

FORÇA DE RESISTÊNCIA NOS FLUIDOS

Os fluidos produzem, nos corpos em movimento, forças opostas ao movimento. A força resultante depende da forma e tamanho dos objetos assim como das propriedades do fluido (massa volúmica, ρ , e coeficiente de viscosidade, η). Os objetos com formas geométricas simples, sofrem uma força de resistência na direção da sua velocidade, \vec{v} , no sentido oposto, e com módulo proporcional a v , se $v \approx 0$, ou proporcional a v^2 , para velocidades maiores. O tipo de força (v ou v^2) depende do valor do **número de Reynolds**:

$$N_R = \frac{\rho v l}{\eta}$$

l = "tamanho" do objeto

ρ = massa volúmica do fluido

η = coef. de viscosidade do fluido

(a) $N_R < 1$, F_R proporcional a v

(b) $100 < N_R < 2000$, F_R proporc. a v^2

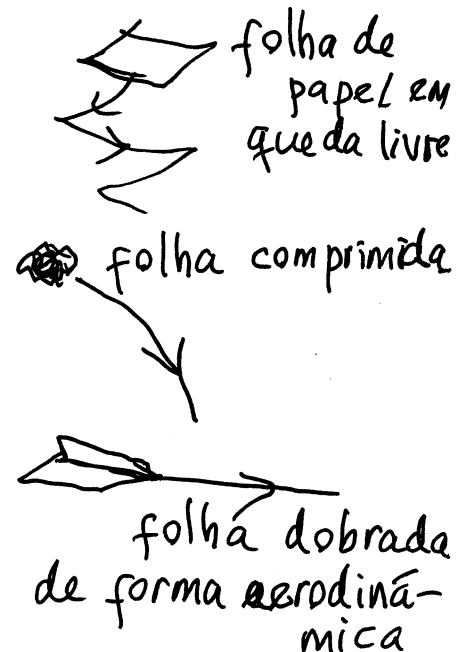
(c) $N_R > 4000$. Turbulência.

← massa/volume

← massa/(dist. x tempo)

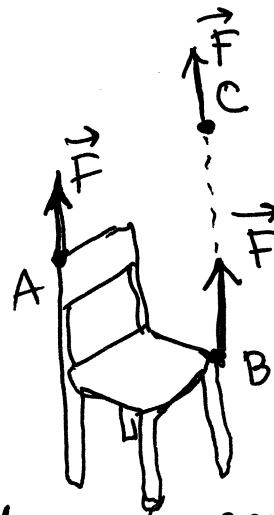
No caso de uma esfera de raio R ,

$$F_r = \begin{cases} 6\pi\eta R v, & \text{se } N_R < 1 \\ \frac{\pi}{4} \rho R^2 v^2, & \text{se } 100 < N_R < 2000 \end{cases}$$



VETORES DESLIZANTES

As forças aplicadas num corpo rígido não são vetores livres (como \vec{v} ou \vec{a}), mas sim vetores deslizantes. Isto



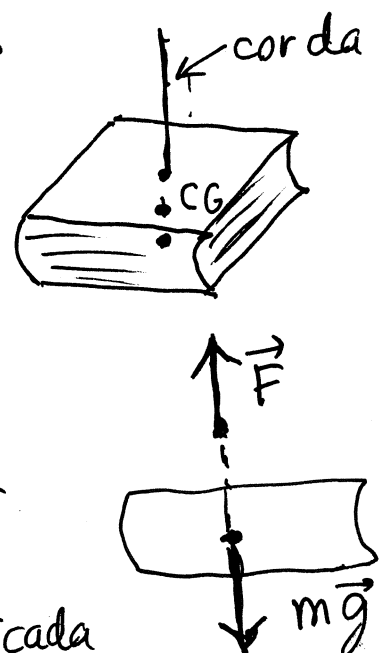
é, para além de serem definidos pelo seu módulo, direção e sentido, é necessário também saber a sua **linha de ação**. Por exemplo, na figura acima, a mesma força \vec{F} aplicada em A ou B produz efeitos diferentes. Nos dois casos o módulo direção e sentido de \vec{F} é o mesmo, mas a linha na direção de \vec{F} , passando pelo ponto de aplicação da força, é diferente. Se \vec{F} for aplicada no ponto C, que está na mesma linha de ação que passa por B, usando uma corda, o efeito seria o mesmo que em B. Ou seja, a força pode ser deslocada ao longo da sua linha de ação.

