

## Estudando as forças

### Um conceito primitivo

A idéia de força é adquirida por todos nós, pouco a pouco, desde a infância. Sempre que tentamos empurrar, levantar, amassar, puxar ou atirar algum objeto, o conceito de força se manifesta pela sensação do esforço muscular desenvolvido nestes atos. Ao **puxar** a amiga, no balanço, o rapaz da gravura exerce uma força.

Após iniciado o movimento de vai-e-vem, bastam leves **empurrões** para manter a moça balançando.

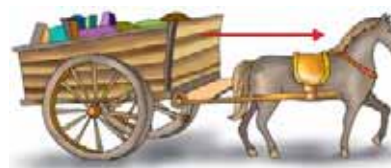


Ilustrações: Carlos Salvadori



Assim, a força pode ser entendida como um **puxão** ou **empurrão** que pode modificar o estado de movimento de um corpo.

#### Empurrando...



#### Puxando...

Mas uma força também pode provocar deformações...



#### Forças gravitacionais



Fotomontagem: Coreil

Note que, em todos os exemplos anteriores, houve **contato direto** entre o corpo que aplicou a força e aquele no qual ela foi aplicada. Existe, no entanto, a possibilidade de **ação à distância**, em que uma força atua entre os corpos sem que haja um contato entre eles, como no caso da atração gravitacional.

Em resumo, concluímos que a força é um agente físico que pode modificar a forma ou o estado de movimento de um corpo e, às vezes, ambos. Pode ainda ser classificada em duas categorias distintas: **forças de contato** ou **forças de campo, que são aquelas que atuam à distância**.



## Características da força

Força é uma grandeza vetorial, isto é, além da sua intensidade (valor numérico, módulo) devemos especificar a sua orientação (direção e sentido). Logo, ela é representada por um vetor. Sua unidade no Sistema Internacional é o **newton** (N), em homenagem ao físico inglês Sir Isaac Newton.

Olhando pelo lado prático, você faz uma força de **aproximadamente** 1N para erguer um copo descartável de chá-mate, 3N para erguer este livro e, 600N para erguer um(a) colega de massa 60 kg.

É comum também o uso do **quilograma-força (kgf)** que relaciona-se com o newton da seguinte maneira:

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

ou, de forma aproximada:

$$1 \text{ kgf} = 10 \text{ N}$$



Ilustrações: Carlos Cesar Salvadori

## Peso e massa

Para fugir da praga chamada “peste negra”, que assolava a Europa, Newton saiu de Londres e refugiou-se na casa de campo de sua mãe, entre os anos de 1665 e 1666. Nessa época conta-se que, ao observar a queda de uma maçã, Newton teve a sua curiosidade aguçada pelo fato: afinal por que a maçã, que se desprende da árvore, cai em vez de subir espontaneamente? Que força seria responsável por esse fenômeno?



8

Sabemos hoje que trata-se da força com a qual os astros em geral atraem os corpos que estão em contato com suas superfícies ou próximos a elas. É a mesma força com que a Terra nos “puxa” e chama-se **peso**. Quanto maior a massa dos corpos envolvidos, maior é a força de atração. Por isso é que um menino de estatura elevada é **mais pesado** que outro de tamanho dentro da média. Esse mesmo menino teria um peso, na Lua, cerca de 6 vezes menor do que aqui na Terra. E, em Júpiter, que é um planeta muito maior que o nosso, seu peso no mínimo dobraria.

41

## Uma pequena confusão

No dia-a-dia é comum o termo “peso” ser usado para designar a massa de um corpo. Isso ocorre quando você procura uma balança nas farmácias para “pesar-se”, ou quando compra produtos industrializados que indicam a massa na embalagem como se fosse o peso. Veja os equívocos mais comuns:



“Peso líquido” 100 g



“Peso líquido” 400 g



“Peso líquido” 1 Kg

Fotos: Pietro Ferrari



É bom saber que a massa de um corpo, embora esteja associada ao peso, não é igual a ele. Se um astronauta, por exemplo, de 80 kg de massa, viajar da Terra para a Lua, já a partir de 10 km da superfície do planeta o seu peso começa a diminuir de valor. A sua massa, no entanto, não se altera, sendo sempre a mesma aqui na Terra ou na Lua.



