

Inserção de novas tecnologias em conjunto com aulas experimentais de cinemática – MRU e MRUV

Insertion of new technologies in experimental classes on kinematics - uniform motion and uniformly accelerated motion

Gláucio Carlos Libardoni¹, Ricardo Andreas Sauerwein², Josemar Alves³

¹ Universidade Federal de Santa Maria(UFSM)

² Universidade Federal de Santa Maria(UFSM)

³ Universidade Federal de Santa Maria(UFSM)

¹ *glauciocl@yahoo.com.br*

² *r.a.sauer@gmail.com*

³ *josemarfis@gmail.com*

Resumo

Nesse trabalho relatamos resultados de uma pesquisa que tem por objetivo a inserção de novas tecnologias na aquisição e análise de dados experimentais para o desenvolvimento de conteúdos programáticos da Cinemática. Com o intuito de alcançar tal objetivo propomos duas atividades experimentais desenvolvidas com câmeras digitais de baixa resolução, editor de vídeo Avidemux e o software matemático Octave. Essa proposta procurou desenvolver nos alunos a capacidade de trabalho com o computador a fim de facilitar suas aprendizagens na abordagem do experimento através do levantamento de hipóteses, construção e interpretação de gráficos. As atividades aqui descritas foram trabalhadas por três turmas regulares do ensino médio, viabilizando sua possibilidade de reutilização.

Palavras-chave: Atividades experimentais, Cinemática, Conteúdos Programáticos, Novas Tecnologias.

Abstract

In this study we report results of a survey which aims at the inclusion of new technologies in the acquisition and analysis of experimental data for the development of program content of kinematics. In order to achieve this goal, we propose two experimental activities developed with low-resolution digital cameras, video editor Avidemux and mathematical software Octave. This proposal sought to develop in students the ability to work with the computer in order to facilitate their learning approach in the experimental hypotheses by surveying, construction and interpretation of graphs. The activities described here were worked by three regular classes in high school, enabling their reusability.

Key Words: Experimental activities, kinematics, programmatic content, new technologies.

Introdução

Cresce o debate no meio escolar sobre a importância da inserção das Tecnologias de Comunicação e Informação (TIC's) para a melhoria do Ensino de Física. Dentre as discussões o computador destaca-se na modalidade de aquisição e análise de dados experimentais e, de um modo geral, está cada vez mais disponível/acessível na sociedade. Grandes projetos de políticas públicas como o Proinfo (Programa Nacional de Informática Educação), Computadores para Todos e UCA (Projeto Um Computador por Aluno) estão contribuindo para a montagem de laboratórios de informática nas escolas e distribuição de máquinas portáteis. Dessa forma, acreditamos que o Brasil está passando por uma fase de consolidação da tendência em que toda a sociedade use computadores para a potencialização do ensino e em trajetórias profissionais.

Sabemos que os alunos já usam computadores para a digitação de um texto, pesquisa na Internet, visualização de um vídeo e, principalmente, como ferramenta de comunicação. Mas, falta ainda que tenham o mesmo nível de desenvoltura na manipulação de dados numéricos e análise de gráficos. De acordo com ARAUJO, MOREIRA e VEIT (2004)

Uma das habilidades requeridas para a compreensão de conteúdos de Física é a construção de interpretação de gráficos. Em um gráfico uma grande quantidade de informações podem ser resumida. Ser capaz de extrair informações de um gráfico é uma habilidade de cientistas e professores, porém muitas vezes pouco compreendidas pelos estudantes (p. 179).

Entrecruzando a contribuição dos autores supracitados, juntamente com nossas compreensões, acreditamos que a capacitação do aluno no processo de ensino/aprendizagem de interpretação de gráficos requer como etapa inicial a sua participação na construção dos mesmos. Do nosso ponto de vista, as interações do aluno com o computador nas etapas de medição, distribuição das medidas nos pares ordenados, definição das unidades das grandezas nestes eixos e ajustes matemáticos são possibilidades que proporcionam condições favoráveis para uma aprendizagem efetiva.

