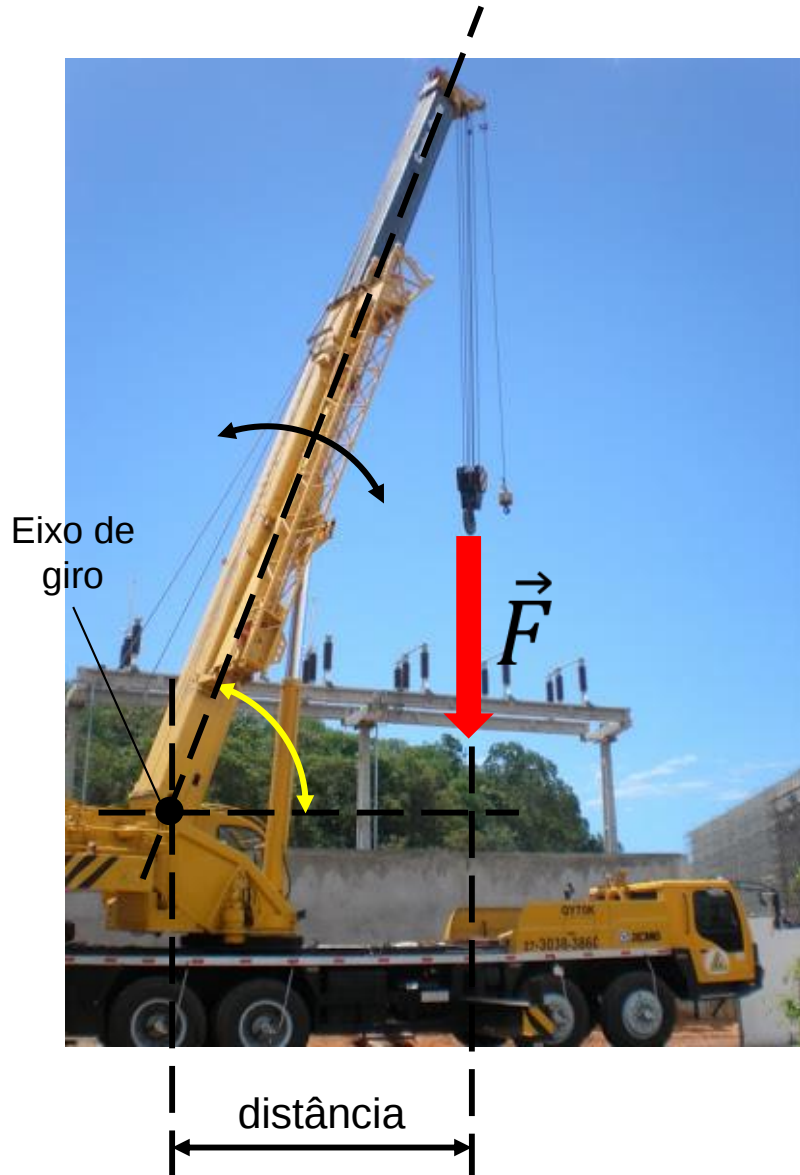
“Dê-me uma alavanca e um ponto de apoio e moverei o mundo.”



