

## Roteiro de construção de gráficos – Análise de experimentos virtuais

Em todos os experimentos virtuais, pede-se a construção de gráficos baseados nos dados obtidos a partir das fotos. O Microsoft Excel™ possui um tutorial de construção de gráficos bem completo, ainda que com algumas opções não desejáveis para os gráficos que pretendemos utilizar nos experimentos WEB. A fim de auxiliar o trabalho de análise experimental, escrevemos este pequeno guia de orientação para a construção destas representações gráficas, com algumas dicas sobre o que se deseja observar no relatório, ressaltando suas características mais importantes. Analisaremos neste tutorial um conjunto de dados que representa o movimento uniforme de um corpo, por critério de simplificação; os casos reais em que se baseiam os experimentos virtuais, entretanto, tratam em grande parte de movimentos acelerados ou retardados. Um exemplo de tabela de dados com a qual construiremos nossos gráficos de demonstração está na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Análise de dados		
Instante (s)	Posição (cm)	Velocidade (cm/s)
0,00	1,4	
0,50	1,4	0,8
1,00	2,2	1,8
1,50	3,1	0,9
2,00	3,1	-0,1
2,50	3,0	1,0
3,00	4,1	2,2
3,50	5,2	1,2
4,00	5,3	0,2
4,50	5,5	
<b>Incerteza Posição (cm)</b>		0,5
<b>Incerteza Velocidade (cm/s)</b>		0,7

A tabela possui as colunas de *instante*, *posição* e *velocidade*, as quais serão utilizadas para a análise cinemática da situação em questão. Tomemos como um exemplo inicial o gráfico de **posição por tempo**. No momento da construção do gráfico através do assistente, várias opções de gráfico são mostradas. Entretanto, a mais conveniente para o tipo de análise desejado é a **dispersão (XY)**, como indicam as setas nas figuras 1 e 2 abaixo:

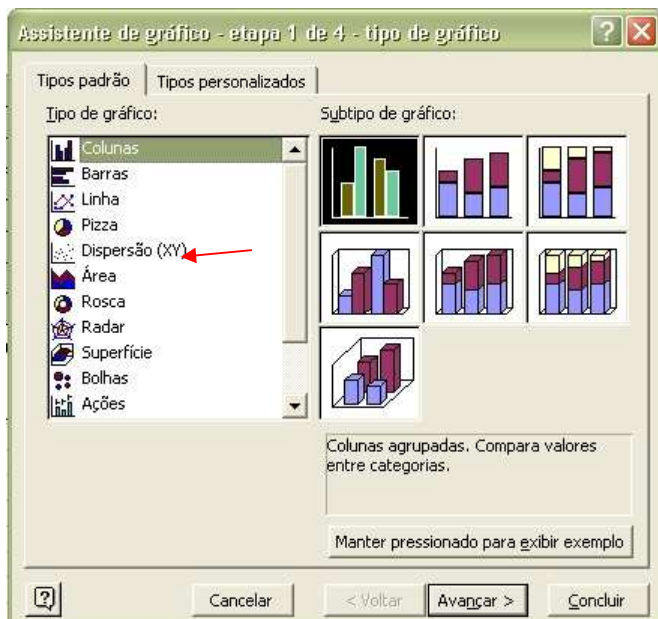


Fig. 1

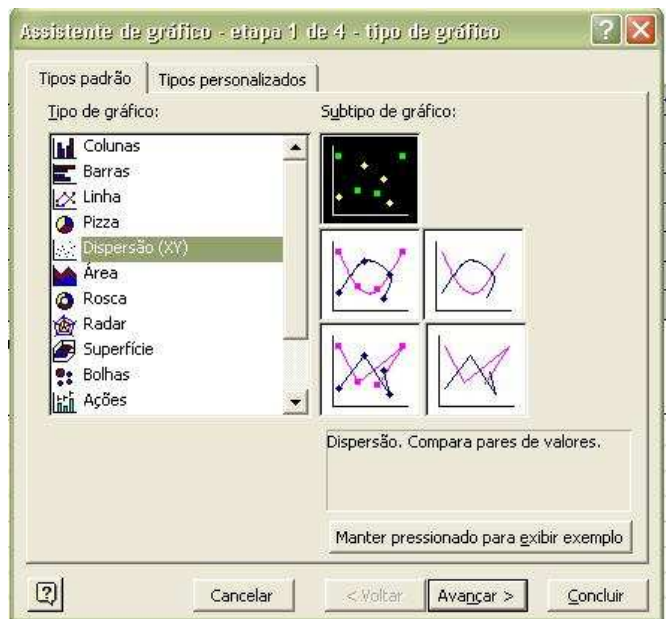


Fig. 2

Na aba destinada aos gráficos de dispersão (XY), encontramos várias sugestões de gráficos. Tomaremos dois dos modelos, e compararemos suas qualidades e defeitos:

