

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**A INSERÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM
CONJUNTO COM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO
ENSINO DE FÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Gláucio Carlos Libardoni

Santa Maria, RS, Brasil

A INSERÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM CONJUNTO COM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Gláucio Carlos Libardoni

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Linha de Pesquisa Educação Científica: Processos de Ensino de Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de

Mestre em Educação em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andreas Sauerwein

Santa Maria/ RS/ Brasil

2012

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química
da Vida e Saúde**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Defesa de Dissertação de Mestrado

**A INSERÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM CONJUNTO COM
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA**

elaborada por
Gláucio Carlos Libardoni

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ricardo Andreas Sauerwein (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Profa. Dra. Isabel Krey Garcia (UFSM)

Prof. Dr. José Antônio Trindade Borges da Costa (UFSM)

Santa Maria, 29 de março de 2012

AGRADECIMENTOS

À minha família, Zecarlos Libardoni, Vera Lúcia Giacomini Libardoni e Thiele de Cássia Libardoni, pelos valores que me ensinam a cada dia.

À minha namorada, Daniela Medeiros, pela companhia que nos leva a concretização de nossos sonhos.

Aos professores do Curso de Licenciatura em Física da UFSM, em especial ao Grupo de Ensino de Física (GEF), pelas contribuições à minha formação.

Ao professor Ricardo, pelas importantes sugestões no trabalho, fundamentais para a minha capacitação de professor/pesquisador.

Ao professor Juca e a professora Isabel, pela leitura criteriosa do trabalho.

“A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe”.

Jean Piaget

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Mestrado em Educação em Ciências
Universidade Federal de Santa Maria

A INSERÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM CONJUNTO COM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

AUTOR: GLÁUCIO CARLOS LIBARDONI

ORIENTADOR: PROF. DR. RICARDO ANDREAS SAUERWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria/RS, 29 de março de 2012.

Neste trabalho apresentamos uma proposta pedagógica de inserção de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) no Ensino de Física em Nível Médio para a aquisição automática de dados experimentais e análise numérica e gráfica de fenômenos físicos. Essa proposta pedagógica foi implementada num conjunto de atividades didáticas que elaboramos e aplicamos no estudo do pêndulo simples, pêndulo amortecido, movimento retilíneo uniforme (MRU) e movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), em duas escolas (pública e privada) da cidade de Santa Maria/RS/Brasil, nos anos de 2010 e 2011. No desenvolvimento desses conteúdos programáticos as aquisições de dados experimentais foram feitas através de filmagens, usando câmeras digitais de baixa resolução (como, por exemplo, as disponíveis em telefones celulares). As análises gráficas e numéricas dos dados foram feitas através do OCTAVE (um software matemático livre compatível com o MATLAB). A utilização desses recursos em sala de aula e em horários extraclasse proporcionou o estudo quantitativo de fenômenos em paralelo à promoção de uma autonomia computacional dos alunos durante a construção do conhecimento. Esses resultados mostram que as TIC's desempenharam um papel fundamental no andamento das atividades didáticas, pois promoveram uma participação ativa dos alunos no processo ensino/aprendizagem.

Palavras – chave: Ensino de Física; Conteúdos Programáticos; Tecnologias de Informação e Comunicação, Autonomia Computacional.

ABSTRACT

Mastering Dissertation
Postgraduate Course in Science Education: Chemistry of Life and Health
Master of Education Sciences
Federal University of Santa Maria

THE INTEGRATION OF NEW TECHNOLOGIES IN CONJUNCTION WITH EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN THE TEACHING OF PHYSICS

AUTHOR: GLÁUCIO CARLOS LIBARDONI
SUPERVISOR: PROF. DR. RICARDO ANDREAS SAUERWEIN
Date and Location of Defense: Santa Maria / RS, March 29, 2012.

We present a pedagogical proposal for inclusion of Information and Communication Technologies (ICTs) in teaching Physics in High School for the automatic acquisition of experimental data and numerical and graphical analysis of physical phenomena. This pedagogical proposal was implemented in a number of educational activities we have developed and applied in the study of a simple pendulum, damped pendulum, uniform rectilinear motion (MRU) and uniformly varied rectilinear motion (MRUV) in two schools (public and private) from Santa Maria / RS / Brazil in the years 2010 and 2011. In the development of program content of experimental data acquisitions were made through filming, using low-resolution digital cameras (eg, those available on mobile phones). The numerical and graphical free analyzes of data were made using the OCTAVE (a mathematical software compatible with MATLAB). The use of these resources in the classroom and extracurricular schedules provided a quantitative study of phenomena in parallel to promote a range of computing students during the construction of knowledge. These results show that ICTs have played a key role in the progress of educational activities, as promoted active participation of students in teaching / learning process.

Key-words: Physical Education; Program Contents; Information and Communication Technologies; Computacional Autonomy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem estática do vídeo do pêndulo simples no início do movimento ..	28
Figura 2 - Imagem estática do vídeo do pêndulo simples após uma oscilação	29
Figura 3 - Imagem estática do vídeo do pêndulo amortecido no início do movimento	30
Figura 4 - Imagem estática do vídeo do pêndulo amortecido após uma oscilação .	30
Figura 5 - Imagem estática da área de trabalho da plataforma computacional inserida no CDROM	32
Figura 6 - Aparato experimental do MRU: arruela lisa, barra roscada e suporte	35
Figura 7 - Aparato experimental do MRUV: volante, calha e suporte	36
Figura 8 - Imagem na qual os grupos deveriam ilustrar as forças que atuam no pêndulo simples na posição de máximo afastamento	46
Figura 9 - O popular “triângulo mágico”	65
Figura 10 - Ajustes dos pares ordenados de posição e tempo do volante	75
Figura 11 - Exemplo de uso do programa computacional elaborado por um aluno durante as atividades didáticas do MRU e MRUV	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tratamento de dados, realizado com o OCTAVE, do pêndulo simples com $l= 98 \text{ cm}$ e $x_0= 20 \text{ cm}$	51
Gráfico 2 - Tratamento de dados do pêndulo simples, realizado com o OCTAVE, com um erro na entrada de dados	51
Gráfico 3 - Tratamento semiquantitativo, realizado com o OCTAVE, do pêndulo amortecido com $l= 98 \text{ cm}$	52
Gráfico 4 - Tratamento de dados, realizado com o Origin, do pêndulo simples com $l= 98 \text{ cm}$ e $x_0= 20 \text{ cm}$	61
Gráfico 5 - Ajuste dos pares ordenados de posição e tempo apresentados na Tabela 10 com a equação matemática $X=(1.54 \text{ cm/s})(t)$	67
Gráfico 6 - Pares ordenados de posição (X) e tempo (t) correspondentes a Tabela 12	70
Gráfico 7 - Medidas da 4ª e 5ª coluna da Tabela 14 ajustadas com a equação matemática $V= (1,49 \text{ cm/s}^2)(t_m)$	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores do erro relativo na aproximação $\sin\theta=\theta$ no pêndulo simples ...	48
Tabela 2 - Contribuições dos recursos didáticos nas atividades didáticas do pêndulo simples e pêndulo amortecido	53
Tabela 3 - Opiniões dos grupos referentes à tarefa de providenciar câmera digital para a filmagem do pêndulo simples	54
Tabela 4 - Número de gravações para a obtenção da versão final do vídeo do pêndulo simples em sala de aula	55
Tabela 5 - Demanda de tempo para a obtenção da versão final do vídeo do pêndulo simples em sala de aula	55
Tabela 6 - Demanda de tempo para a aquisição de 60 pares ordenados de alongação e tempo do pêndulo simples em horário extraclasse	56
Tabela 7 - Opiniões dos grupos referentes à nossa proposta de auxílio para a construção de gráficos com o OCTAVE	57
Tabela 8 - Formas de acesso aos programas computacionais para a aquisição e tratamento de dados do pêndulo simples e do pêndulo amortecido	58
Tabela 9 - Opiniões dos grupos em relação ao desenvolvimento das atividades didáticas do pêndulo simples e do pêndulo amortecido	60
Tabela 10 - Medidas experimentais do MRU em uma das turmas.....	66
Tabela 11 - Contribuições dos recursos didáticas nas atividades didáticas do MRU	68
Tabela 12 - Dados de posição e tempo do experimento do MRUV	69
Tabela 13 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 9 e 10 do MRUV	71
Tabela 14 - Resultados da hipótese para a determinação da velocidade do volante	72
Tabela 15 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 11 e 12 do MRUV	73
Tabela 16 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 13 e 14 do MRUV	74
Tabela 17 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 15 e 16 do MRUV	75

Tabela 18 - Opiniões dos grupos referentes à tarefa de providenciar câmera digital para a filmagem do experimento do MRUV	77
Tabela 19 - Número de gravações para a obtenção da versão final do vídeo do MRUV em sala de aula	78
Tabela 20 - Demanda de tempo para a obtenção da versão final do vídeo do MRUV em sala de aula	78
Tabela 21 - Demanda de tempo para a aquisição de 15 medidas de posição e tempo no experimento do MRUV em horários extraclasse	78
Tabela 22 - Opiniões dos grupos referentes à nossa proposta de auxílio para a construção de gráficos com o OCTAVE	80
Tabela 23 - Formas de acesso aos programas computacionais para a aquisição e tratamento de dados do MRUV	81
Tabela 24 - Opiniões dos alunos em relação ao desenvolvimento das atividades didáticas do MRU e MRUV	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Questões referentes à atividade didática do pêndulo simples.	93
Anexo II – Questões referentes à atividade didática do pêndulo amortecido.	95
Anexo III – Questionário aplicado após o desenvolvimento das atividades didáticas do pêndulo simples e do pêndulo amortecido.	96
Anexo IV – Questionário aplicado após o desenvolvimento das atividades didáticas do MRU e MRUV.....	98
Anexo V – Roteiro para a elaboração dos gráficos do pêndulo simples com o OCTAVE.....	100
Anexo VI – Roteiro para a elaboração dos gráficos do pêndulo amortecido com o OCTAVE.....	102
Anexo VII – Roteiro para a elaboração dos gráficos do experimento do MRUV com o OCTAVE.....	103

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 PROPOSTA PEDAGÓGICA	21
3 ATIVIDADES DIDÁTICAS	28
3.1 Atividades do pêndulo simples e pêndulo amortecido.....	33
3.1.1 Aula 1	33
3.1.2 Aulas 2 e 3	33
3.1.3 Aula 4	34
3.1.4 Aula 5	34
3.2 Atividades do MRU e MRUV	37
3.2.1 Aulas 1 e 2	37
3.2.2 Aulas 3 e 4	37
3.2.3 Aulas 5 e 6	38
3.2.4 Aulas 7 e 8	39
3.2.5 Aulas 9 e 10	39
3.2.6 Aulas 11 e 12	40
3.2.7 Aulas 13 e 14	40
3.2.8 Aulas 15 e 16	41
3.2.9 Aulas 17, 18 e 19	42
4 ATIVIDADES DIDÁTICAS: ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	43
4.1 Análise das atividades didáticas do pêndulo simples e pêndulo amortecido	43
4.1.1 Resultados da diversificação de estratégias	43
4.1.2 Discussão dos resultados dos questionários.....	53
4.2 Análise das atividades didáticas do MRU e MRUV	62
4.2.1 Resultados da diversificação de estratégias	62
4.2.1.1 Relato das aulas do MRU.....	63
4.2.1.1.1 Relato das Aulas 1 e 2	63
4.2.1.1.2 Relato das Aulas 3 e 4	64
4.2.1.1.3 Relato das Aulas 5 e 6	67
4.2.1.1.4 Relato das Aulas 7 e 8	68

4.2.1.1.5 Avaliação das aulas do MRU	68
4.2.1.2 Relato das aulas do MRUV e resultados das tarefas extraclasse.	69
4.2.1.2.1 Relato das Aulas 9 e 10 e resultados das tarefas extraclasse.	69
4.2.1.2.2 Relato das Aulas 11 e 12 e resultados das tarefas extraclasse.	71
4.2.1.2.3 Relato das Aulas 13 e 14 e resultados das tarefas extraclasse.	73
4.2.1.2.4 Relato das Aulas 15 e 16 e resultados das tarefas extraclasse.	74
4.2.1.2.5 Relato das Aulas 17, 18 e 19.	76
4.2.1.2.6 Avaliação das aulas do MRUV e das tarefas extraclasse.	76
4.2.2 Discussão dos resultados dos questionários.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS.....	90
ANEXOS	93

1 INTRODUÇÃO

A inserção do computador no meio escolar vem crescendo nos últimos anos, tendo em vista a necessidade de diversificação de métodos para a melhoria do Ensino de Física (FIOLHAIS e TRINDADE, 1999). Grandes projetos de políticas públicas, como o Proinfo (Programa Nacional de Tecnologia Educacional), <http://portal.mec.gov.br/>, UCA (Projeto um Computador por Aluno), www.uca.gov.br, e Computadores para Todos, <http://www.computadorparatodos.gov.br>, estão contribuindo para a montagem de laboratórios de informática nas escolas e distribuição de máquinas portáteis. Com isso, o Brasil está passando por uma fase de consolidação da tendência de que toda a sociedade use computadores para a potencialização do ensino e em trajetórias profissionais.

Paralelamente à disseminação dos computadores, várias iniciativas vêm sendo tomadas no sentido de disponibilizar materiais pedagógicos aos professores com o objetivo de facilitar a construção do conhecimento em Física com a utilização do computador. Dentre essas, destacamos três: o Modellus, o RIVED (Rede Interativa Virtual de Educação) e o PhET (sigla em inglês do projeto Tecnologia Educacional em Física).

O software livre Modellus (<http://modellus.fct.unl.pt>) tem como principal característica a construção de simulações e animações através da modelagem matemática do fenômeno. As etapas de elaboração seguem a ordem de criação do modelo e a sua interpretação. Na primeira janela do programa as equações matemáticas que descrevem o modelo são escritas pelo aluno. Posteriormente, o programa interpreta as mesmas e, como principal recurso, disponibiliza saídas gráficas que podem ser acompanhadas simultaneamente com a animação do fenômeno (Araújo, 2006). Nesse sentido, o aluno pode dedicar um tempo maior na análise e discussão dos resultados, já que esses são apresentados pelo computador na forma de tabelas e na maioria das vezes em gráficos.

Os recursos disponibilizados pelo RIVED (<http://rived.mec.gov.br/>) são os objetos de aprendizagem de domínio público e ficam armazenados como uma biblioteca virtual, onde o professor acessa os conteúdos acompanhados de sugestões fornecidas por um guia do professor. Nesta perspectiva, as simulações e animações buscam a reflexão dos alunos nos conceitos da física através de

questões práticas relacionadas ao cotidiano e “experimentos clássicos”. As interfaces gráficas propõem a participação virtual do aluno nos ajustes das grandezas físicas relevantes e no acompanhamento em tempo real do fenômeno através de imagens das trajetórias, gráficos, etc.

O PhET é uma iniciativa da Universidade do Colorado (EUA) para o desenvolvimento de simulações computacionais nas áreas das ciências. No portal <http://phet.colorado.edu> os recursos podem ser utilizados diretamente na página, onde também é permitido o download. A facilidade no acesso é destacada no link “Como Rodar as Simulações”, onde um tutorial esclarece diferentes dúvidas, como por exemplo: como as simulações são acessadas e instaladas, qual o tamanho do arquivo, onde podem ser salvas no computador, qual frequência de atualização e necessidade da conexão com a internet. Além dessa ajuda na solução de problemas, as simulações são planejadas, desenvolvidas e avaliadas por uma equipe multidisciplinar, na qual professores, alunos, pedagogos, programadores, profissionais da área de informática trabalham num ambiente colaborativo (MIRANDA, 2011).

Como exemplos de aplicação de simulações no Ensino de Física, o grupo PhET destaca o uso das simulações por parte dos professores em aulas expositivas, atividades em grupo, lições de casa e atividades de laboratório. Nesses casos as simulações podem contribuir na visualização de imagens associadas a conceitos abstratos, construção de gráficos em tempo real, revisão de conceitos após a aula presencial, exploração de combinações de grandezas físicas de uma maneira mais fácil e mais rápida em comparação ao experimento real.

Além destas três, o site Graxaim (www.graxaim.org) desenvolve objetos virtuais de aprendizagem, os quais possibilitam ao aluno interagir com a modelagem de fenômenos físicos. O computador simula esses sistemas e gera dados para posterior análise através de pacotes matemáticos. Esse material vem sendo utilizado com sucesso pelo grupo MPEAC (Métodos e Processos no Ensino e Aprendizagem em Ciências). De acordo, com Sauerwein e Sauerwein (2011)

[...] estamos conseguindo trabalhar três aspectos que consideramos importantes: (1) abordagem de conteúdos programáticos de física realizando simulações que reforçam aspectos experimentais desta disciplina que, em geral, não são cobertos devido à ausência de laboratórios didáticos nas escolas; (2) desenvolvimento da atitude científica de elaboração e teste de hipóteses; (3) desenvolvimento de autonomia do estudante em relação à sua capacidade de análise numérica e gráfica utilizando um pacote matemático de uso geral (p. 08).

A física é uma ciência quantitativa, logo o aluno deve ser capaz de visualizar e manipular dados de uma maneira eficiente. Porém, a promoção dessas competências não pode ser realizada exclusivamente com simulações computacionais, pois estas representam apenas parcialmente os fenômenos físicos que são modelados. Para se entender a complexidade da natureza é necessário que o professor também desenvolva tópicos do conteúdo programático com atividades experimentais reais. Nessa perspectiva, o aluno trabalha com equipamentos e medidas comuns no seu cotidiano (trena, régua, balança, etc) em paralelo ao tratamento desses dados através em diferentes linguagens do conhecimento (tabelas, gráficos, equações matemáticas, etc).

Após definir que o aluno deve ser capaz de medir e tratar dados experimentais na prática, o problema central do professor passa ser o de montar estratégias que permitem a integração de atividades experimentais à grade curricular. Nesse contexto, buscamos na literatura propostas que fizeram uso das TIC's para a aquisição e tratamento de dados experimentais em sala de aula e em horários extraclasse, tendo em vista a necessidade de coleta automática de dados experimentais em paralelo a promoção de uma autonomia computacional do aluno no tratamento desses dados, com um software matemático de uso geral que proporciona a interação aluno-computador através de uma linguagem de programação.

Barbeta e Yamamoto (2002) trabalharam, basicamente, com três etapas necessárias para a criação e utilização de vídeos digitalizados para a realização de experimentos. A primeira foi a elaboração da filmagem com uma câmera VHS, classificada como a mais simples. A segunda foi a digitalização do vídeo com interfaces especiais que permitiam a transformação do sinal da câmera ou videocassete (formato NTSC ou PAL-M) em formatos que foram possíveis de reproduzir na tela do computador. O processo envolveu o uso de codecs, programas utilizados em conjunto com os programas de reprodução de vídeos digitalizados, e que realizavam uma compressão/descompressão do sinal do vídeo, com o objetivo de diminuir o volume de dados gravados no disco do computador. A escolha de determinado codec dependia da imagem a ser digitalizada e de quanto à mesma poderia ser comprometida, já que a compressão temporal acarretava perda de resolução em determinados movimentos.