De uma maneira geral, mesmo sem o uso de novas tecnologias, a Cinemática é um conteúdo programático pouco explorado experimentalmente, embora muito rica para esse tipo de abordagem. Empecilhos como a dedicação de um tempo considerável da aula para a coleta de dados e a dificuldade de obtenção de dados precisos contribuem para este cenário.

Com o intuito de promover condições para que grande parte da aula seja dedicada a análise dos dados do experimento optamos pela câmera digital de baixa resolução como ferramenta de medida de posição e tempo. Esse recurso destaca-se por permitir tanto uma abordagem qualitativa quanto quantitativa de situações experimentais. Quando as resoluções são nítidas o vídeo destaca-se por auxiliar no esclarecimento de dúvidas do objeto de estudo, permite a aquisição de dados precisos e torna o processo de ensino e aprendizagem bastante atraente para o aluno (Amorim, Caetano, Germano e Sismanoglu, 2009).

A abordagem quantitativa de um experimento proporciona a análise de dados através da elaboração e interpretação de gráficos. Atualmente softwares matemáticos (Origin, Excel, Matlab, Mathematica, Octave, etc) são utilizados no ensino nas áreas das ciências exatas em nível médio, superior e em trajetórias profissionais. Por ser um software livre e pela semelhança com o Matlab trabalhamos com o Octave (Eaton, 1997). Entendemos esse programa como uma ferramenta interessante em nível médio para construção de gráficos

teóricos e experimentais. Junto a isso, destacamos aplicações para o Cálculo em Nível Superior como limites, derivadas e integrais.

Assim, a partir do objetivo da pesquisa, dispomos a comunidade duas propostas experimentais que exploram a inserção de novas tecnologias num processo de interação (aluno-experimento) a qual tem por objetivo o desenvolvimento de conteúdos curriculares de Física do nível médio. Nessa perspectiva incorporamos o computador como ferramenta de busca de verificação de hipóteses pelos alunos, na direção de uma alfabetização computacional para o uso de um software matemático de uso geral.

Os colaboradores desta pesquisa foram alunos de três turmas do 1º ano do ensino médio de uma escola da rede privada no município de Santa Maria/RS/Brasil. A duração da pesquisa distribuiu-se em 20 horas/aula nas quais estudamos o MRU e MRUV através de aulas teóricas e duas atividades experimentais.

As turmas foram divididas em grupos de 2 a 5 alunos a fim de facilitar a interação e participação dos mesmos nos processos de elaboração dos vídeos, construção dos gráficos e confecção de um relatório. Desse modo, ao final de cada experimento cada grupo deveria apresentar uma versão escrita com objetivo de integração da teoria e experimento do MRU e MRUV.

No estudo do MRU foram obtidos experimentalmente valores de posições e instantes de tempo de uma arruela que desceu ao longo de uma barra roscada. Com a hipótese de que a rapidez do movimento é a mesma no primeiro e no último intervalo de tempo do movimento o gráfico do módulo da velocidade em função do tempo é uma reta paralela ao eixo dos tempos. Com a finalidade de avaliar nossa hipótese o gráfico da posição em função do tempo foi ajustado com a equação $X=X_0 + Vt$, onde a velocidade instantânea (V) é igual a velocidade média (V_m).

Para o estudo do MRUV foram obtidos experimentalmente valores de posições e instantes de tempo de um volante que desce ao longo de uma calha com inclinação constante em relação à horizontal. Com a hipótese de que a rapidez do movimento não é a mesma determinou-se a velocidade instantânea (V) com o procedimento de estipular seu módulo através do módulo da velocidade média (V_m). Num intervalo de tempo (Δt) o módulo da velocidade média é igual ao módulo da velocidade instantânea (V) no meio desse intervalo de tempo. Isso quando o módulo da velocidade aumenta ao longo do tempo. Com a finalidade de avaliar nossa hipótese o gráfico da velocidade em função do tempo foi ajustado com a equação $V=V_0 + at$ e o gráfico da posição em função do tempo foi ajustado com a equação $X=X_0 + V_0t + at^2/2$.