SOBREPOSIÇÃO DE FORÇAS

Caso 1. Forças colineares (com a mesma linha de ação).

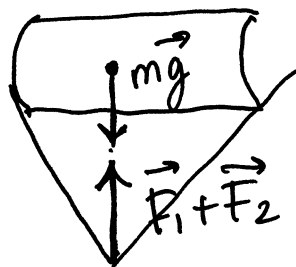
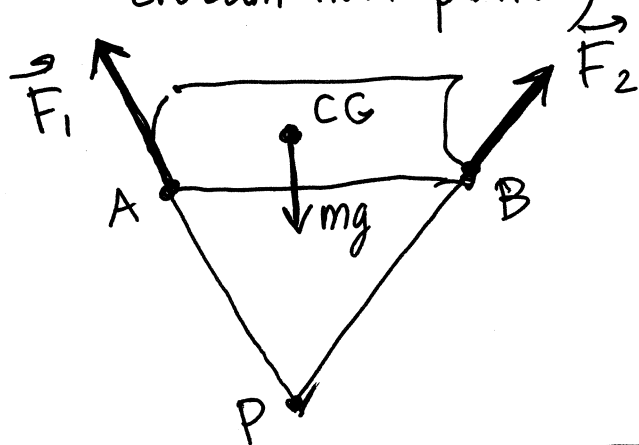
Exemplo: fura-se um livro, passando pelo seu centro de gravidade (CG) e passa-se uma corda. A corda aplica-se uma força vertical para levantar o livro:

A força resultante é $\vec{F} + m\vec{g}$, aplicada em qualquer ponto na linha de ação.

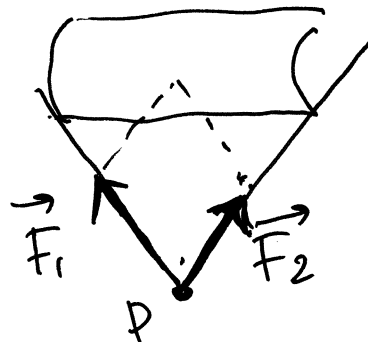


Caso 2. Forças concorrentes.

(linhas de ação diferentes, que se cruzam num ponto)



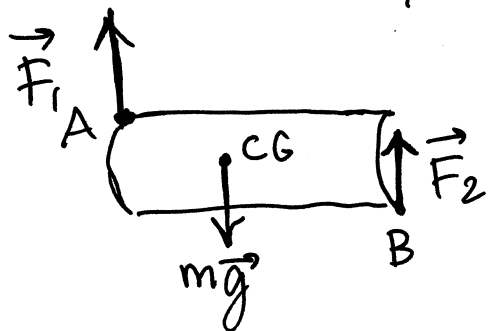
deslocam-se \vec{F}_1 e \vec{F}_2 para P.



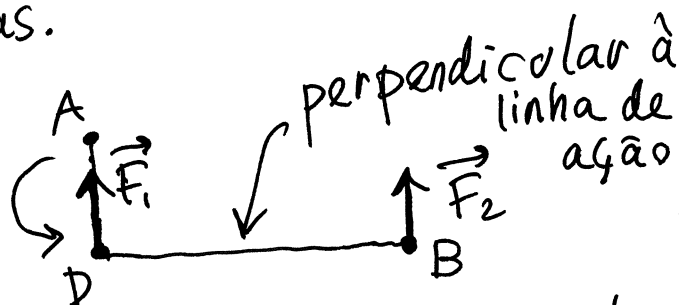
Forças no mesmo ponto
 $\Leftrightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ nesse ponto

Se o corpo está em equilíbrio
 $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ e $m\vec{g}$ são colineares,
 e: $|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = mg$