Exemplos



Exemplos



Eixo de giro

Exemplos



Eixo de giro

distância



Exemplos



Ponte Ferroviária de Santa Maria
Algarve, Portugal

Exemplos



Exemplos



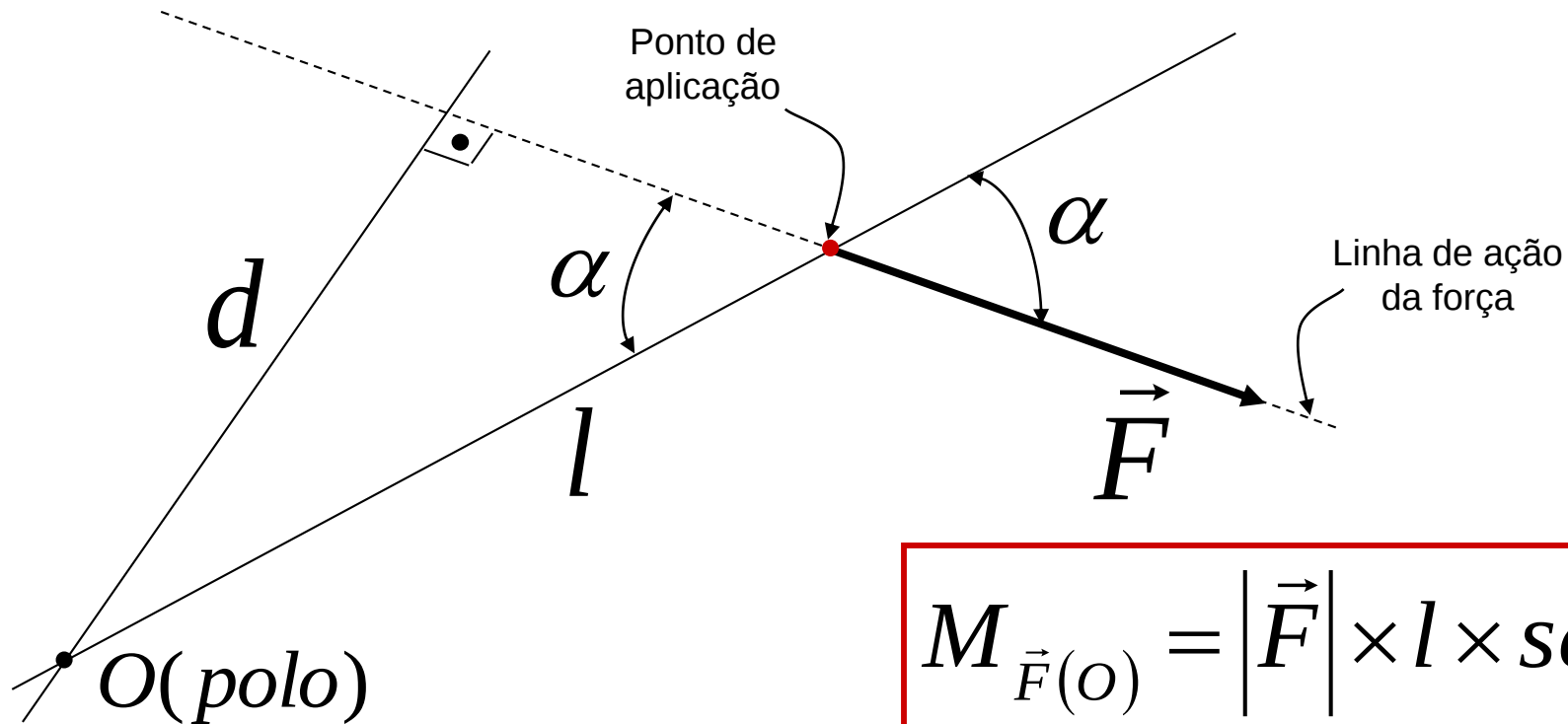
Metrô - Linha 5 - 2014



Holanda - 2015



Revisão sobre Momento de uma Força (ou Torque) em relação a um ponto



$$M_{\vec{F}(O)} = |\vec{F}| \times l \times \text{sen} \alpha$$

$$M_{\vec{F}(O)} = |\vec{F}| \times d$$

$d \rightarrow$ braço de alavanca (ou distância)

Condição de equilíbrio estático $\rightarrow$

$$\sum M_{\vec{F}(O)} = 0 \quad [N.m]$$

Receita de bolo para resolver problemas que envolvam Momento de uma Força (Torque)

