

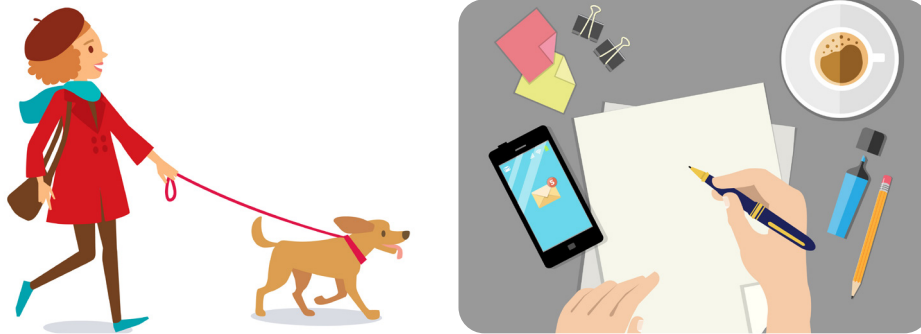


# FORÇA DE ATRITO

## FORÇA DE ATRITO

Sem as forças de atrito, não seríamos capazes de caminhar nem de escrever, os pregos seriam inúteis e as gotas de chuva atingiriam o solo com uma velocidade extremamente alta (equivalente à de uma bala disparada por uma arma), machucando qualquer um em seu caminho.

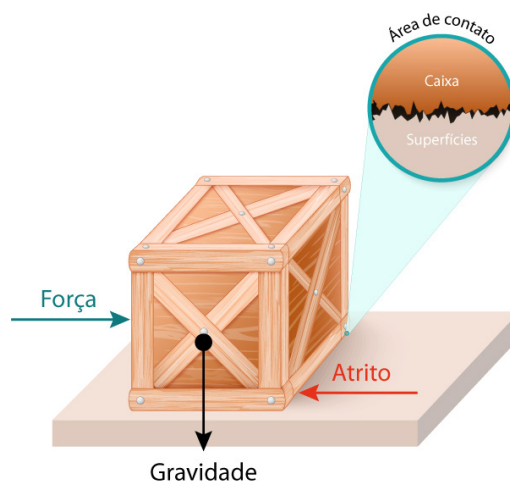
Apenas com esses exemplos citados já podemos notar como a força de atrito é essencial para a nossa vida cotidiana.



Situações possíveis graças à força de atrito.

## Conceitos

- **Definição:** A força de atrito é uma força de resistência ao deslizamento ou à tendência de deslizamento. Por ser uma força, conforme a Segunda Lei de Newton, ela provoca uma aceleração no objeto. Porém, essa aceleração é no sentido de parar o objeto em movimento, logo, trata-se de uma desaceleração.





- **Origem do atrito:** Toda superfície, por mais lisa que pareça, apresenta irregularidades microscópicas (observe a figura abaixo). Quando dois objetos estão em contato e tentam se movimentar (um em relação ao outro), é necessário que eles se elevem sobre as irregularidades ou que se desfaçam delas (liberando os átomos que as compõe). De qualquer forma, para se mover, é sempre necessário superar uma força que se opõe ao movimento: a força de atrito.

Para entender melhor esse efeito, acesse a seguinte simulação:

<https://bit.ly/2YysPGC>



Como você pode observar, a área de contato entre as duas superfícies é muito menor do que aparenta ser. Isso é causado pela presença de imperfeições em ambas as superfícies.

As forças de atrito são sempre tangenciais à superfície de contato e seu sentido é sempre contrário ao do movimento.



Um fato interessante é que, para qualquer sistema de corpos, é impossível eliminar 100% do atrito. Ele pode ficar menor, mas estará sempre lá. Até mesmo no vácuo não existe ausência completa de atrito.

Para reduzir a força de atrito podemos usar lubrificantes. Eles diminuem o atrito ao preencher as imperfeições existentes entre as superfícies. É por isso que colocamos óleo no motor de nossos carros: para impedir que as peças metálicas se danifiquem devido ao atrito.

## Estudo Matemático Do Atrito

A fórmula matemática geral para a força de atrito é:

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

Agora veremos cada um dos itens presentes na equação acima em detalhes.



A intensidade da força de atrito ( $F_{\text{atrito}}$ ) é diretamente proporcional à intensidade da força normal ( $F_{\text{normal}}$ ), ou seja, quando uma cresce a outra também cresce (na mesma proporção).

