

AL 10F 1.2 – Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola: transformações e transferências de energia

1 – Aprendizagens Essenciais

Investigar, experimentalmente, o movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola, com base em considerações energéticas, avaliando os resultados, tendo em conta as previsões do modelo teórico, e comunicando as conclusões.

2 – Objetivos (com base nas metas curriculares revogadas pelo Despacho n.º 6605-A/2021)

- 1 - Identificar transferências e transformações de energia no movimento vertical de queda e de ressalto de uma bola.
- 2 - Construir e interpretar o gráfico da primeira altura de ressalto em função da altura de queda, traçar a reta que melhor se ajusta aos dados experimentais e obter a sua equação.
- 3 - Prever, a partir da equação da reta de regressão, a altura do primeiro ressalto para uma altura de queda não medida.
- 4 - Obter as expressões do módulo da velocidade de chegada ao solo e do módulo da velocidade inicial do primeiro ressalto, em função das respetivas alturas, a partir da conservação da energia mecânica.
- 5 - Calcular, para uma dada altura de queda, a diminuição da energia mecânica na colisão, exprimindo essa diminuição em percentagem.
- 6 - Associar uma maior diminuição de energia mecânica numa colisão a menor elasticidade do par de materiais em colisão.
- 7 - Comparar energias dissipadas na colisão de uma mesma bola com diferentes superfícies, ou de bolas diferentes na mesma superfície, a partir dos declives das retas de regressão de gráficos da altura de ressalto em função da altura de queda.

3 – Material

- 1 CLAB com a versão 2.33 instalada ou superior
- 1 Calculadora gráfica Casio fx-CG50 com o *Data Logger* versão 2.00 ou superior
- 1 Sensor de movimento (BT 55i)
- 1 Cabo SB-62 (cabo que liga a calculadora ao CLAB, incluído na calculadora)
- 1 Suporte universal
- 1 Noz
- 2 Bolas com diferentes elasticidades (as bolas podem ser semelhantes desde que a pressão seja diferente)
- 1 Balança



Figura 1 – Material necessário para a atividade.

4 – Montagem do material

Ligar o sensor de acordo com as seguintes indicações (figura 2):

- O CLAB deve estar ligado à calculadora através do cabo SB-62;
- O sensor de movimento deve estar ligado ao canal 1 do CLAB.

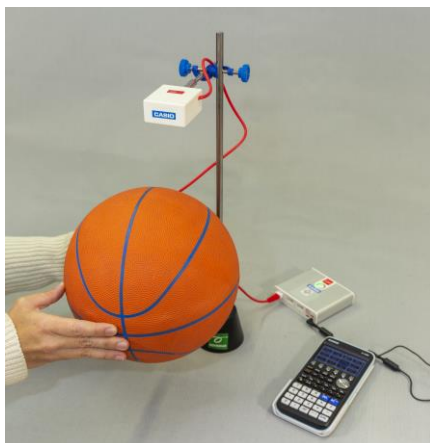


Figura 2 – Montagem do material.

5 – Sugestões e notas gerais

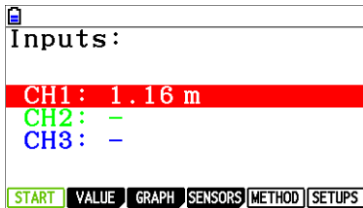
- A bola deve ser largada a pelo menos 15 cm de distância do sensor.
 - O sensor emite som enquanto está em funcionamento.
 - A incerteza absoluta de leitura do sensor é de 0,001 m.
 - Nesta atividade é necessário obter gráficos com um elevado número de pontos. Para o efeito podem utilizar-se frequências entre 20 Hz a 30 Hz.
 - As bolas devem ter elasticidade suficiente para realizar vários ressaltos em 5 segundos.
 - As bolas devem ter elasticidades diferentes.
- A bola deve ser esférica e o solo horizontal para garantir que após as colisões com o solo a bola mantém, aproximadamente, a mesma trajetória vertical.