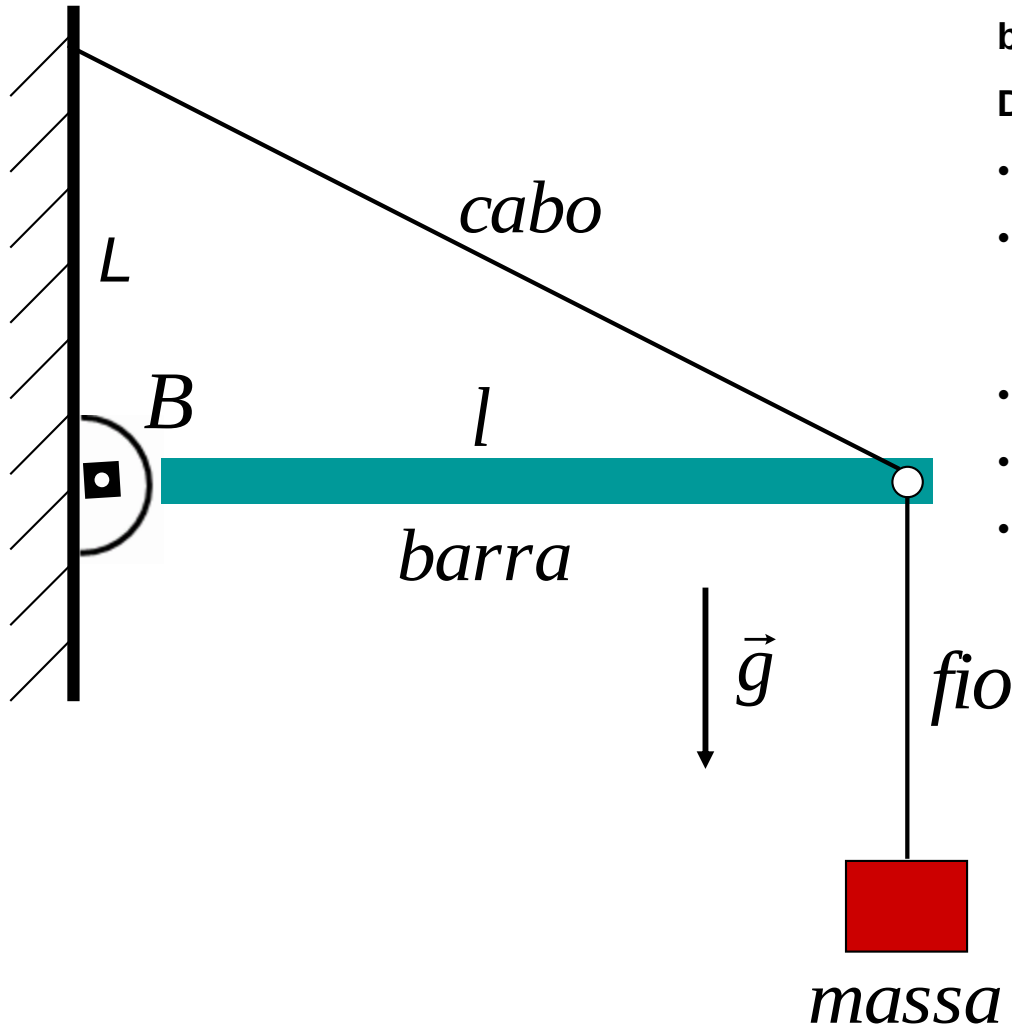
- Definir o corpo extenso de interesse no problema e um polo (O);
- Identificar as forças que agem sobre o corpo extenso e suas respectivas linhas de ação;
- Usar os conhecimentos de Geometria Plana e de Trigonometria para determinar os valores dos braços de alavanca (ou *distâncias*);
- Adotar uma convenção (+ / -) de sentido de giro (por exemplo, positivo, quando o corpo tende a girar no sentido horário);
- Aplicar as condições de equilíbrio, isto é, para o corpo ficar parado:

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \quad \sum M_{\vec{F}(O)} = 0$$

Translação

Rotação

Exercício 1 - Desafio



Determinar:

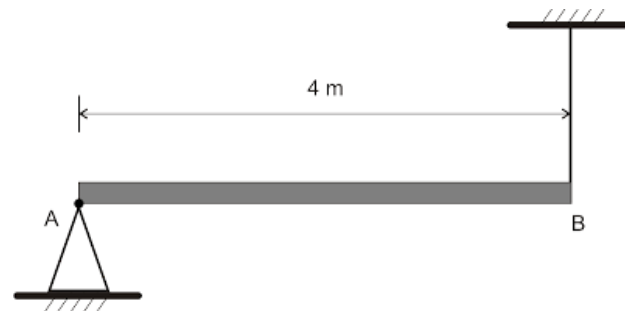
- Tensão no cabo;
- Ações no apoio B.

Dados:

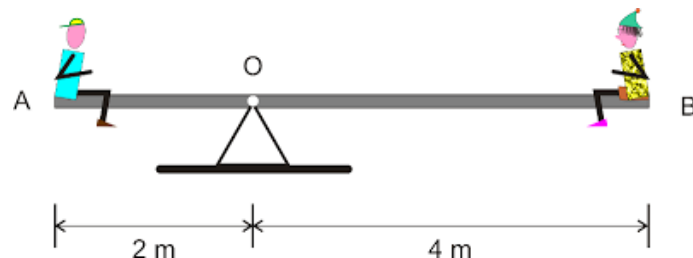
- Aceleração da gravidade $\underline{g}$;
- Barra homogênea com comprimento $\underline{l}$ e massa $\underline{M}$, articulada em B (desprezar as medidas da articulação);
- Massa $\underline{m}$;
- Fio e cabo com massas desprezíveis;
- Altura $\underline{L}$ entre a articulação e a extremidade superior do cabo.