O coeficiente de atrito ( $\mu$ ) é apenas uma constante de proporcionalidade que relaciona a intensidade das duas forças (atrito e normal), logo, essa é uma grandeza adimensional.



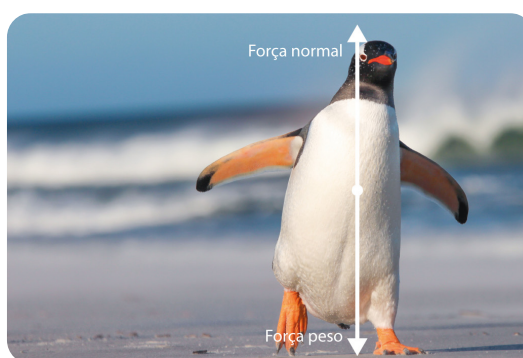
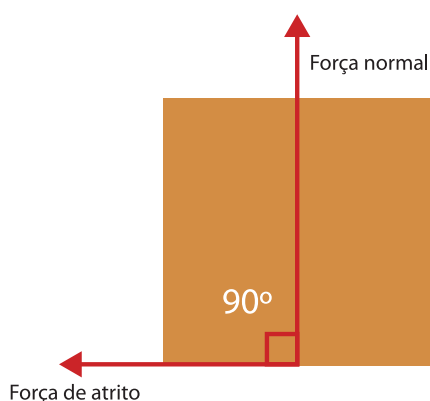
O valor de  $\mu$  é sempre positivo (podendo ser 0 caso não exista atrito), estando geralmente entre 0 e 1. No entanto, existem alguns casos específicos onde  $\mu$  é maior do que 1 (nos pneus de carros de corrida, por exemplo).

O coeficiente de atrito depende da natureza dos sólidos em contato e do estado de polimento das superfícies. Dessa forma, cada material possui um coeficiente de atrito diferente;

A **força normal** aparece sempre que há contato entre duas superfícies. Essa força é originada pela repulsão elétrica entre as eletrosferas dos átomos das duas superfícies em contato (não se preocupe com isso agora, você entenderá isso melhor em nosso curso de eletrostática). Chamamos essa força de normal pois a sua direção é sempre normal ( $90^\circ$ ) à superfície de contato entre os corpos.

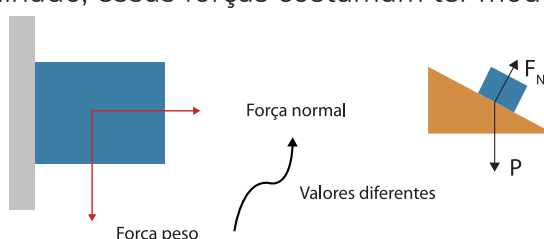
Em geral, costumamos trabalhar com corpos apoiados na horizontal. Nesses casos o módulo da força normal é idêntico ao peso do corpo.

Sendo assim, quanto maior o peso de um objeto, maior a força de atrito e, conseqüentemente, maior a força que você precisa aplicar para empurrar esse objeto (isso observamos na prática!).



Quanto maior o peso do objeto, maior a força de atrito.

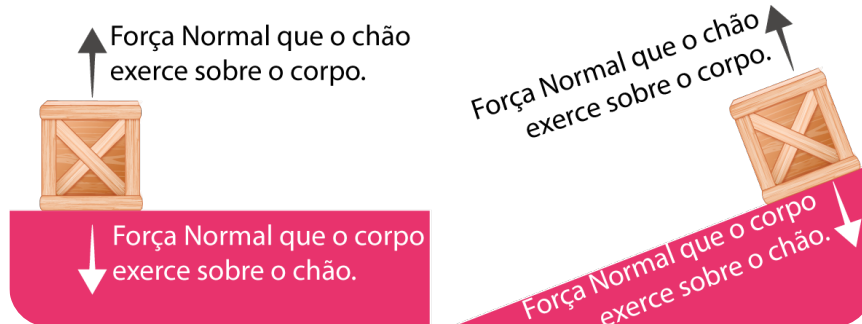
**Mas cuidado!** A força normal é igual, em módulo, à força peso somente quando o objeto está na horizontal. Em outros casos, como quando o objeto está apoiado na vertical ou sobre um plano em inclinado, essas forças costumam ter módulos diferentes.





