

Centro de Formação Contínua de Professores de Cascais

Escola Secundária de S. João do Estoril



**Ação de Formação:** “A calculadora gráfica no ensino:  
aprofundamento”

Sob a orientação da **Dr<sup>a</sup>. Margarida Dias**

**Formandos:**

Ana Figueiredo, Carla Curopos, Delmina Subtil

Edite Feteira, Emília Barata, Esperanza Crespo

Júlia Carvalho, Lurdes Soares, Manuel Garnel

**2008**

Escola Secundária de S. João do Estoril

Física A- AL 2.3. O atrito e a variação da energia mecânica

Nome.....Turma.....N.º.....

**Questão - problema:**

Pretende-se projectar:

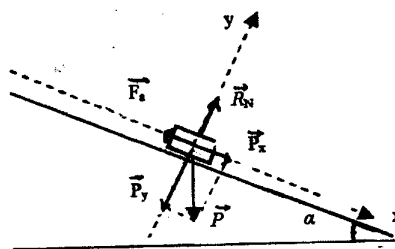
- uma rampa para fazer deslizar materiais de construção, de uma certa altura para o interior de um camião.
- um escorrega que permita a uma criança deslizar com facilidade, mas que a faça parar na parte final, antes de sair.

Que materiais poderão ser utilizados nas superfícies de cada rampa?

**Introdução**

Um bloco desliza ao longo de uma calha com uma determinada inclinação. O centro de massa do bloco está sujeito à acção das forças:

- **Peso** do bloco ( $\vec{P}$ )
- **Reacção normal** do plano ( $\vec{R}_n$ )
- **Força de atrito** ( $\vec{F}_a$ )



O trabalho realizado pela resultante das forças que actuam no centro de massa do bloco ( $W_{\vec{F}_R}$ ) pode ser avaliado através da variação da energia cinética do sistema:

$$W_{\vec{F}_R} = \Delta E_c$$

Este sistema está sujeito à acção de **forças conservativas** (peso do bloco) e forças não conservativas (força de atrito). Logo

$$W_{\vec{F}_{cons}} + W_{\vec{F}_{nãicons}} = \Delta E_c$$

Como o trabalho realizado pelas forças conservativas é simétrico da variação da energia potencial gravítica, pode-se escrever:

$$W_{\vec{F}_{nãicons}} = \Delta E_c + \Delta E_p$$

Como:

$$\Delta E_c + \Delta E_p = \Delta E_m$$

obtém-se:

$$W_{\vec{F}_{\text{nãocons}}} = \Delta E_m$$

Assim, a força não conservativa (força de atrito) é a responsável pela variação da energia mecânica. Isto é, há dissipação de energia por efeito das forças de atrito.

As forças de atrito resultam da interação entre superfícies em contacto. Estas forças estão relacionadas com uma grandeza que se designa **coeficiente de atrito cinético**. É uma propriedade característica de dois materiais em contacto e em movimento relativo. A intensidade da força de atrito é tanto menor, quanto menor for o coeficiente de atrito cinético.

Pode determinar-se a intensidade da força de atrito através da expressão:

$$F_a d \cos \theta = \Delta E_c + \Delta E_{pgrav.}$$

Para isso é necessário saber:

- O valor do deslocamento do centro de massa do bloco;
- A variação da energia cinética;
- A variação da energia potencial gravítica.

### Questões pré-laboratoriais

1. Uma pessoa empurra um caixote de madeira, que está vazio, sobre uma superfície plana, exercendo uma certa força horizontal.

- a) Trace o diagrama das forças que actuam sobre o caixote.
- b) Dessas forças, quais são as conservativas e as não conservativas?
- c) Se a pessoa encher o caixote com livros terá a mesma dificuldade em empurrá-lo exercendo a mesma força? Porquê?
- d) Se o caixote não for de madeira mas de material polido, a pessoa terá a mesma dificuldade em empurrá-lo utilizando a mesma força? Porquê?
- e) Discuta, faces às respostas anteriores, de que poderá depender o módulo da força de atrito que actua sobre o corpo.