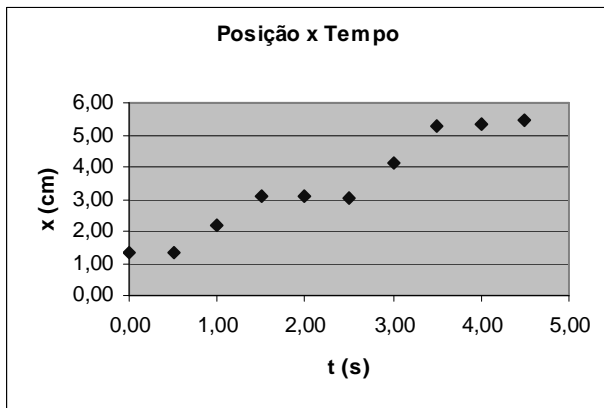


Gráfico 1

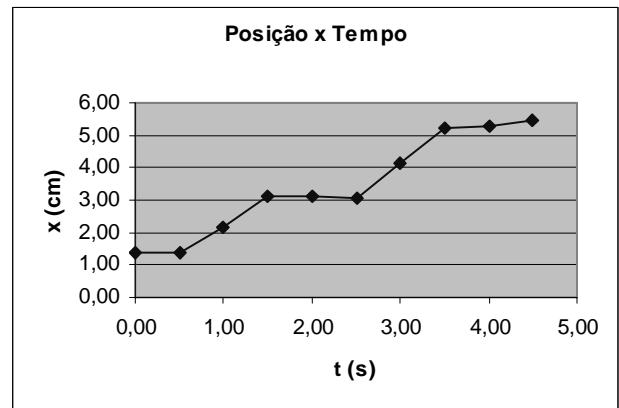


Gráfico 2

O gráfico 1 mostra uma disposição de pontos isolados, ou seja, sem qualquer tipo de ligação que pudesse identificar um padrão dos resultados. O gráfico 2, em contrapartida, liga os pontos experimentais através de segmentos de reta. Apesar de aparentemente ser mais viável, o gráfico 2 atrapalha a observação do comportamento dos pontos, pois os segmentos que ligam os pontos não criam qualquer padrão que melhore as informações obtidas; em outras palavras, as linhas que ligam os pontos não estimam a posição do móvel nos intervalos de tempo onde não possuímos pontos experimentais (no caso do nosso exemplo, os intervalos entre 1,50 s e 2,00 s, entre 2,00 s e 2,50 s, e assim sucessivamente). Poderíamos ter utilizado um gráfico por pontos ligados por uma curva suave (gráfico 3), como mostra outra das possíveis configurações de dispersão (XY):

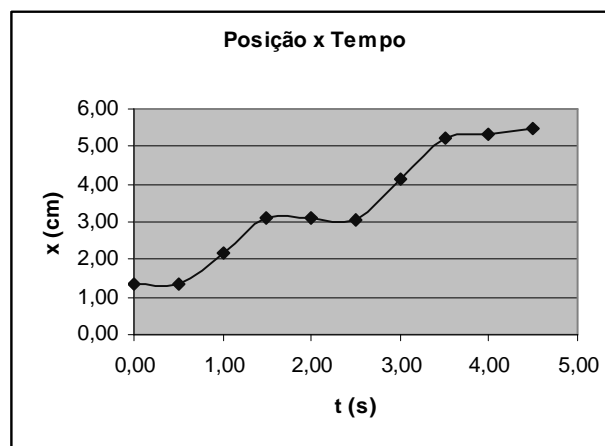


Gráfico 3

Entretanto, os resultados são análogos aos do gráfico 2. Tais observações nos levam à nossa primeira dica para a construção dos gráficos

- **Dica 1:** Utilize a opção de dispersão (XY) para construir os gráficos, *sem* ligar os pontos por qualquer curva, linear ou suave. Os pontos experimentais isolados são visualizados com maior facilidade.

