

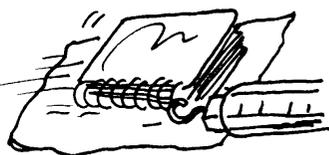
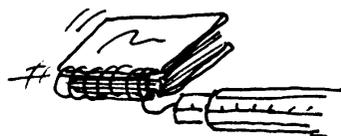
# — 16 —

## Batendo, ralando e esfregando...

Você viu que é o atrito que faz tudo parar. Agora vamos parar para ver o que mais o atrito faz.

### Medindo o atrito

#### experimente:



Procure aquele dinamômetro que você fez outro dia: você vai usá-lo agora (não era para jogar fora...). Usando um caderno você irá investigar a força de atrito entre a capa do caderno e a mesa.

#### Primeiro:

Enganche um dinamômetro no arame de um caderno e arraste-o sobre a mesa por uma certa distância, com velocidade mais ou menos constante. Anote a medida.

#### Segundo:

Repita a experiência, colocando outros objetos sobre o caderno antes de arrastá-lo. Anote novamente a medida.

#### Terceiro:

Observe o efeito que ocorre quando colocamos objetos embaixo do caderno para arrastá-lo. Tente com lápis, borracha ou um pano, por exemplo. Já anotou a medida?

Essa experiência mostra fatos que observamos na prática. A força de atrito depende das superfícies que estão em contato. Em geral, o papel em contato com a madeira da mesa provoca mais atrito do que um pano, mas por outro lado resulta em menos atrito do que a borracha. Para expressar esse fato inventou-se um valor chamado coeficiente de atrito, indicado geralmente pela letra grega  $\mu$  (mi). E quanto maior o peso sobre o objeto, maior a força necessária para arrastá-lo. Isso ocorre porque, quanto mais forte o contato (força normal) entre as duas superfícies, também maior o atrito.

Materiais		$\mu$
gelo	gelo	0,05 a 0,15
roupa de náilon	roupa de náilon	0,15 a 0,25
madeira	madeira molhada	0,20
madeira	couro	0,3 a 0,4
roupa de algodão	roupa de algodão	0,6
madeira	tijolo	0,6
borracha	sólidos limpos e secos	1,4

Os valores dessa tabela representam quanto um material tem de atrito no contato com outros.

É importante saber que esses valores variam muito com as condições dos materiais.

## Entre tapas e beijos .....

Na Física, a idéia de contato está relacionada à interação que surge quando objetos se tocam. Podemos entender essa idéia se pensarmos em nosso próprio corpo. Ele está equipado para sentir essas interações, que podem se manifestar sob as mais diferentes formas, produzindo uma grande variedade de sensações em nossa pele.

Uma boa bofetada, por exemplo, corresponde a uma interação entre a mão de quem bate e a face de quem recebe, assim como um carinho. Do ponto de vista da Física essas duas interações são de mesma natureza. Uma diferença básica entre elas é a *intensidade da força* aplicada: um tapa, em geral, significa uma força muito mais intensa do que um carinho.

Porém há outra diferença importante entre o tapa e o carinho: a direção da força aplicada. Em um tapa, a força é na direção perpendicular à face da vítima, e no carinho, em geral, essa força ocorre numa direção paralela à pele.

Essa distinção também ocorre em outras situações em que existe o contato entre os objetos. Em batidas, chutes, pancadas, beijos, espetadas, ou mesmo simplesmente quando um objeto se apóia sobre outro, temos forças que agem na direção *perpendicular ou normal* à superfície dos objetos, por isso são denominadas *forças normais*.

Em outros casos, a força aparece na direção paralela à superfície. É o que ocorre em situações como arranhões, raspadas, esfregadas, deslizamentos etc. Em geral, essas forças recebem o nome de *forças tangenciais*.

Portanto, os efeitos das forças de contato entre objetos dependem da maneira como são aplicadas, paralela ou perpendicular à superfície. Mas não é só isso que influi. Também são importantes: a intensidade da força, as características dos objetos e de suas superfícies e o tempo em que eles permanecem em contato.

## Uma força muito normal .....

Como vimos, as forças normais de contato aparecem quando um corpo toca outro. Um chute em uma bola, um cutucão, uma pedra atingindo uma vidraça são exemplos de interações nas quais ocorre esse tipo de força. Em todos esses exemplos é fácil perceber a presença da força, pelos efeitos evidentes que ela produz.