6 - Procedimento para a recolha de dados com a calculadora

Entrar no menu *Data Logger* da calculadora.



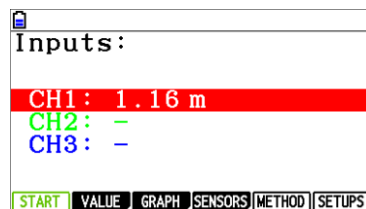
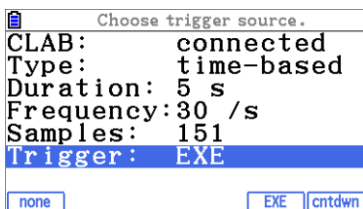
O sensor de movimento deve estar ligado ao canal 1 (CH1) do CLAB. O CLAB deve estar ligado à calculadora pelo cabo SB-62. O ecrã da calculadora mostra o valor que está a ser lido.



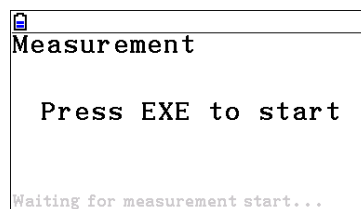
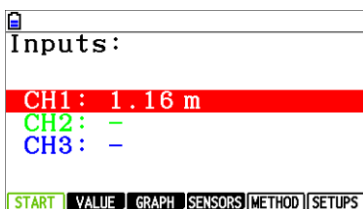
Definem-se as configurações em **[F5]** (METHOD).

Nesta atividade pretende-se o registo da posição em função do tempo. Assim, a opção *Type* deve estar em *time-based* (**[F1]** (time)).

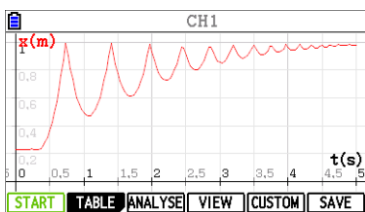
Para alterar a *Duration*, *Frequency* e *Sample*, deve-se colocar o cursor em cima destas opções, pressionar **[EXE]** e introduzir o valor. Solicitar que a duração da atividade seja de 5 s e que a frequência seja de 30/s. O programa indica, automaticamente, o número de amostras, 151. O *Trigger* deve ter a opção EXE (**[F5]**) ativa. Depois de executar estas configurações, pressionar **[EXIT]**.



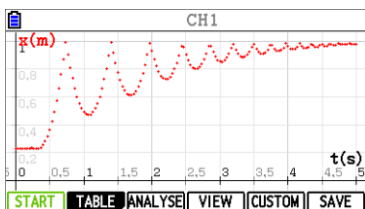
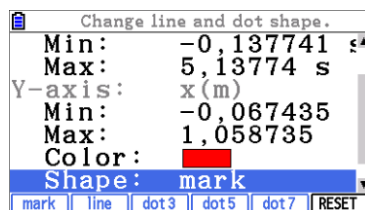
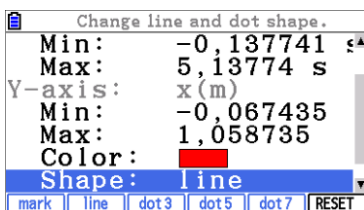
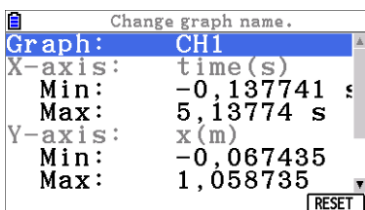
Colocar a bola debaixo do sensor a uma distância superior a 15 cm. Pressionar **[F1]** (START) e **[EXE]** e largar a bola. Os valores começam a ser recolhidos e a ser exibidos, graficamente, no ecrã da calculadora.



Possível gráfico obtido com uma bola de basquetebol.



