

—22—

Trabalho, Trabalho,  
Trabalho!

Você trabalha? Muito ou pouco? Será que há alguma maneira de se medir o trabalho?

Calma! Não é com você! Este anúncio foi publicado no *Diário Popular*, de São Paulo, em 24/9/1901, e reproduzido do Boletim Histórico da Eletropaulo nº1, de abril de 1985.

# BURROS

A Companhia

## Light & Power

tendo suprimido algumas linhas de tracção animada nos bairros já servidos por bonds electricos, tem á venda grande numero de excelentes animaes para carroça, arado, trollys, etc., etc. Para tratar e mais informações no Escriptorio da Gerencia de Tracção, á rua Direita, 7, sobrado.

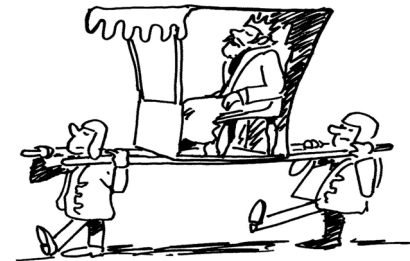
—15—4

No início do século, o principal meio de transporte urbano em São Paulo era o *bonde a burro*. Todo trabalho de transportar pessoas e cargas era feito pelo esforço físico dos animais. Em 1900 chega ao Brasil a Companhia Light, responsável pela distribuição de energia elétrica e implantação do bonde elétrico. Além do desemprego em massa dos burros e demais quadrúpedes, a cidade foi tomada por uma grande desconfiança em relação ao novo e revolucionário meio de transporte.

A idéia de trabalho, portanto, não está relacionada apenas a uma atividade humana. Animais e máquinas também realizam trabalho, substituindo atividades humanas. No período imperial, por exemplo, as damas da corte eram

transportadas em uma espécie de cadeira coberta (liteira) transportada por dois escravos. Esse meio de transporte, porém, levava uma única pessoa por vez, enquanto o bonde a burro transportava por volta de 10 pessoas ao mesmo tempo, com dois burros. Podemos dizer, portanto, que um par de burros realiza um trabalho muito maior que um par de pessoas.

**A liteira é um veículo muito ineficiente.**



## E por falar em eficiência...

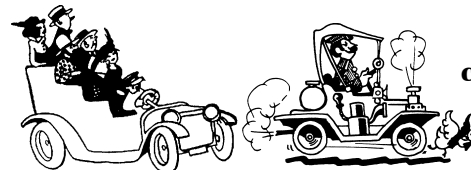
Uma forma de comparar meios de transporte é verificar a relação entre o consumo de energia e o *trabalho de transporte* que ele realiza. Para fazer isso temos de levar em conta o número de passageiros transportados e a distância percorrida. Um carro que transporta cinco pessoas realiza um *trabalho útil* maior do que o mesmo carro transportando apenas o motorista. Dessa forma, a energia é mais bem aproveitada porque a energia gasta *por passageiro transportado* é menor. Observe a tabela a seguir:

Meio de transporte	Energia consumida por pessoa (em quilojoules por km)
Bicicleta	65
Pessoa	230
Ônibus	240
Carro (5 pessoas)	500
Carro (só o motorista)	2250

Essa tabela mostra que, do ponto de vista da economia de energia, é muito melhor andar de bicicleta. Porém, trata-se de um meio de transporte lento (e cansativo). Por outro lado, uma pessoa andando consome quase o mesmo que um ônibus. Mas a distância percorrida e a velocidade no ônibus são maiores, e o cansaço, bem menor.

Comparações semelhantes podem ser feitas em relação a outras máquinas, sempre levando em conta o trabalho que elas realizam e a forma de medi-lo. Máquinas industriais para a fabricação de tecidos podem ser avaliadas em função de sua capacidade de produção (em metragem de tecidos, por exemplo) e da energia que consomem; máquinas de colheita agrícola são comparadas em função de sua capacidade de colheita (quantas toneladas colhe) e do combustível que consomem; um guindaste, em função da carga que pode erguer e da altura a que pode levá-la, e também do consumo de combustível. Em todos os casos, é interessante a máquina que realiza o maior trabalho útil com o menor consumo de energia.

**A unidade de energia no Sistema Internacional (SI) é o Joule (J)**



**Qual destes carros consome menos energia por pessoa?**

## Como medir um trabalho?

A Física fornece uma forma geral de medir o trabalho de máquinas, ou de qualquer outra coisa. Digamos que essa coisa seja o **sr. Hércules Pereira da Silva**, trabalhador da construção civil, que no cumprimento do seu dever transporta materiais de construção para o alto de um prédio em construção com o auxílio de um elevador manual.

