



**ESCOLA SECUNDÁRIA JOSÉ RÉGIO  
DE VILA DO CONDE**

Acção de Formação:

**" Utilização e Organização dos Laboratórios  
Escolares "**



**Formador:** Prof. D<sup>tor</sup> Victor Duarte Teodoro

**Colaboradores:** D<sup>tora</sup> Maria do Céu Pereira

D<sup>tora</sup> Maria Alzira Duarte Reis Bastos

D<sup>tor</sup> Carlos Cunha

D<sup>tora</sup> Filipa Silva

D<sup>tora</sup> Celeste Calado

**Formando:** Cândido Mário Azevedo P. Dias

**Junho / Julho 2010 - Braga**

## 1- Introdução:

Em virtude dos alunos gostarem muito das novas tecnologias de informação e de a Texas Instruments ter lançado no corrente ano a máquina TI – Nspire, resolvi realizar uma das actividades laboratoriais da disciplina de Física e Química A, do décimo ano, recorrendo à nova máquina de calcular.

A referida máquina possui um mecanismo de funcionamento diferente. Assenta num ambiente do tipo Windows, possuindo um rato cujas funções variam conforme a forma e o intervalo de tempo em que se pressiona o referido botão.

Além das virtualidades anteriores, permite que o professor através de computador portátil transfira ou receba os dados, em tempo real, de todos os alunos da turma ligados através de uma hub USB e, tal como as máquinas de calcular TI-83 e TI – 84, permite a ligação a uma gama variada de sensores que vão desde a temperatura até ao microfone, passando pelo pH, célula fotoelétrica, acelerómetro, etc. Ao material anterior só falta acrescentar a interface de ligação, que poderá ser o *easy link* ou o *CBL2*, ou até através de uma ligação directa do sensor à máquina de calcular.

A actividade laboratorial que realizei foi a 2.2., designada por " Bola Saltitona " , recorrendo ao *CBR2*, que é um detector ultra-sónico de movimento.

De referir que ao contrário das outras máquinas TI – 83 e TI – 84, que possuem a aplicação Ball Bounce, esta ainda não possui a referida aplicação porque a máquina acabou de ser lançada no mercado, facto que complicou a tarefa mas ao mesmo tempo tornou-se mais aliciante. Assim, foram indicados todos os passos, e todos os quadros que me apareceram no decorrer do trabalho para que os colegas ( a quem é dirigida a ficha ) podem executá-la da melhor maneira possível.

## Problema:

"Existirá alguma relação entre a altura de onde cai uma bola e a altura atingida no primeiro ressalto ? "

## 2- Fundamentos teóricos:

Este trabalho pretende dar resposta a esta questão programática, calculando para o efeito o coeficiente de restituição da bola que se deixa cair de uma determinada altura. Assim, deixa-se cair a bola de uma dada altura e medir-se-á a altura atingida no primeiro ressalto.

A dissipação de energia pode estimar-se através do **coeficiente de restituição**. Numa colisão frontal da bola com alvo fixo (solo) define-se **coeficiente de restituição da bola** como:

$$e = \frac{v_f}{v_i}$$

$e$  – coeficiente de restituição

$v_f$  – velocidade imediatamente após o choque ( de afastamento ) solo)

$v_i$  – velocidade imediatamente antes do choque (de aproximação ao solo)

$e = 0 \Rightarrow$  Toda a energia foi dissipada ( a bola não ressalta ),  $v_f = 0$  m/s  $\Rightarrow$  colisões perfeitamente inelásticas;

$e = 1 \Rightarrow$  Não há dissipação de energia ( a bola sobe até à altura de que cai ),  $v_f = v_i \Rightarrow$  colisões elásticas.

Os valores dos coeficientes de restituição estão compreendidos entre 0 e 1, e dependem das propriedades elásticas dos materiais que colidem, neste caso da bola e do tipo de solo.