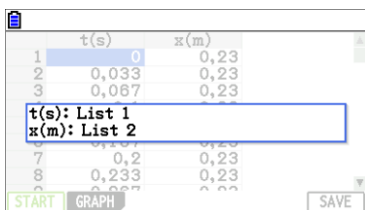
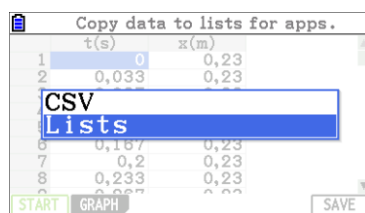
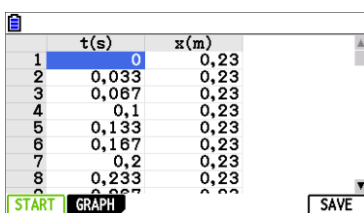
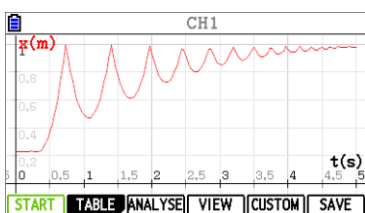
Se pretender um gráfico de pontos, selecionar **F4** (VIEW), percorrer a janela, usando as teclas de cursor, e na opção *Shape*, alterar para **F1** (mark). Regressar ao ecrã anterior **EXIT** para visualizar o gráfico de pontos.



7 - Tratamento dos dados

Foi registado a Massa da bola A, $m_A = (560 \pm 1) \text{ g}$;

Em **F2** (TABLE) pedir para guardar os dados – **F6** (SAVE). Os dados podem ser guardados em listas (Lists). Neste caso na lista 1 fica memorizado o tempo, em segundos, e na lista 2 a distância da bola do sensor, em metros.



No menu da estatística (menu 2) encontram-se os dados guardados.

	List 1	List 2	List 3	List 4
SUB	t(s)	x(m)		
1	0	0.23		
2	0.033	0.23		
3	0.067	0.23		
4	0.1	0.23		

0

TOOL | EDIT | DELETE | DEL-ALL | INSERT | >

Nesta descrição são utilizados os dados da bola para obter a relação entre a altura do ressalto e a altura da queda, **sem utilizar o programa “BOLASALT”.**

Colocar o cursor em cima da *List 3* e escrever a expressão $\text{Max}(\text{List 2}) - \text{List 2}$. Para introduzir “Max (“ deve ir ao catálogo (SHIFT 4). “List” deve ser introduzida usando (SHIFT 1). Depois de escrever a expressão obtemos, na lista 3, a distância da bola ao solo.

	List 1	List 2	List 3	List 4
SUB	t(s)	x(m)		
1	0	0.2		
2	0.05	0.2		
3	0.1	0.2		
4	0.15	0.2		

GRAPH | CALC | TEST | INTR | DIST | >

Catálogo [M]
 Magenta
 Margin(
 Mat
 Mat→List(
 Max(
 maxX
 INPUT | QR | HISTORY | CAT

	List 1	List 2	List 3	List 4
SUB	t(s)	x(m)		
1	0	0.2		
2	0.05	0.2		
3	0.1	0.2		
4	0.15	0.2		

Max(List 2) - List 2

	List 1	List 2	List 3	List 4
SUB	t(s)	x(m)		
1	0	0.2	1.02	
2	0.05	0.2	1.02	
3	0.1	0.2	1.02	
4	0.15	0.2	1.02	

1.02

GRAPH | CALC | TEST | INTR | DIST | >

Para obter o gráfico da distância da bola ao solo, em função do tempo, selecionar (F1) (GRAPH), e de seguida (F6) (SET). Escolher para o eixo dos xx List1 e para o eixo dos yy List3.