2. Um caixote de kg foi abandonado no cimo de uma rampa com 2,0 m de altura e inclinação de  $30^\circ$  atingindo a sua base com uma velocidade de  $4,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- a) Qual foi a variação de energia cinética do caixote?
- b) Qual foi o trabalho realizado pela resultante das forças que actuam no caixote? Justifique.
- c) Com que velocidade chegaria o caixote à base da rampa em condições ideais, ou seja, desprezando o atrito entre as superfícies?
- d) Verifique que não houve conservação da energia mecânica do caixote e calcule a energia dissipada.
- e) Se houvesse dissipação de energia mecânica durante o deslizamento, podemos concluir que, afinal, não há conservação de energia? Justifique.
- f) O que aconteceu à energia interna das superfícies em contacto durante o deslizamento?
- g) Que relação há entre a energia dissipada e o trabalho realizado pela força de atrito?

3. Um corpo é abandonado sobre uma rampa.

- a) Qual é a razão de existirem forças de atrito entre superfícies sólidas em contacto?
- b) Onde será maior a força de compressão do corpo sobre a superfície: quando ele está sobre uma rampa de pequena ou grande inclinação? Onde será, então, maior a força de atrito que actua sobre ele? Justifique.
- c) Se a inclinação da rampa não variar, onde será maior a força de atrito: quando é mais ou menos pesado? Justifique.
- d) Se a inclinação da rampa não variar, o módulo da força de atrito dependerá dos materiais de que são feitas as superfícies em contacto (rampa e corpo)?
- e) Para uma dada inclinação da rampa, como poderemos medir experimentalmente a energia cinética num dado ponto? E a energia mecânica?

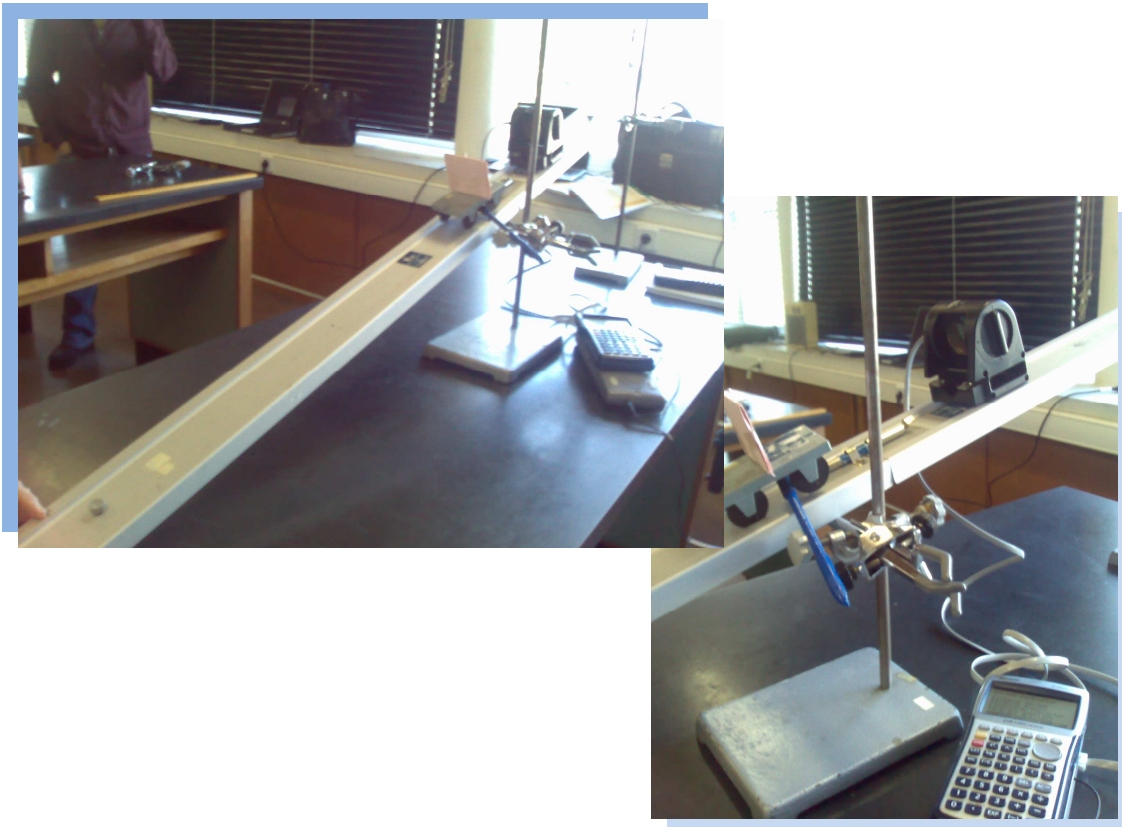
## II Parte

### Material

- Calha metálica e suportes
- Sensor de movimento
- Carrinho
- Máquina de calcular (Casio)
- Fita métrica