### Como poderemos determinar experimentalmente o coeficiente de restituição da bola ?

Se considerarmos desprezável a resistência do ar, temos:

- No ressalto:  $E_{cf} = \frac{1}{2} m v_f^2$  é proporcional a  $h_{ressalto} (h_f)$

- Na queda:  $E_{ci} = \frac{1}{2} m v_i^2$  é proporcional a  $h_{queda} (h_i)$

$$\frac{\frac{1}{2} m v_f^2}{\frac{1}{2} m v_i^2} = \frac{m g h_f}{m g h_i} \Rightarrow \frac{v_f^2}{v_i^2} = \frac{h_f}{h_i} \Rightarrow e^2 = \frac{h_f}{h_i} \quad (1)$$

### 3- Questões pré-laboratoriais:

1- Duas bolas com diferente elasticidade alcançarão a mesma altura no primeiro ressalto ? Qual delas atingirá maior altura ?

R: Não, as duas bolas atingirão alturas diferentes, e a mais elástica é a que alcançará maior altura.

2- Que transformação de energia ocorre:

2.1- no movimento de queda da bola ?

2.2- no movimento de ressalto da bola ?

R: Durante a queda, a energia potencial gravítica transforma-se em energia cinética e, no movimento de ressalto, acontece exactamente ao contrário.

3- Se desprezarmos a resistência do ar, que forças actuam sobre a bola :

3.1- no movimento de queda e durante o movimento de ressalto ?

3.2- durante a colisão com o solo ?

R: 3.1- No movimento de queda e de ressalto da bola apenas actua o peso;

3.2- Durante a colisão temos o peso e a força exercida pelo chão, vertical e com sentido contrário ao do peso.

4- Se desprezarmos a resistência do ar, haverá conservação da energia mecânica durante o movimento de queda da bola ? E durante o movimento de ressalto ? E durante a colisão com o solo ?

R: Só há conservação da energia mecânica durante o movimento de queda e de ressalto. Durante a colisão com o solo, diminui a energia mecânica da bola, aumentando a energia interna do chão, do ar envolvente e da própria bola, facto que é visível pelo seu aquecimento. No entanto, a energia total do sistema bola + ar envolvente + chão é sempre constante.

5- Qual deverá ser o valor do coeficiente de restituição da bola se as alturas de queda e de ressalto forem iguais? E se a altura do ressalto for metade da altura da queda?

R: Deverá ser igual a 1 no primeiro caso e, no segundo, deverá ser igual a 0,5 ( ver a expressão ( 1 ) que se encontra acima ) .

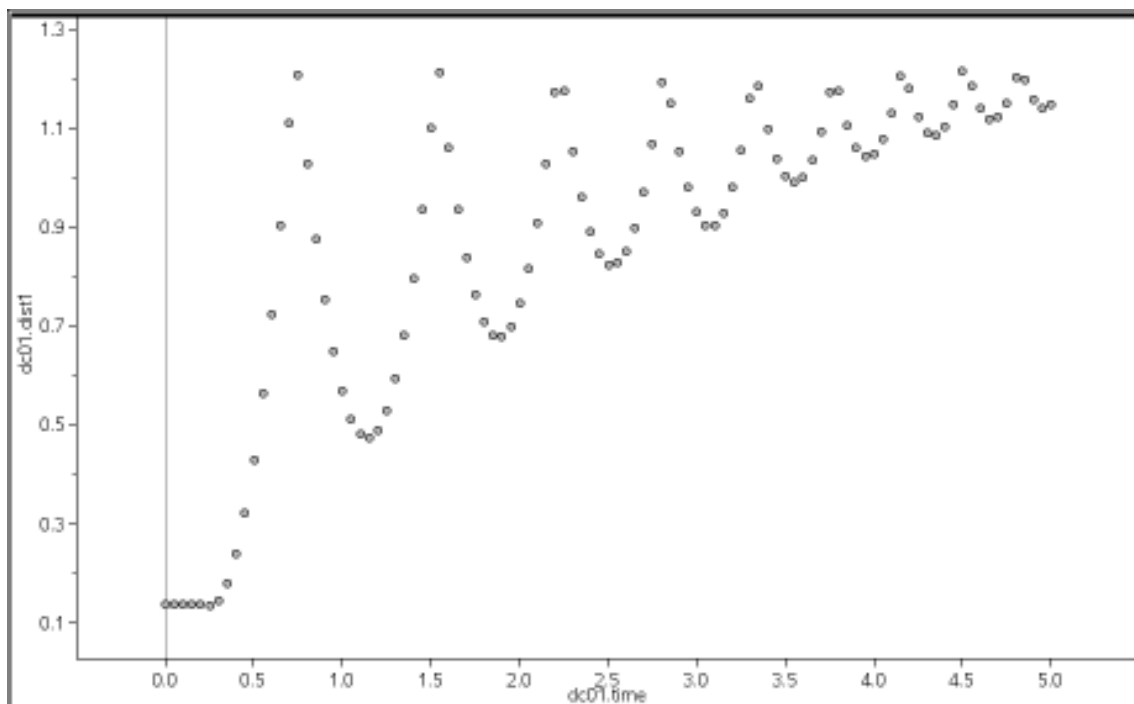
## 4- Material:

- Calculadora TI – Nspire (versão 2.0 do sistema operativo)
- CBR2 (sensor de movimento)
- Cabo de ligação da máquina de calcular ao CBR2
- Bola de basquetebol ( e ou de futebol )
- Computador com software específico



## 5- Procedimento Laboratorial:

1. Prende o CBR2, a um suporte adequado, a uma distância do solo de, pelo menos, 1,5 m.
2. Coloque a bola debaixo do CBR2, aproximadamente a 15 cm, como se ilustra na figura.
3. Faça um teste de alguns saltos com a bola. A bola tem que fazer pelo menos 5 saltos, ficando abaixo do CBR2.
4. Ligue a máquina de calcular e abra um novo documento.
5. Ligue a calculadora ao CBR2 e seleccione **Dados e Estatística** no Início Automático.
6. Fica registado no ecrã a distância do CBR2 ao solo. Registe este valor: (exemplo - 1,21 m).
7. Posicionar a bola e carregar em **Start**.
8. Obtém-se, no visor da calculadora, um gráfico semelhante ao da figura.



9. Ir ao **Ecrã Inicial** e adicionar nova página de **Listas e Folhas de Cálculo**.

Na coluna A, na primeira linha, na tecla **var**, **ligar a dc01.time1**. Pressionar **enter**.

Na coluna B, na primeira linha, na tecla **var**, **ligar a dc01.dist1**. Pressionar **enter**.

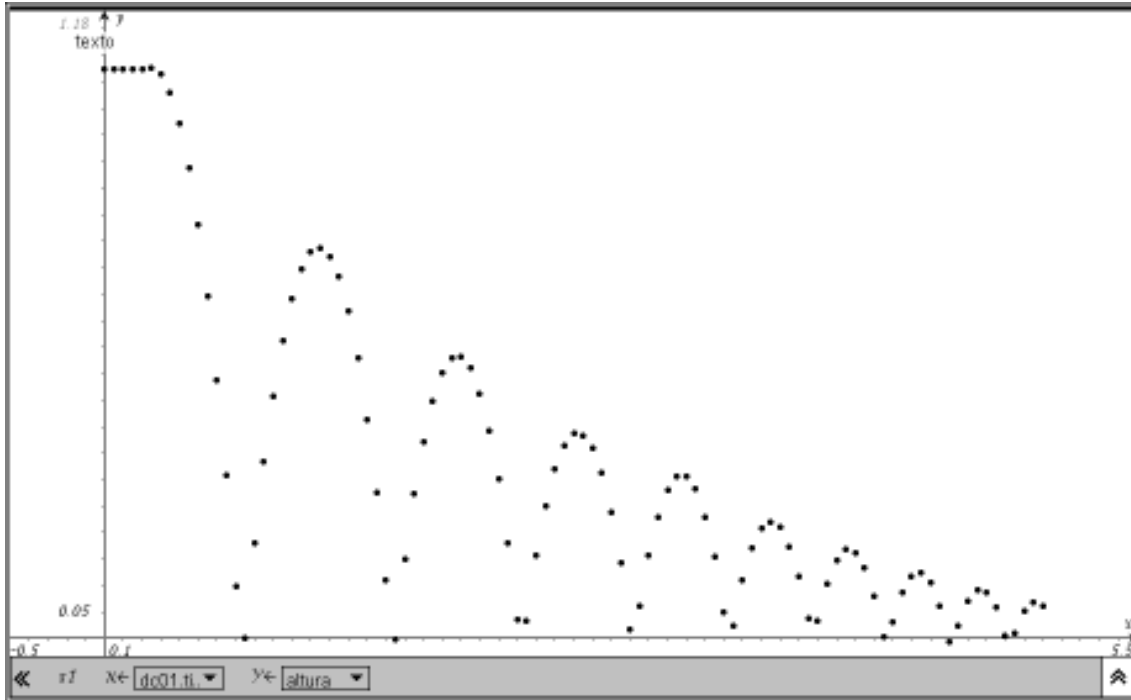
Na coluna C, definir a variável **altura** (1ª linha); na segunda linha, introduzir fórmula “=1,21- **var**, **dc01.dist1**”. Pressionar **enter**.