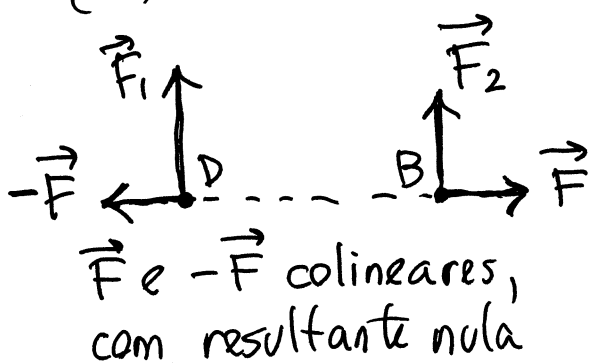
Caso 3. Forças paralelas.



(i)

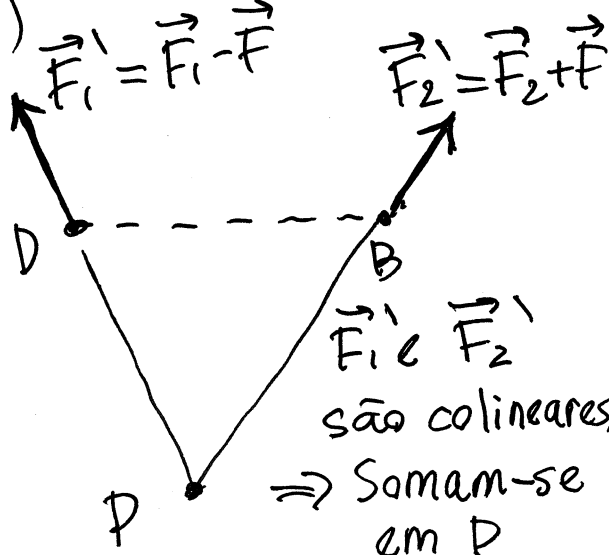


(ic)

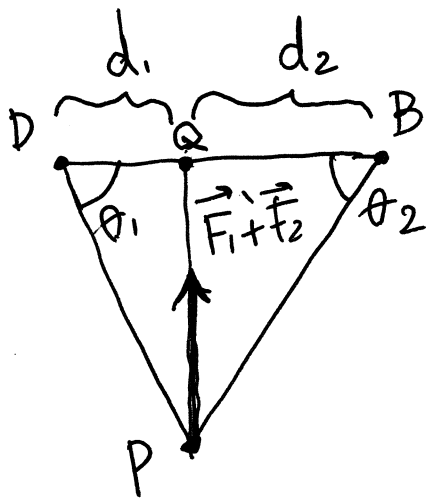


\vec{F} e $-\vec{F}$ colineares,
 com resultante nula

(iii)



\vec{F}_1' e \vec{F}_2' são colineares.
 \Rightarrow Somam-se em P



Repare-se: $\vec{F}_1' + \vec{F}_2' = (\vec{F}_1 - \vec{F}) + (\vec{F}_2 + \vec{F})$

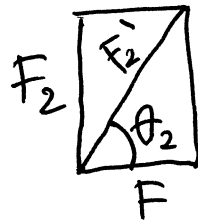
$$\Rightarrow \vec{F}_1' + \vec{F}_2' = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Os valores podem ser somados como vetores livres, mas o procedimento é importante para encontrar a posição da linha de ação da resultante:

fante: $\overline{PQ} = d_1 \tan \theta_1 = d_2 \tan \theta_2$



$$\tan \theta_1 = \frac{F_1}{F}$$



$$\tan \theta_2 = \frac{F_2}{F}$$

$$\Rightarrow \boxed{F_1 d_1 = F_2 d_2} \text{ lei das alavancas}$$

d_i = distância entre a linha de ação de \vec{F}_i e a linha de ação da resultante.

Momento de uma força

$F_i d_i$ chama-se momento da força \vec{F}_i , em relação ao ponto Q (ou P, ou qualquer outro ponto na linha paralela a \vec{F}_i , que passa por Q)

$$M_{i,Q} = F_i d_i$$