### Procedimento

1. Efectue a montagem conforme mostra a figura seguinte

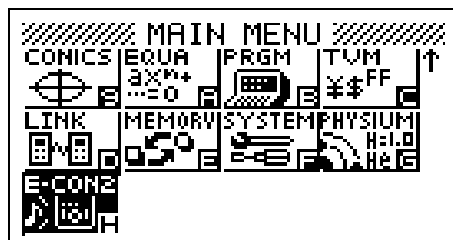


2. Marque na calha o ponto a partir do qual o corpo será largado. Meça a altura,  $h$ , desse ponto, relativamente à superfície horizontal da bancada.

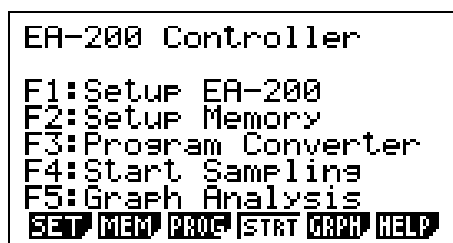
3. Prepare a máquina de calcular e o sensor para a recolha de dados.

Siga o seguinte procedimento para fazer a aquisição dos dados:

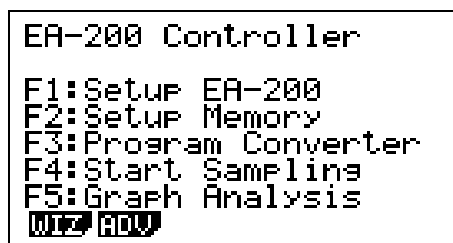
Na calculadora entre no aplicativo “ECON-2”



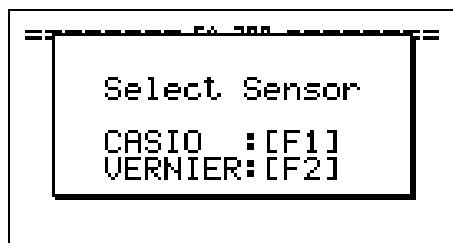
Prima a tecla F1 (“Setup EA-200”)



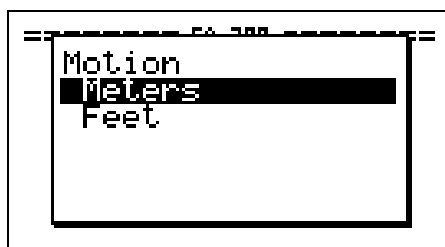
Pressione a tecla F1 (Wiz) para definir todos os parâmetros da experiência



Selecione o sensor casio premindo a tecla F1

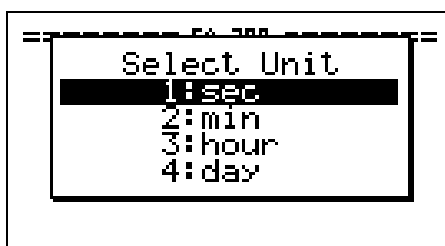


Escolha a opção de movimento assim como a unidade de medição como indicam as figuras seguintes:

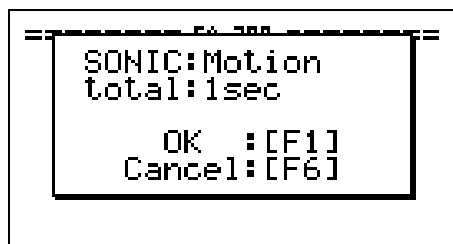


Pressione EXE.

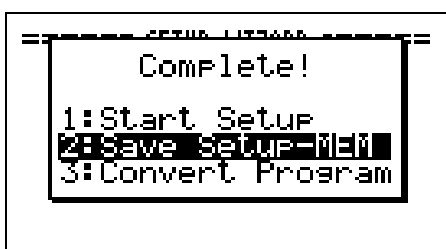
Escolha o intervalo de tempo adequado à experiência (por exemplo 1s);



Prima F1 para validar o processo.