Materiais e Métodos

Experimento do MRU

O experimento do MRU foi confeccionado com uma barra roscada 5/16'' com 100 cm de comprimento fixa num pedaço de madeira (30 cm x 30 cm) que sustenta a barra na vertical. Numa região próxima da parte superior da barra e com um procedimento manual a arruela foi forçada a iniciar um movimento de giro descendente. Na função captura de vídeo a câmera OLYMPUS modelo X-760 6.0 megapixel foi acionada na região que a arruela encontrava-se próxima da primeira marca branca (Figura 1). O responsável pela filmagem manteve a distância aproximada de 30 cm entre a câmera digital e arruela do início ao fim da gravação.

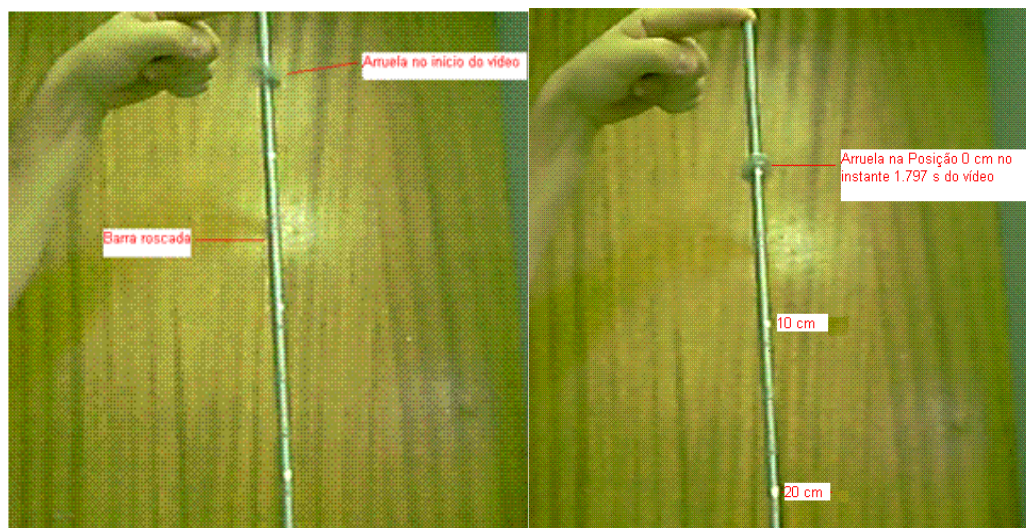


Figura 1: Arruela ao longo da barra roscada

Experimento do MRUV

O experimento do MRUV foi abordado com um volante que rola numa calha inclinada de um ângulo constante em relação à horizontal (Figura 2). Na posição $X_0 = 0$ cm o volante foi abandonado e iniciou o movimento ao longo da calha. Na função captura de vídeo e com câmeras digitais de propriedade dos integrantes da turma cada grupo filmou o seu próprio vídeo.



Figura 2: Aparato experimental do MRUV.

Resultados e discussão

Experimento do MRU

A escala do experimento do MRU era de 10 cm em 10 cm onde marcas brancas foram grafadas na barra roscada. Numa sala de projeção de imagens a visualização do vídeo foi obtida com o editor Avidemux que permitiu medidas com um intervalo (1/15) s entre cada quadro do vídeo. Na própria análise do vídeo a turma concluiu que a arruela nem trancava e nem escorregava durante a descida. Dessa forma, a rapidez do movimento não era alterada. Em aproximadamente 10 minutos cada turma elaborou o vídeo e adquiriu 9 medidas de posição e instante de tempo. Nesse momento a inovação do método de medir o tempo

contribuiu no processo de aquisição de dados, pois com as opções avançar e retroceder foi possível posicionar a arruela o mais próximo possível das marcas brancas ao longo da barra.

A Tabela 1 mostra resultados obtidos por uma das turmas.

t(s)	X(cm)
0	0
5,973	10
12,785	20
19,444	30
26,568	40
33,493	50
39,952	60
46,345	70
52,870	80

Tabela 1: Posições da arruela nos respectivos instantes de tempo(t) do movimento.