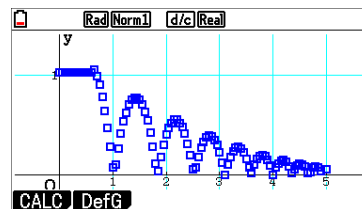
	List 1	List 2	List 3	List 4
SUB	t(s)	x(m)		
1	0	0.2	1.02	
2	0.05	0.2	1.02	
3	0.1	0.2	1.02	
4	0.15	0.2	1.02	

1.02

GRAPH1 | GRAPH2 | GRAPH3 | SELECT | SET

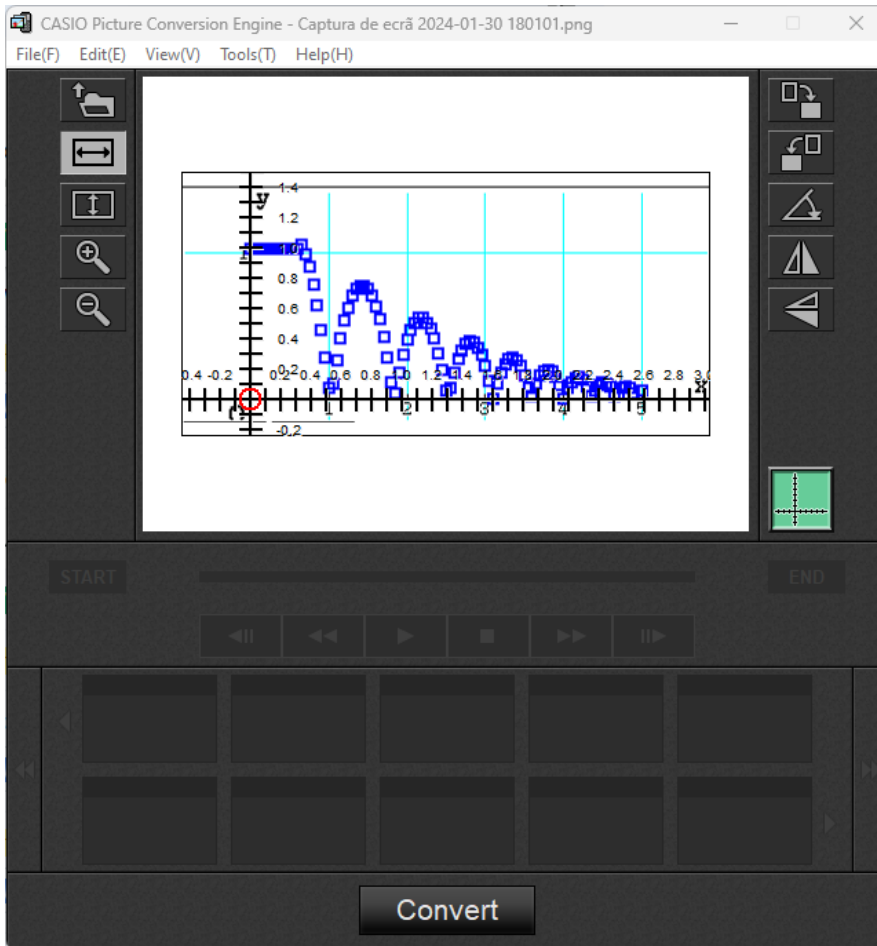
StatGraph1
 Graph Type : Scatter
 XList : List1
 YList : List3
 Frequency : 1
 Mark Type : □
 Color Link : Off

LIST



Tarefa 2: Conversão da imagem

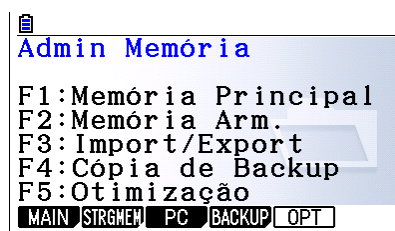
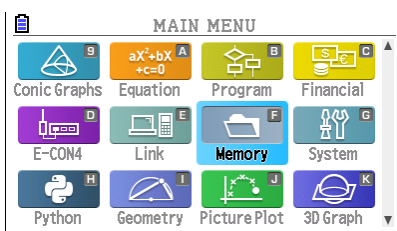
A partir do software *Casio Picture Conversion*, converter a imagem para um ficheiro compatível com a calculadora (formato “.g3p”).