Ilustrações: Carlos Cesar Salvadori



O que as **balanças** medem é a massa dos corpos, sendo que, para medir o peso, usa-se um aparelho chamado **dinamômetro**, ilustrado ao lado.

Essa confusão entre os dois (massa e peso) é compreensível se lembrarmos que a unidade de massa no **SI** é o **kg**, cujo valor numérico coincide com o do peso quando medido em **kgf**.

Mesmo que não haja um dinamômetro na sua escola, você pode assim mesmo determinar o próprio peso relacionando-o com a massa da seguinte maneira:



Logo, para uma massa de **70 kg** (medida na balança), o peso vale **70 kgf** que corresponde a cerca de **700 N**. Isso vale só na Terra, de forma aproximada ou em planetas de campo gravitacional semelhante.

## Inércia

Quando um ônibus é freado repentinamente, a tendência dos passageiros é a de prosseguir em movimento, sendo, por isso, jogados para a frente. Quando um carro arranca em alta velocidade, você é pressionado contra o banco como se desejasse permanecer parado no mesmo lugar. Nos dois casos se manifesta uma propriedade da matéria chamada **inércia**, que consiste numa resistência apresentada pelos corpos a qualquer variação de velocidade.



O carro parou, mas o passageiro, sem cinto de segurança, prosseguiu... "Inércia é a tendência dos corpos em manter seu estado de movimento".



A moto arrancou, mas o passageiro ficou. Afinal ele tem inércia: "um corpo inicialmente em repouso, tende a permanecer em repouso".

Se um objeto estiver em repouso sobre uma mesa, ele ficará sobre ela indefinidamente a menos que uma força externa o coloque em movimento. Essa situação é conhecida como **equilíbrio estático**.

Após ter entrado em movimento, a velocidade do corpo irá aumentando enquanto a força atuar sobre ele. Se, num dado momento, esta força resultante se anular,

o corpo permanecerá em movimento retilíneo e uniforme (velocidade constante) indefinidamente. Para alterar esta situação, conhecida como **equilíbrio dinâmico**, é necessário que agentes externos, como o atrito, por exemplo, se oponham ao movimento.

**Conclusão: quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo é nula, ou ele está em repouso ( $v = 0$ ) ou desloca-se em MRU ( $v$  constante).**

É por esse motivo que as naves lançadas ao espaço mantêm os retrofoguetes ligados até sair do campo gravitacional da Terra. Uma vez vencida a gravidade, já longe da atmosfera, os motores podem ser desligados que a nave se desloca sozinha, com velocidade constante, até o seu destino.



# 1.<sup>a</sup> Lei de Newton

Também conhecida como **Lei da Inércia**, baseia-se no fato de que todo corpo material apresenta uma certa resistência a modificar seu estado de movimento ou repouso. É como se fosse uma “preguiça” natural que é tanto maior quanto maior for a massa do corpo.

Pode-se, por isso, dizer que a massa é a medida quantitativa da inércia.

Enunciamos assim, a primeira Lei de Newton:

**Toda matéria tende a manter seu estado de repouso, se já estava em repouso ou, se estava em movimento, a permanecer em movimento com velocidade constante, a menos que forças externas influam mudando esse comportamento.**

Você não vai esquecer, portanto, que um corpo em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU) possui a resultante das forças que atuam sobre ele igual a zero. Isso é importante porque uma das maiores dificuldades dos estudantes consiste em aceitar que um corpo possa estar em movimento sem que nenhuma força atue sobre ele.