No começo do dia, Hércules está totalmente envolvido com o seu dever e lota o elevador com 50 kg de areia, para elevá-la ao alto do prédio, a 6 metros de altura. É um

trabalho e tanto. Na segunda viagem, ele decide que vai transportar só 25 kg de areia de cada vez. Nesse caso, em cada viagem ele realiza metade do trabalho. Outra maneira de realizar somente metade do trabalho é descarregar a areia em um andaime, a 3 metros de altura. A idéia de trabalho que a Física usa é igual à do Hércules. Quanto maior a força e a distância percorrida, maior o trabalho. Isso pode ser expresso assim:



$$T = F \times d$$

T : trabalho

F : força

d : distância

**T****TRABALHO**

UNIDADE MAIS COMUM:

**Joule (J)**

### Os Trabalhos de Hércules

A força que o Hércules faz é igual ao peso da areia mais o peso do elevador. Mas vamos considerar só o peso da areia, porque estamos calculando só o trabalho útil. Quando a massa de areia é 50 kg, o peso será  $P = m \cdot g \rightarrow P = 50 \cdot 10 = 500$  N. Assim, quando a massa de areia for 25 kg, o peso será  $P = 250$  N. Sabendo isso, vamos usar a fórmula para calcular o trabalho em três situações:

#### Trabalho 1

Elevar 50 kg de areia a 6 metros de altura:

$$T = F \cdot d = 500 \cdot 6 = 3.000 \text{ joules}$$

#### Trabalho 2

Elevar 25 kg de areia a 6 metros de altura:

$$T = F \cdot d = 250 \cdot 6 = 1.500 \text{ joules}$$

#### Trabalho 3

Elevar 50 kg de areia a 3 metros de altura:

$$T = F \cdot d = 500 \cdot 3 = 1.500 \text{ joules}$$

## Como fazer força sem realizar trabalho

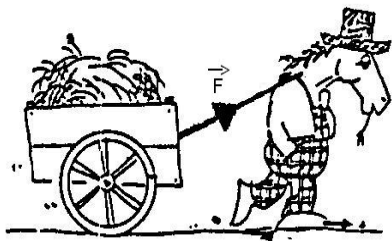
Claro que o que todo mundo quer saber é como realizar trabalho sem fazer força. Mas isso ainda nós não sabemos.

Porém, é possível fazer força e não realizar trabalho. Forças que realizam trabalho têm de provocar deslocamento. Se não houver deslocamento, não há trabalho, no sentido físico do termo.

Portanto, quando você segura um saco de cimento na cabeça, não está realizando trabalho, apesar da grande força necessária para isso. Fisicamente, quer dizer que você não está transferindo energia para o saco de cimento.

Um exemplo clássico é alguém arrastando um carrinho com uma cordinha, como na figura:

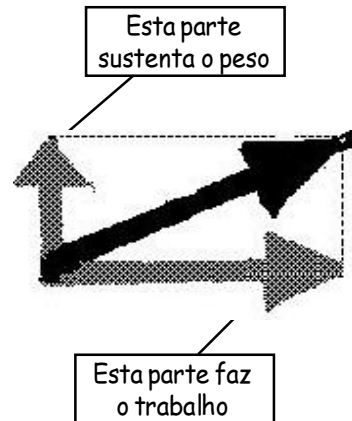
Nesse caso, nem toda a força que o nosso amigo



faz está servindo para realizar o trabalho de puxar a carroça.

Isso porque a força está inclinada em relação ao movimento. Somente uma parte dela, a componente horizontal, está realmente puxando a carroça. A outra, digamos assim, está

sustentando parte do peso da carroça:

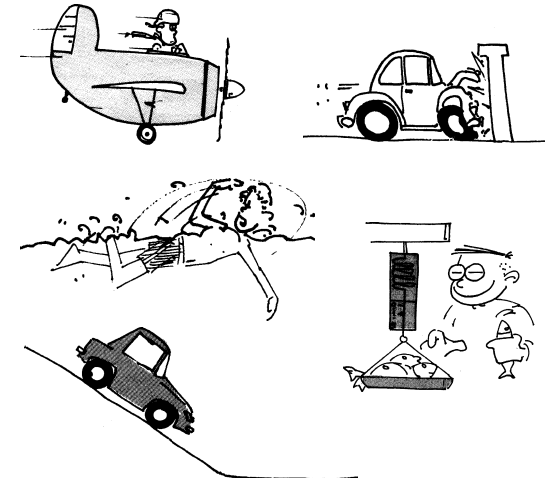


Portanto, para se calcular corretamente o trabalho, sempre precisamos saber que parte da força realmente está realizando esse trabalho. Somente as forças que fornecem ou retiram energia cinética do corpo é que realizam trabalho. Forças que apenas sustentam ou desviam não estão realizando nenhum trabalho.

Para se obter o valor da parte da força que realiza o trabalho, às vezes é necessário usar um cálculo matemático chamado co-seno. No exemplo da carroça, se a corda estiver inclinada em 20 graus, o valor do co-seno será 0,94. Quer dizer que se a força total for de 100 newtons, apenas 94 newtons serão realmente utilizados para realizar o trabalho. Esse valor se obtém multiplicando 0,94 por 100 newtons. Você pode obter valores de co-senos para outros ângulos em uma tabela apropriada.

## Descubra as forças que realizam e as que não realizam trabalho.

Identifique as forças existentes nas cenas abaixo e aponte aquelas que realizam trabalho e as que não realizam.



## Calcule se for capaz!

O trabalho do nosso amigo ao arrastar a carroça com a força de 100 N, por 20 metros, com três ângulos diferentes. Desenhe cada situação, indicando o ângulo.

No caso, o que significa um ângulo igual a zero? E como fica o cálculo?

E quando o ângulo for de 90 graus? Desenhe e explique o que acontece!

ângulo	co-seno	ângulo	co-seno
0	1	50	0,64
10	0,98	60	0,5
20	0,94	70	0,34
30	0,87	80	0,17
40	0,77	90	0