Com os dados de uma tabela é possível associar os pares ordenados medidos e posteriormente ajustar um gráfico que permite a análise do movimento em regiões intermediárias dos dados. A maneira clássica de realização dessas tarefas é a utilização do papel milimetrado. Como maneira alternativa o computador pode trazer contribuições no processo de elaboração e interpretação de gráficos, desde que o aluno tome iniciativas e atue nesse processo. Etapas como a distribuição de valores nos eixos cartesianos, escolha das unidades das grandezas nesses eixos, definição de escalas, decisões sustentadas pela teoria e ajustes experimentais podem ser realizadas pelos alunos tanto com o papel milimetrado quanto pelo computador. Porém, o computador permite uma maior mobilidade e rapidez no processo de tomada de decisões e análise crítica dos resultados. Para cumprir com as necessidades básicas na construção de gráficos optamos pelo software matemático Octave que funciona através de linhas de comando. As letras digitadas no teclado do computador aparecem nessas linhas. Ao final de cada comando a tecla “Enter” é pressionada. Para extrairmos aproveitamentos desse tipo de ferramenta deixamos claro que o objetivo da utilização dos comandos não é de penalizar o aluno, mas sim proporcionar que o computador execute as decisões tomadas e avalie se estão ou não corretas. Com esse propósito e na sala de projeção o Octave foi utilizado com cinco comandos básicos (Figura 3):

```
octave:1> X=[0 10 20 30 40 50 60 70 80];  
octave:2> t=[0 5.973 12.785 19.444 26.568 33.493 39.952 46.345 52.870];  
octave:3> plot(t,X,"*")  
octave:4> xlabel("t(s)")  
octave:5> ylabel("X(cm)")
```

Figura 3:Cinco comandos básicos do Octave.

No primeiro e no segundo comando cada coluna da Tabela 1 foi transformada em uma linha (vetor linha). O terceiro comando é responsável por criar a figura e os argumentos entre parênteses definem em qual dos eixos cada variável será colocada. O primeiro deles “t” definiu os valores do eixo horizontal. O segundo deles “X” definiu os valores do eixo vertical. O terceiro deles “*” associou cada par ordenado. O quarto e o quinto comando, respectivamente, nomearam o eixo horizontal e vertical.

O resultado é a Figura 4.

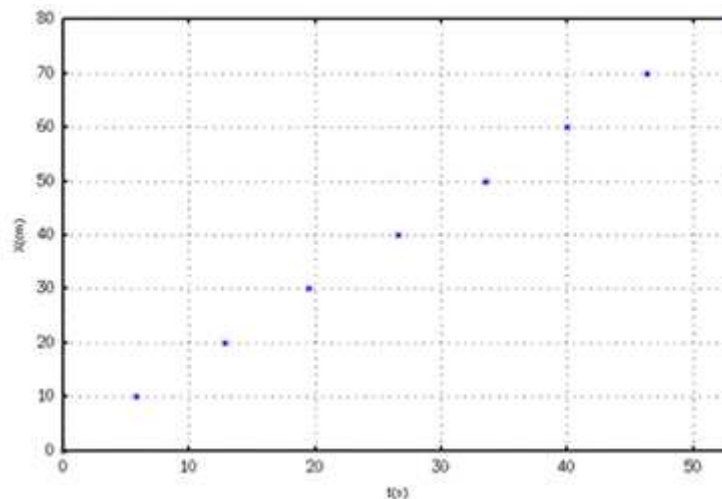


Figura 4: Gráfico com pares ordenados de posição e tempo.

Através dos pares ordenados do gráfico acima foram determinados os módulos das velocidades médias para cada intervalo de tempo. Foi possível notar uma diferença de 0.32 cm/s entre o maior módulo da velocidade média e o menor módulo da velocidade média. Com isso concluiu-se que a rapidez do movimento permanece praticamente constante ao longo do movimento. Dessa forma, considerou-se que a velocidade da arruela permaneceu constante sendo seu módulo igual à média aritmética das velocidades médias. Assim, com $V=1.51$ cm/s e os comandos básicos do Octave foi construído o gráfico do módulo da velocidade em função do tempo (Figura 5).