Fotomontagem: Corel

Livre da força gravitacional da Terra, a nave desloca-se rumo a Marte com os motores desligados, mas com velocidade constante graças à inércia.

# 2.<sup>a</sup> Lei de Newton

Como vimos, as forças são necessárias para alterar o estado de repouso ou movimento de um corpo provocando, conseqüentemente, variações de velocidade. Lembrando que a aceleração é justamente a variação da velocidade por unidade de tempo, deduz-se que:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

**Ou melhor:**

“A resultante  $\vec{F}$  das forças que atuam num corpo de massa  $m$ , produz nele uma aceleração  $\vec{a}$  de mesma direção e sentido que  $\vec{F}$ .”

Perceba, ainda, pela relação anterior, que a aceleração adquirida pelo corpo é diretamente proporcional à força resultante, sendo a massa uma constante de proporcionalidade.

Esta 2.<sup>a</sup> Lei de Newton também é chamada **Lei do Movimento** ou **Princípio Fundamental da Dinâmica**, que é a subdivisão da Mecânica, que estuda os movimentos levando em conta as causas que os determinam.

De acordo com essa lei, **1 N** é a intensidade da força resultante que, atuando sobre um corpo de massa **1 kg**, produz uma aceleração de **1 m/s<sup>2</sup>**.

$$F = m \cdot a \rightarrow 1\text{N} = 1\text{kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Note que a unidade de força newton (N) tem o mesmo significado que  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ , ou seja, é uma combinação de unidades.



No caso de um corpo caindo em queda livre, a única força que sobre ele atua é o seu peso  $\vec{P}$ , sendo  $\vec{g}$  a aceleração local da gravidade a que ele está submetido. Assim: a expressão da 2.ª Lei, em módulo, pode ser escrita como:

$$P = m \cdot g$$

## 3.ª Lei de Newton

Por envolver o estudo das interações entre os corpos, esta 3.ª Lei também é conhecida como o **Princípio da Ação e Reação**.

**Para toda força de ação existe uma correspondente força de reação, sendo que ambas possuem a mesma natureza, mesma intensidade, mesma direção, porém sentidos contrários.**

### Exemplos:

O remo empurra a água para a direita; esta reage empurrando o remo e o barco para a esquerda.



O patinador empurra a patinadora para a direita; ela reage com força igual em módulo e sentido contrário, impulsionando o patinador para a esquerda.

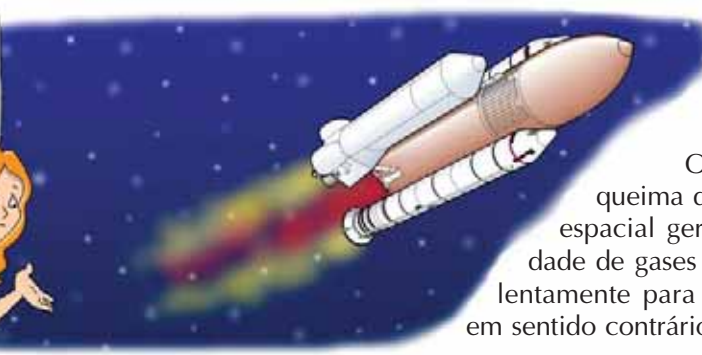


Ilustrações:  
Cetlin Cesar Salvadori



Quando uma pessoa se desloca caminhando sobre um plano, ela empurra o chão para trás com o pé. Conseqüentemente, a reação empurra a pessoa para frente.

E como a nave espacial vai para a frente se lá no espaço sideral não há nada que ela possa empurrar para trás?



O processo explosivo de queima do combustível da nave espacial gera uma enorme quantidade de gases que são expelidos violentamente para fora, impulsionando-a em sentido contrário.

Se a Terra atrai um corpo com uma força gravitacional chamada peso, então o corpo atrai a Terra com força de igual módulo, porém com sentido contrário. Note que a reação ao peso do corpo aplica-se no centro da Terra.



Fotomontagem: Corei