- 2) Na figura uma barra homogênea apoiada num ponto A e presa pelo ponto B ao teto por um fio ideal, está em **equilíbrio** na posição horizontal. A barra tem peso $P = 90 \text{ N}$.

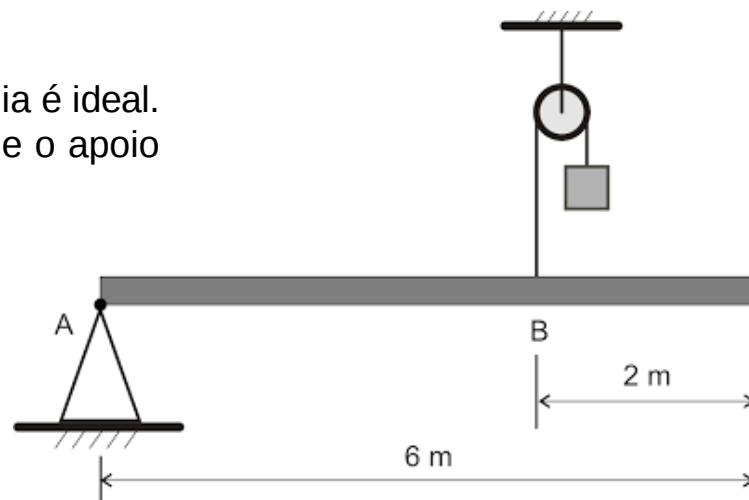
- a) Represente as forças que agem na barra.
b) Calcule as intensidades da força de apoio e da força de tração no fio.



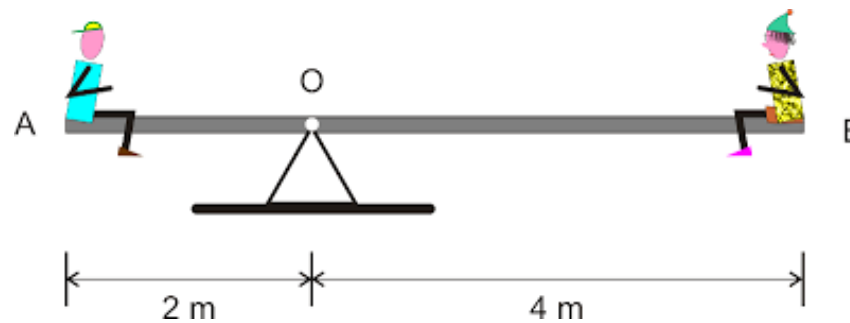
- 3) Uma gangorra tem braços desiguais. No extremo A está sentado João de peso 500 N . Qual é o peso de Maria sentada no extremo B, para que a gangorra fique em **equilíbrio** na posição horizontal? Considere a gangorra articulada no ponto O e de peso desprezível.



- 4) A barra homogênea da figura tem peso $P = 120 \text{ N}$. A polia é ideal. Determine o peso do bloco e a intensidade da força que o apoio A exerce na barra, estando o sistema em **equilíbrio**.



- Resolução do exercício 3:



- Isolando João:

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

- Isolando Maria:

Free-body diagram of João. A vertical y-axis points upwards. A red arrow labeled $\vec{F}_{N_J}$ points upwards from his feet. A black arrow labeled $\vec{P}_J$ points downwards from his center of mass.