Para realizar a terceira etapa foi elaborado um software próprio de análise de vídeos digitalizados. O mesmo possuía como características principais: (i) estudo de vídeos, no formato AVI, com o quadro a quadro, (ii) análise de figuras de diferentes resoluções e formatos (GIF, JPG, BMP, WMF), (iii) definição da origem do sistema de eixos cartesianos em qualquer ponto da tela, (iv) exportação de dados para posterior análise numa planilha eletrônica ou programa gráfico do próprio software que permitia o ajuste de uma função linear ou quadrática (v) visualização do vídeo ou figura juntamente com a simulação de um modelo criado para representar o sistema físico.

Os pesquisadores testaram o software no estudo da queda livre de um corpo, pêndulo simples, sistema envolvendo uma polia e um carrinho em um plano na horizontal, movimento de um martelo lançado no ar, roda de bicicleta descendo num plano inclinado, além de fotos estroboscópicas. Concluíram que os resultados obtidos foram satisfatórios em termos de erros obtidos entre os valores teóricos e experimentais.

Sismanoglu et.al (2009), através de uma filmadora digital e do software livre VirtualDub, conseguiram abordar, em 2007, dois experimentos clássicos de queda livre: a) de uma corrente de elos e b) de uma configuração catenária da corrente com uma das extremidades fixas. O programa VirtualDub, após o vídeo ser convertido no formato avi, mpeg2 ou vob, possibilitou a aquisição de dados através da sequência de quadros do vídeo. Essas duas atividades, além de outras, foram objetos de estudo nas aulas teóricas de mecânica do curso de Engenharia do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). A proposta apresentou para os alunos a filmagem do movimento que foi estudada juntamente com uma explanação teórica. Os resultados foram satisfatórios, pois nas próprias palavras dos autores “alguns aspectos importantes dos experimentos foram discutidos e estudados com mais detalhes, devido riqueza de informações obtidas através de gráficos elaborados a partir da experimentação” (p.06). O programa computacional para o tratamento dos dados não foi especificado no trabalho. No entanto, no fluxograma do procedimento experimental os autores fazem referência ao Origin e o Microsoft Excel.

Corveloni et.al (2009) utilizaram a função multi-burst (fotos tiradas em sequência), com um intervalo de 1/30 s entre cada foto, no estudo do movimento de queda livre de um objeto. Através de 16 pares ordenados de posição e tempo e uma planilha do Excel (Windows) construíram um gráfico e por regressão polinomial

obtiveram $y = 0,0451 + 0,2219x + 4,9758x^2$. Com a consideração do sentido positivo (crescente) do eixo y para baixo, atribuíram: (i) $y_0 = 0,045$ m para a posição do objeto quando a primeira foto foi tirada, (ii) $V_0 = 0,22$ m/s para a velocidade do objeto na posição y_0 e (iii) $g = 9,95$ m/s² para o valor experimental do módulo da aceleração da gravidade. Para a reutilização dessa proposta concluíram que

com uma máquina fotográfica digital e uma aparelhagem simples é possível apresentar didaticamente o movimento de queda livre, possibilitando aos acadêmicos aprenderem experimentalmente a cinemática do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) e a matemática associada (regressão polinomial e erros) (p.04).

Catelli et.al (2010) também fizeram uso de câmeras digitais de baixa resolução em fotografias tiradas em sequência, do velocímetro de um automóvel num movimento em linha reta. As medidas de velocidade e tempo foram tratadas graficamente para a obtenção do módulo do deslocamento do carro. Posteriormente, utilizaram uma trena para medir diretamente a distância percorrida. O erro de 5 % entre as medidas foi classificado como convincente.

Para que os professores fizessem uso da proposta, cientes do contexto que estavam inseridos, o trabalho propôs situações de aprendizagens em grupos. Cada grupo poderia ser responsável por etapas que levariam a resultados satisfatórios. De acordo com Catelli et.al (2010)

[...] enquanto um grupo se encarrega de decifrar a operação da câmera, outro pode organizar a seleção e medição do local onde serão realizadas as passagens do automóvel, um terceiro poderá dedicar-se a localizar os recursos para a construção de gráficos (sala de informática, programas no computador, papel quadriculado, etc.) Trata-se de uma legítima situação de aprendizagem participativa (p.07).

Calloni (2010) trabalhou oito tipos de movimentos em 10 horas-aula, além do período destinado ao trabalho extraclasse, na disciplina de ciências, escolhidos e filmados pelos próprios alunos e estudados com o programa de análise de imagens "Tracker". Essas atividades eram concomitantes ao desenvolvimento do conteúdo programático ministrado pela professora titular da disciplina. O tratamento dos dados aconteceu na sala de informática da escola, onde os alunos de cada uma das cinco turmas trabalharam em duplas.

Neste espaço, deveriam analisar os vídeos através de imagens de gráficos e tabelas construídas pelo software "Tracker". Posteriormente, essas imagens deveriam ser salvas e apresentadas pelos alunos com a discussão dos seguintes

questionamentos: (i) classificação dos movimentos em relação à velocidade do objeto, (ii) classificação dos movimentos em relação à trajetória dos objetos, (iii) classificação do movimento quanto a aceleração e direção (iv) cálculo da velocidade média, (v) cálculo da aceleração para um intervalo qualquer, (vi) comentário do gráfico do movimento.

Sempre que necessário, e após a realização de cada atividade, ocorreram discussões com toda a turma das análises dos vídeos feitas pelos alunos. Com a finalidade de avaliar as atividades desenvolvidas, o pesquisador fez uso de uma prática reflexiva, além da análise de um questionário aplicado para os alunos. Com isto, concluiu que os objetivos do trabalho foram cumpridos na sua grande maioria e inferiu que a proposta do aluno elaborar e analisar vídeos com o software “Tracker” é uma boa estratégia para tratar de conteúdos de física.

Os trabalhos de Barbeta e Yamamoto (2002), Sismanoglu et.al (2009), Corveloni et.al (2009), Catelli et.al (2010) e Calloni (2010), apresentam contribuições significativas na/para a construção deste trabalho, já que são propostas que usaram TIC's para o estudo de uma física quantitativa. Desse modo, compreendemos que a inserção de TIC's pode ser uma boa alternativa para o professor aliar práticas experimentais à grade curricular. Em sala de aula, por exemplo, os alunos podem utilizar equipamentos de medida para compreender qual a sua função no experimento. Posteriormente, podem elaborar um vídeo de baixa resolução que permite a coleta automática de dados experimentais na própria sala de aula ou horário extraclasse.

Após ter realizado a coleta automática de dados experimentais, o aluno necessita de um recurso didático para o tratamento dos mesmos. Nesse contexto, existem várias alternativas disponíveis para o ensino. Vimos nos trabalhos acima que Sismanoglu et.al (2009), provavelmente, utilizaram o Microsoft Excel e/ou o Origin, Corveloni et.al (2009) utilizaram a planilha do Microsoft Windows, Calloni (2010) propôs a análise gráfica de vídeos com o software Tracker e Catelli et.al (2010) sugeriram o programa computacional BrOffice.org Cal.

Compreende-se que essas propostas possibilitam a interação aluno-computador, tendo em vista o estudo de uma Física quantitativa. Porém, acreditamos que nossa proposta pedagógica se diferencia das mesmas ao possibilitar a realização de tratamentos de dados com um software matemático de uso geral, que pode acompanhar o aluno na trajetória escolar e profissional. Além de

compreender/aprender física com a utilização deste recurso, o aluno trabalha com uma linguagem de programação que permite a promoção de uma autonomia computacional em conhecimentos cada vez mais avançados.

A partir dos referidos pressupostos e do desenvolvimento das atividades baseadas em três pilares interdependentes: conteúdo programático – câmera digital – software matemático de uso geral, buscamos opiniões críticas em relação às nossas propostas de uso dos computadores pessoais dos alunos. Não pretendemos que esta seja uma versão final para a resposta de como inserir TIC's no ensino, mas visamos colaborar com o relato de elaboração e implementação de uma proposta pedagógica docente, a qual tem a responsabilidade de desenvolver o conteúdo programático em paralelo com a reflexão de alternativas para a superação de dificuldades dos alunos. Garcia (2009) descreve este tipo de prática como pesquisa do professor num contexto de observação e reflexão da realidade, com o objetivo de melhorar as práticas pedagógicas e promover a sua autonomia.

Nestes momentos, buscamos discutir sobre como poderíamos introduzir estratégias que podem ser reutilizadas por outros professores adeptos à inserção de TIC's para o Ensino de Física, tendo em vista o desenvolvimento do conteúdo programático em paralelo a autonomia computacional dos alunos. A realização da proposta pedagógica (capítulo 2) está estruturada na reflexão sobre a Teoria Significativa de David Ausubel (1980) e na compreensão dos princípios facilitadores de aprendizagem (MOREIRA, 2009) em atividades didáticas, as quais foram elaboradas e se apresentam no capítulo 3. No capítulo 4 analisamos a implementação da proposta de atividades didáticas que foram efetivamente aplicadas em duas escolas, da rede pública e particular, no município de Santa Maria/RS/Brasil. No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais, com a discussão de sugestões, tendo em vista a elaboração e aplicação de atividades didáticas por professores que visam reutilizar as nossas atividades didáticas em conteúdos curriculares de Física.

2 PROPOSTA PEDAGÓGICA

No capítulo anterior ressaltamos, basicamente, que as TIC's estão disponíveis para auxiliar o professor no desenvolvimento de conteúdos curriculares, de modo a promover o envolvimento dos alunos no estudo de uma física quantitativa. Isso se fez a partir da apresentação de outras pesquisas/estudos com perspectivas/objetivos semelhantes, da mesma forma que a compreensão das especificidades desta pesquisa.

No que se refere a isso, torna-se necessário aclarar a forma de realização da proposta pedagógica em questão. Essa se sustenta na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980). Para Ausubel o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia na aprendizagem. Isto é, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos, e esse conhecimento inicial influenciará e facilitará uma aprendizagem subsequente, se o conhecimento prévio foi aprendido de forma significativa.

Nesse caso, o aluno é capaz de compreender a finalidade do novo conhecimento, enriquecendo seu conhecimento prévio a aprendizagem é caracterizada como significativa, já que permite a compreensão de situações novas. Caso contrário, a aprendizagem é dita mecânica, pois as novas informações são memorizadas e não interagem com os conhecimentos prévios do aluno. De acordo com Moreira (2010, p.5), “esse tipo de aprendizagem, bastante estimulado na escola, serve para ‘passa’ nas avaliações, mas tem pouca retenção, não requer compreensão e não dá conta de situações novas”.

A simples aprovação do aluno, sem a necessidade de aplicação do conhecimento em situações novas, é uma razão pela qual tanto se insiste em aprendizagem mecânica. E, talvez isso justifique a concepção de que em Física basta decorar e aplicar “fórmulas” na solução exaustiva de problemas. Um exemplo disso é o uso dos “macetes”, prática comum no primeiro contato dos alunos com a Física na resolução de exercícios clássicos do tipo: “Um ônibus passa pelo km 40 de uma estrada às 5 h, e às 8 h passa pelo km 250. Qual a velocidade escalar média desenvolvida pelo ônibus nesse intervalo de tempo?” ou “Um móvel percorre 100 m com velocidade escalar média de 10 m/s. Em quanto tempo faz esse percurso?”.

Para a solução de problemas deste tipo os alunos memorizam frases sem sentido, como por exemplo, “Deus Vê Tudo”, em que as iniciais D, V, T representam as variáveis distância, velocidade e tempo. Para Santos (2002):

O mais preocupante é que professores, especialmente aqueles de cursos pré-vestibulares, justificam e incentivam tal prática. Essas técnicas mnemônicas são geralmente destituídas de qualquer significado conceitual. O aluno é obrigado a decorar a regra e associá-la a determinada fórmula ou conteúdo. Com frequência o aluno esquece a regra e a fórmula. No caso da física, tal prática tem se transformado, ao longo do tempo, em enorme fracasso pedagógico, com sérias e danosas repercussões na formação dos nossos estudantes universitários. (p.01)

Sem sombra de dúvidas este fracasso pedagógico não atinge apenas o Ensino Superior, já que, um dia, estes estudantes universitários poderão ser professores do Nível Médio, promotores de uma aprendizagem voltada à decoreba. Com ela é comum a resolução de problemas fechados em atuações dos alunos do tipo: (i) leitura do problema, (ii) extração dos dados do problema, (iii) opção por uma “fórmula” adequada, (iv) substituição dos dados nesta “fórmula” e (v) busca por uma resposta final sem a discussão do significado físico.

Essa metodologia se caracteriza por ser defasada em relação à capacitação do aluno para aprender resolver problemas de física com a promoção de uma aprendizagem significativa. Sabe-se que não existem receitas prontas para o estudo de situações problemas abertas de Física. Assim, para entendermos situações novas torna-se importante modelarmos o fenômeno, o que requer a simplificação, elaboração de hipóteses e verificação dos resultados (condizentes ou não com o mundo real). Estando, cientes da aplicabilidade da aprendizagem em situações novas, nossa proposta pedagógica traça como foco a construção da aprendizagem significativa.

Isso não significa que na construção do corpo total do conhecimento faremos uso exclusivo da aprendizagem significativa, pois para Moreira (2009, p.10), “[...] Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um continuum”. Por isso, acreditamos que a aprendizagem mecânica pode ser uma etapa anterior à ocorrência da aprendizagem significativa.

O processo ensino/aprendizagem, eficiente, do uso de recursos didáticos (papel milimetrado, planilha eletrônica, software matemático de uso geral, etc.) para o tratamento gráfico de dados aparece-nos como um exemplo de promoção da

aprendizagem significativa a partir da aprendizagem mecânica. Nesse caso, o início do processo acontece com a aprendizagem mecânica – o aluno segue as instruções sem saber muitas vezes por que: (i) implementa uma escala nos eixos das ordenadas e nos eixos das abscissas, (ii) distribui os dados nesses dois eixos cartesianos, (iii) associa pares ordenados e (iv) ajusta os pares ordenados com uma função matemática. No entanto, a percepção dessas funções é inseparável de ações que se implicam mutuamente e resultam em esquemas (Piaget, 1973). Após o aluno compreender o que há em comum nas diversas repetições ou aplicações das mesmas ações, o mesmo está livre para explorar as outras potencialidades do recurso didático, ver como se comportam as variáveis do gráfico, fazer estimativas com o gráfico, etc. e aprender significativamente sobre o assunto que se quer abordar.

Para que esses resultados sejam atingidos propomos o uso contínuo de um mesmo software computacional para o tratamento numérico e gráfico de dados. Sabe-se que o processo é gradativo, porém “é da responsabilidade dos docentes proporcionar aos seus alunos experiências de aprendizagem eficazes, combatendo as dificuldades mais comuns e atualizando, tanto quanto possível, os instrumentos pedagógicos que utilizam.” (Fiolhais e Trindade, 2003 p. 260).

Nesse contexto, o armazenamento e o tratamento de dados através de linguagens que resumem informações (tabelas, gráficos, equações matemáticas, etc) não são competências exclusivamente da Física. De acordo, com os PCN’s, em Biologia, Química e Matemática, respectivamente, o aluno deve ser capaz de:

Transformar em gráficos as estatísticas de saúde pública referentes à incidência de doenças infecto-contagiosas em regiões centrais de grandes centros, comparando-as com as de regiões periféricas (p.36).

Selecionar e fazer uso apropriado de diferentes linguagens e formas de representação, como esquemas, diagramas, tabelas, gráfico, traduzindo umas nas outras. Por exemplo, traduzir em gráficos informações de tabelas ou textos sobre índices de poluição atmosférica em diferentes períodos ou locais (p. 89).

Selecionar diferentes formas para representar um dado ou conjunto de dados e informações, reconhecendo as vantagens e limites de cada uma delas; por exemplo, escolher entre uma equação, uma tabela ou um gráfico para representar uma dada variação ao longo do tempo, como a distribuição do consumo de energia elétrica em uma residência ou a classificação de equipes em um campeonato esportivo (p. 114).

Com um pacote matemático de uso geral o aluno pode trabalhar com todas as competências citadas anteriormente de uma maneira paralela a um aprendizado que tem finalidade no seu interesse escolar e extraescolar. Vamos a um exemplo. No estudo do conteúdo programático do lançamento oblíquo um aluno construiu um gráfico da posição vertical de um objeto ao longo do tempo, a partir de dados de uma tabela de um livro, para avaliar o instante de tempo que o objeto atingiu a altura máxima. Compreendeu que um gráfico surge de uma tabela através da sistematização de conhecimentos. Se essa aprendizagem foi significativa, poderá aplicar os mesmos conhecimentos computacionais para avaliar os diferentes níveis de rendimentos do seu clube de futebol ao longo de uma competição a partir de uma tabela do campeonato impressa num caderno de esportes.

Nota-se que a aplicação do conhecimento do aluno em situações novas, além de promover uma aprendizagem significativa, possibilita o uso do computador numa situação do seu interesse. Com esse objetivo propomos que os alunos utilizassem o software matemático de uso geral OCTAVE (<http://www.gnu.org/software/octave>). Esse software livre funciona por linha de comando e é similar ao software proprietário MATLAB, de uso disseminado nas engenharias.

A oportunidade de inserção de uma linguagem de programação no Ensino Médio, junto com o desenvolvimento de tarefas referentes ao tratamento numérico e gráfico do conteúdo programático, nos parece fundamental. Inicialmente o aluno pode usar o software como recurso de estudo no cálculo básico (adição, multiplicação, construção de gráficos, etc). Com o tempo pode elaborar um programa para agilizar o processo de tratamento de dados e quem sabe até realizar a sua própria simulação computacional de fenômenos físicos.

Sem sombra de dúvidas, a competência do uso do computador para elaboração de programas computacionais extrapola o âmbito escolar de alguns alunos de Ensino Médio. Diante disso, nossa proposta pedagógica faz uso do OCTAVE para o desenvolvimento do conteúdo programático através da análise numérica e gráfica de dados. Esses são objetivos comuns de todos os alunos, porque a Física, da mesma forma que outras disciplinas, trabalha com a quantificação de dados.

Posto isso, um dos nossos propósitos é capacitar o aluno para a utilização do computador como um ferramenta matemática, ou seja, indo além de seu uso já disseminado como meio de transmissão e reprodução de conhecimento, o qual tem

trazido novos problemas. Um exemplo bastante comum é a cópia acrítica de informações coletadas na internet. Sabe-se que esse problema não é restrito a uma determinada localidade, pois de acordo com Moreira (2010):

Mesmo na época das novas tecnologias de comunicação e informação a metáfora que parece prevalecer na escola é aquela que Freire chamou de educação bancária. Nessa metáfora, o conhecimento é “depositado” na cabeça do aluno, sem relação com seu saber prévio, com sua realidade, com seus interesses (p. 08).

A interpretação desse excerto permite-nos compreender que não basta substituímos materiais clássicos por formas modernas de informação e comunicação, se o objetivo é aquele ensino em que “passamos/transmitimos a informação” e cabe ao aluno a simples reprodução. Assim, a utilização de alguma ferramenta nova/diferente do quadro de giz (tradicionalmente utilizado) não implica em um processo e resultado finais distintos. No entanto, mesmo tendo consciência que o ensino voltado à reprodução de informações não proporciona o aprendizado de situações problemas novas, o que falta a nós professores para que possamos promover uma aprendizagem significativa?