A posição do corpo, assim como qualquer outra medida física relacionada aos experimentos, possui uma incerteza associada, e essa informação deve estar explícita em nosso gráfico. Para tanto, realizaremos os seguintes procedimentos:

- 1) Selecione do gráfico os pontos experimentais, clique com o botão direito sobre eles, e escolha a opção **“Formatar Seqüências de dados”** (Fig. 3)
- 2) Selecione a aba **“Barras de Erros y”** (como mostra a seta na Fig. 4)

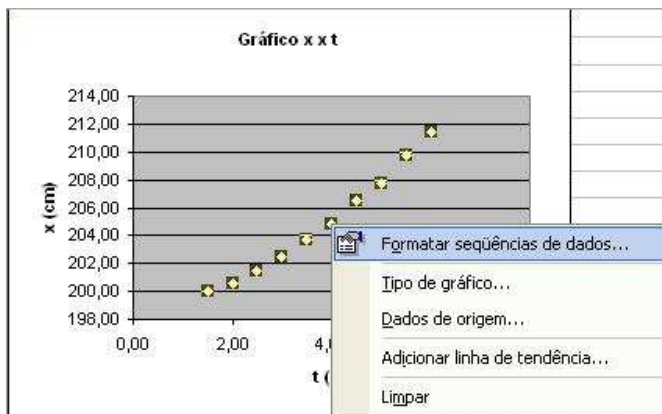


Fig. 3

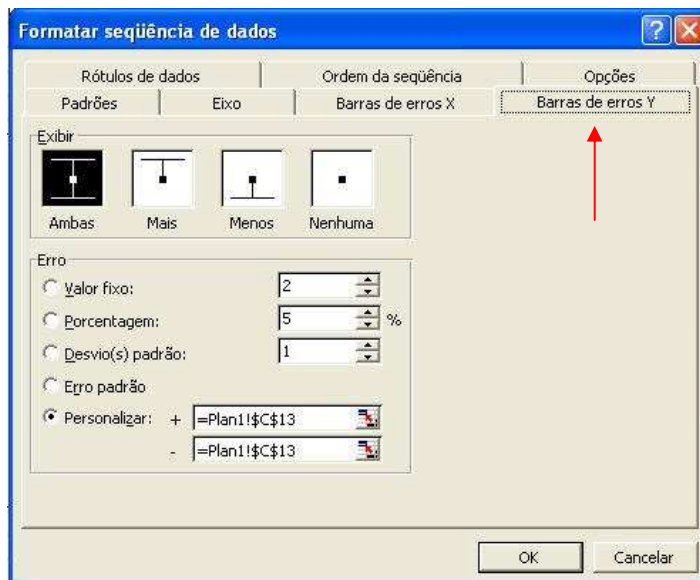


Fig. 4

- 3) Na caixa “Exibir” (Fig. 4), selecione a opção **“Ambas”**, para que as barras de incerteza apareçam no gráfico acima e abaixo dos pontos experimentais
- 4) Na caixa intitulada “Erro”, há várias opções:
  - Valor Fixo: Estipula um mesmo valor de incerteza para todos os pontos
  - Porcentagem: estipula o erro como uma fração do valor experimental
  - Desvio Padrão: caso haja necessidade, pode-se calcular a incerteza pelo desvio padrão
  - Personalizar: permite que o usuário escolha de sua tabela um valor ou uma faixa de valores de incerteza correspondentes aos pontos experimentais, tanto para mais (“+”), quanto para menos (“-“)

No caso de nosso exemplo, poderíamos utilizar tanto o “Valor Fixo” quanto o “Personalizar” para confeccionar nosso gráfico, já que a incerteza é fixa e tem valor **0,5 cm**. Após a seqüência dos passos, nosso gráfico terá o seguinte aspecto:

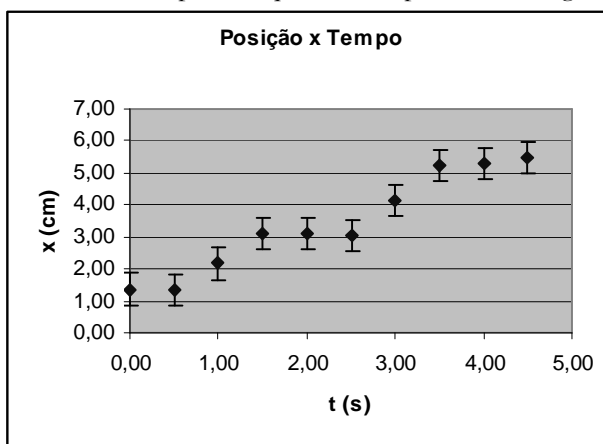


Gráfico 4

Tais procedimentos nos levam a nossa segunda dica:

- **Dica 2:** Adicione os valores de incerteza nos gráficos clicando com o botão direito sobre os pontos experimentais e selecionando o menu “*Seqüências de Dados*”. A configuração das barras de incerteza está localizada na aba “*Barras de Erros y*”.

Para o caso do gráfico da **velocidade em função do tempo**, teríamos o seguinte resultado:

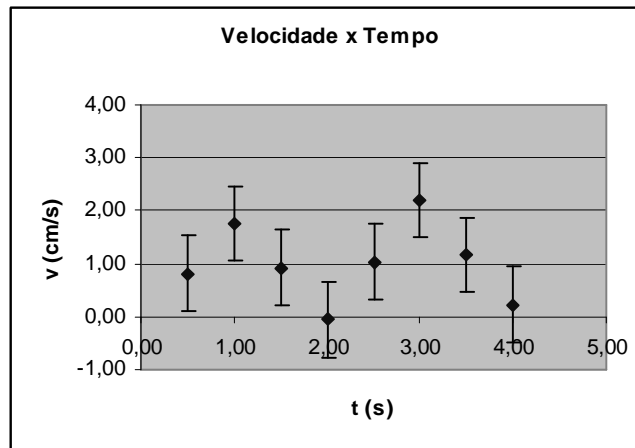


Gráfico 5

Em se tratando de impressão de gráficos para apresentação, há a necessidade de se ater a alguns detalhes operacionais a fim de se obter uma análise concisa e clara dos dados obtidos.

Como mostra com mais clareza o gráfico 4, as barras de erro não conseguem ser distinguidas muito claramente dos pontos experimentais, uma vez que o mesmo está muito grande quando comparado a suas incertezas. Também observamos que a grade preenchida não facilita a leitura dos dados. Iremos agora aprender a corrigir esses pequenos detalhes e melhorar a disposição e o corpo do gráfico.

Para corrigir a grade, primeiramente devemos clicar sobre ela com o botão direito do mouse e selecionar a opção “*Formatar área de plotagem*” (Fig. 5):



Fig. 5



Fig. 6

Em seguida, na caixa “Área” (Fig. 6) selecione a opção “Nenhuma”, a fim de deixar a área de plotagem clara para a leitura dos pontos. Os pontos experimentais, por sua vez, podem ser configurados clicando-se com o botão direito sobre os mesmos e selecionando o menu “**Formatar Seqüências de dados**” (Fig. 7):

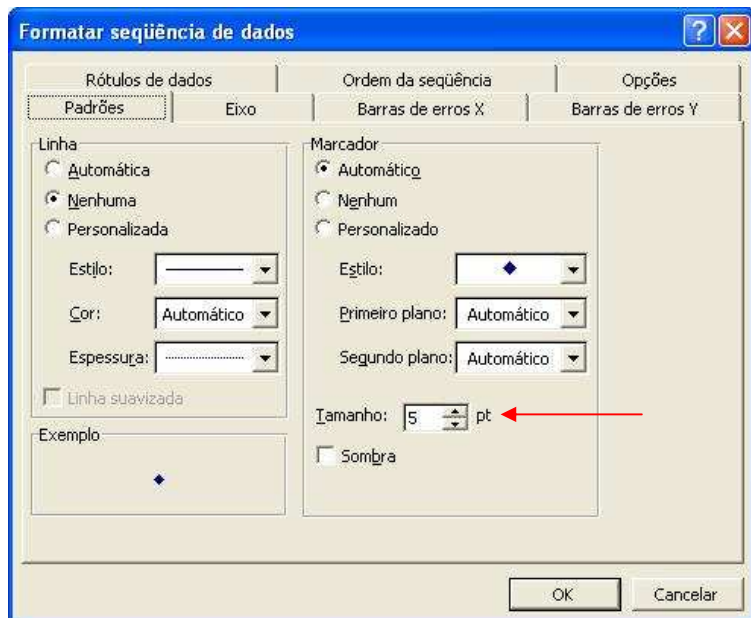


Fig. 7

Uma vez dentro do menu, teremos a opção “**Tamanho**” dentro da caixa “**Marcador**”, e uma caixa de ajuste de tamanho em pt (pontos). O ideal é que os pontos tenham um tamanho médio de **3 pt**, a fim de destacar claramente as incertezas associadas a cada ponto.