$$\sum F_{ext_{J_Y}} = 0$$

$$+F_{N_J} - P_J = 0$$

$$F_{N_J} = P_J = 500N$$

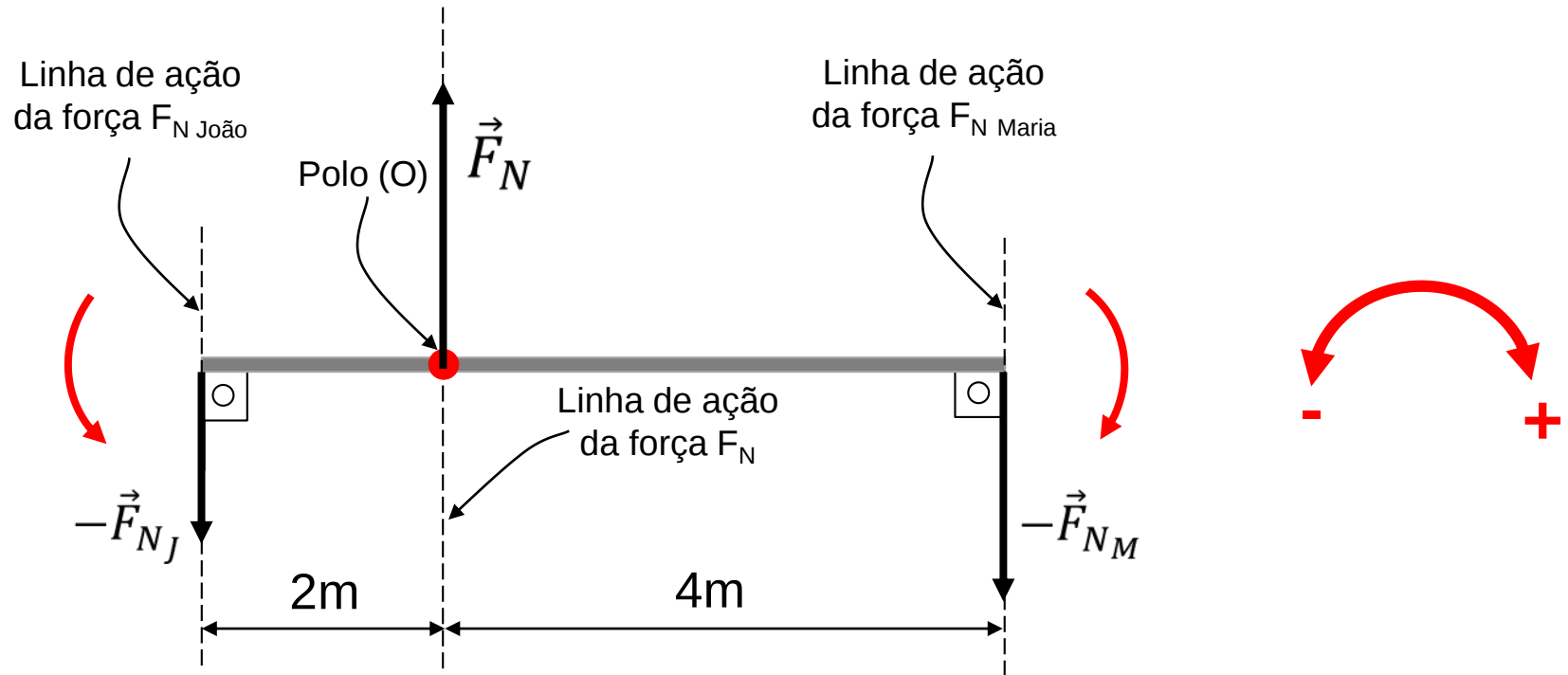
Free-body diagram of Maria. A vertical y-axis points upwards. A green arrow labeled $\vec{F}_{N_M}$ points upwards from her feet. A blue arrow labeled $\vec{P}_M$ points downwards from her center of mass.

$$\sum F_{ext_{M_Y}} = 0$$

$$+F_{N_M} - P_M = 0$$

$$F_{N_M} = P_M$$

- Isolando a *barra*:



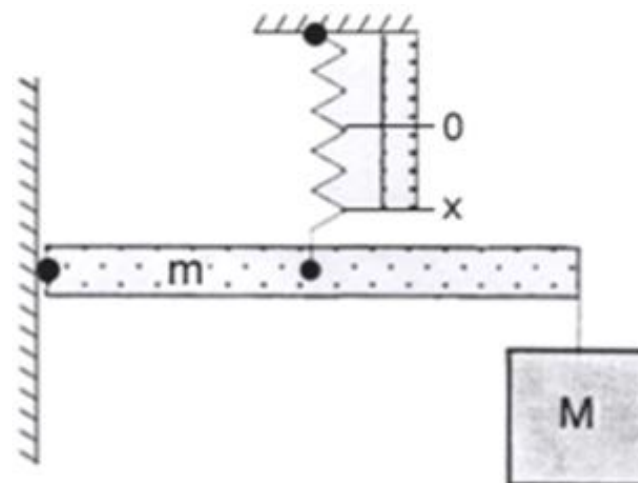
$$\sum M_{\vec{F}(O)} = 0$$

$$-F_{N_J} \cdot d_J + F_N \cdot 0 + F_{N_M} \cdot d_M = 0$$

$$+500 \cdot 2 - F_{N_M} \cdot 4 = 0 \rightarrow F_{N_M} = P_M = 250N$$

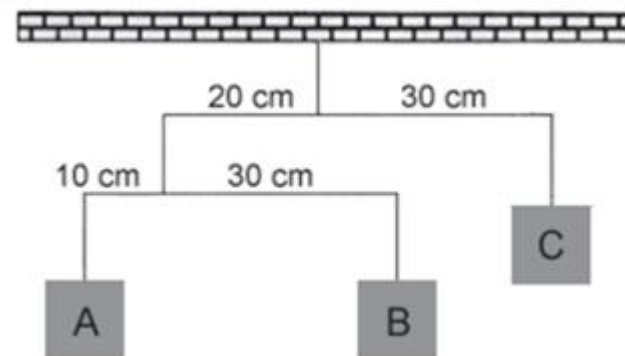
- 5) (UFSM-RS) A figura representa uma barra homogênea em equilíbrio horizontal, de massa m e comprimento L , estando uma das extremidades articulada a uma parede. Na extremidade oposta, está suspenso um corpo de massa M , estando essa barra sustentada em sua metade por uma mola de constante elástica K . Nessa situação, a mola está distendida de:

- a) $(M/K).g$
- b) $(2M/K).g$
- c) $[(M+m)/K].g$
- d) $[(2M+m)/K].g$

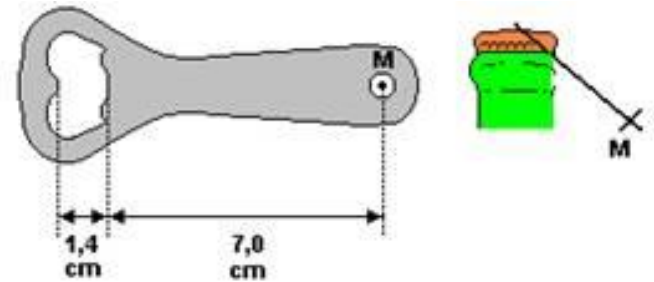


- 6) (Mackenzie-SP) A figura mostra um móbile constituído por duas barras de massas desprezíveis que sustentam os corpos A, B e C por fios ideais. Sendo a massa do corpo A 45 g, a massa do corpo C, que mantém o conjunto em equilíbrio na posição indicada, deve ser igual a:

- a) 10 g.
- b) 20 g.
- c) 30 g.
- d) 40 g.
- e) 50 g.



- 7) (UNESP-SP) As figuras a seguir representam esquematicamente, à esquerda, um abridor de garrafas e, à direita, esse abridor abrindo uma garrafa.

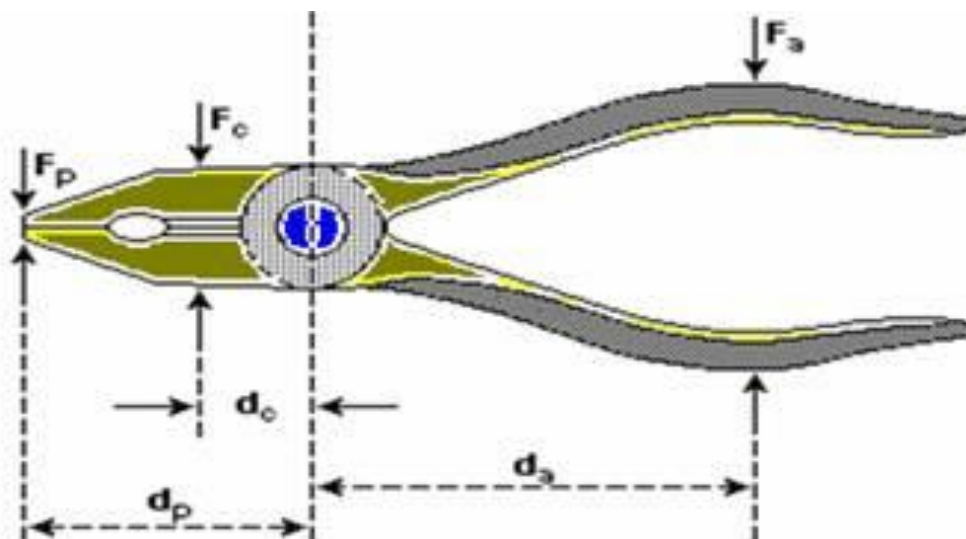


Em ambas as figuras, M é ponto de aplicação da força que uma pessoa exerce no abridor para abrir a garrafa.