Por vezes, a realidade demonstra que nos parece faltar muito, já que isso demanda posturas/atitudes que nem sempre agradam os alunos. Uma delas é a argumentação que estudar Física não se resume a substituir “números em fórmulas” através dos procedimentos que citamos na página 22. Acreditamos que a mudança dessa realidade no Ensino de Física pode ser trabalhada com os princípios facilitadores de uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2009):

- (1) Perguntas ao invés de respostas (estimular o questionamento ao invés de dar respostas prontas);
- (2) Diversidade de materiais (abandono do manual único); (3) Aprendizagem pelo erro (é normal errar; aprende-se corrigindo os erros);
- (4) Aluno como preceptor representador (o aluno representa tudo o que percebe);
- (5) Consciência semântica (o significado está nas pessoas, não nas palavras);
- (6) Incerteza do conhecimento (o conhecimento humano é incerto, evolutivo)
- (7) Desaprendizagem (às vezes o conhecimento prévio funciona como obstáculo epistemológico);
- (8) Conhecimento como linguagem (tudo o que chamamos de conhecimento é linguagem);
- (9) Diversidade de estratégias (abandono do quadro-de-giz).(p. 42)

Sabe-se que os princípios facilitadores de Moreira promovem um ensino no qual a aprendizagem significativa é preferida à mecânica. Nesta perspectiva,

focamos a nossa proposta pedagógica na diversificação de estratégias, princípio (9), com recursos didáticos que promovem a interação do aluno com os facilitadores (1, 2, 3, 6, 7).

Na aplicação do princípio facilitador (1) trabalhamos com a interação verbal professor-aluno, através de discussão do conteúdo programático e problemas clássicos de Física com o quadro de giz, onde é mais importante aprender a perguntar do que aprender “respostas certas” (MOREIRA, 2009). O uso desse recurso com tal finalidade é justificável, pois através da leitura completa de Moreira (2009) compreendemos que qualquer recurso didático não tem sentido no ensino se apenas é utilizado para a transmissão de informações.

Assim, parte-se do pressuposto que quando a aprendizagem é significativa o aluno é capaz de dar conta de situações novas. Para isto, desenvolvemos a proposta pedagógica em conjunto ao material de apoio que traz a teoria e exercícios dos conteúdos curriculares. O uso do livro texto, apostila, polígrafos, etc. é importante e necessário, porque sendo de boa qualidade é uma ferramenta que pode auxiliar no entendimento de conceitos, leis e teoremas de Física. Com esse recurso acompanhamos o aprendizado dos alunos ao estabelecerem relações entre o aprendizado das atividades experimentais e situações específicas (problemas, questões e exercícios clássicos de Física), que fazem uso da simplificação e levantamento de hipóteses, as quais foram discutidas durante a experimentação.

Ao respondermos dúvidas dos alunos com outra pergunta na discussão desses problemas e no desenvolvimento da teoria em conjunto com atividades experimentais, trabalhamos com os princípios (2) e (6), pois promovemos um ensino não-dogmático. Nesses momentos, podem surgir oportunidades para discutirmos o uso dos “macetes” (só funcionam em soluções de problemas com a aplicação direta de “fórmulas”). Com isso, os alunos podem compreender que o uso contínuo dessa prática proporciona uma aprendizagem exclusivamente voltada à “decoreba”.

Para que os alunos não estudem Física com essa finalidade, propomos atividades extraclasse que buscam a construção do conhecimento na visualização e tratamento de dados experimentais. É na implementação e verificação de hipóteses, com o uso do computador, que o aluno pode errar, e isso não significa indiferença do professor no processo de ensino/aprendizagem. Para Moreira (2009, p. 45) "a aprendizagem pelo erro é natural na aprendizagem humana fora da escola – erramos continuamente e aprendemos, continuamente, de nossos erros [...]". O

aspecto chave aqui é o professor proporcionar alternativas para que os alunos retomem o processo ensino/aprendizagem. Desse modo, apresentamos no capítulo a seguir as atividades didáticas que elaboramos para o desenvolvimento de conteúdos curriculares de Física do Nível Médio com aulas regulares e atividades extraclasse.

3 ATIVIDADES DIDÁTICAS

Na prática, uma proposta pedagógica é implementada em atividades didáticas que nela se baseiam. Desse modo, relatamos, neste capítulo, o processo de elaboração e aplicação de atividades didáticas voltadas para o ensino de tópicos específicos de física, cuja escolha foi determinada pelo fato de que o autor desta dissertação, ao mesmo tempo em que desenvolveu seu trabalho acadêmico, também era o professor regente de Física de diferentes escolas do Nível Médio.

No ano de 2010 elaboramos atividades didáticas para o estudo do pêndulo simples e do pêndulo amortecido, levando em consideração o número de horas-aula para o cumprimento desses tópicos, definidas no início do ano letivo. A primeira etapa desse processo envolveu a filmagem de um pêndulo simples e de um pêndulo amortecido.

O pêndulo simples foi confeccionado por uma esfera de PVC de raio $R = 1,25$ cm que oscilou, com amplitude $x_0 = 20$ cm, presa a um fio praticamente inextensível de comprimento $l = 98$ cm. Veja as Figuras 1 e 2.

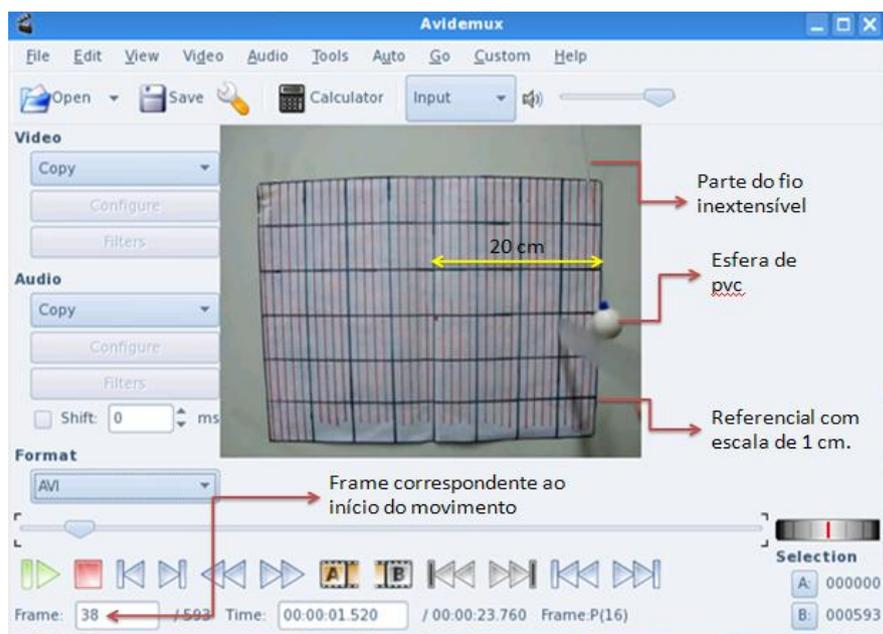


Figura 1 - Imagem estática do vídeo do pêndulo simples no início do movimento.

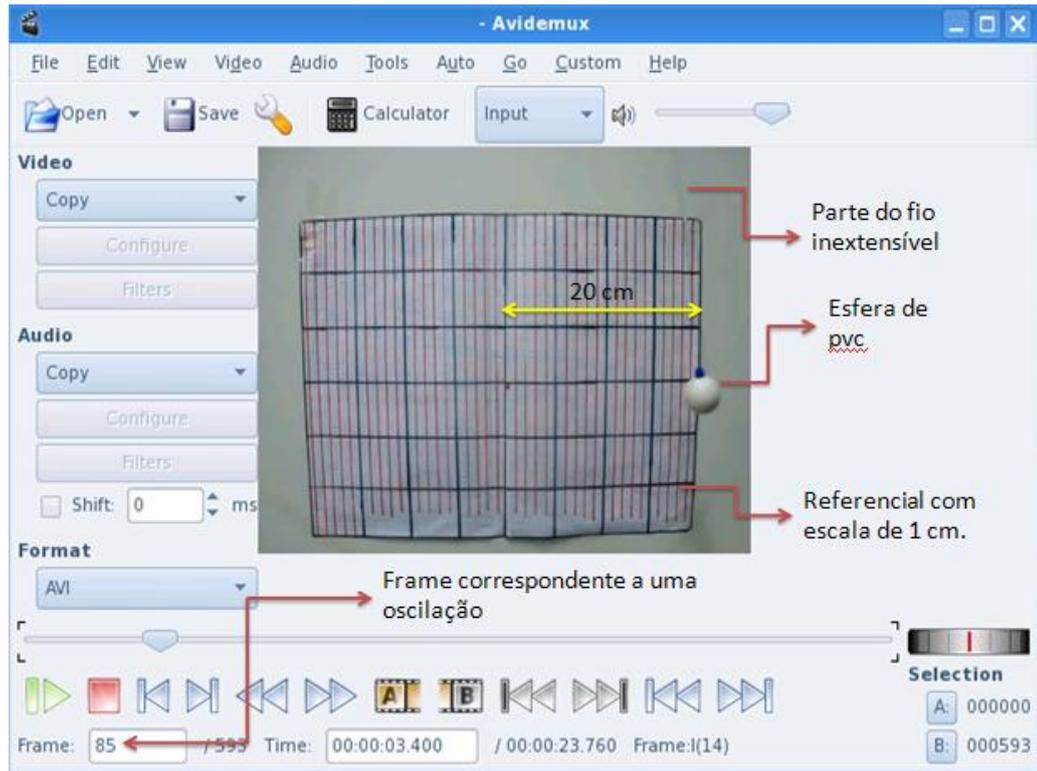


Figura 2 - Imagem estática do vídeo do pêndulo simples após uma oscilação.

Observa-se, nas Figura 1 e 2, que o pêndulo simples iniciou o movimento no 38^o frame e completou uma oscilação no 85^o frame . Assim, em um oscilação coletamos 47 frames (imagens com pares ordenados de elongações e instantes de tempo). Com o OCTAVE elaboramos o gráfico experimental com 20 pares ordenados de elongações e instantes de tempo. A curva do gráfico caracterizou-se como uma função cosseno, a qual foi ajustada com a equação teórica da elongação em função do tempo do MHS. Os resultados foram satisfatórios e, assim definimos que as câmeras digitais de baixa resolução poderiam ser eficientes no estudo do pêndulo simples, pois o vídeo possibilitava a visualização do amortecimento do movimento, da trajetória e da rapidez da esfera de PVC em diferentes regiões do movimento. Além disso, permitia a medida experimental do período do pêndulo simples, elongações (x) e instantes de tempo (t) mais do que suficientes para a construção do gráfico experimental.

O pêndulo amortecido foi confeccionado por uma bola de ping-pong de raio $R=2$ cm que oscilou presa a um fio praticamente inextensível de comprimento $l=98$ cm. Veja as Figuras 3 e 4.

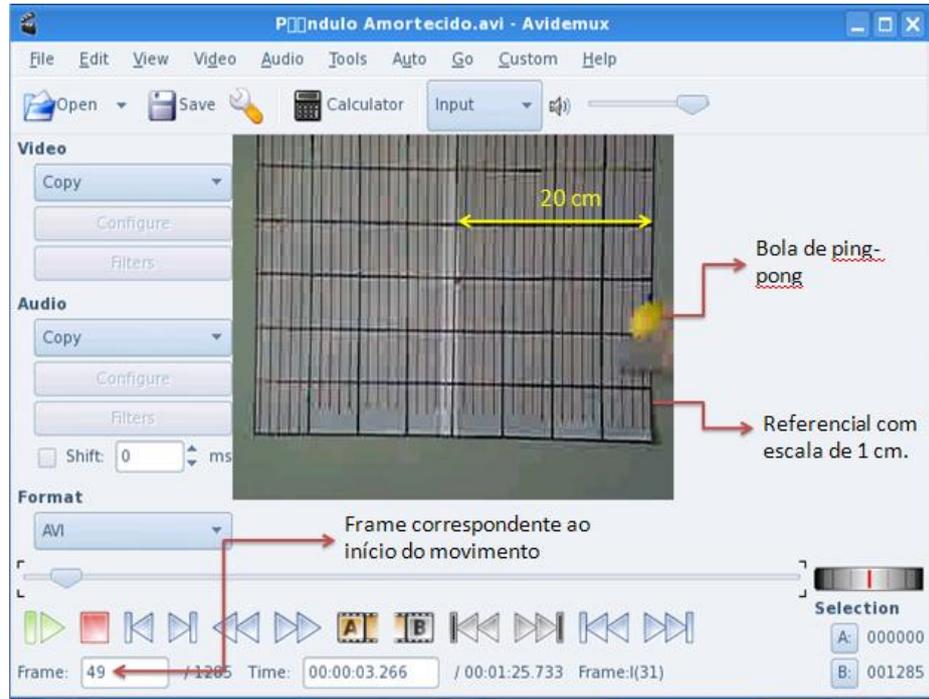


Figura 3 - Imagem estática do vídeo do pêndulo amortecido no início do movimento.

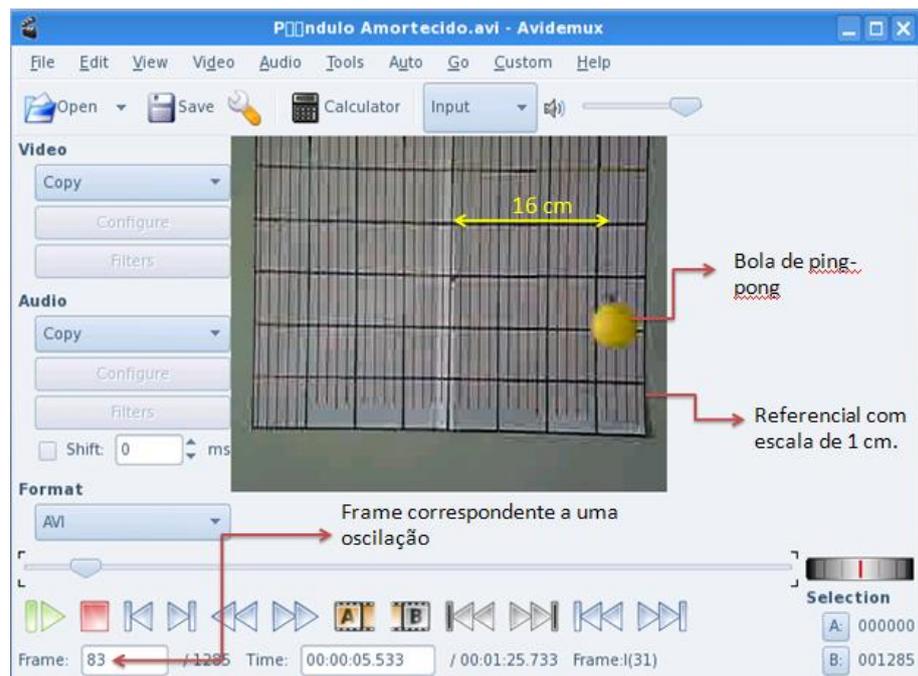


Figura 4 - Imagem estática do vídeo do pêndulo amortecido após uma oscilação.

Observa-se, nas Figuras 3 e 4, que o pêndulo amortecido iniciou o movimento no 49º frame (Figura 3) e completou uma oscilação no 83º frame (Figura 4). Desse modo, em uma oscilação coletamos 34 frames (34 imagens com pares ordenados de elongações e instantes de tempo). Avaliamos a precisão desses dados com elaboração do gráfico experimental da elongação em função do tempo para três oscilações. Esse mostrou a presença do amortecimento (força de arraste), porém optamos pela discussão qualitativa do seu efeito, porque a quantificação envolveria a discussão de estudos além dos definidos na grade curricular. Sendo assim, definimos pela utilização do vídeo na visualização do amortecimento do movimento, da trajetória e na aquisição de dados de posição e tempo para a construção do gráfico experimental com o OCTAVE.

Para facilitarmos o acesso dos alunos ao Avidemux, (www.avidemux.org), utilizado para aquisição automática de dados através de uma sequência de quadros da filmagem do experimento (como mostram as Figuras 1, 2, 3 e 4), e ao OCTAVE elaboramos um CDROM para o desenvolvimento deste trabalho. Esse recurso inicia o computador com o sistema operacional Linux quando a máquina é ligada. Desse modo, após o uso do CDROM nas atividades didáticas o aluno poderia continuar utilizando o seu sistema operacional de preferência. Aqui cabe ressaltar que o seu uso exige alguns conhecimentos básicos de informática o que significa, em termos técnicos, saber como configurar a BIOS, em computação Basic Input/Output System (Sistema Básico de Entrada/Saída).

Na Figura 5 ilustramos uma imagem estática da área de trabalho visualizada pelos alunos após o acesso do CDROM. Na tela do computador os programas são acessados por ícones (veja a Figura 5).

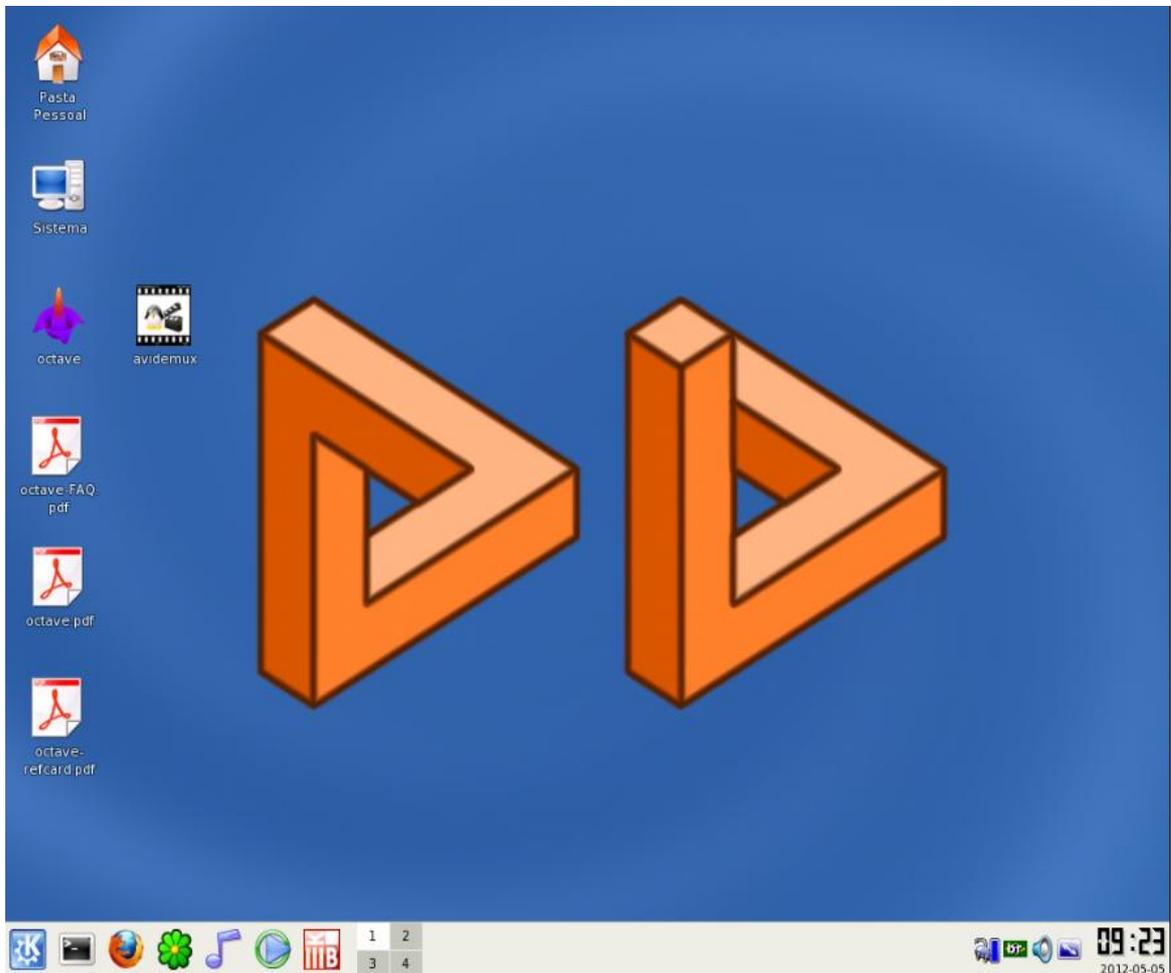


Figura 5 - Imagem estática da área de trabalho da plataforma computacional inserida no CDROM.