Nossa terceira dica para construção de gráficos diz respeito aos detalhes de exibição:

- **Dica 3:** Retire o preenchimento da grade do gráfico clicando sobre ela com o botão direito, no menu “*Formatar área de plotagem*”. Caso haja necessidade, diminua o tamanho dos pontos experimentais no gráfico selecionando-os com o botão direito, no menu “*Formatar seqüências de dados*”.

Após as alterações descritas acima, seus gráficos deverão estar dispostos da seguinte forma:

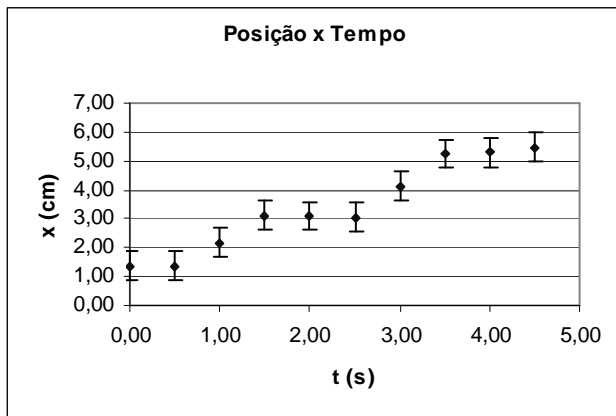


Gráfico 6

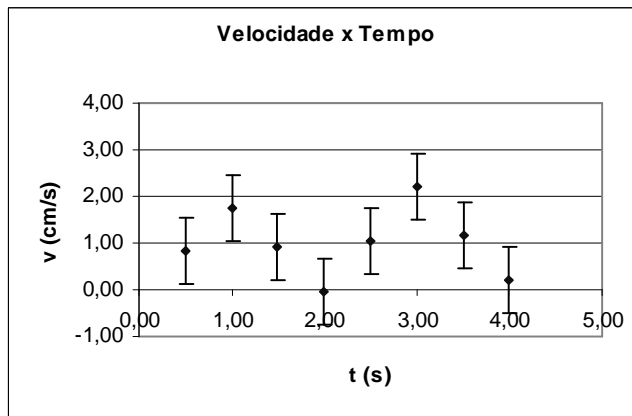


Gráfico 7

Há, entretanto, uma última alteração a ser feita de modo a clarear a **precisão** de nossos valores experimentais. Como podemos observar nos gráficos 6 e 7, os valores das escalas são números inteiros, tanto no eixo de *tempo* quanto naqueles associados à *velocidade* e *posição*. Sendo assim, não há a necessidade (estética) de se deixar os algarismos significativos após a virgula dispostos no gráfico. Por exemplo, se a escala está separada de unidades no eixo da *posição*, podemos suprimir seus 2 algarismos após a virgula.

Para corrigir esse detalhe, siga os seguintes passos:

- 1) Clique com o botão direito sobre o *eixo a ser modificado*, e selecione o menu **“Formatar Eixo”** (Fig. 8);
- 2) Selecione a aba **“Número”** (Fig. 9);