- a) Faça a figura da direita e nela represente as forças que atuam sobre o abridor enquanto a pessoa abre a garrafa. Nomeie as forças representadas e faça uma legenda explicando quem as exerce. Não considere o peso do abridor.
- b) Supondo que essas forças atuem perpendicularmente ao abridor, qual o valor mínimo da razão F_p/F_a entre o módulo da força exercida pela pessoa, e o módulo da força que retira a tampa e abre a garrafa?
- 8) Dois garotos brincam em uma gangorra de 10m de comprimento que possui seu eixo de rotação exatamente em seu centro. Adotando a barra que compõe a gangorra como homogênea e sabendo que um garoto de 30kg sentou-se na extremidade da direita, qual deverá ser a distância, em m, entre o segundo garoto e o eixo de rotação para que a gangorra mantenha-se em equilíbrio.
- a) 3,75
b) 3,50
c) 4,75
d) 4,27
e) 1,20

Dados: Massa do segundo garoto = 40kg; Aceleração da gravidade = 10m/s^2 .

- 9) (UNICAMP-SP) Uma das aplicações mais comuns e bem sucedidas de alavancas são os alicates. Esse instrumento permite amplificar a força aplicada (F_a), seja para cortar (F_c), ou para segurar materiais pela ponta do alicate (F_p).

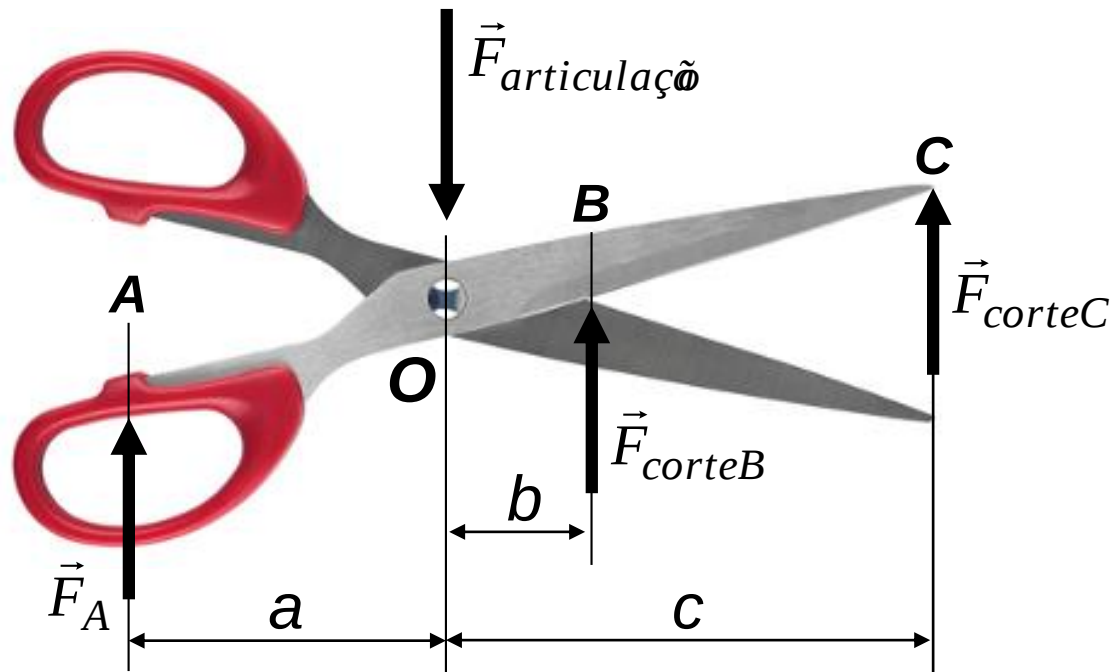


- a) Um arame de aço tem uma resistência ao corte de $1,3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, ou seja, essa é a pressão mínima que deve ser exercida por uma lâmina para cortá-lo. Se a área de contato entre o arame e a lâmina de corte do alicate for de $0,1 \text{ mm}^2$, qual a força F_c necessária para iniciar o corte?
- b) Se esse arame estivesse na região de corte do alicate a uma distância $d_c = 2 \text{ cm}$ do eixo de rotação do alicate, que força F_a deveria ser aplicada para que o arame fosse cortado? ($d_a = 10 \text{ cm}$)

10) Pegue uma tesoura e, usando uma régua, faça as seguintes medições, :