A partir da definição das funções do Avidemux e do OCTAVE em cada movimento, elaboramos atividades didáticas propondo uma discussão quantitativa do pêndulo simples, e semiquantitativa do pêndulo amortecido, através da realização dos experimentos num total de 5 horas/aula apresentadas a seguir:

3.1 Atividades do pêndulo simples e pêndulo amortecido

3.1.1 Aula 1

Objetivos didáticos:

Aprender a acessar a plataforma computacional com o CDROM;
Compreender as potencialidades do Avidemux e OCTAVE.

Materiais necessários:

Computador, data-show, CDROM, vídeo e tabela de dados de pressão e temperatura.

Dinâmica proposta:

Discussão para o acesso ao CDROM;
Construção de um gráfico da pressão em função da temperatura, para o diagrama de fases da água, a partir de dados fornecidos por uma tabela do livro didático;
Aquisição de alguns dados experimentais de elongações e instantes de tempo do movimento do pêndulo simples;
Discussão em relação a outras alternativas de softwares matemáticos.

Atividades extraclasse:

Acessar o CDROM nos computadores pessoais;
Conhecer a plataforma computacional;
Providenciar câmera digital de baixa resolução.

3.1.2 Aulas 2 e 3

Objetivos:

Discutir questões que integram o conteúdo programático do pêndulo simples e suas relações com o experimento;
Usar a câmera digital para a aquisição de dados experimentais.

Materiais necessários:

Computador, vídeo, data-show, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Discussão em grupo das questões do Anexo I. Retomada do processo de ensino/aprendizagem com o debate das respostas do grande grupo;

Filmagem do pêndulo simples por cada grupo de alunos, com o uso de um plano de fundo como referencial e o uso de uma fita métrica para a medida do comprimento do pêndulo simples.

Atividades extraclasse:

Determinar o período do pêndulo simples;

Calcular o período teórico do pêndulo simples.

3.1.3 Aula 4

Objetivos:

Discutir sobre os exercícios apresentados no material de apoio através das simplificações e hipóteses trabalhadas na experimentação.

Materiais necessários:

Giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Uso do quadro e giz para a discussão de problemas que usam de hipóteses, simplificações e equações matemáticas trabalhadas no experimento.

Atividades extraclasse:

Adquirir dados experimentais de três oscilações completas do pêndulo simples; Ajustar a equação matemática da elongação em função do tempo ao gráfico experimental.

3.1.4 Aula 5

Objetivos:

Estudar experimentalmente o pêndulo amortecido através de um vídeo de baixa resolução;

Identificar características básicas que diferenciam o pêndulo amortecido do pêndulo simples.

Materiais necessários:

Vídeo, computador e data-show.

Dinâmica proposta:

Discussão, em grupos, das perguntas que se encontram no Anexo II. Retomada do processo ensino/aprendizagem com o debate das respostas do grande grupo.

Atividades extraclasse:

Adquirir medidas de elongações e instantes de tempo para três oscilações completas;

Elaborar o gráfico experimental da elongação em função do tempo.

No ano de 2011 reutilizamos a proposta pedagógica, em uma escola da rede privada, no estudo do movimento retilíneo uniforme (MRU) e movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), também levando em consideração o número de horas-aula para o cumprimento desses tópicos, definidas no início do ano letivo.

Para que as atividades didáticas se adequassem a 20 horas/aula testamos anteriormente a aplicação das atividades didáticas, em ambientes controlados, câmeras de baixa resolução na filmagem de dois aparatos experimentais. Para o estudo do MRU, usamos o aparato experimental ilustrado na Figura 6.

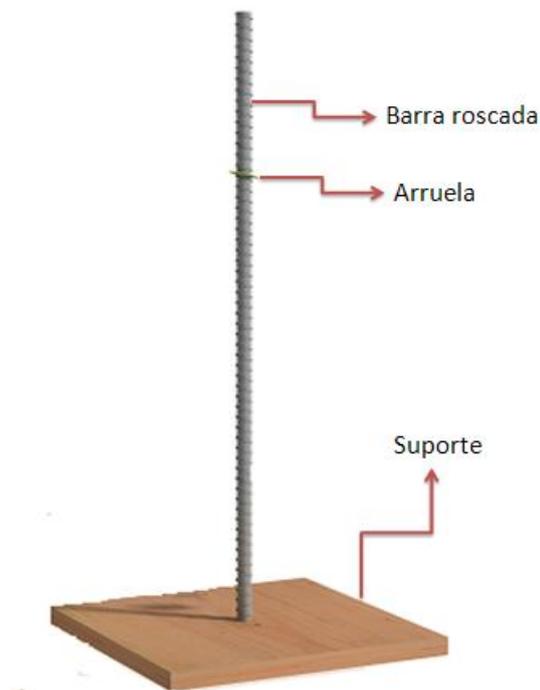


Figura 6 - Aparato experimental do MRU: arruela lisa, barra roscada e suporte.

Com esse aparato experimental e com um referencial de escala 10 cm, fixo na barra roscada, coletamos, com um vídeo de baixa resolução, nove medidas de posições da arruela ao longo do tempo. Para avaliarmos se esses dados eram precisos, ajustamos com o OCTAVE o gráfico experimental, da posição em função

do tempo, ao gráfico teórico. Os resultados foram satisfatórios e, assim definimos que o computador poderia ser eficiente no estudo do MRU, pois o Avidemux possibilitou a visualização da velocidade praticamente constante da arruela e uma demanda de tempo para a coleta de dados que poderia ser realizada na própria sala de aula.

Posteriormente, elaboramos um vídeo de baixa resolução para o estudo do MRUV, com o aparato experimental ilustrado na Figura 7.



Figura 7 - Aparato experimental do MRUV: volante, calha e suporte.

Com um referencial fixo na calha, coletamos, com o vídeo, quinze medidas de posições do volante ao longo do tempo. Para avaliarmos se esses dados eram precisos, ajustamos as medidas experimentais de velocidade e instantes de tempo à equação matemática da velocidade em função do tempo e as medidas experimentais de posição e instantes de tempo à equação matemática da posição em função do tempo. Os resultados foram satisfatórios e, assim definimos que o computador poderia ser eficiente no estudo do MRUV, pois o Avidemux possibilitou a visualização de uma velocidade variável do volante e a coleta de dados, num intervalo de tempo que também poderia ser realizado em sala de aula.

A partir da definição das funções do Avidemux e do OCTAVE em cada movimento, elaboramos atividades didáticas através do desenvolvimento paralelo da teoria de cada conteúdo programático e a realização dos experimentos. Como o procedimento de aquisição automática dos dados experimentais do MRU e MRUV,

em ambientes controlados, ocupou não mais do que 10 minutos, devido à necessidade da quantidade de medidas para o traçado de uma reta e/ou parábola, optamos pelo desenvolvimento das atividades didáticas a partir da filmagem e coleta de dados de posição e instantes de tempo na própria sala de aula, em 19 horas/aulas que apresentamos a seguir:

3.2 Atividades do MRU e MRUV

3.2.1 Aulas 1 e 2

Objetivos:

Aprender a acessar a plataforma computacional com o CDROM;

Adquirir dados de posição e tempo com o Avidemux;

Construir, com o OCTAVE, um gráfico com pares ordenados de posição e tempo.

Materiais necessários:

Câmera digital de baixa resolução, fita métrica, CDROM, computador, data-show.

Dinâmica proposta:

Marcação de uma escala na barra roscada;

Filmagem do experimento do MRU;

Aquisição de dados experimentais da posição e tempo;

Armazenamento dos dados experimentais num arquivo de texto;

Construção de um gráfico com pares ordenados de posição e tempo;

Discussão para o acesso ao CDROM.

Atividades extraclasse:

Acessar o CDROM;

Conhecer a plataforma computacional.

3.2.2 Aulas 3 e 4

Objetivos:

Definir o módulo da velocidade média;

Determinar módulos da velocidade média;

Avaliar a rapidez do movimento;

Determinar o módulo da velocidade instantânea;

Construir o gráfico do módulo da velocidade em função do tempo.

Materiais necessários:

Imagem do gráfico com pares ordenados de posição e tempo, vídeo, computador, data-show, giz e quadro negro.

Dinâmica Proposta:

Definição do módulo da velocidade média da arruela;

Aplicação desta equação matemática nos intervalos de tempo do movimento expostos no gráfico com pares ordenados de posição e tempo;

Elaboração de hipóteses sobre a velocidade do movimento;

Determinação do módulo da velocidade instantânea supondo que a rapidez do movimento permanece constante;

Elaboração do gráfico do módulo da velocidade em função do tempo.

3.2.3 Aulas 5 e 6

Objetivos:

Discutir a dedução da equação da posição em função do tempo;

Aplicar, no experimento, a equação da posição em função do tempo;

Ajustar o gráfico com pares ordenados de posição e tempo.

Materiais necessários:

Imagem do gráfico com pares ordenados de posição e tempo, imagem do gráfico do módulo da velocidade em função do tempo, computador, data-show, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Definição da área abaixo do gráfico da velocidade em função do tempo igual ao módulo do deslocamento, que por sua vez é igual à variação da posição, em trajetórias retas;

Aplicação, no experimento, da equação matemática $X=X_0 + Vt$;

Aplicação da equação da posição em função do tempo aos pares ordenados de posição e tempo.

3.2.4 Aulas 7 e 8

Objetivos:

Discutir problemas com a aplicação dos conhecimentos trabalhados no experimento.

Materiais necessários:

Material de apoio, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Discussão de exercícios clássicos de Física com: (i) a aplicação da equação do módulo da velocidade média em viagens de automóveis, (ii) determinação do módulo da velocidade instantânea no gráfico da posição em função do tempo, (iii) determinação do módulo do deslocamento num gráfico do módulo da velocidade instantânea em função do tempo, (iv) avaliação qualitativa da rapidez do movimento de um objeto em gráficos da posição em função do tempo e (v) avaliação qualitativa da rapidez do movimento de um objeto em gráficos da velocidade em função do tempo.

3.2.5 Aulas 9 e 10

Objetivos:

Adquirir e armazenar dados de posição e tempo do MRUV;

Construir um gráfico com pares ordenados de posição e tempo;

Determinar módulos da velocidade média;

Avaliar a rapidez do movimento.

Materiais necessários:

Vídeo, computador, data-show, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Aquisição de dados experimentais da posição e tempo;

Construção de um gráfico com pares ordenados de posição e tempo;

Discussão em relação aos módulos da velocidade média do volante no primeiro e no último intervalo de tempo do movimento.

Filmagem do movimento do volante por cada grupo de alunos.

Atividades extraclasse:

Adquirir e armazenar os dados, com o vídeo elaborado por cada grupo;

Elaborar o gráfico com pares ordenados de posição e tempo.

3.2.6 Aulas 11 e 12

Objetivos:

Avaliar a rapidez do movimento;

Determinar módulos da velocidade instantânea;

Construir um gráfico com pares ordenados do módulo da velocidade em função do tempo.

Materiais necessários:

Imagem do gráfico com pares ordenados de posição e tempo, computador, data-show, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Aplicação da equação matemática da velocidade média no processo de cercar os intervalos de tempo do movimento;

Determinação de alguns módulos de velocidades instantâneas, com um método que avalia em que região de um intervalo de tempo o módulo da velocidade instantânea se aproxima do módulo da velocidade média;

Elaboração do gráfico com pares ordenados de velocidade e tempo.

Atividades extraclasse:

Determinar os módulos das velocidades instantâneas.

3.2.7 Aulas 13 e 14

Objetivos:

Definir o módulo da aceleração média;

Deduzir a equação da velocidade em função do tempo;

Aplicar, no experimento, a equação da velocidade em função do tempo.

Materiais necessários:

Arquivo digital com dados de velocidade e tempo, computador, data-show, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Uso do arquivo digital para a construção do gráfico, com pares ordenados de módulos da velocidade instantânea e instantes de tempo;

Definição dos módulos da aceleração média e determinação dos seus módulos no movimento;

Aproximação do módulo da aceleração instantânea pelo módulo da aceleração média;

Dedução da equação $V=V_0 + at$; através da definição do módulo aceleração média, que agora é igual ao módulo da aceleração instantânea;

Aplicação da equação $V=V_0 + at$ no experimento.

Atividades extraclasse:

Determinar os módulos das acelerações médias;

Avaliar um valor da aceleração média que pode ser adotado como valor da aceleração instantânea;

Aplicar, no experimento, a equação $V=V_0 + at$.

3.2.8 Aulas 15 e 16

Objetivos:

Discutir o gráfico da velocidade em função do tempo para um caso geral do MRU;

Deduzir a equação matemática da posição em função do tempo para um caso geral no MRUV;

Aplicar a equação da posição em função do tempo no experimento.

Materiais necessários:

Arquivo digital com dados de posição, velocidade e tempo, computador, data-show, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Aplicação da equação matemática da velocidade em função do tempo do MRUV, no ajuste dos pares ordenados dos módulos de velocidade e tempo;

Construção de um gráfico da velocidade em função do tempo do MRUV, para a situação que no instante $t=0s$ a velocidade é diferente de zero;

Dedução da equação matemática $X= X_0 + V_0t + at^2/2$ através da definição da área abaixo do gráfico igual ao módulo do deslocamento, que por sua vez é igual à variação da posição já que a trajetória é reta;

Aplicação, no experimento, da equação da posição em função do tempo.

Atividades extraclasse:

Aplicar a equação da posição em função do tempo aos pares ordenados de posição e tempo.

3.2.9 Aulas 17, 18 e 19.

Objetivos:

Discutir problemas com a aplicação dos conhecimentos trabalhados no experimento.

Materiais necessários:

Material de apoio, giz e quadro negro.

Dinâmica proposta:

Discussão de resolução em exercícios clássicos de Física com: (i) aplicação da equação do módulo da aceleração média em viagens de móveis, (ii) determinação do módulo da aceleração média e instantânea no gráfico da velocidade em função do tempo, (iii) determinação do módulo do deslocamento num gráfico do módulo da velocidade em função do tempo, (iv) determinação do módulo da velocidade média num gráfico da velocidade em função do tempo.

4 ATIVIDADES DIDÁTICAS: ANÁLISE DOS RESULTADOS

As atividades didáticas expostas no capítulo anterior demonstram que utilizamos a mesma proposta pedagógica no ano de 2010 e 2011, nas duas escolas citadas, já que os objetivos didáticos das aulas foram construídos com a função de desenvolver o conteúdo programático em paralelo à promoção de uma autonomia computacional dos alunos no processo ensino/aprendizagem. Nessa perspectiva, desenvolvemos as atividades do pêndulo simples e pêndulo amortecido no ano de 2010, com 4 turmas de 25 alunos cada, do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Santa Maria/RS/Brasil. As atividades didáticas do MRU e MRUV foram desenvolvidas no ano de 2011, com 3 turmas de 33 alunos cada, do 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada da mesma cidade.

Todas as aulas foram ministradas pelo autor deste trabalho. No contexto da observação da sua prática, relatamos de que forma a diversificação de estratégias foi inseridas no desenvolvimento dos objetivos didáticos. Posteriormente, através da análise das respostas de um questionário aplicado em ambas as escolas, avaliamos se as atividades didáticas foram aceitas pelos alunos.

4.1 Análise das atividades didáticas do pêndulo simples e pêndulo amortecido

4.1.1 Resultados da diversificação de estratégias

Iniciamos o desenvolvimento das atividades didáticas conversando com os alunos sobre a possibilidade de estudarmos parte do movimento harmônico simples (MHS) através de uma discussão quantitativa do modelo do pêndulo simples, e semiquantitativa do modelo do pêndulo amortecido. Para atingirmos tais fins propomos a participação dos alunos em grupos de 5 alunos cada, formados conforme a disponibilidade de cada aluno, em atividades de sala de aula e horários extraclasse.

Argumentamos que horários regulares seriam utilizados para o desenvolvimento da teoria em conjunto com o experimento, tendo em vista a

modelagem do fenômeno através de discussões de perguntas. Nos horários extraclasse aconteceriam a aquisição de dados experimentais através da análise quadro a quadro da filmagem do experimento, e o tratamento desses dados através de um software matemático de uso geral.

Diante disso, os alunos relataram que o uso de editores de vídeo era uma prática comum em horários extraclasse. Além disso, já tinham utilizado um programa computacional para a construção de gráficos de funções matemáticas em determinado período da trajetória escolar. Com esse “gancho” o professor questionou como estes editores expunham as medidas de tempo em termos das partes decimais dos valores, e se o nível de conhecimento com o software matemático seria suficiente para o tratamento dos dados experimentais.

Sobre os editores de vídeo que utilizavam no cotidiano, responderam que as medidas do tempo eram expostas em centésimos de segundos. Sobre o software matemático, relataram que trabalharam com o programa na relação escrita da equação matemática e a verificação do gráfico. Posteriormente, questionaram se o professor tinha conhecimento desse programa. O mesmo, respondeu que não. Porém argumentou que durante a graduação começou a usar um software de uso geral, denominado OCTAVE, de uso compatível ao MATLAB (software de uso geral nas engenharias), e que o nível do conhecimento já era adequado para instruir sobre a sua utilização. Devido a isso, acreditava no uso de programas comuns pelos grupos e, assim, na próxima aula acessaria o vídeo de um pêndulo simples elaborado por uma câmera de baixa resolução, com o editor de vídeo Avidemux (software livre), e com o OCTAVE construiria o gráfico da pressão em função da temperatura para o diagrama de fases da água, com dados de uma tabela exposta no livro didático.

Com o computador de uso pessoal e o data-show, o professor mostrou que o Avidemux permitia a aquisição de aproximadamente 24 medidas de pares ordenados de posição e tempo a cada 1 s do movimento do pêndulo simples. Além disso, com o OCTAVE construiu um gráfico da pressão em função da temperatura com a explicação dos comandos que: (i) armazenava os dados de uma tabela, (ii) construía o gráfico com o posicionamento de dados no eixo das abscissas e no eixo das ordenadas, (iii) inseria a unidade no eixo das abscissas e no eixo das ordenadas, (iv) escrevia um título para o gráfico.

Os alunos revelaram que o “Avançar” e “Retroceder” no Avidemux eram similares aos editores de vídeo que utilizavam no cotidiano. Sobre o OCTAVE, falaram que era similar ao programa utilizado em anos anteriores na disciplina de matemática, pois foi uma maneira rápida e ágil de construir um gráfico. Desse modo, a tarefa de construção de gráficos com o OCTAVE foi classificada como possível, mas necessitavam de um roteiro com a aplicação dos comandos nas atividades extraclasse. Isso nos levou a elaborarmos e disponibilizarmos, no andamento das atividades didáticas, roteiros para a construção dos gráficos do pêndulo simples e amortecido.