	dc01.t.	dc01.d.	altura											
*			=1,21- <b>dc01</b>											
1	0.	0.136967	1.07313											
2	0.05	0.136967	1.07313											
3	0.1	0.136967	1.07313											
4	0.15	0.136609	1.07339											
5	0.2	0.136143	1.07396											
6	0.25	0.134487	1.07551											
7	0.3	0.144899	1.06511											
8	0.35	0.179333	1.03067											
9	0.4	0.239203	0.971797											
10	0.45	0.320996	0.889004											
11	0.5	0.429611	0.791399											
12	0.55	0.563409	0.646591											
13	0.6	0.722993	0.487007											
14	0.65	0.902637	0.307363											
15	0.7	1.1105	0.099499											
16	0.75	1.20922	0.000785											
17	0.8	1.02993	0.181172											
18	0.85	0.875781	0.334219											
19	0.9	0.752833	0.457167											

10. Adicionar nova página de **Gráficos e Geometria**. Ir a **menu, 3: Tipo de gráfico e 4: Gráfico de dispersão**. Clicar em **enter**.

Para a variável x, em **var** seleccionar **dc01.time** seguido de **enter** e para a variável y, em **var** escolher **altura**, seguido de **enter**.

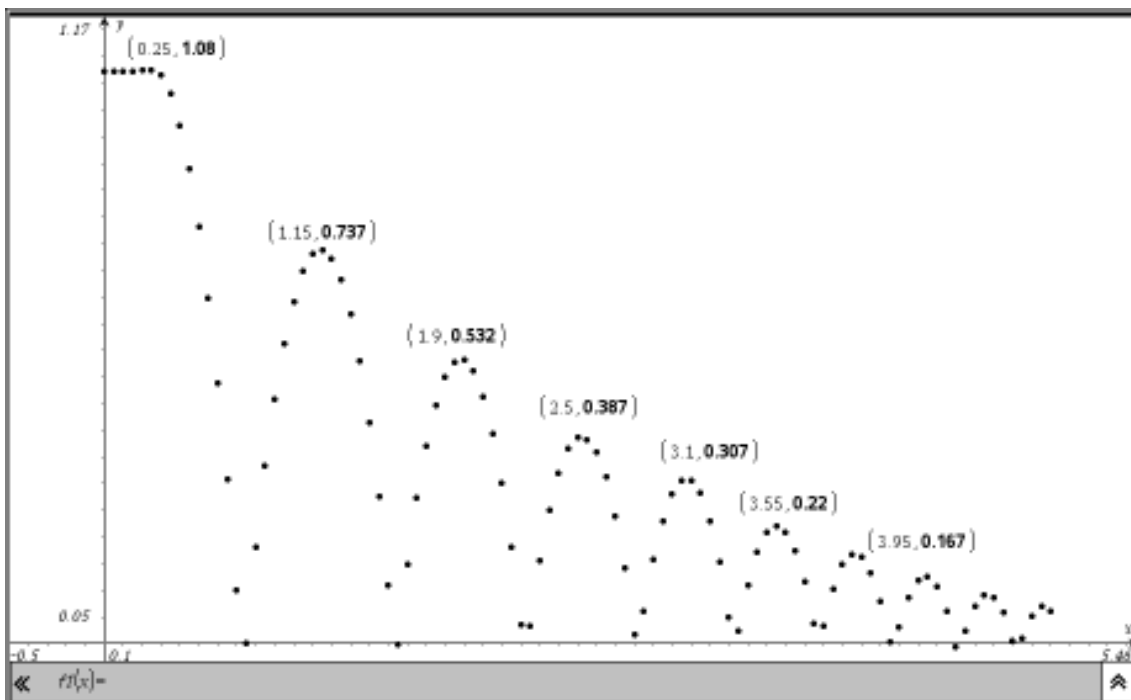
Para ajustar a janela, ir a **menu, 4: Janela e 9: Zoom – Dados**, seguido de **enter**.