Mas as forças normais de contato também aparecem em situações em que sua presença não é tão visível. Quando algum objeto ou pessoa se apóia sobre uma superfície, ela força essa superfície para baixo. Por outro lado, a superfície sustenta a pessoa aplicando em seus pés uma força para cima: essa é a força normal.

As forças sempre causam alguma deformação nos objetos, que, dependendo de suas características, pode ser temporárias ou permanente.

Vamos discutir essa característica a partir de dois fenômenos físicos bastante conhecidos, mas que em geral são confundidos: **a pisada na bola e a pisada no tomate.**

As diferenças observadas entre as duas pisadas revelam as diferentes características de cada material. As forças aplicadas provocam deformações na bola e no tomate. A bola volta ao normal após a pisada, e o tomate não.

O material da bola é relativamente elástico, ou seja, as deformações sofridas por ela no momento da pisada são temporárias.

Quando as forças cessam, sua tendência é retornar à forma original. Quanto ao tomate, podemos dizer que é quase completamente inelástico, uma vez que a deformação por ele sofrida é permanente. Pense em outros exemplos de materiais elásticos e inelásticos.

SEER ELÁSTICO  
significa  
voltar à forma original

Nem sempre é fácil dizer o que é ou não é elástico. Na realidade, não há um objeto que seja totalmente elástico ou inelástico. Algumas bolas sofrem deformações permanentes depois de muitas pisadas, perdendo sua forma.

Por outro lado, mesmo um tomate tem sua elasticidade: uma "apertadinha" bem leve lhe provoca uma pequena deformação, que desaparece assim que o soltamos.

O atrito está presente em diversas situações do nosso dia-a-dia. Ele surge sempre que tentamos deslizar uma superfície sobre outra. Ao passar a mão na cabeça de um cachorro, ao apagar uma bobagem escrita na prova ou ao lixar uma parede, a força de atrito é o personagem principal. Quanto mais ásperas as superfícies, maior o atrito entre elas: arrastar um móvel sobre um carpete é bem diferente do que sobre um piso de cerâmica.

Em determinadas situações é fundamental que o atrito seja o menor possível, como no caso da patinação no gelo, onde os movimentos ocorrem graças ao reduzido atrito entre as lâminas dos patins e a superfície do gelo. O peso do patinador, concentrado todo nas lâminas, exerce uma pressão sobre o gelo derretendo-o e formando uma pequena camada de água entre as lâminas e a superfície do gelo. Dessa forma o atrito torna-se muito pequeno, facilitando o movimento do patinador.

## O atrito ao microscópio .....

Mesmo objetos aparentemente lisos, como um vidro, uma mesa envernizada ou a superfície de um automóvel, possuem muitas saliências e "buracos" no nível microscópico.

Quando um objeto é colocado sobre uma superfície (um tijolo sobre a mesa, por exemplo), ele tem, na verdade, somente alguns pontos de contato com ela, devido a essas saliências. A figura ao lado ilustra numa escala muito ampliada a existência de tais saliências e o que acontece quando as superfícies de dois objetos entram em contato.

Um modelo que explica a existência do atrito afirma que, nos pontos onde as saliências se justapõem, ocorrem fortes adesões superficiais, semelhante a uma espécie de "solda" entre os dois materiais. Desse modo a força de atrito está associada à dificuldade em romper essas soldas quando um corpo é arrastado sobre o outro. Durante o movimento, as soldas se refazem continuamente, em novos pontos de contato, de forma que durante o arrastamento existe

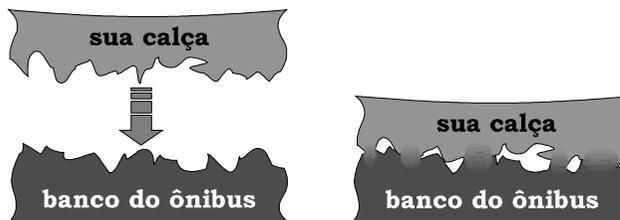
Mas se em muitos casos o atrito atrapalha, em outras situações pode ser totalmente indispensável. É ele que garante que ao empurrarmos o chão para trás seremos impulsionados para frente. Sem atrito, ficaríamos deslizando sobre o mesmo lugar. A tirinha abaixo ilustra bem uma situação onde o atrito faz falta.