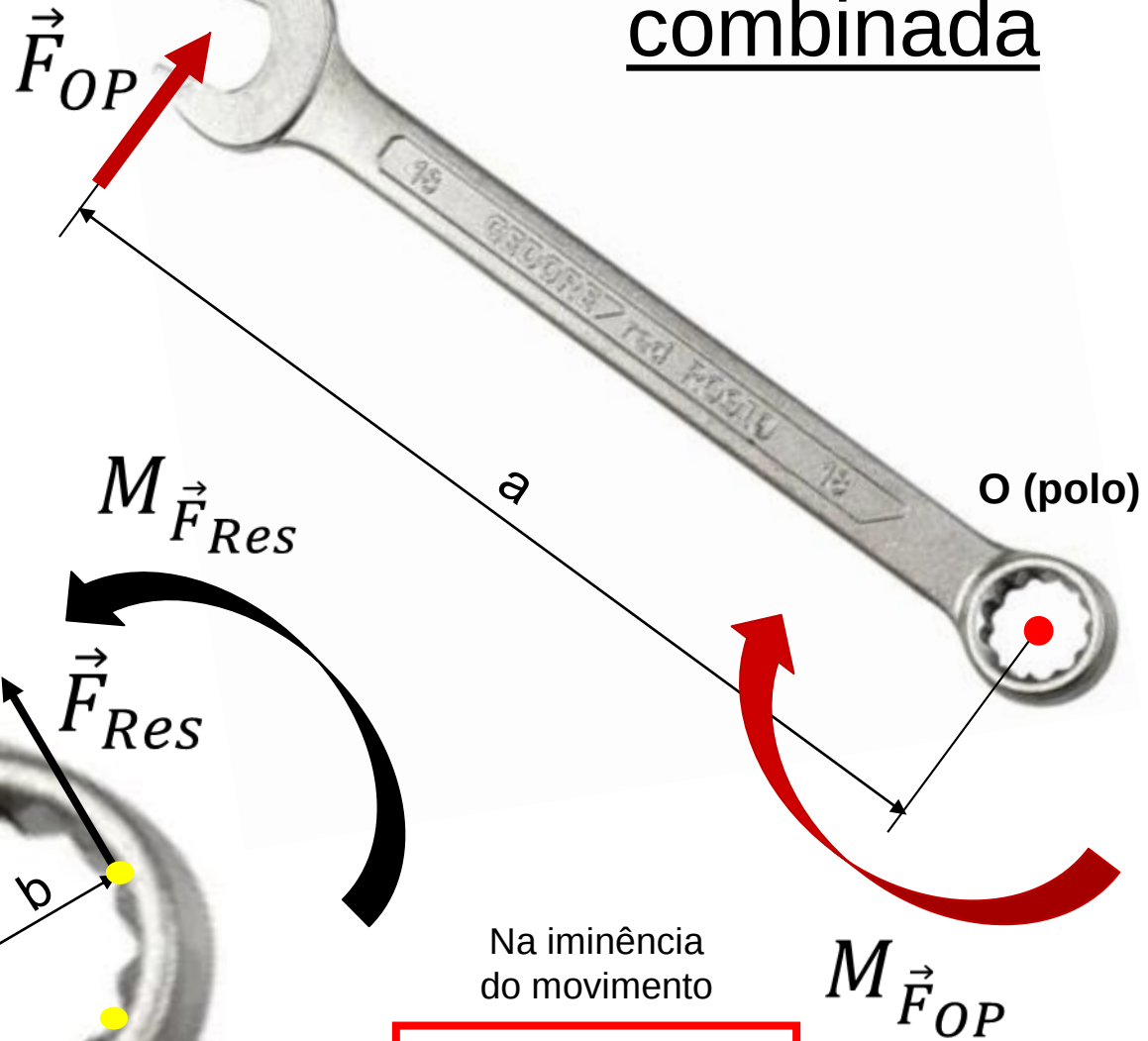
- Distância entre a articulação e o furo para um dedo (a);
- Distância entre a articulação e o ponto de abertura máxima da tesoura (b);
- Distância entre a articulação e a ponta da tesoura (c);

Determine o módulo da força F_B e da força F_C para uma força F_A conhecida (força do dedo em uma das alavancas da tesoura).





Chave combinada



Na iminência
do movimento

$$\sum M_{\vec{F}(O)} = 0$$

Atividades



CRANE SERIE 135000 E4 ASC PLUS

- Determine o Torque máximo para cada posição-limite do braço do guindaste na posição horizontal. Use $g = 10\text{m/s}^2$.
- Deseja-se suspender uma carga de 17.000kg. Faça uma estimativa da máxima distância, da carga ao eixo de giro do braço do guindaste, permitida para essa movimentação. Use $g = 10\text{m/s}^2$.