De seguida poderá iniciar a aquisição de dados da experiência:



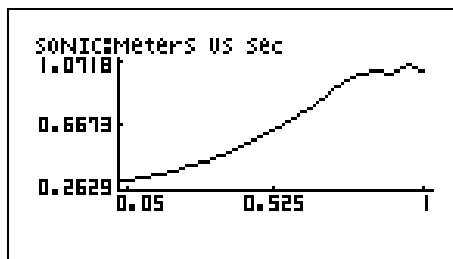
**Nota:**

Para evitar ter de fazer esta configuração novamente, pode gravar em memória estas configurações.

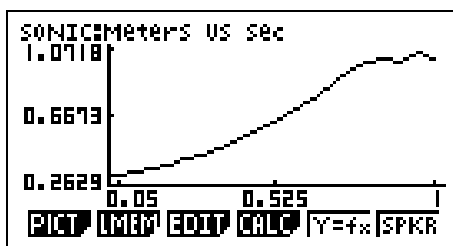


### Tratamento de dados

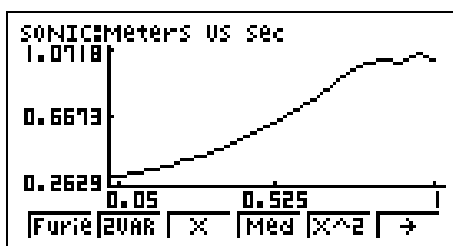
No final da recolha terá um gráfico semelhante ao apresentado:



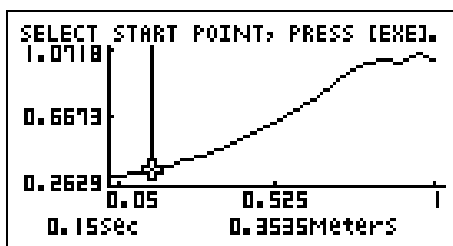
Pressione a tecla OPTN para fazer uma regressão.



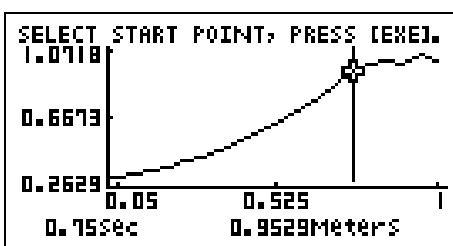
Selecione a regressão quadrática (F5), entrando na opção de cálculo (F4-CAL).



Selecione um ponto inicial e pressione EXE



Desloque o cursor até ao ponto final e pressione EXE



Calcule a regressão com base no intervalo anteriormente definido. Obterá parâmetros da regressão idênticos aos obtidos neste exemplo:

```

Res Quadrática
a =0.29422724
b =0.6946016
c =0.21635589
r²=0.98466619
MSe=1.0291E-03
y=ax²+bx+c
COPY DRAW

```

Poderá assim obter a função  $x = f(t)$ , (posição da partícula em função do tempo); neste caso  $x=0,29t^2+0,69t+0,22$  (m) e escrever a correspondente equação das velocidades, neste caso:  $v = 0,69 + 0,58 t$  ( $m \cdot s^{-1}$ ).

Calcule, para os instantes inicial e final, as respectivas velocidades. Neste exemplo:  $v_i = 0,78 m \cdot s^{-1}$ ;  $v_f = 1,13 m \cdot s^{-1}$ .

Calcule, a partir dos valores obtidos, a variação da energia cinética sofrida pelo carrinho. Neste exemplo:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2) = 1,67 \times 10^{-2} J$$

Calcule a variação de energia potencial, neste caso  $\Delta E_p = - m g h = - 8,65 \times 10^{-2} J$

Calcule a variação de energia mecânica, neste caso  $\Delta E_m = -6,98 \times 10^{-2} J$

Calcule a força de atrito, neste caso  $F_a = 0,11 N$

## Bibliografia

Silva, D.(2007).*Desafios da Física, Física e Química A, 10º/11º Ano*, Lisboa Editora, Lisboa

Bello, A.; Caldeira, H.(2004).*Ontem e Hoje, Física e Química A, Física 11º Ano*, Porto Editora, Porto