Tendo em vista que os alunos concordaram em desenvolver o conteúdo programático com o Avidemux e o OCTAVE, disponibilizamos uma cópia do CDROM para cada um dos 20 grupos, com a justificativa que o uso comum do CDROM possibilitaria a discussão de dúvidas comuns na interação aluno-professor e aluno-aluno. Para atingirmos tal fim, na aula 1, debatemos conhecimentos para configuração da BIOS dos computadores pessoais. Aqui cabe destacar que alguns alunos mostraram um conhecimento de informática superior ao do professor. Sendo assim, decidimos que esses alunos seriam responsáveis por auxiliar seus colegas na realização do procedimento.

Nas aulas 2 e 3 disponibilizamos para cada grupo de alunos um material impresso com questões que desenvolveram o conteúdo programático do pêndulo simples. A seguir, associamos cada pergunta às respostas iniciais dos alunos e às discussões dessas respostas realizadas com o grande grupo em cada uma das 4 turmas. Como foram 20 grupos, não expomos as respostas de cada grupo diretamente. Escolhemos alguma(s) resposta(s) (grifadas a partir daqui) com a ideia de resumirmos/abrangermos os argumentos das demais.

Questão 1) A esfera de PVC pode ser considerada uma partícula na execução do movimento? Escreva o que o grupo entende pelo conceito de partícula.

Todos os grupos responderam que Sim. O conceito de partícula foi associado a um corpo, cujas dimensões são desprezíveis em relação aos corpos ao redor. Na discussão das respostas o professor questionou “Por que deveríamos tratar a esfera como partícula?”. Os grupos não responderam. Novamente questionou “Como localizavam objetos, como automóveis, blocos, etc ao longo de um referencial no 1º ano, do Ensino Médio? “Em que lugar desse objeto ilustravam as forças que neles atuavam?”. Para essas perguntas responderam que não existia um lugar específico,

pois no material didático que utilizavam a força peso atuava no corpo, a força de tração atuava num fio, por exemplo, e a força de atrito atuava na região de contato entre o corpo e o apoio. Assim, o professor argumentou que se um corpo é uma partícula, o mesmo é considerado como um único ponto onde está concentrada toda a sua massa. Desse modo, o corpo é localizado por esse ponto, em relação a um referencial, e todas as forças que atuam nesse corpo estão aplicadas nesse ponto.

Questão 2) A esfera de PVC oscila numa linha reta? Escreva o nome da trajetória.

Os grupos responderam que trajetória não era reta, mas sim um arco de circunferência. Aqui acreditamos que o vídeo pode ter colaborado com essas conclusões, assim como a visualização a olho nu do movimento do pêndulo simples com o aparato experimental.

Questão 3) Indique na figura a seguir as forças que atuam na esfera de PVC na posição de máximo afastamento. Faça o somatório dessas forças e escreva o módulo da força resultante no eixo X.

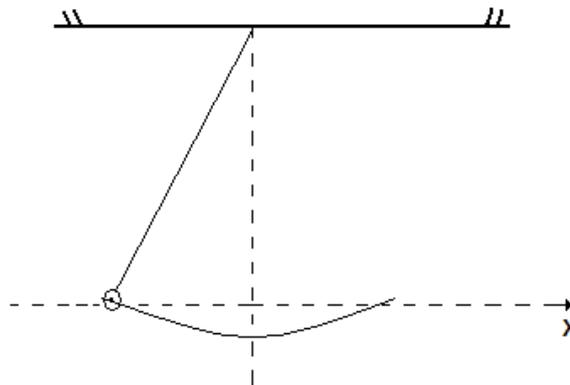


Figura 8 - Imagem na qual os grupos deveriam ilustrar as forças que atuam no pêndulo simples na posição de máximo afastamento.

Na resposta dessa questão os grupos demonstraram conhecimento de interação entre corpos e as respectivas forças associadas. Em outras palavras, associaram a força peso à interação esfera-Terra e a força de tração à interação esfera-fio. Para a decomposição dessas forças o professor utilizou o quadro de giz para discutir que a força de tração era anulada pela componente do peso $(m)(g)(\cos\theta)$. Desse modo, a força resultante era $(m)(g)(\sin\theta)$.

Questão 4) Quando a esfera está em movimento, essa é a única força que atua na direção do movimento? Caso exista outra força, escreva com que fatores está relacionada e argumente através do vídeo quais as implicações dessa força.

Na resposta dessa questão os grupos avaliaram a influência da resistência do ar como uma força que depois de determinado tempo faz o pêndulo parar, porém nesse caso a atuação é muito pequena. Essa conclusão foi comum, e assim consideramos que a visualização do vídeo após algumas oscilações colaborou para que a resistência do ar fosse desprezada no período de tempo que o movimento foi analisado.

Questão 5) Podemos aproximar o arco de circunferência por uma linha reta horizontal (eixo X)? Qual é a condição para executar essa simplificação?

A resposta dessa questão é a essência do conteúdo do pêndulo simples. Todos os grupos responderam que a trajetória poderia ser considerada uma linha reta e todos os argumentos podem ser englobados nos que seguem: o comprimento do fio é bem maior que a elongação; para os valores em que a amplitude é muito menor do que o comprimento do fio, podemos considerar que o movimento acontece sobre uma reta. Nota-se que os grupos responderam corretamente a condição para executar a simplificação. Porém, o professor questionou “Quantas vezes o comprimento $L=99,25$ cm do pêndulo simples era maior que a amplitude $x=20$ cm?” Facilmente os grupos responderam que o comprimento do pêndulo simples era aproximadamente 5 vezes maior. O professor questionou “Essa relação é suficiente para o movimento ser harmônico simples?” Os grupos responderam que sim, pois correspondia a um ângulo de $11,5^\circ$ graus, e o livro didático dizia que para ângulos menores que 12° graus a condição era satisfeita. O professor questionou “Fazia alguma diferença fazer o experimento com ângulos menores que 12° graus ou maiores que 12° graus?”. Os grupos relataram que o livro didático não discutia esses casos. Desse modo, debatemos a Tabela 1.

Tabela 1 - Valores do erro relativo na aproximação $\sin\theta=\theta$ no pêndulo simples.
 Fonte:www.ufsm.br/gef

θ (graus)	θ (rad)	Sen θ	ε (em %)
10	0,175	0,174	0,575
15	0,262	0,259	1,158
20	0,349	0,342	1,047
25	0,436	0,423	3,073
30	0,524	0,5	4,800
35	0,611	0,574	6,446

Questão 6) A esfera faz parte do pêndulo simples? Então, no desenho acima ilustre o comprimento do pêndulo simples (L). A distância entre o ponto de equilíbrio e o ponto de maior afastamento da partícula na horizontal ilustre como x.

O objetivo dessa questão foi discutirmos em que situações o comprimento do pêndulo simples poderia ser aproximado do comprimento do fio. Com a questão 03 concluímos que a força de resistência do ar foi desprezada no modelo do pêndulo simples e isso, na natureza, envolvia, de uma maneira geral, corpos de pequenos volumes presos a fios inextensíveis. Como o raio da esfera era de 1,25 cm e o comprimento do fio era de 98 cm, o comprimento do pêndulo simples seria considerado o comprimento do fio.

Questão 7) Escreva o seno do ângulo entre o fio e a linha vertical que passa pela posição de equilíbrio em função de x e L. Assim, reescreva F(x)

Questão 8) Obtenha uma equação para a velocidade angular, sabendo que num MHS a constante C assume $C=m\omega^2$, onde m é a massa da partícula e ω é o módulo da velocidade angular.

Questão 9) Substituindo $\omega=(g/L)^{1/2}$ em $T=2\pi/\omega$ obtenha uma equação para o período T.

O objetivo das questões 7, 8 e 9 foi a dedução da equação matemática do período do pêndulo simples. Neste ponto, não tiveram problemas, pois o domínio de álgebra dos alunos foi suficiente.

Na aula 4 resolvemos exercícios clássicos de Física sobre o pêndulo simples, através do uso do quadro de giz e da interação verbal professor - aluno. Nesse momento, o principal questionamento dos alunos foi do tipo “Como determinaremos o comprimento dos pêndulos simples do livro texto se o mesmo traz informações apenas do comprimento do fio?”. Essas dúvidas comuns mostram que a

simplificação do fenômeno durante a integração teoria-experimento do pêndulo simples foi um passo inicial para os alunos se acostumarem com a modelagem de sistemas físicos.

Na aula 5 disponibilizamos para cada grupo de alunos um material impresso com questões que desenvolveram qualitativamente o conteúdo programático do pêndulo amortecido. Nas respostas das questões 1, 2, 3, 4 os alunos utilizaram os mesmos argumentos do modelo do pêndulo simples. Desse modo, apresentamos a seguir as discussões das perguntas que levavam o aluno a distinguir o modelo do pêndulo amortecido do modelo do pêndulo simples.

Pergunta 5) Quando a esfera de ping-pong está em movimento, a componente $(m)(g)(\sin\theta)$ é a única força que atua na direção do movimento? Caso exista outra força, escreva qual a sua implicação no movimento?

Pergunta 6) Através da resposta anterior, argumente se o movimento da esfera está de acordo com o modelo do pêndulo simples.

As respostas dos grupos foram associadas à visualização do vídeo, pois argumentaram que na esfera de ping-pong atuam também forças dissipativas, que são contrárias ao movimento, sendo estas representadas pela força de atrito com relação ao ar; existe também a resistência do ar, relacionada a passagem do ar pela superfície da bola, que, como no vídeo, pode atrasar o movimento. Nota-se que um dos grupos concluiu que a cada oscilação do pêndulo amortecido o movimento se tornava mais lento, ou seja, o período da oscilação aumentava. Para discutir esse resultado, em sala de aula, determinamos o período de 5 oscilações completas através do vídeo. Os resultados foram 2,13 s, 2,26 s, 2,13 s, 2,2 s, 2,2 s. Através dessas medidas debatemos que no pêndulo amortecido não havia alteração do valor do período a cada oscilação completa, mas sim uma diminuição de amplitude.

Para a visualização desse resultado, através do gráfico da elongação em função do tempo em conjunto com as discussões dos resultados das tarefas extraclasse, o professor optou por dedicar 1 hora/aula, além das 5 horas/aulas planejadas nas atividades didáticas. Nessa 6^a aula discutimos alguns gráficos elaborados pelos grupos através de imagens projetadas no data-show. Além disso, avaliamos o resultado de um dos grupos, na comparação entre a medida experimental do pêndulo simples e o valor do período teórico.

Nessa aula, o professor relatou que todos os grupos cumpriram com o objetivo de medir experimentalmente o período do pêndulo simples, e o resultado

demonstra que o vídeo foi uma ferramenta eficiente. No entanto, um dos grupos concluiu que o período medido com o vídeo é $T=2$ s. Para a medida do período teórico calculamos $T= 2\pi(98/9.8) = 20\pi$ s. Os valores são relativamente iguais. O debate dessa frase, com o grande grupo, nas 4 turmas, levou a conclusão que o grupo cometeu três erros matemáticos. Com o quadro de giz corrigimos os mesmos com os procedimentos apresentados a seguir:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,98 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} = (2\pi)(0,31)\sqrt{s^2} = 1,94 \text{ s}$$

De uma maneira geral, os alunos estavam acostumados com a inserção das unidades das grandezas físicas na equação matemática. Assim, observaram que a ausência da análise dimensional, no próprio cálculo, foi uma ferramenta que o grupo não utilizou para a avaliação dos erros. A ausência da raiz quadrada foi classificada como um erro devido à falta de atenção. Para a avaliação do terceiro erro, 20π s relativamente igual a 2 s, o professor questionou “Por que o grupo executou a medida $T = 2$ s e não fez uso desse valor para discutir o resultado do cálculo teórico?” Ao longo do debate os argumentos se resumiram ao fato que cálculos teóricos são tão comuns quanto medidas experimentais no Ensino Médio. Com esse “gancho”, o professor argumentou que esse foi um dos méritos das atividades didáticos, pois além de desenvolver o conteúdo programático, proporcionou o estudo de uma Física quantitativa.

Para o fechamento das atividades do pêndulo simples e do pêndulo amortecido, após a entrega das tarefas extraclasse, discutimos com o grande grupo os Gráficos 1, 2 e 3 (ilustrados a seguir) através de imagens projetadas no data-show.

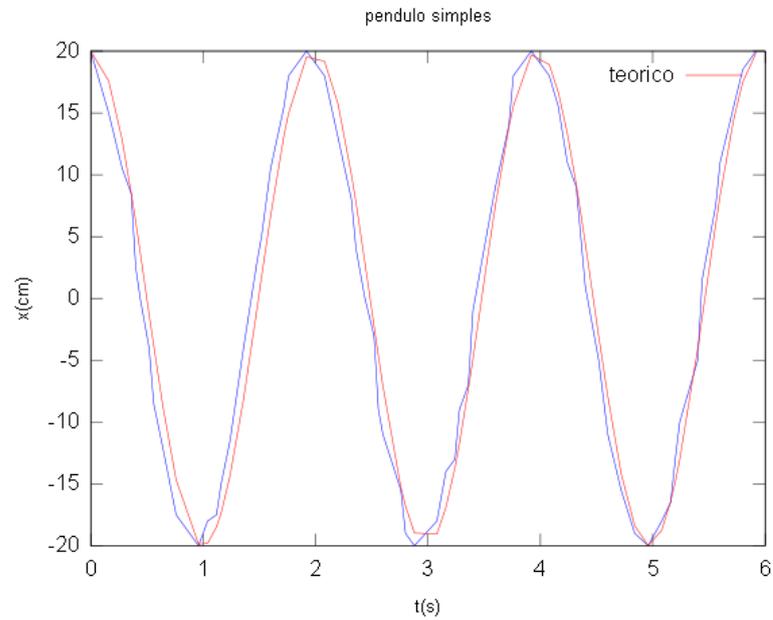


Gráfico 1 - Tratamento de dados, realizado com o OCTAVE, do pêndulo simples com $l= 98$ cm e $x_0= 20$ cm

O Gráfico 1 foi considerado completo pelos alunos, pois os dados de elongações, em cm, e instantes de tempo, em s, foram posicionados corretamente no eixo das ordenadas e no eixo das abscissas. Além disso, a linha vermelha (classificada como o gráfico teórico), informação na parte superior direita do gráfico 1, encontra-se em fase, em relação ao gráfico experimental (linha azul).

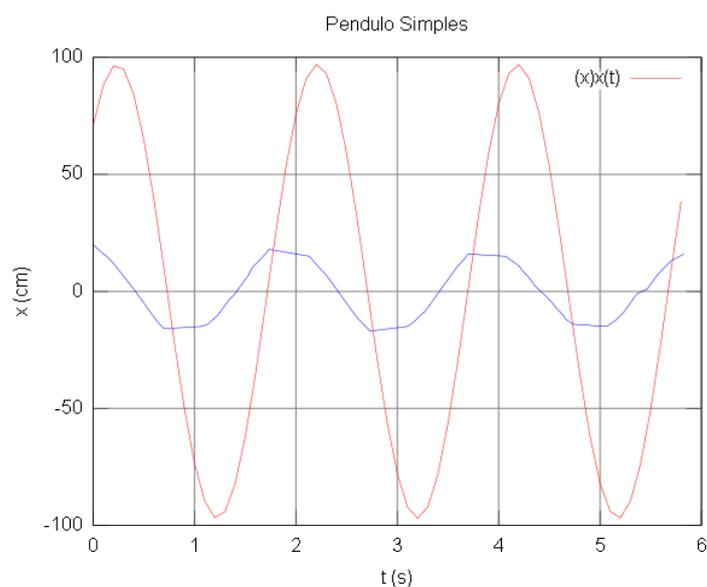


Gráfico 2 - Tratamento de dados do pêndulo simples, realizado com o OCTAVE, com um erro na entrada de dados.

O Gráfico 2 foi avaliado como incompleto, pois os dados de elongações, em cm, e instantes de tempo, em s, foram posicionados corretamente no eixo das ordenadas e no eixo das abscissas. Porém, a linha vermelha (classificada como o gráfico teórico), informação na parte superior direita do Gráfico 2, não foi colocada em fase com a linha azul (gráfico experimental). Além disso, o valor da amplitude do gráfico teórico mostrou um valor próximo do comprimento do pêndulo simples. Concluímos que esse segundo erro aconteceu na entrada de dados da equação $x=x_0\cos(\omega t + \Phi)$.

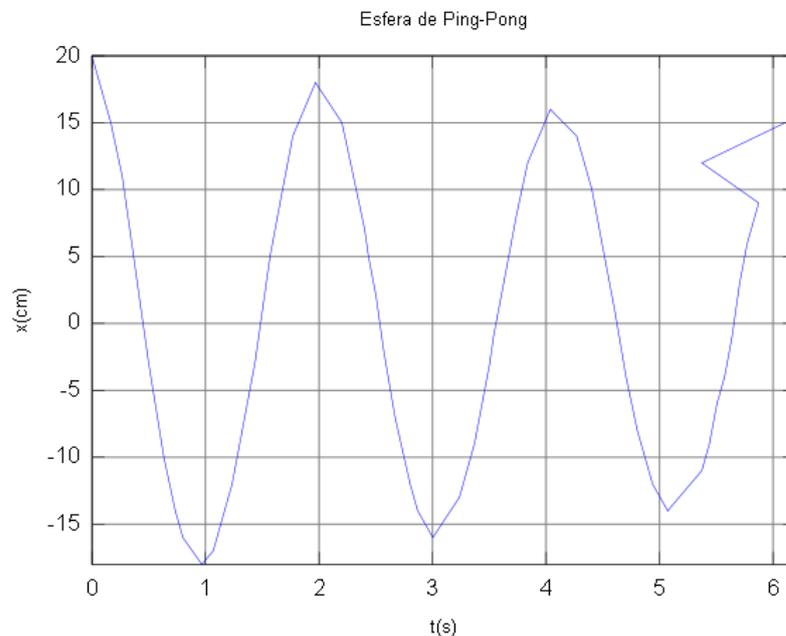


Gráfico 3 - Tratamento semiquantitativo, realizado com o OCTAVE, do pêndulo amortecido com $l= 98$ cm.

O Gráfico 3 foi considerado praticamente completo, pois os dados de elongações, em cm, e instantes de tempo, em s, foram posicionados corretamente no eixo das ordenadas e no eixo das abscissas. Porém, entre os instantes $t=5$ s e $t=6$ s, há um erro na entrada de dados que pode ter acontecido pelo erro de digitação ou erro de medida.

O desenvolvimento dos tópicos do pêndulo simples e do pêndulo amortecido, nas 6 horas/aulas que relatamos, traz indícios que a diversificação de estratégias (quadro de giz, livro, integração teoria e experimento, computador e data-show) cumpriu com os objetivos didáticos. Com o intuito de resumirmos esses resultados, apresentamos na Tabela 2 a relação dos recursos didáticos e as possíveis contribuições no processo ensino/aprendizagem.