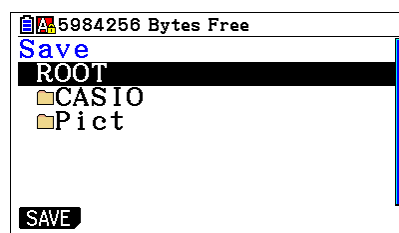
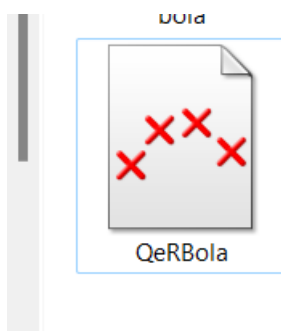
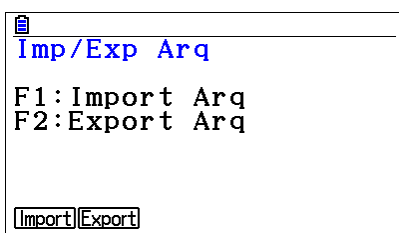
A conversão da imagem vai ficar no mesmo local da imagem original. Depois de convertido, a imagem deve ser enviada para a calculadora.

Tarefa 3: Envio do vídeo para a calculadora

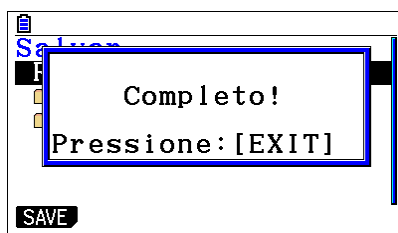
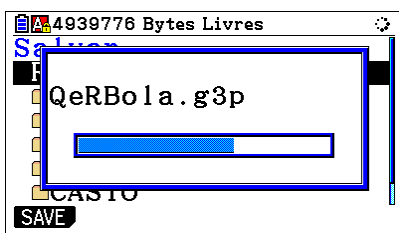
Entrar no menu Memory / Memória e seleccionar **F3**: Import / Export



Seleccionar **F1**: Import Arq. Seleccionar no computador o ficheiro que deseja importar e salvar na raiz (ROOT), pressionar **F1** (SAVE).

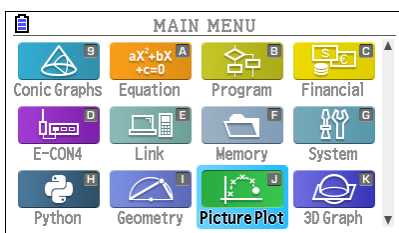


O ficheiro começa a ser guardado na calculadora. Quando terminar, pressionar **[EXIT]**.

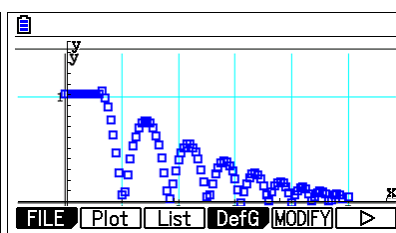
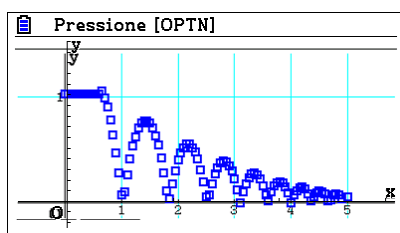
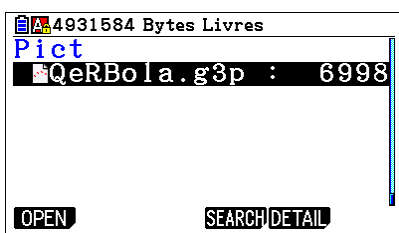