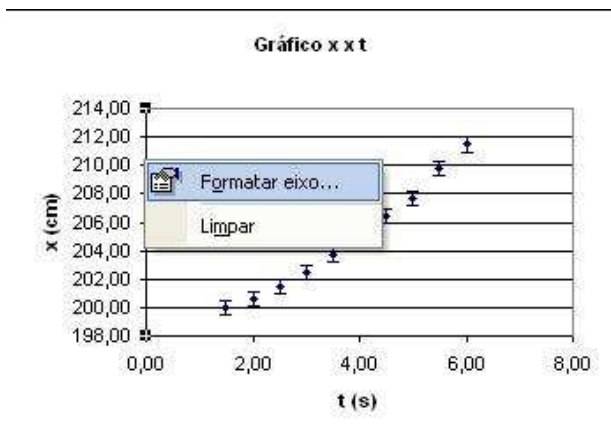


Fig. 8



Fig. 9

- 3) Na caixa **“Categoria”**, selecione **“Número”** (Fig. 10);
- 4) Na caixa **“Casas Decimais”** (Fig. 10), selecione o número de casas decimais a serem exibidos no eixo do gráfico em questão. Para o caso do nosso exemplo, selecionaremos o valor **0** para *posição*, *velocidade* e *tempo*.

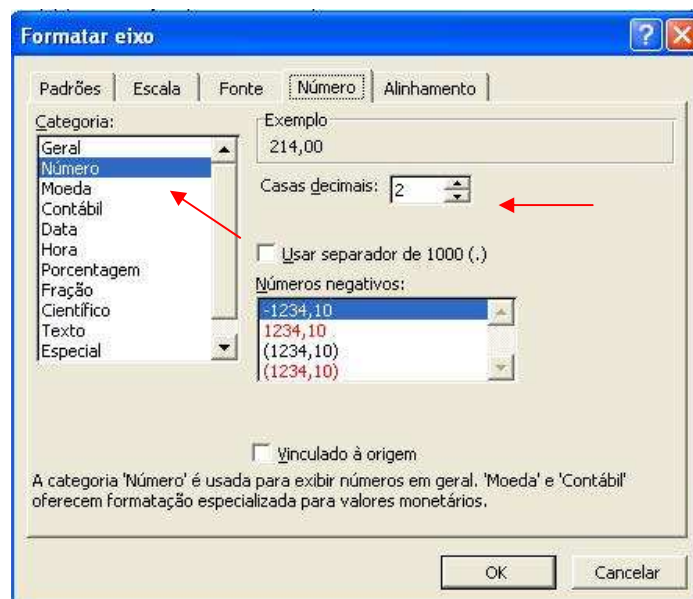


Fig. 10

Nossa última dica, portanto, diz respeito aos Algarismos Significativos dispostos nos gráficos:

- **Dica 4:** Coloque apenas os algarismos referentes ao tamanho da escala dos eixos em questão. Para modificá-los, selecione o eixo com o botão direito e ajuste o número de casas decimais pelo menu “*Formatar Eixo*”, na aba “*Número*”.

Os gráficos de *posição x tempo* e de *velocidade x tempo*, portanto, devem estar dispostos da seguinte forma:

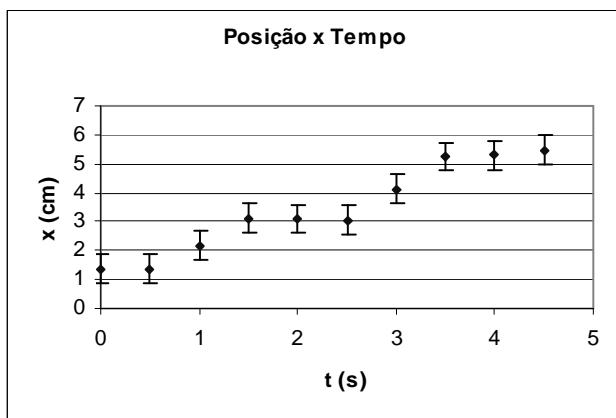


Gráfico 8

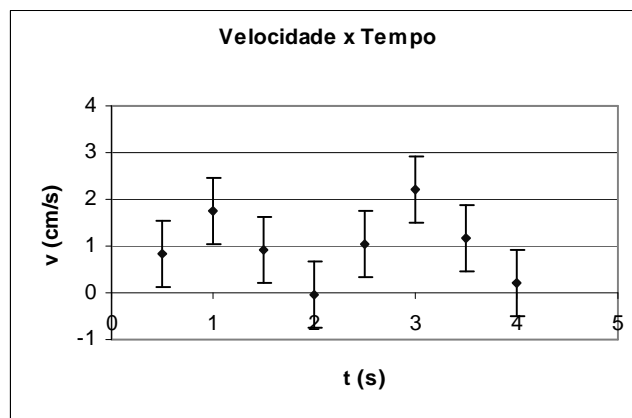


Gráfico 9