Tabela 2 - Contribuições dos recursos didáticos nas atividades didáticas do pêndulo simples e pêndulo amortecido

Recurso Didático	Contribuições
Quadro de giz	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão das questões do Anexo I e II; - Discussão de problemas do livro; - Discussão de alguns resultados das tarefas extraclasse.
Livro	<ul style="list-style-type: none"> - Fonte de pesquisa para o debate das questões do Anexo I e II; - Banco de exercícios e problemas do conteúdo programático.
Integração teoria-experimento	<ul style="list-style-type: none"> - Debate da modelagem dos pêndulos.
Computador	<ul style="list-style-type: none"> - Aquisição de 60 pares ordenados de elongações e instantes de tempo; - Determinação do período experimental; - Elaboração do gráfico teórico e experimental da elongação em função do tempo.
Data-show	<ul style="list-style-type: none"> - Visualização do amortecimento dos movimentos após 10 oscilações; - Visualização em tempo real da elaboração de um gráfico com linha de comando; - Discussão de gráficos elaborados pelos alunos.

4.1.2 Discussão dos resultados dos questionários

Após implementarmos as atividades didáticas, aplicamos um questionário aos 20 grupos de alunos. Esse objetivou buscar opiniões sobre as aulas e informações da demanda de tempo na realização das tarefas extraclasse. As perguntas do questionário, as respectivas alternativas e o número de respostas comuns dos grupos encontram-se a seguir:

Pergunta 1) Na execução do vídeo do experimento do pêndulo simples o seu grupo utilizou uma câmera digital. A tarefa de trazer esse equipamento para a sala de aula foi:

Tabela 3 - Opiniões dos grupos referentes à tarefa de providenciar câmera digital para a filmagem do pêndulo simples.

Alternativas	Número de respostas comuns
Fácil, pois membros do grupo possuíam uma câmera.	12
Fácil, pois familiares ou amigos de membros do grupo se dispuseram a emprestar uma câmera.	3
Mediana, pois foi preciso convencer familiares ou amigos a emprestar este equipamento.	4
Difícil. Nenhum membro do grupo conseguiu arranjar uma câmera, porém outro grupo optou por emprestá-la.	1
Difícil, pois sem a intervenção do professor não seria possível encontrar uma câmera.	0

A Tabela 3 mostra que a maioria dos grupos utilizou um equipamento próprio na realização do experimento do pêndulo simples. O resultado concorda com a disseminação deste equipamento nos últimos anos, devido à diminuição do seu custo. Sendo assim, acreditamos que é possível o uso de vídeos de baixa resolução em diferentes realidades escolares, sob o ponto de vista da disponibilidade das câmeras digitais próprias de alunos, professores e das escolas.

Esta oportunidade de enriquecer o estudo de atividades experimentais com vídeo de baixa resolução pode ser trabalhada com um único vídeo (como no experimento do pêndulo amortecido) ou com uma filmagem por grupo (como no experimento do pêndulo simples). Nossa sugestão é que o professor faça a filmagem prévia do experimento e avalie a sensibilidade do mesmo em ambientes controlados. Tendo conhecimento da demanda de tempo para a elaboração da filmagem e aquisição de dados experimentais poderá avaliar, a partir do seu contexto escolar, se esses procedimentos podem ser realizados em sala de aula e/ou horários extraclasse.

A fim de colaborarmos com o processo que leva o próprio aluno a realizar a aquisição automática de dados com vídeos de baixa resolução, apresentamos a

seguir resultados de três perguntas que buscaram informações da demanda de tempo para a elaboração da filmagem e coleta de pares ordenados, suficientes para o ajuste de uma função cosseno, em horários extraclasse.

Pergunta 2) Quantas gravações foram feitas até se obter a versão final do vídeo?

Tabela 4 - Número de gravações para a obtenção da versão final do vídeo do pêndulo simples em sala de aula.

Alternativas	Número de respostas comuns
Uma	7
Duas	7
Três	6
Mais de três, ou seja.....gravações(preencha a lacuna).	0

Pergunta 3) Estime o tempo que seu grupo levou para obter a versão final do vídeo.

Tabela 5 - Demanda de tempo para a obtenção da versão final do vídeo do pêndulo simples em sala de aula.

Alternativas	Número de respostas comuns
Menos que 5 minutos.	10
Entre 5 e 10 minutos.	7
Entre 10 e 15 minutos.	3
Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).	0

Pergunta 4) Estime o tempo que seu grupo levou para realizar aproximadamente 60 medidas de elongação e tempo, em três oscilações completas, do movimento do pêndulo simples.

Tabela 6 - Demanda de tempo para a aquisição de 60 pares ordenados de elongação e tempo do pêndulo simples em horário extraclasse.

Alternativas	Número de respostas comuns
Menos que 5 minutos.	0
Entre 5 e 10 minutos.	5
Entre 10 e 15 minutos.	10
Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).	5 (25 min, 30 min, 30 min, 45 min, 60 min)

Com os resultados da Tabela 4, percebemos que para a maioria dos grupos foi necessária mais de uma tentativa para a elaboração do vídeo do pêndulo simples. No entanto, através dos resultados da Tabela 5, verificamos que a maioria dos grupos executou a filmagem em menos de 10 minutos da aula. Esse resultado, aliado com a prática de observação do procedimento realizada pelo autor deste trabalho, indica que em média cada grupo de alunos levou aproximadamente 5 minutos para a obtenção da versão final do vídeo.

Através da análise da Tabela 6, destacamos que a aquisição automática de 60 pares ordenados de elongação e tempo, foi eficiente através do uso do vídeo, porque 15 grupos realizaram a tarefa num intervalo de até 15 min, e os outros 5 grupos realizaram as medidas numa faixa de 25 min a 60 min. Desse modo, os resultados das Tabelas 3, 4, 5 e 6 mostram que a elaboração do vídeo em sala de aula e a coleta de dados em horários extraclasse foram boas alternativas para aliamos práticas experimentais à grade curricular, sob o ponto de vista da coleta automática de dados.

Além da promoção dessa necessidade no Ensino Médio, acreditamos que o aluno deve ser capaz de tratar dados numericamente e graficamente. Essa capacitação também necessita de estratégias que proporcionam a interação

eficiente aluno-computador. Nesse contexto, nossa proposta envolveu: (i) a construção de um gráfico em sala de aula com a visualização no data-show dos resultados de alguns comandos básicos do OCTAVE (conforme o relato da Aula 1), (ii) o suporte do autor deste trabalho na discussão de dúvidas resultantes das interações dos grupos com o OCTAVE e (iii) a realização das tarefas extraclasse com a possibilidade de uso de roteiros, como material instrucional para a implementação dos comandos para a construção dos gráficos do pêndulo simples e do pêndulo amortecido. Com as opiniões dos alunos referentes à pergunta a seguir avaliamos essa estratégia.

Pergunta 5) Sobre a elaboração de gráficos com o OCTAVE o grupo:

Tabela 7 - Opiniões dos grupos referentes à nossa proposta de auxílio para a construção de gráficos com o OCTAVE.

Alternativas	Número de respostas comuns
Acha uma tarefa possível de ser realizada, pois basta seguir as explicações dadas em sala de aula e depois seguir o roteiro apresentado.	10
Acha uma tarefa difícil, pois ocorreram problemas não antecipados pelo roteiro.	6
Acha uma tarefa possível de ser realizada, desde que um exemplo seja conhecido, sem a necessidade de um roteiro.	4
Acha uma tarefa possível de ser realizada, pois basta seguir os roteiros.	0

Através dos resultados da Tabela 7, podemos dizer que (i), (ii) e (iii) foram estratégias eficientes no andamento das atividades didáticas, porque 14 grupos utilizaram essas alternativas na construção dos gráficos das atividades didáticas. Desses três momentos de capacitação dos grupos para a construção dos gráficos, acreditamos que a interação com os roteiros (apresentados no Anexo V e VI) foi a estratégia mais utilizada pelos alunos. Esse resultado foi avaliado como satisfatório, tendo em vista o primeiro contato dos alunos com o tratamento de dados através de uma linguagem de programação.

No que se refere às opiniões dos alunos, até a pergunta 5 e através da observação da prática do autor deste trabalho no andamento das atividades didáticas, de uma maneira geral, os grupos utilizaram o Avidemux e o OCTAVE na realização das tarefas extraclasse. Desse modo, acreditamos que compreenderam a necessidade do uso comum de programas computacionais, sob o ponto de vista de explicações de dúvidas comuns para aquisição e tratamento de dados experimentais. Relatamos no capítulo 3 que procuramos atingir tal necessidade através de um CDROM, disponibilizado para cada grupo. A utilização do mesmo proporcionou a interação aluno-aluno e aluno-professor na discussão de conhecimentos básicos de informática em relação ao sistema básico de entrada e saída, em computação, Basic Input/Output System (BIOS). Com o objetivo de avaliarmos se os grupos conseguiram acessar o CDROM nos computadores pessoais, optaram por baixar o Avidemux e o OCTAVE da Internet ou utilizaram outros aplicativos para a construção dos gráficos aplicamos a questão a seguir:

Pergunta 6) Para a aquisição e análise de dados o professor entregou para cada grupo um CDROM com o editor de vídeo AVIDEMUX e o aplicativo gráfico OCTAVE. Na utilização desses programas:

Tabela 8 - Formas de acesso aos programas computacionais para a aquisição e tratamento de dados do pêndulo simples e do pêndulo amortecido.

Alternativas	Número de respostas comuns
O CDROM foi acessado no computador de um dos integrantes do grupo.	5
O CDROM foi acessado no computador de mais de um integrante do grupo.	9
O CDROM não pode ser acessado por nenhum integrante do grupo.	0
O grupo baixou da Internet os programas AVIDEMUX e OCTAVE.	4
O grupo optou por usar outros aplicativos, que listamos a seguir :.....(para a análise gráfica)	2 (Origin)

Nota-se que a opção de acesso do CDROM no computador pessoal de um integrante do grupo somada a opção de acesso do CDROM nos computadores

peçoais de mais de um integrante do grupo prevaleceu em relação às demais. Esse resultado mostra que o CDROM foi uma ferramenta que agilizou o andamento das atividades didáticas, porque oportunizou a realização das atividades extraclasse sem a necessidade de instalação de programas computacionais nos computadores pessoais dos alunos. Além desse bom resultados, as opções dos grupos que baixaram o Avidemux e o OCTAVE da Internet e os 2 grupos que utilizaram o software ORIGIN também mostraram uma autonomia dos alunos durante a realização das atividades extraclasse.

Através das contribuições da diversificação de estratégias, relatadas na seção 4.1.1, podemos dizer que os objetivos didáticos das 6 horas/aula do estudo do pêndulo simples e do pêndulo amortecido foram cumpridos. Desse modo, o foco de inserção de TIC's no andamento das atividades esteve voltado ao desenvolvimento do conteúdo programático através da experimentação. Com o objetivo de investigarmos se os alunos compreenderam essa relação, aplicamos as duas perguntas que encontram-se a seguir:

Pergunta 7) Na opinião do grupo existe relação entre o conteúdo programático e as atividades experimentais?

Pergunta 8) Na opinião do grupo este tipo de atividade são necessárias no Ensino Médio?

As opiniões dos grupos, na pergunta 7, evidenciaram que as atividades didáticas sempre estiveram voltadas para o cumprimento do conteúdo programático. A seguir, apresentamos um conjunto de argumentos que resumem as justificativas dos grupos:

As aulas foram importantes, pois vimos na prática experimentos que normalmente só são vistos na teoria;

As aulas desenvolveram o conteúdo de uma forma prática provando o porquê das fórmulas e dos movimentos;

A filmagem da esfera de pvc mostrou um movimento harmônico simples.

A teoria dos conteúdos foi desenvolvida junto com a prática.

Fazer as tarefas dos pêndulos nos ajudou a ter conhecimento dos conteúdos de oscilações.

O trabalho foi relacionado aos pêndulos, conteúdos referentes à grade curricular.

As respostas da pergunta 8, estão organizadas nas categorias ilustradas na Tabela 9.

Tabela 9 - Opiniões dos grupos em relação ao desenvolvimento das atividades didáticas do pêndulo simples e do pêndulo amortecido.

Categorias	Número de grupos
Favoráveis	11
Sem posicionamento definido	7
Desfavoráveis	2

Para um grupo de opinião favorável, as atividades didáticas foram bem aceitas, porque proporcionaram que os alunos construíssem o conhecimento para compreender o conteúdo programático com a concepção de discutir a física e não só largando as fórmulas no quadro, de acordo com um dos argumentos do grupo. Outro grupo, já argumentou que as atividades didáticas foram importantes, pois proporcionaram o contato dos alunos com programas computacionais com a promoção do conhecimento para o resto da vida escolar.

Para um grupo de posicionamento desfavorável, as atividades didáticas não foram bem vindas, pois o foco principal das aulas deveria ser a teoria. Do nosso ponto de vista, esse resultado é compreensível, porque trabalhamos com as atividades didáticas do pêndulo simples e do pêndulo amortecido em 4 turmas do Ensino Médio. Nesse contexto, sabe-se que cada aluno se identifica com determinadas disciplinas e com diferentes metodologias de estudo.

Ressaltamos que foi válida a oportunidade de cada grupo escolher qual recurso iria utilizar para a aquisição e tratamento dos dados experimentais. Observa-se na Tabela 8 que 2 grupos usaram o software matemático Origin. A seguir apresentamos um gráfico do pêndulo simples elaborado por um desses grupos.

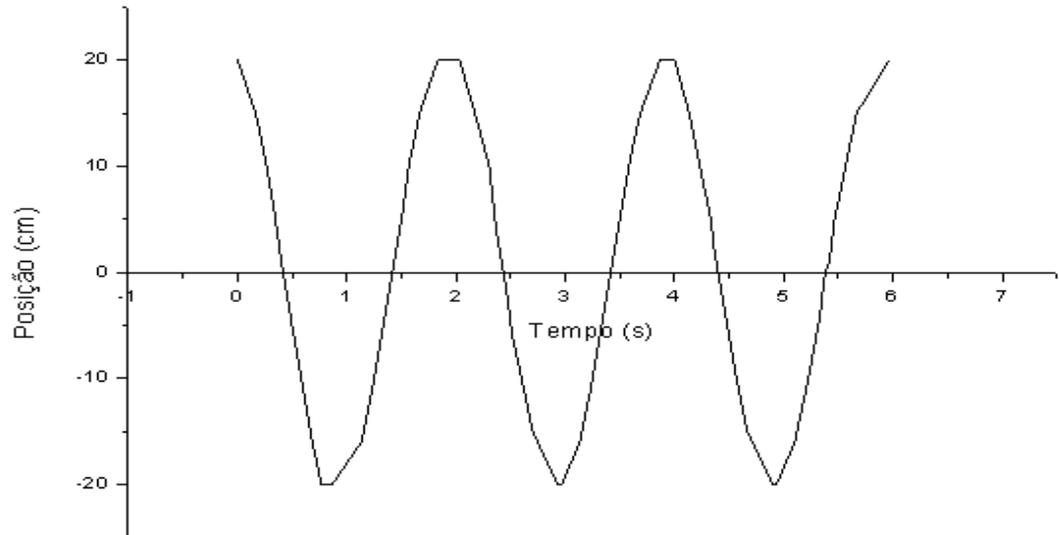


Gráfico 4 - Tratamento de dados, realizado com o Origin, do pêndulo simples com $l = 98$ cm e $x_0 = 20$ cm.

O Gráfico 4 é um bom exemplo de autonomia do grupo ao usar um software matemático diferente do proposto pelo professor, e cumprir com a tarefa de construir o gráfico experimental da elongação em função do tempo. Esse grupo, no início das atividades didáticas, relatou que gostaria de elaborar os gráficos com um software que não era o OCTAVE. O professor argumentou que eram livres em relação à escolha, porém não garantiria o suporte das explicações além do OCTAVE, já que a demanda de energia para estudar outros softwares e garantir o suporte para 20 grupos poderia ser insuficiente. Além disso, o andamento das aulas seria prejudicado. Nesse momento, os alunos relataram que entendiam a proposta de uso comum do OCTAVE pelos grupos e utilizariam o Origin, porque teriam um suporte extraclasse de um familiar nas explicações do software.

A conversa com esse grupo e o Gráfico 4 mostra que é possível que os alunos utilizem programas computacionais que não é aquele proposto pelo professor. No entanto, 17 dos 20 grupos optaram por construir os gráficos com o OCTAVE. Esse resultado traz indícios que, de uma maneira geral, os alunos não

utilizavam o computador para o tratamento de dados. Justamente por proporcionar um contato inicial, do nosso ponto de vista eficiente, na interação aluno – OCTAVE e cumprir com o conteúdo programático com uma diversificação de estratégias concluímos que as atividades didáticas do pêndulo simples e do pêndulo amortecido foram bem aceitas pela maioria dos alunos no ano de 2010.

4.2 Análise das atividades didáticas do MRU e MRUV

4.2.1 Resultados da diversificação de estratégias

Os bons resultados alcançados no ano de 2010 fizeram com que reutilizássemos a proposta pedagógica na elaboração e aplicação das atividades didáticas do MRU e MRUV no ano de 2011 em uma outra escola. Na distribuição do número de horas/aulas de Física ao longo do ano letivo, o professor planejou as primeiras aulas de cinemática com o estudo de conceitos básicos (referencial, partícula, intervalo de tempo, etc) e do sistema internacional de unidades com as transformações de unidades mais comuns.

Nessas aulas ratificou que o conteúdo programático de cinemática envolvia movimento de objetos que poderiam ser estudados através de imagens não-estáticas. Para isto debateu com os alunos sobre a possibilidade de utilização do computador no estudo do MRU e do MRUV de uma maneira experimental em sala de aula e nos horários extraclasse através de grupos, de 5 alunos cada, montados conforme a disponibilidade de cada aluno. Os grupos concordaram em utilizar seus computadores para estes estudos, porém gostariam de trabalhar em grupos de no mínimo 2 alunos e no máximo 6. Isso levou a formação de 20 grupos.

Durante a conversa os alunos, relataram que faziam uso programas computacionais para a visualização de vídeos, mas não na construção de gráficos, com exceção de um aluno. Na turma desse aluno o professor perguntou em que período ocorreu esta capacitação. O mesmo informou que a sua família fazia uso do computador no trabalho. Diante disso, o professor debateu com todas as turmas que o desenvolvimento da competência de apropriação do computador para o tratamento de dados seria útil tanto para o aprendizado em Física quanto para a aprendizagem de conhecimentos básicos de Informática. Também falou que durante a graduação

começou a usar um software de uso geral, denominado OCTAVE, compatível ao MATLAB e, que o nível do conhecimento já era adequado para instruir a sua utilização, inclusive com bons resultados no Ensino Médio. Devido a isso, acreditava no uso de programas comuns pelos grupos, tendo em vista a aquisição de dados experimentais através de vídeos e o tratamento desses dados através do computador.

Com esse propósito, disponibilizou o CDROM para cada grupo de alunos com o objetivo que acessassem a plataforma computacional de acordo com o andamento das aulas do MRU. Desse modo, estudamos esse movimento através das atividades didáticas do capítulo 03 com a possibilidade de aliarmos práticas experimentais à grade curricular, e apresentarmos as funções do Avidemux e do OCTAVE na aquisição e análise de dados para que os alunos se sentissem seguros na utilização dos programas no andamento das atividades didáticas. Para avaliarmos se essa alternativa foi eficiente no desenvolvimento das atividades didáticas do MRU, relatamos o desenvolvimento das aulas do ponto de vista da prática de sala de aula do autor deste trabalho.