Tarefa 4: Visualização do vídeo e colocação de pontos

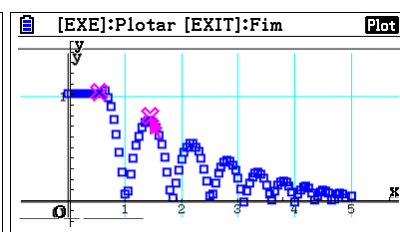
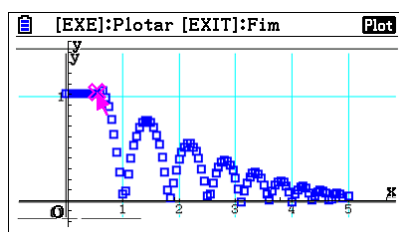
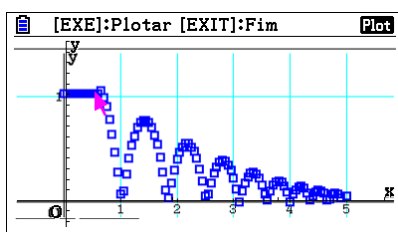
Abrir o menu “Picture Plot” ou “Plot Imagem”.



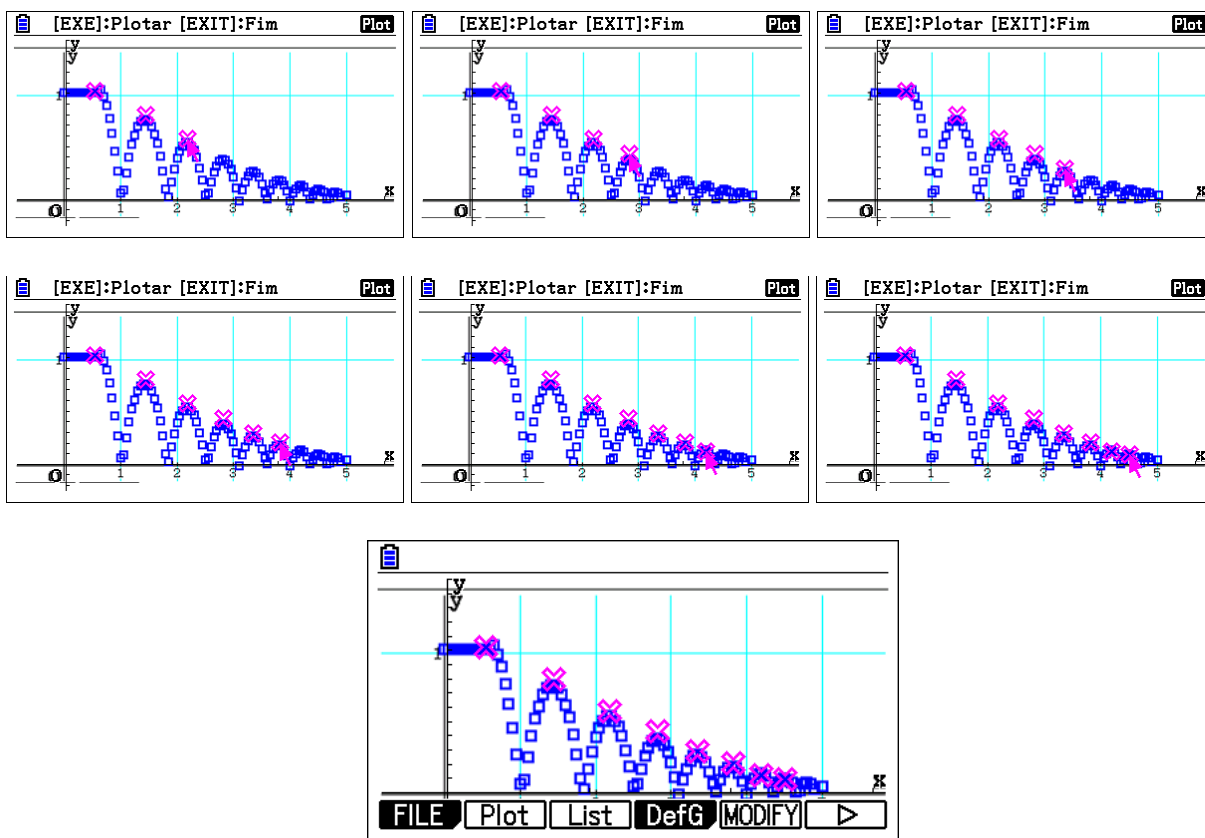
Se surgir uma imagem de um trabalho anterior, pressionar **[OPTN]** **[F1]** (FILE), **[F1]** (OPEN). Escolher o ficheiro e colocar na calculadora.