11. No gráfico altura em função do tempo, ir a **menu, 7: Pontos e rectas e 1: Ponto**, seguido de **enter**.

Colocar o cursor no ponto de altura máxima e pressionar **enter**. Repetir este procedimento para os outros pontos de altura máxima.

Com o cursor na coordenada y de cada ponto, pressionar **var** e escolher **1: Guardar Var** e digitar **h1**. Repetir o procedimento para os outros pontos de y máximo com **h2, h3**, etc.



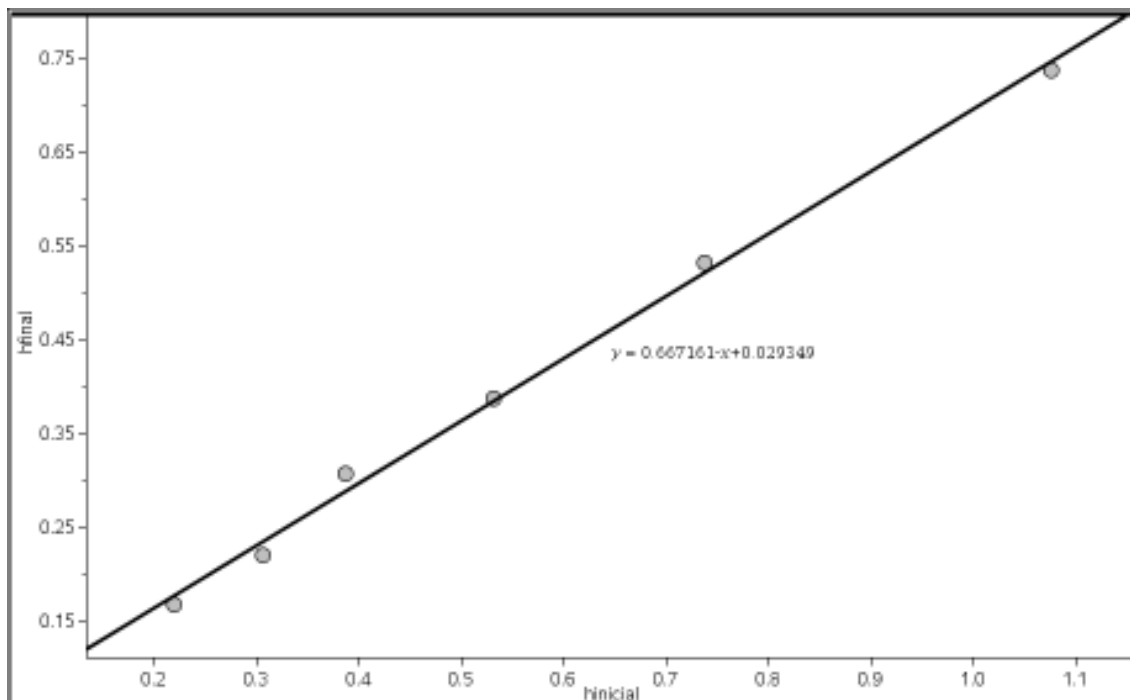
12. Ir à página de **Listas e Folha de Cálculo**. Na coluna D, na primeira linha escrever **h1**; na terceira linha dessa coluna pressionar **var, 3: Ligar a: h1**. Seguir o mesmo procedimento para as linhas seguintes com as variáveis de **h2 a h6**.