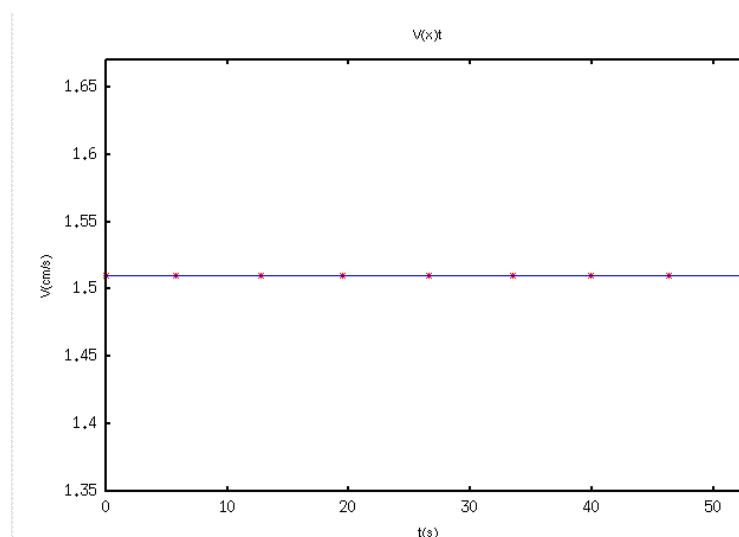


Figura 5: Gráfico do módulo da velocidade em função do tempo.

No MRU o módulo da velocidade é constante. O gráfico do módulo da velocidade em função do tempo é uma reta paralela ao eixo dos tempos. A área do retângulo definido entre o gráfico e o eixo dos tempos representa a variação da posição (ΔX) entre dois instantes de tempo (Equação 1).

$$X = X_0 + (V)(t) \quad \text{Equação 1}$$

No experimento $X_0 = 0 \text{ cm}$ e $V = 1.51 \text{ cm/s}$, assim a posição da arruela variou com o tempo através de $X = \left(1.51 \frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)(t)$. Essa última equação foi aplicada para o ajuste dos pares ordenados de posição e tempo. O resultado obtido pode ser verificado na Figura 6.

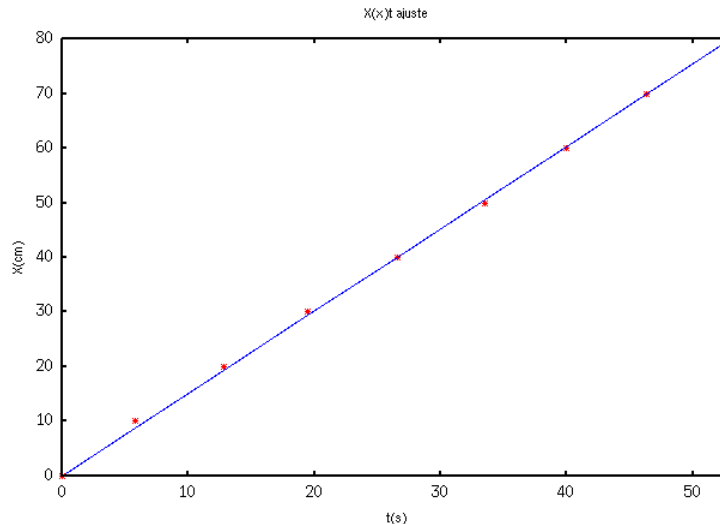


Figura 6: Gráfico com pares ordenados de posição e tempo ajustados por $X=(1.51 \text{ cm/s})(t)$

O gráfico mostra que $X= (1.51 \text{ cm/s}) (t)$ é um bom ajuste para os pares ordenados de posição e tempo. Esse resultado implica que as novas tecnologias podem ser boas ferramentas no auxílio de aulas experimentais do MRU no Ensino de Física.

Os problemas que podem ter contribuído para que os pares ordenados apresentassem desvios em relação ao ajuste foram:

- 1) o procedimento manual para que a arruela iniciasse um movimento de giro forçado ao longo da barra roscada.
- 2) a resolução de 6.0 megapixel da imagem adquirida pela câmera fotográfica.

Experimento do MRUV

A escala do experimento do MRUV era de 10 cm em 10 cm onde marcas vermelhas foram grafadas na calha. Nesse experimento cada grupo filmou o vídeo com câmeras digitais de propriedade de integrantes da turma. Para cada grupo foi distribuído um CDROM com o editor de vídeo Avidemux e o software matemático Octave com o objetivo de um trabalho extra-classe por parte dos alunos.