Vale lembrar que a força peso e a força normal não representam um par de ação e reação. A reação da força peso é aplicada pelo corpo sobre o centro da Terra. O par ação e reação da força normal está representado na figura abaixo:

### NOS PLANOS HORIZONTAIS NOS PLANOS INCLINADOS



A área de contato entre as superfícies não aparece na fórmula geral da força de atrito, ou seja, a força de atrito não depende do tamanho macroscópico da área de contato!

### Tipos De Atrito:

- Força de Atrito Estático ( $\vec{F}_{at^e}$ ):

A força de atrito, quando não há deslizamento entre superfícies em contato, é chamada de Força de Atrito Estático e seu módulo pode variar de zero até um valor máximo. A expressão matemática para o módulo da Força de Atrito Estático é:

$$F_{at(e)} = \mu_e \cdot N$$

onde o  $\mu_e$  é o coeficiente de atrito estático e  $N$  é o módulo da Força Normal de apoio.

- Força de Atrito Cinético ( $\vec{F}_{at^c}$ ):

A força de atrito quando há deslizamento entre as superfícies é chamada de Força de Atrito Cinético e seu módulo é praticamente constante. A expressão matemática para a Força de Atrito Cinético é:

$$F_{at(c)} = \mu_c \cdot N$$

onde o  $\mu_c$  é o coeficiente de atrito cinético e  $N$  é o módulo da Força Normal de apoio.

É importante salientar que iniciar o movimento de um corpo sobre uma superfície é sempre mais difícil do que manter esse movimento. Portanto, o coeficiente de atrito estático é sempre maior que o coeficiente de atrito cinético.

$$\mu_e > \mu_c$$



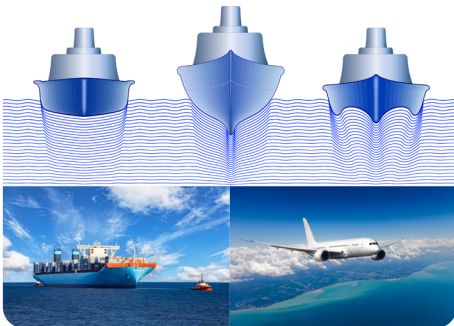
## Atrito Em Fluidos

Você já tentou andar na água, dentro de uma piscina ou no mar, e percebeu como é mais difícil se deslocar? Isso ocorre pois os fluidos também possuem forças de atrito (chamadas de resistência).



Fisicamente, interpretamos tal resistência como uma força que o fluido aplica sobre os objetos, opondo-se aos seus movimentos. Essa força depende do formato do objeto.

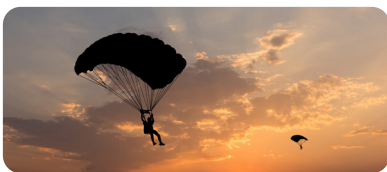
De um modo geral, os peixes e outros animais aquáticos são estreitos e alongados. Essa foi uma adaptação evolutiva que facilitou o movimento desses dentro da água, já que esse formato tem como consequência uma diminuição da força de resistência.



O formato do casco das embarcações também leva em conta essa dificuldade de movimento dentro da água, sendo em geral projetados para “cortar” a água de modo a minimizar o atrito. O mesmo se aplica ao formato das asas dos aviões.

## Força De Resistência

A força de resistência em um fluido, diferentemente da força de atrito em sólidos, depende da área de contato e da velocidade do movimento. Além disso ela depende também de outras características como a densidade do fluido e o formato do objeto (como já citado).



Por exemplo, quanto maior a área do seu paraquedas, maior será a resistência do ar sobre ele. E, conseqüentemente, maior será a sua desaceleração, te permitindo chegar ao solo em uma velocidade segura.



Alguns animais também se aproveitam da resistência do ar em seus saltos: perceba que o esquilo estica as patas para sofrer um maior efeito da resistência do ar.

### PARA PENSAR...

- ▶ Por que a borracha apaga o lápis e não a caneta?

Isso ocorre pois a tinta da caneta, por ser líquida, molha e penetra nas fibras do papel. O grafite, por sua vez, é um material sólido que marca o papel por meio de pequenas partículas que se desprendem da ponta do lápis e grudam na superfície da folha graças ao atrito entre lápis e papel. Como a atração entre as moléculas do grafite e da borracha é maior do que entre o grafite e o papel, as partículas do lápis desgrudam do papel e aderem à borracha facilmente.