4.2.1.1 Relato das aulas do MRU

4.2.1.1.1 Aulas 1 e 2

No experimento do MRU marcamos na barra roscada uma escala de 10 cm (referencial com sentido positivo de cima para baixo) e com uma câmera digital de baixa resolução filmamos o movimento em sala de aula. Através do data-show projetamos a filmagem, e com o Avidemux adquirimos 9 pares ordenados de posições e instantes de tempo da arruela. Utilizando esses dados, construímos uma tabela no quadro de giz com o debate que toda a tabela tem o papel de armazenar informações. Como utilizaríamos tabelas na Física, essas medidas tinham número e unidade. Além disso, o professor argumentou que uma quantidade de dados também poderia ser armazenada no gráfico. Para desenvolver a habilidade do aluno visualizar as etapas de construção de um gráfico o professor utilizou o data-show e o OCTAVE na associação dos 9 pares ordenados de posição e tempo adquiridos com o Avidemux.

Posteriormente, discutimos que cada par ordenado era resultado dos valores da tabela. Para finalizarmos a aula conversamos sobre a eficácia do Avidemux e o

OCTAVE na abordagem inicial do experimento. Os alunos, das três turmas, relataram que a coleta de dados levou cerca de 10 minutos e a associação de pares ordenados no OCTAVE foi rápida e ágil. Desse modo, compreenderam que os programas computacionais agilizavam o andamento da aula. Isso levou à distribuição do CDROM para cada grupo de aluno, e a explicação do funcionamento do mesmo. Além disso, o professor falou que os alunos poderiam escolher outros recursos didáticos (papel milimetrado, planilha eletrônica, editores de vídeo, etc) para a realização das atividades extraclasse, porém garantiria o suporte das explicações do funcionamento do Avidemux e do OCTAVE, por motivos já discutidos nesse trabalho.

4.2.1.1.2 Relato das Aulas 3 e 4

No início dessas aulas o professor utilizou o data-show e o OCTAVE na reconstrução do gráfico com pares ordenados de posição e tempo a partir de um método que não necessitou de digitação dos dados no programa. Assim, aclarou a ideia de que em aulas passadas armazenou os dados experimentais no arquivo de texto Kwrite (software livre gravado no CDROM). Posteriormente, mostrou para os alunos o comando do OCTAVE que interpretava os valores que foram armazenados no arquivo de texto. Nesse momento, argumentou que esse procedimento poderia facilitar a construção dos gráficos em horários extraclasse, pois o armazenamento dos dados no arquivo de texto poderia ser reutilizado no processo de elaboração dos gráficos.

Na sequência da aula discutimos, com a visualização do vídeo, as seguintes perguntas: (i) a arruela mudou de rapidez ao longo do movimento? (ii) a arruela andou a mesma distância no mesmo intervalo de tempo. Sobre (i) os alunos responderam que a rapidez era estável. Sobre (ii) os alunos responderam que o cálculo dos valores seria necessário para a conclusão. Com isso, o professor questionou: “Como podemos realizar esse cálculo?”.

Alguns alunos responderam que poderíamos usar o recurso ilustrado na figura a seguir:

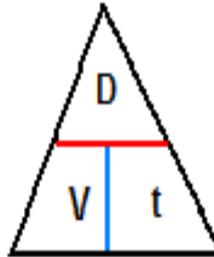


Figura 9 - O popular “triângulo mágico”.

Nossa proposta pedagógica foi estruturada com a perspectiva de promover uma aprendizagem significativa. Desse modo, o professor avaliou se os alunos estariam utilizando esse recurso com uma aprendizagem puramente mecânica. Assim, perguntou “Com a utilização do triângulo, podemos calcular a velocidade média da arruela?”. Foi comum a resposta que não era possível, porque não sabiam os valores de “D” e “t”. Através dessas respostas o professor concluiu que a aprendizagem dos alunos que utilizavam esse recurso era exclusivamente mecânica, porque o popular “triângulo mágico” era utilizado com o objetivo para obtenção de uma resposta final. Em outras palavras, para os alunos não fazia diferença se “V” era velocidade instantânea ou velocidade média, “t” era intervalo de tempo ou instante de tempo e “D” era distância percorrida ou deslocamento.

Como acreditamos que o uso de “macetes” é uma barreira para aplicação do conhecimento em situações novas, debatemos com os alunos que Física não se resume em substituição de números em “fórmulas”. Assim, ao longo das aulas trabalhamos com o processo de elaboração de hipóteses, implementação das mesmas e avaliação do significado dos resultados. Nessa perspectiva, avaliamos se a arruela percorria a mesma distância num mesmo intervalo de tempo através da definição de velocidade média. Desse modo, com os pares ordenados de posição e instante de tempo, coletados do gráfico, construímos a Tabela 10.

Tabela 10 - Medidas experimentais do MRU em uma das turmas.

$\Delta X(\text{cm})$	$\Delta t(\text{s})$	$V_m(\text{cm/s})$
0 a 10	0 a 6,12	1,63
10 a 20	6,12 a 12,58	1,54
20 a 30	12,58 a 19,24	1,50
30 a 40	19,24 a 26,16	1,44
40 a 50	26,16 a 32,82	1,50
50 a 60	32,82 a 39,28	1,54
60 a 70	39,28 a 45,47	1,61
70 a 80	45,47 a 51,60	1,63

Através dos valores apresentados na Tabela 10, o professor questionou: “A arruela percorreu mesmas distâncias em intervalos de tempo iguais?”. De uma maneira geral, os alunos responderam que não, pois os valores de velocidade média não foram iguais. Assim, debatemos que a física não é uma ciência exata e sim eminentemente experimental.

Nesse contexto, trabalhamos com $V_m=1,54$ cm/s para o valor da velocidade média. Para promover a discussão se a velocidade da arruela permanecia praticamente constante no tempo e assim verificar a hipótese que a rapidez da mesma no vídeo foi estável, o professor questionou “Se todos os alunos dessa turma tivessem a altura de 1,50 m qual seria a altura média da turma”. Os alunos concluíram que a altura média seria também 1,50 m. Novamente questionou “Se adotamos $V_m=1,54$ cm/s para a velocidade média da arruela podemos dizer que a sua velocidade é constante?”. Os alunos responderam que sim, pois a média aritmética de um mesmo número era o próprio número e, além disso, o vídeo mostrava que a rapidez da arruela era estável. Assim, adotamos $V=1,54$ cm/s para a arruela e construímos o gráfico da velocidade em função do tempo.

4.2.1.1.3 Relato das Aulas 5 e 6

Nessas aulas debatemos o gráfico da velocidade em função do tempo através da imagem do mesmo projetada no data-show, e concluímos que a linha paralela ao eixo dos tempo mostrava que a velocidade da arruela permanecia constante. Na sequência, com o quadro de giz, construímos o gráfico da velocidade em função do tempo para um caso geral do MRU nas situações que o objeto move-se na mesma direção do eixo crescente do referencial. Posteriormente, aplicamos a propriedade que a área abaixo do gráfico era igual à variação da posição, e com um pouco de álgebra deduzimos a equação $X=X_0 + Vt$ que foi aplicada no experimento. De acordo com a análise do vídeo e com a hipótese que a velocidade da arruela permanecia constante, inserimos $X_0= 0$ cm e $V=1,54$ cm/s na equação da posição em função do tempo. Assim, aplicamos $X=(1,54$ cm/s)(t) no ajuste dos pares ordenados de posição e instantes de tempo da arruela. Veja o Gráfico 5.

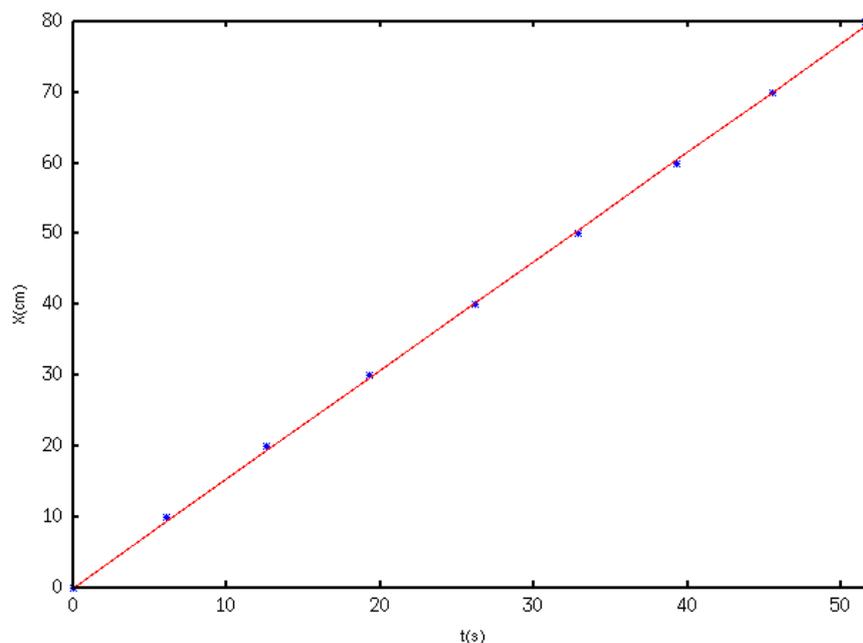


Gráfico 5 - Ajuste dos pares ordenados de posição e tempo apresentados na Tabela 10 com a equação matemática $X=(1.54$ cm/s)(t).

4.2.1.1.4 Relato das Aulas 7 e 8

Nessas aulas discutimos exercícios de processos seletivos de ingresso ao ensino superior (UFSM). Esse momento foi importante, pois o professor escolheu algumas questões da época que bastava o aluno substituir números em fórmulas e

questões que necessitavam do raciocínio. As características observadas foram: (i) o “popular triângulo mágico” não foi eficiente no debate das questões da prova de Física do processo seletivo da UFSM, (ii) a interpretação de gráficos destacou-se como uma competência fundamental, (iii) a aplicação de equações matemáticas, nas questões atuais, não era mais direta, ou seja, necessitava da interpretação de um gráfico, de uma tabela, da conversão comuns das unidades físicas, etc.

4.2.1.1.5 Avaliação das aulas do MRU

Na nossa opinião, os resultados da implementação das atividades didáticas no estudo do MRU foram eficientes. Conseguimos desenvolver uma Física quantitativa, mesmo que de uma maneira simplificada, com a utilização de recursos didáticos que podem ter colaborado no processo ensino/aprendizagem. Na Tabela 11 apresentamos algumas contribuições:

Tabela 11 - Contribuições dos recursos didáticos nas atividades didáticas do MRU.

Recurso Didático	Contribuições
Quadro de giz	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão das velocidades médias da arruela. - Discussão de problemas clássicos de Física - Discussão da equação matemática da posição em função do tempo.
Polígrafo	<ul style="list-style-type: none"> - Fonte de estudo do MRU. - Banco de questões de processos seletivos.
Integração teoria-experimento	<ul style="list-style-type: none"> - Debate que a física é eminentemente experimental. - Discussão que a física trabalha com o modelo de partícula na cinemática.
Computador	<ul style="list-style-type: none"> - Aquisição de 9 medidas de posição e tempo. - Elaboração do gráfico da velocidade em função do tempo. - Elaboração do gráfico da posição em função do tempo.
Data-show	<ul style="list-style-type: none"> - Visualização de um movimento com velocidade praticamente constante. - Visualização em tempo real da elaboração de gráficos com linha de comando. - Discussão de gráficos elaborados para o entendimento do experimento.

4.2.1.2 Relato das aulas do MRUV e resultados das tarefas extraclasse.

No andamento das aulas do MRU, os grupos, de uma maneira geral, buscaram o professor para o debate de explicações sobre o acesso ao CDROM. Alguns alunos demonstraram conhecimento suficiente para instruir os demais colegas nessa etapa. Sendo assim, optamos por continuar com o desenvolvimento das atividades didáticas, agora para o estudo do MRUV com a aquisição e tratamento de dados de um vídeo previamente elaborado pelo professor. Além disso, propomos que cada um dos grupos realizaria um vídeo próprio do experimento no estudo de tarefas extraclasse, sendo que os resultados das mesmas deveriam ser expostos num relatório. Com o propósito que os alunos utilizassem o aprendizado de sala de aula na realização dessas tarefas, aliamos os objetivos didáticos de cada aula com as etapas de construção conhecimento com os computadores pessoais.

Para avaliarmos se a decisão foi eficiente no andamento das atividades didáticas, associamos a seguir o relato das aulas do MRUV, através da prática de sala de aula do autor dessa dissertação, e os resultados alcançados pelos grupos nas tarefas extraclasse.

4.2.1.2.1 Relato das Aulas 9 e 10 e resultados das tarefas extraclasse.

No início do estudo do MRUV projetamos a filmagem no data-show e com o Avidemux adquirimos 15 pares ordenados de posições e instantes de tempo do volante. Com esses dados construímos, no quadro de giz, a Tabela 12.

Tabela 12 - Dados de posição e tempo do experimento do MRUV.

X(cm)	t(s)
0	0
5	2,46
10	3,53
20	4,99
30	6,19
40	7,19
50	8,06
60	8,86
70	9,59
80	10,26
90	10,92
100	11,52
110	12,12
120	12,66
130	13,19

Com esses valores, através do OCTAVE e do data-show, o professor construiu e projetou o Gráfico 6.

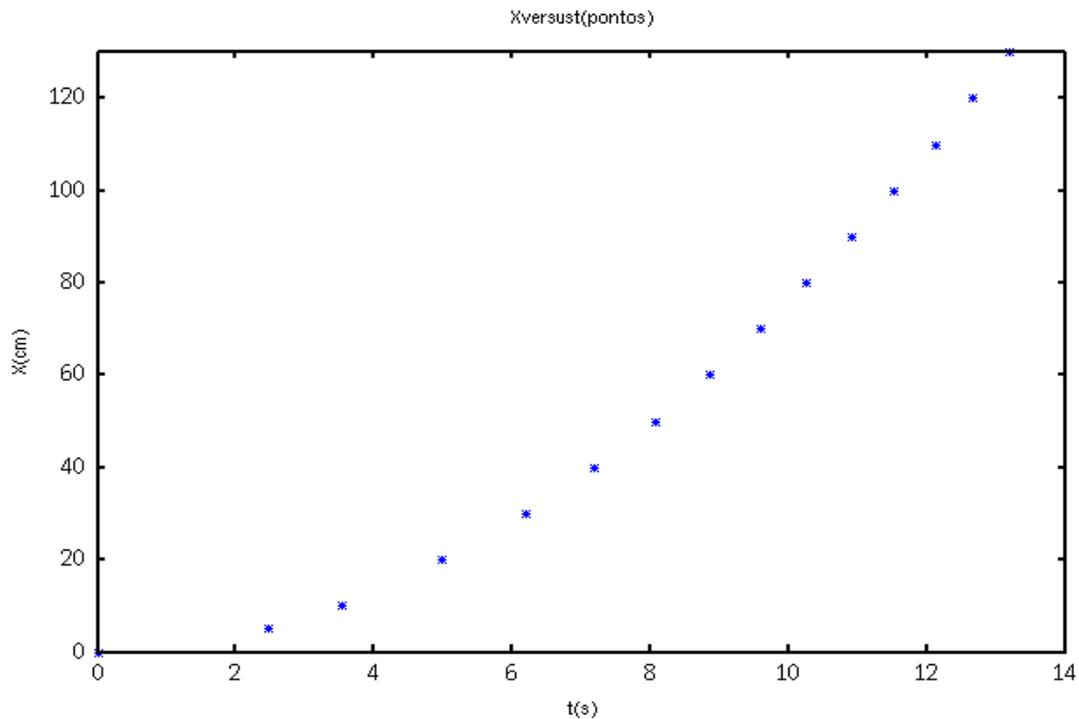


Gráfico 6 - Pares ordenados de posição (X) e tempo (t) correspondentes a Tabela 12.

No momento que o gráfico foi construído alguns relataram que o gráfico tinha a forma de uma parábola. Para avaliar a rapidez do movimento o professor questionou “Os módulos da velocidade média do volante são próximos nos intervalos de tempo do gráfico?”. Os alunos responderam que era necessário realizar o cálculo. Assim, discutimos os resultados dos módulos da velocidade média do volante nos primeiros 10 cm do movimento e nos últimos 10 cm do movimento. Chegamos à conclusão que o volante percorria os mesmos 10 cm nesses casos, porém, no final do movimento, o tempo era menor. Para compreender esse resultado visualizamos o vídeo algumas vezes e concluímos que o volante movimentava-se cada vez mais rápido.

Para finalizar a aula, cada grupo de alunos filmou o experimento.

Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 9 e 10.

Tabela 13 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 9 e 10 do MRUV.

Tarefa	Número de grupos que realizaram a tarefa	Número de grupos que não realizaram a tarefa
Aquisição de dados de posição e tempo com o Avidemux.	20	0
Associação dos pares ordenados de posição e tempo com o OCTAVE.	16	4

4.2.1.2.2 Relato das Aulas 11 e 12 e resultados das tarefas extraclasse.

Iniciamos essas aulas com a discussão de um valor aproximado para a distância entre Santa Maria e Porto Alegre, e o intervalo de tempo de uma viagem com um carro de passeio. Assim, determinamos a velocidade média do percurso. Na sequência o professor questionou “O velocímetro do carro ao longo do caminho sempre registrou o valor da velocidade média?” Os alunos responderam facilmente que não, porque em alguns momentos poderia ser necessário ultrapassagens, frenagens, etc. Com isso, o professor debateu que o conceito de velocidade média trazia informações limitadas sobre a viagem de Santa Maria a Porto Alegre, pois o automóvel não movimentava-se num referencial fixo na estrada, sempre com uma velocidade igual a velocidade média.

Posteriormente, aplicamos esse raciocínio no caso do movimento do volante para os primeiros 10 cm do movimento com a discussão de como poderíamos determinar a velocidade na posição $X = 5$ cm, ou seja, a velocidade na metade do percurso entre 0 cm e 10 cm, sabendo que esse acontecia ao longo de uma linha reta. Para facilitar a compreensão da estimativa da velocidade através do valor da velocidade média, analisamos a situação que um grupo de 10 alunos foi agrupado da menor para a maior altura ao longo de uma fila. Com valores de altura, falados pelos alunos, determinamos a altura média dessa fileira. Assim, o professor questionou “(i) Existem alunos com uma altura menor que a altura média? Em qual região?”, “(ii) Existem alunos com uma altura maior que a altura média? Em qual

região?” e “ (iii) Em que região da fila a altura dos alunos é próxima da altura média?”.

Sobre (i) os alunos responderam que no início da fila as alturas dos alunos eram menores que a altura média. Sobre (ii) os alunos responderam que no final da fila as alturas eram maiores que a altura média. Sobre (iii) responderam que na região do meio da fila as alturas dos alunos eram aproximadamente iguais a altura média. Para aplicar esse raciocínio no experimento, relembramos que o volante movimentava-se, conforme a visualização do vídeo, cada vez mais rápido e a velocidade média nos primeiros 10 cm do movimento foi 2,83 cm/s. De uma maneira análoga, a (i), (ii) e (iii) concluímos que o volante percorria os primeiros 5 cm do movimento com uma velocidade menor que 2,83 cm/s e a outra parte do trajeto com uma velocidade maior que 2,83 cm/s. Além disso, estimamos que na metade do trajeto de 10 cm, ou seja, na posição $X= 5$ cm a velocidade do volante era igual a velocidade média no trajeto de 10 cm. Com essa hipótese, cercamos os instantes de tempo de todo o movimento, correspondente ao Gráfico 6. Esses resultados encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados da hipótese para a determinação da velocidade do volante.