A Tabela 2 mostra a aquisição de dados de um dos grupos:

X(cm)	t(s)
0	0
5	2,66
10	3,73
20	5,2
30	6,4

40	7,4
50	8,26
60	9,06
70	9,79
80	10,46
90	11,12
100	11,73
110	12,33
120	12,86
130	13,39

Tabela 3: Posições do volante nos respectivos instantes de tempo(t) do movimento.

Com os dados dessa tabela o grupo construiu a Figura 7.

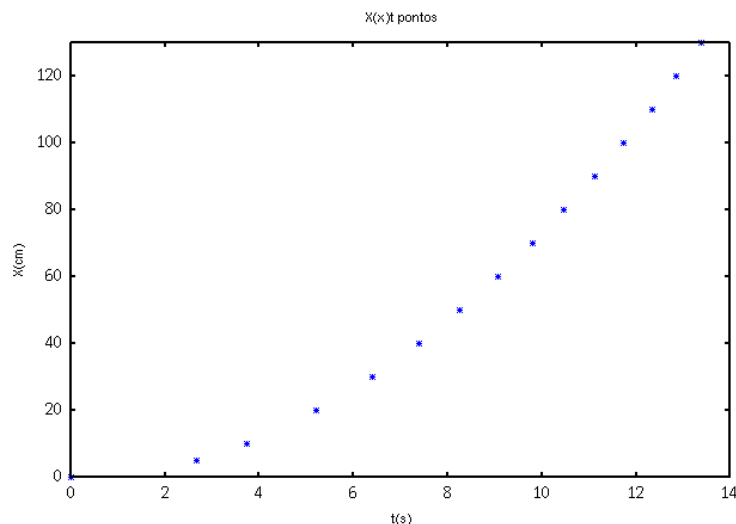


Figura 7: Gráfico com pares ordenados de posição e tempo.

Com os pares ordenados do gráfico e com a definição de velocidade média $V_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\Delta X}{\Delta t}$ foi proposto para os grupos a determinação dos módulos da velocidade média do volante nos primeiros 10 cm do movimento e nos últimos 10 cm do movimento.

Notou-se que a rapidez do movimento não é a mesma ao longo do movimento e a velocidade está aumentando ao longo do tempo a partir da velocidade inicial 0 cm/s. A visualização dos vídeos estava de acordo com essa hipótese, pois a medida que o tempo passava as imagens estavam cada vez mais borradas, ou seja, o volante movia-se cada vez mais rápido. Se no intervalo Δt o módulo da velocidade média foi igual à V_m pode-se afirmar que em parte desse percurso a velocidade instantânea é menor que velocidade média e na outra parte do percurso a velocidade instantânea é maior que a velocidade média. Com isso levantou-se a hipótese que na metade do intervalo de tempo a velocidade instantânea é igual à velocidade média. Esse raciocínio foi aplicado para todo o movimento do volante e o resultado de um dos grupos encontra-se na Figura 8.

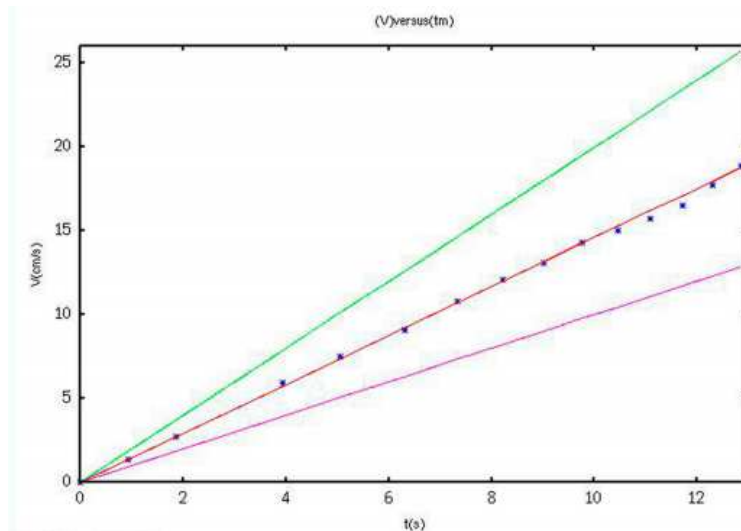


Figura 8: Gráficos com ajustes dos pares ordenados de velocidade e tempo.