**Fernando Gonsales**  
*Folha de S.Paulo*

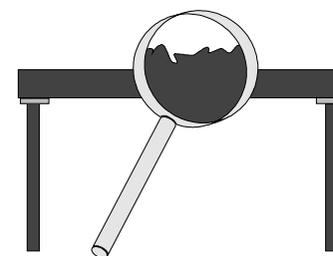


sempre uma força de resistência ao movimento: é a força de atrito.

Para ter uma idéia de como essas soldas ocorrem, imagine o que acontece quando você senta no banco de um ônibus. O atrito entre sua calça e o banco poderia ser representado, em nível microscópico, da seguinte forma:



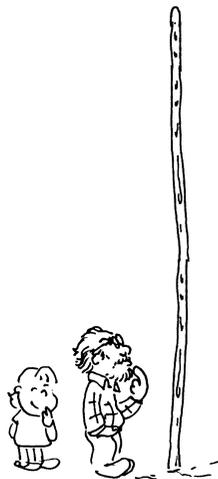
Esse modelo das soldas nos permite entender o efeito dos lubrificantes, que têm a função de diminuir o atrito ao preencher as reentrâncias existentes entre as superfícies e dificultar a formação das soldas.



**Vistas de perto, as superfícies mais lisas são cheias de imperfeições**

## Uma fórmula para a força de atrito

Na última festa junina ocorrida na sua escola, o professor de Física, meio alterado após o árduo trabalho na barraquinha de quentão, decide comprovar algumas teorias físicas para uma platéia estarecida. Sua façanha: subir no pau-de-sebo. Para diminuir o vexame, que sugestões você daria para aumentar a força de atrito e facilitar a escalada do mestre?



Em primeiro lugar, provavelmente você irá sugerir ao professor que agarre bem forte no pau-de-sebo. Com isso você estará garantindo que a força normal seja grande, o que irá causar maior atrito.

Mas também é possível tentar alterar um pouco os materiais em interação, talvez passando areia na roupa e na mão. Ou seja, estamos sugerindo um coeficiente de atrito maior.

Uma maneira matemática de expressar essas possibilidades é pela seguinte fórmula:

$$F_{\text{atrito}} = \mu \cdot F_{\text{normal}}$$

A letra grega  $\mu$  (mi) indica o coeficiente de atrito entre as superfícies (aquela história da areia), e  $F_{\text{normal}}$  indica o valor da força normal entre as duas superfícies, quer dizer, a agarrada forte que o professor deve dar. Pela fórmula você pode ver que quanto maior forem esses valores, maior será o atrito.

## Atrito de rolamento



Jim Davis, Folha de S.Paulo.

Nem todos os atritos são iguais! Como o atrito é uma força de contato, ele depende essencialmente de como é esse contato entre os objetos. No quadrinho acima, temos um exemplo de rolamento: as bolinhas rolam sob o sapato de Jon e sobre o assoalho. Quando os objetos rolam uns sobre os outros, a força de atrito é bem menor, porque não há o arrastamento. Quanto maior for a roda ou a bola que estiver rolando, menor será o atrito de rolamento. Por isso é mais fácil empurrar carrinhos que possuem rodas maiores.



### No boliche

No jogo de boliche, a pista por onde as bolas correm deve ser bem plana e lisa.

- Depois de lançada, a bola mantém a mesma velocidade até atingir o fim da pista? Por quê?
- Enquanto rola na pista em direção aos pinos, a bola sofre alguma força? Qual? Explique.
- Quando atinge os pinos, a bola sofre alguma força? Explique.
- Explique de que forma o tipo de piso influencia no desempenho da bola ao longo do trajeto.
- Se fosse possível construir uma pista absolutamente lisa, sem nenhum atrito, como ficariam as respostas dos itens a e b?



### Atrito nos esportes!

Cada esporte possui suas peculiaridades, e, dependendo delas, as forças de atrito desempenham papéis diferentes.

- Em quais deles o atrito atrapalha o desempenho dos atletas?
- Em quais deles depende-se do atrito para a prática dos esportes?
- Aponte e discuta as características especiais dos calçados de alguns esportes, destacando sua relação com o atrito.
- Que outros tipos de interação, além do atrito, aparecem nos esportes que você mencionou?