Neste caso, interessa-nos os pontos mais altos da queda e respetivo ressalto de uma bola. Pressionar **[OPTN]**, seguido de **[F2]** (Plot). Surge uma seta no centro do ecrã. Para marcar os pontos pressionar **[EXE]**



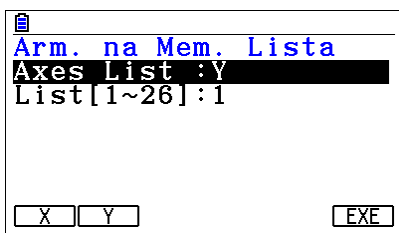
Colocar o cursor no máximo. Pressionar **[EXE]**, para marcar o ponto. Passa para o ponto seguinte seguinte. Andar com a seta cursor e marcar os restantes pontos, pressionar **[EXE]**. Colocar tantos pontos os que forem necessários. Quando terminar a marcação dos pontos pressionar **[EXIT]**.



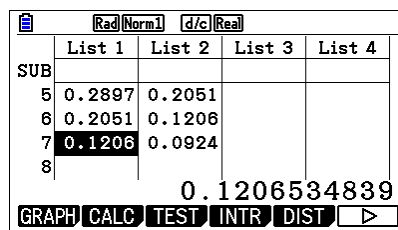
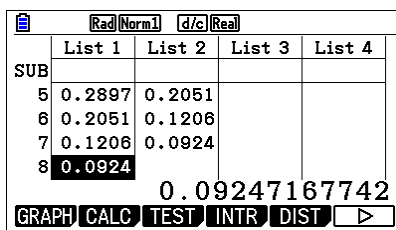
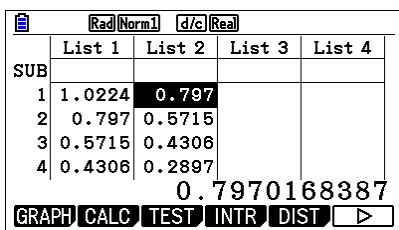
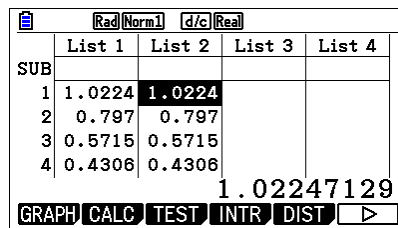
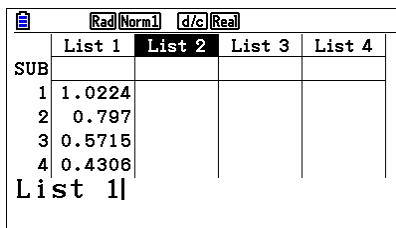
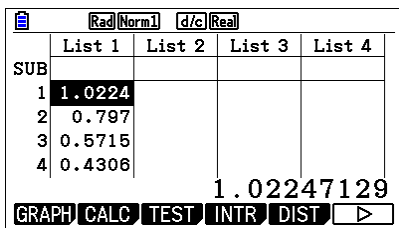
Tarefa 5: Determinar a regressão que melhor se ajusta ao movimento da queda e ressalto de uma bola

Com base nos pontos marcados é possível construir uma tabela. Nesta tabela de valores os dados que nos interessam tratar são os valores das ordenadas (Y) que representam a altura máxima da bola. Vamos exportar esta coluna para a estatística. Rodamos a barra que se encontra no rodapé, pressionamos **[F4]** (STORE), selecionamos Y para o eixo e a lista 1 onde serão guardados os valores. Pressionar para gravar **[EXE]**.