Na coluna E, na primeira linha escrever **hfinal**; na terceira linha pressionar **var, 3: Ligar a: h2**. Seguir o mesmo procedimento para as linhas seguintes com as variáveis de **h3 a h7**.

dc01.t...	dc01.d...	altura	h1	h2										
dc01.time		=1.21-dc01												
1	0	0.136967	1.07313	h1	h2									
2	0.05	0.136967	1.07313	h2	h3									
3	0.1	0.136967	1.07313	h3	h4									
4	0.15	0.136609	1.07339	h4	h5									
5	0.2	0.136143	1.07396	h5	h6									
6	0.25	0.134487	1.07551	h6	h7									
7	0.3	0.144898	1.06511											
8	0.35	0.179333	1.03067											
9	0.4	0.238203	0.971797											
10	0.45	0.320996	0.889004											
11	0.5	0.429611	0.781389											
12	0.55	0.563409	0.646591											
13	0.6	0.722993	0.487007											
14	0.65	0.902637	0.307363											
15	0.7	1.1105	0.099499											
16	0.75	1.20922	0.000785											
17	0.8	1.02893	0.181172											
18	0.85	0.875781	0.334219											
19	0.9	0.752933	0.457167											

13. No **Ecrã inicial** abrir nova página de **Dados e Estatística**. Junto ao eixo dos xx clicar para adicionar variável, **enter**; e escolher **h1**. No eixo dos yy clicar para adicionar variável e escolher **hfinal** seguido de **enter**.

Ir a menu **4: Analisar, 6: Regressão e 1: Mostrar linear (mx+b)**. Clicar em **enter**.





## 6- Questões Pós-laboratoriais:

1- Com base no declive da recta obtida, determine o coeficiente de restituição da bola.

R: Atendendo à expressão ( 1 ) indicada acima, o coeficiente de restituição (  $e$  ) da bola é igual à raiz quadrada do declive da recta obtida (  $\sqrt{0,6671\epsilon}$  ), ou seja, 0,817.

2- Calcule a altura do ressalto quando se larga a bola de uma altura de 70 cm.

R: Com base na equação da recta obtida acima e colocando na máquina de calcular, obtemos uma altura de 0,496 m.

3- Determine a velocidade da bola quando toca no solo , admitindo que é larga da altura anterior.

R: Como Emecânica inicial = Emecânica final, conclui-se que  $m.g.h = \frac{1}{2} .m.v_f^2$ . Logo obtemos:  $v_f = \sqrt{2.g.h} = 3,74 \text{ ms}^{-1}$  ( supus o valor de  $g= 10 \text{ ms}^{-2}$ ).

4- A bola que utilizei para realizar a actividade laboratorial foi uma bola de basquetebol. Se tivesse utilizado uma bola de futebol obteria um valor superior ou inferior para o coeficiente de restituição ? Justifique.

R: Penso que obteria um valor inferior pois esta bola possui menor elasticidade. Assim, se deixarmos cair a bola da mesma altura, sem velocidade inicial e utilizando o mesmo solo, ela ressaltará atingindo uma altura inferior e, portanto, coeficiente de restituição que mede a conservação da energia mecânica da bola após a colisão, também diminuirá.

5- Questão Problema: " Existirá alguma relação entre a altura de onde cai uma bola e a altura atingida no primeiro ressalto ? "

R: Existe pois a altura da queda é directamente proporcional à altura do primeiro ressalto, sendo o valor da constante de proporcionalidade igual ao quadrado do coeficiente de restituição. Este valor depende das propriedades elásticas dos materiais que colidem, ou seja, do chão e da bola.