Nas aulas teóricas a aceleração média foi definida por $a_{\text{m}} = \frac{\Delta V}{\Delta t_{\text{m}}}$. Essa equação matemática foi aplicada para os pares ordenados do gráfico acima e a aceleração média permaneceu praticamente constante. Assim, a aceleração instantânea (a) do volante é igual à aceleração média. A teoria afirma que no MRUV a equação $V=V_0 + at$ ajusta os pares ordenados de velocidade e tempo. Como no experimento $V_0=0$ cm/s o grupo ajustou os pares ordenados pelas equações:

$V_{\text{ajus}}=(2)(t_{\text{m}})$ que resultou na linha verde.

$V_{\text{ajus}}=(1.46)(t_{\text{m}})$ que resultou na linha vermelha.

$V_{\text{ajus}}=(1)(t_{\text{m}})$ que resultou na linha roxa.

No MRUV o módulo da aceleração é constante. O gráfico do módulo da velocidade em função do tempo é uma reta com declividade constante. Para um caso geral que a velocidade aumenta no tempo a partir de um valor inicial diferente se zero vale a Figura 9:

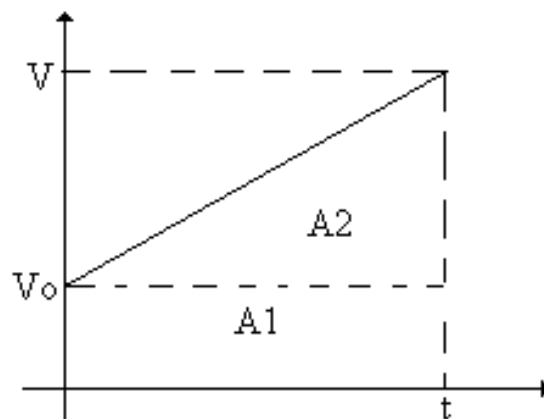


Figura 9: Gráfico da velocidade em função do tempo no MRUV

A área do trapézio definido entre o gráfico e o eixo dos tempos representa o módulo do deslocamento(d) entre dois instantes de tempo.

Com o gráfico acima foi deduzida a equação da posição em função do tempo:

$$\Delta X = A$$

$$A = A_1 + A_2$$

$$A_1 = (V_o)(t)$$

$$A_2 = \frac{(t)(V - V_o)}{2} = \frac{(t)(at)}{2} = \frac{at^2}{2}$$

$$\Delta X = (V_o)(t) + \frac{at^2}{2}$$

$$X - X_o = (V_o)(t) + \frac{at^2}{2}$$

$$X = X_o + (V_o)(t) + \frac{at^2}{2}$$

No experimento $X_o = 0$ cm e $V_o = 0$ cm/s. Então, o ajuste do gráfico da posição em função do tempo (Figura 10) correspondente a aceleração de 1.46 cm/s² foi $X = (0.73)(t)^2$ e corresponde a linha vermelha. A linha verde corresponde ao ajuste $X = (1)(t)^2$ e a azul $X = (0.2)(t)^2$.