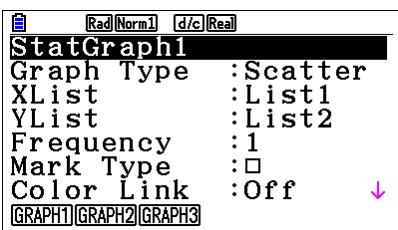
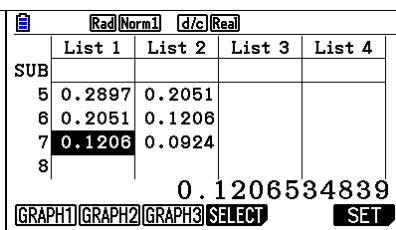
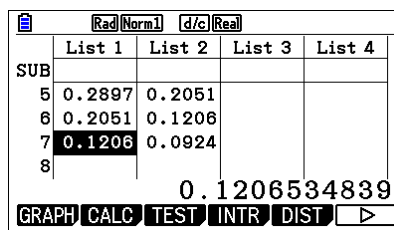
X	Y	T
1	0.2703	0
2	0.7494	1
3	1.144	2
4	1.4821	3
6	2.0176	5
7	2.2149	6
8	2.384	7
9		



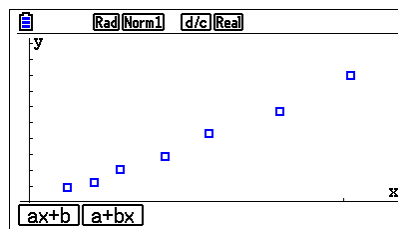
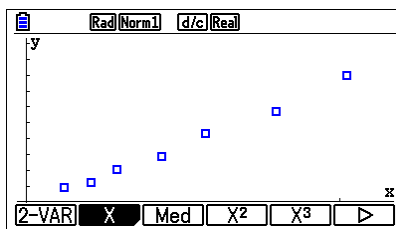
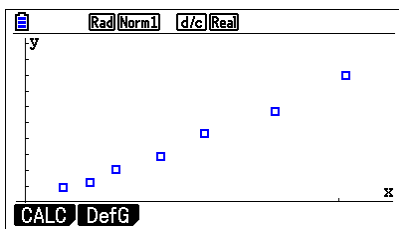
Entramos no menu da estatística. Copiamos para a lista 2, colocando o cursor sobre a lista 2 (**(SHIFT)** **(1)** **(1)** **(EXE)**) os valores da lista 1, eliminando o 1º valor da lista 1 a apagando o último da lista 1.



Para obter o gráfico da altura de ressalto em função da altura de queda. **(F1)** (GRAPH) para desenhar o gráfico, **(F6)** (SET) para definir as listas, neste caso para XList escolheu-se a List1 (altura de queda) e para YList escolheu-se a List1 (altura do ressalto), **(EXIT)** e **(F1)** (GRAPH1). O gráfico é exibido.



Para obter a regressão pressionar **(F1)** (CALC). Escolher **(F2)** (X) e **(F1)** (ax+b).



```
Rad Norm | d/c Real
RegLinear(ax+b)
a =0.78312829
b =-0.0263637
r =0.99680864
r²=0.99362747
MSe=5.0785×10⁰⁴
y=ax+b
COPY DRAW
```

Para a bola obteve-se a equação $y = 0,783x - 0,026$, isto é $h_{reA} = 0,783 \times h_{qA} - 0,026$.