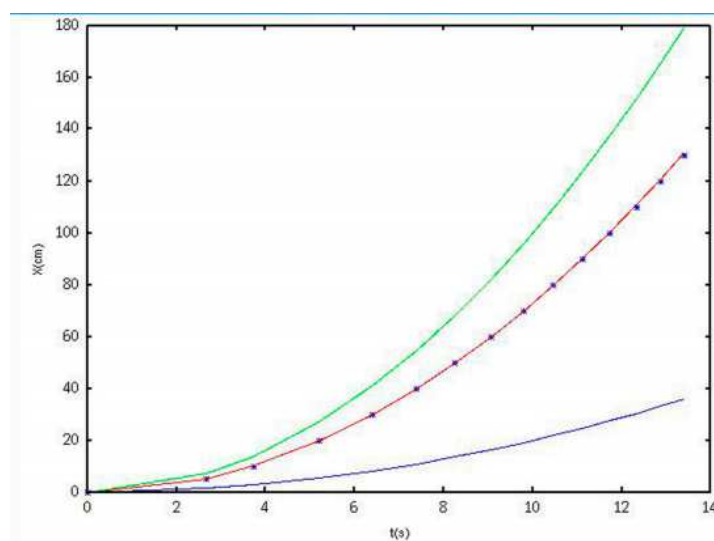


Figura 10: Gráficos com ajustes dos pares ordenados de posição e tempo.

Os gráficos da Figura 10 mostram que $X = (0.73)(t)^2$ é um bom ajuste para os pares ordenados de posição e tempo. Esses resultados implicam que as novas tecnologias podem ser boas ferramentas no auxílio de aulas experimentais do MRUV no Ensino de Física.

O problema que pode ter contribuído para que os pares ordenados apresentassem desvios em relação aos ajustes foi:

1) a resolução da imagem adquirida pela câmera digital. À medida que a velocidade do volante aumentou a imagem revelou uma limitação em relação à quantidade de quadros filmados por segundo. Esse resultado está de acordo com o ajuste dos pares ordenados na Figura 8.

Conclusão

Com a inserção das novas tecnologias e materiais simples é possível estudar o MRU e o MRUV com possibilidades onde os alunos aprendam: a Cinemática pela experimentação, a necessidade do levantamento e verificação de hipóteses no experimento e o contato com a elaboração e interpretação de gráficos com o computador.

Essas atividades propostas para o desenvolvimento de conteúdos programáticos mostram que as câmeras digitais de baixa resolução podem ser úteis na aquisição de dados, já que proporcionam uma maior quantidade de medidas quando comparado ao método de utilização do cronômetro digital manual. Junto a isso, permite a interação do aluno com o experimento em horários extra-classe, podendo reutilizá-lo quantas vezes lhe pareça necessário para a produção de resultados satisfatórios.

Este trabalho apresenta uma proposta que insere as novas tecnologias para o desenvolvimento do conteúdo programático. Entendemos que esse tipo de pesquisa contribui para a diminuição da distância entre as pesquisas do meio acadêmico e a sala de aula de nível médio. Dentre as várias possibilidades de uso das novas tecnologias no ensino de física, optamos pela inserção em atividades experimentais, por acreditarmos que esta seja a que melhor proporciona a interação dos alunos com o processo de aquisição e análise de dados, permitindo que compreendam a utilidade de uma tabela e a relação dos conceitos da cinemática com os gráficos.

Assumimos que não foram todos os grupos que conseguiram elaborar gráficos como da Figura 8 e 10. Motivos como concepções prévias de que em Física basta substituir números em equações matemáticas, utilização do computador para resultados imediatos como a busca de pesquisas na Internet, falta de familiaridade com uso de comandos e a divisão de etapas do trabalho pelos integrantes de alguns grupos justificam esse resultado. Em contrapartida, os resultados de alguns grupos, como os elaboradores das Figuras 8 e 10, mostram que é possível desenvolver nos alunos a capacidade de utilização do computador de uma maneira independente das iniciativas propostas pelo professor.

Para tornar positiva a experiência com a inserção de novas tecnologias no desenvolvimento de conteúdos programáticos sugerimos que sejam trabalhadas de uma maneira que integram o experimento as aulas teóricas. Entendemos que esse tipo de abordagem seja fundamental para investigarmos de que forma os alunos utilizam seus computadores pessoais e assim, estruturarmos atividades que potencializam o aprendizado em Física.

Referências

I.S, ARAUJO, E.A, VEIT, M.A, MOREIRA. Atividades de modelagem computacional no auxílio a interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p.179,184), São Paulo: 2004

J. AMORIM, R. CAETANO, J.S.E GERMANO, B.N. SISMANOGLU. A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p.1501-1,1501-07), São Paulo: 2009

J.W, EATON. **GNU Octave. A high-level interactive language for numerical computation**,1997.Disponível em <http://www.octave.org>. Acesso em 20/05/2011.