$\Delta X(\text{cm})$	$\Delta t(\text{s})$	$V_m(\text{cm/s})$	$V(\text{cm/s})$	$t_m(\text{s})$
-	-	-	0	0
0 a 10	0 a 3,53	2,83	2,83	1,76
5 a 20	2,46 a 4,99	5,92	5,92	3,72
10 a 30	3,53 a 6,19	7,51	7,51	4,86
20 a 40	4,99 a 7,19	9,09	9,09	6,09
30 a 50	6,19 a 8,06	10,69	10,69	7,12
40 a 60	7,19 a 8,86	11,97	11,97	8,02
50 a 70	8,06 a 9,59	13,07	13,07	8,82
60 a 80	8,86 a 10,26	14,28	14,28	9,56
70 a 90	9,59 a 10,92	15,03	15,03	10,25
80 a 100	10,26 a 11,52	15,87	15,87	10,89
90 a 110	10,92 a 12,12	16,66	16,66	11,52
100 a 120	11,52 a 12,66	17,54	17,54	12,09
110 a 130	12,12 a 13,19	18,69	18,69	12,65

Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 11 e 12.

Tabela 15 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 11 e 12 do MRUV.

Tarefa	Número de grupos que realizaram a tarefa	Número de grupos que não realizaram a tarefa
Determinação de alguns valores de velocidade do volante.	20	0

4.2.1.2.3 Relato das Aulas 13 e 14 e resultados das tarefas extraclasse.

Através da 4ª e 5ª coluna, da Tabela 14, determinamos as acelerações médias do volante, através da equação matemática $a_m = (\Delta V) / (\Delta t)$. Esses valores foram próximos. Desse modo, concluímos que a aceleração do volante era não nula e permanecia praticamente constante ao longo do tempo. Sendo assim, com a hipótese que a aceleração foi constante, escrevemos $a_m = a = (\Delta V) / (\Delta t)$ e deduzimos a equação matemática $V = V_0 + at$. Essa foi aplicada no experimento para a construção do Gráfico 7.

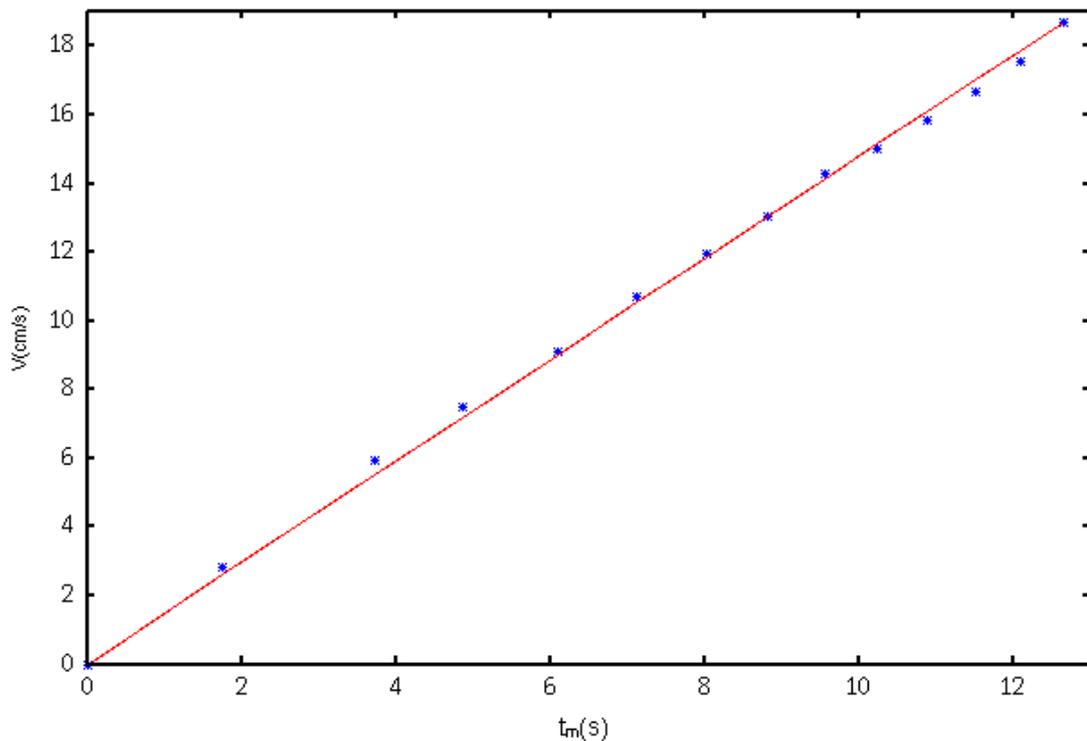


Gráfico 7 - Medidas da 4ª e 5ª coluna da Tabela 14 ajustadas com a equação matemática $V = (1,49 \text{ cm/s}^2)(t_m)$.

Através da imagem do Gráfico 7 concluímos que a aceleração de $1,49 \text{ cm/s}^2$ melhor ajustou os pares ordenados de velocidade e tempo a partir do instante $t= 6 \text{ s}$. Esse resultado foi considerado bom, visto que o volante levou um certo tempo para estabilizar o movimento ao longo da calha.

Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 13 e 14.

Tabela 16 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 13 e 14 do MRUV.

Tarefa	Número de grupos que realizaram a tarefa	Número de grupos que não realizaram a tarefa
Determinar os módulos das acelerações médias	20	0
Aplicar a equação $V=V_0 + at$ no gráfico com pares ordenados de velocidade e tempo.	15	5

4.2.1.2.4 Relato das Aulas 15 e 16 e resultados das tarefas extraclasse

Iniciamos essas aulas lembrando que o volante executou um MRUV com condições iniciais de movimento ($X_0= 0 \text{ cm}$ e $V_0= 0 \text{ cm/s}$) específicas. Considerando que nem todos os MRUV'S possuem essas condições iniciais de movimento, discutimos que seria importante uma equação matemática que relacionasse a posição de um móvel ao longo do tempo. Para atingirmos esse fim, construímos no quadro de giz o gráfico que ilustra de forma geral o MRUV. Através da definição que a área abaixo do gráfico é igual à variação da posição, deduzimos $X=X_0 + V_0t + at^2/2$. Com as condições iniciais $X_0= 0 \text{ cm}$ e $V_0= 0 \text{ cm/s}$ aplicamos $X=(0,745)(t^2)$ para o ajuste dos pares ordenados de posição e tempo do volante. Esse gráfico corresponde à linha vermelha da Figura 10.

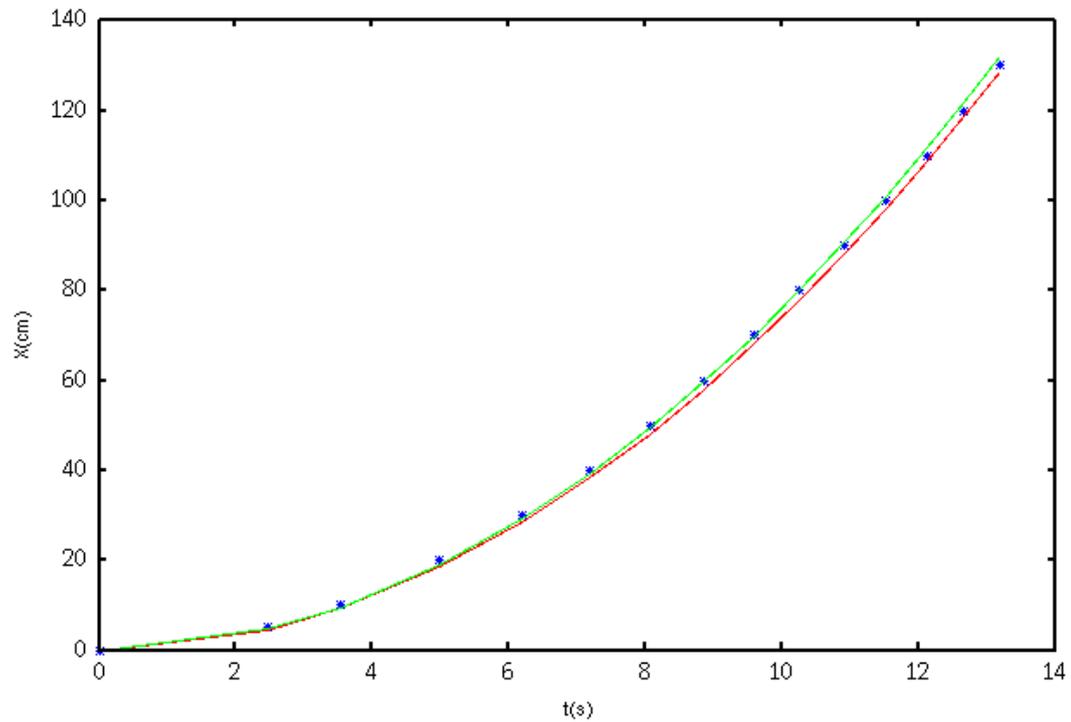


Figura 10 - Ajustes dos pares ordenados de posição e tempo do volante.

De uma maneira geral, os alunos opinaram que a linha vermelha era um bom ajuste, pois os pares ordenados, coletados com o vídeo, eram muito próximos dos pares ordenados contidos na linha vermelha. No entanto, para demonstrar a agilidade do OCTAVE, o professor ajustou os pares ordenados com a equação $X=(0,76)(t^2)$. O gráfico correspondente a esse ajuste foi a linha verde da Figura 10.

Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 15 e 16.

Tabela 17 - Resultados das tarefas extraclasse referentes às aulas 15 e 16 do MRUV.

Tarefa	Número de grupos que realizaram a tarefa	Número de grupos que não realizaram a tarefa
Aplicar a equação da posição em função do tempo aos pares ordenados de posição e tempo.	15	5

4.2.1.2.5 Relato das Aulas 17, 18 e 19

Nessas aulas discutimos exercícios de processos seletivos de ingresso ao ensino superior. De uma maneira geral, os alunos demonstraram avanços na competência de interpretação de gráficos. Entre esses progressos destacamos a verificação das unidades no eixo das ordenadas e no eixo das abscissas e a distinção entre MRU e MRUV nas etapas do gráfico. No entanto, alguns alunos questionaram que os gráficos das questões eram diferentes dos realizados em sala de aula e em horários extraclasse, pois as funções matemáticas ajustavam perfeitamente os pares ordenados. Com isso, o professor argumentou que estudamos o MRU e o MRUV com uma física experimental e, nesse contexto, o que fazia sentido eram ajustes. Em seguida, assumiu que as provas de processos seletivos poderiam trabalhar com algumas questões que levam a compreensão que o experimento não está errado quando se trabalha com ajustes. Sem sombra de dúvidas, o debate dessas questões iria colaborar para a discussão que a Física não é uma ciência exata.

4.2.1.2.6 Avaliação das aulas do MRUV e das tarefas extraclasse.

Acreditamos que os resultados da implementação das câmeras digitais de baixa resolução e do computador no estudo do MRUV em sala de aula e em tarefas extraclasse foram satisfatórios. Conseguimos desenvolver uma Física quantitativa, mesmo que de uma maneira simplificada, em sala de aula com o desenvolvimento do conteúdo programático. Além disso, de uma maneira geral, os grupos conseguiram executar as tarefas de aquisição e tratamento de dados experimentais do MRUV em horários extraclasse.

4.2.2 Discussão dos resultados dos questionários

Após implementarmos as atividades didáticas do MRU e MRUV, aplicamos um questionário aos 20 grupos. Isso se deu com o objetivo de buscar opiniões sobre as aulas e informações da demanda de tempo na realização das tarefas extraclasse. As perguntas do questionário, as respectivas alternativas e o número de respostas comuns dos grupos encontram-se a seguir:

Pergunta 1) Na execução do vídeo do experimento do volante o seu grupo utilizou uma câmera digital . A tarefa de trazer esse equipamento para a sala de aula foi:

Tabela 18 - Opiniões dos grupos referentes à tarefa de providenciar câmera digital para a filmagem do experimento do MRUV.

Alternativas	Número de respostas comuns
Fácil, pois membros do grupo possuíam uma câmera.	17
Fácil, pois familiares ou amigos de membros do grupo se dispuseram a emprestar uma câmera.	2
Mediana, pois foi preciso convencer familiares ou amigos a emprestar este equipamento.	0
Difícil. Nenhum membro do grupo conseguiu arranjar uma câmera, porém outro grupo optou por emprestá-la.	1
Difícil, pois sem a intervenção do professor não seria possível encontrar uma câmera.	0

A Tabela 18 mostra que a maioria dos grupos utilizou um equipamento próprio na realização do experimento do MRUV. Esse resultado reforça a nossa conclusão que é possível utilizar vídeos de baixa resolução em diferentes realidades escolares, sob o ponto de vista da disponibilidade das câmeras digitais próprias de alunos, professores e das escolas.

Para colaborarmos com o processo que leva o próprio aluno a realizar a aquisição automática de dados com vídeos de baixa resolução, apresentamos a seguir resultados de três perguntas que buscaram informações específicas: (i) do número de tentativas na elaboração da filmagem do experimento do MRUV, (ii) da demanda de tempo para a elaboração dessa filmagem e (iii) da demanda de tempo para a coleta de 15 pares ordenados de posição e tempo em horário extraclasse.

Pergunta 2) Quantas gravações foram feitas até se obter a versão final do vídeo?

Tabela 19 - Número de gravações para a obtenção da versão final do vídeo do MRUV em sala de aula.

Alternativas	Número de respostas comuns
Uma	9
Duas	10
Três	1
Mais de três, ou seja.....gravações(preencha a lacuna).	0

Pergunta 3) Estime o tempo que seu grupo levou para obter a versão final do vídeo.

Tabela 20 - Demanda de tempo para a obtenção da versão final do vídeo do MRUV em sala de aula.

Alternativas	Número de respostas comuns
Menos que 5 minutos.	18
Entre 5 e 10 minutos.	2
Entre 10 e 15 minutos.	0
Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).	0

Pergunta 4) Estime o tempo que seu grupo levou para realizar 15 medidas de posição e tempo no experimento do volante.

Tabela 21 - Demanda de tempo para a aquisição de 15 medidas de posição e tempo no experimento do MRUV em horários extraclasse.

Alternativas	Número de respostas comuns
Menos que 5 minutos.	2
Entre 5 e 10 minutos.	9
Entre 10 e 15 minutos.	6
Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).	3 20 min, 30 min, 45 min

Com os resultados da Tabela 19, percebemos que para a maioria dos grupos foi necessária mais de uma tentativa para a elaboração do vídeo do MRUV. Porém, os resultados da Tabela 20 mostram que a maioria dos grupos realizou a filmagem em menos de 5 min. Esse resultado, associado à prática de observação do procedimento pelo autor deste trabalho, indica que 15 min foram suficientes para a elaboração de vídeos de 5 grupos.

Através da análise da Tabela 21, destacamos que a aquisição automática de 15 medidas de posição e tempo foi eficiente através do uso do vídeo, visto que 17 grupos realizaram a tarefa num intervalo de até 15 min, e os outros 3 grupos realizaram as medidas numa faixa de 20 min a 45 min. Desse modo, os resultados das Tabelas 19, 20 e 21 foram satisfatórios, pois a demanda de tempo, aproximadamente de 15 min da aula para a elaboração de vídeos de 5 grupos não prejudicou o planejamento do andamento das atividades didáticas. Além disso, acreditamos que o aluno pode dedicar até 15 min do seu período semanal de estudo de Física para a aquisição e visualização de dados experimentais.

Já relatamos que no ano de 2010 trabalhamos com três estratégias para promovermos uma interação eficiente aluno-computador para o tratamento de dados experimentais com o OCTAVE. Para alcançarmos esse resultado decidimos manter os procedimentos de: (i) construir gráficos em sala de aula com a visualização no data-show dos resultados de alguns comandos básicos do OCTAVE, (ii) garantir o suporte do professor (autor deste trabalho) na discussão de dúvidas resultantes das interações dos grupos com o OCTAVE e (iii) proporcionar a realização das tarefas extraclasse com a possibilidade de uso de roteiros como material instrucional para a implementação dos comandos para a construção dos gráficos do MRUV. Com as opiniões dos alunos referentes à pergunta a seguir avaliamos a aplicação de (i), (ii) e (iii) no ano de 2011.

Pergunta 5) Sobre a elaboração de gráficos com o OCTAVE o grupo:

Tabela 22 - Opiniões dos grupos referentes à nossa proposta de auxílio para a construção de gráficos com o OCTAVE.

Alternativas	Número de respostas comuns
Acha uma tarefa possível de ser realizada, pois basta seguir as explicações dadas em sala de aula e depois seguir o roteiro apresentado.	11
Acha uma tarefa difícil, pois ocorreram problemas não antecipados pelo roteiro.	8
Acha uma tarefa possível de ser realizada desde que um exemplo seja conhecido sem a necessidade de um roteiro.	1
Acha uma tarefa possível de ser realizada, pois basta seguir os roteiros.	0

Através dos resultados da Tabela 22, podemos dizer que (i), (ii) e (iii) foram estratégias eficientes no tratamento de dados do MRUV em horários extraclasse, porque 12 grupos podem ter utilizado dessas alternativas na construção dos gráficos. Desses três momentos de capacitação dos grupos para a construção dos gráficos, percebemos que a interação com o roteiro, apresentado no Anexo VII, foi o recurso mais utilizado pelos alunos. Esse resultado foi avaliado como satisfatório, tendo em vista o primeiro contato dos alunos com o tratamento de dados através de uma linguagem de programação.

Em relação às respostas dos alunos, até a pergunta 5 e através da observação dos resultados das tarefas extraclasse, todos grupos elaboraram o vídeo do MRUV e adquiriram dados experimentais de posição e tempo. A fim de avaliarmos se os grupos acessaram o Avidemux e o OCTAVE, através do CDRom, da Internet, ou utilizaram outros aplicativos para a construção dos gráficos, propomos a questão a seguir:

Pergunta 6) Para a aquisição e análise de dados o professor entregou para cada grupo um CDROM com o editor de vídeo Avidemux e o aplicativo gráfico OCTAVE. Na utilização desses programas:

Tabela 23 - Formas de acesso aos programas computacionais para a aquisição e tratamento de dados do MRUV.

Alternativas	Número de respostas comuns
O CDROM foi acessado no computador de um dos integrantes do grupo.	8
O CDROM foi acessado no computador de mais de um integrante do grupo.	10
O CDROM não pode ser acessado por nenhum integrante do grupo.	2
O grupo baixou da Internet os programas AVIDEMUX e OCTAVE.	0
O grupo optou por usar outros aplicativos, que listamos a seguir :.....(para a análise gráfica)	0

Nota-se que no ano de 2011 o CDROM também foi eficiente no andamento das atividades didáticas, porque de uma maneira geral os grupos utilizaram o Avidemux e o OCTAVE com esse recurso. No entanto, nota-se que dois grupos não conseguiram acessar o CDROM nos seus computadores pessoais. Para que esses realizassem as atividades extraclasse, o professor conversou com os responsáveis da sala de informática sobre a configuração da BIOS de alguns computadores para a utilização do CDROM. Esses concordaram com o procedimento. Acreditamos que o uso do Avidemux e do OCTAVE, sem a necessidade de instalação nos computadores, pode ter colaborado com esse resultado.

Através das contribuições da diversificação de estratégias, relatadas na seção 4.2.1, podemos dizer que os objetivos didáticos das aulas do MRU e MRUV foram cumpridos através da inserção de TIC's no andamento das atividades didáticas. Com o objetivo de investigarmos se os alunos aceitaram o desenvolvimento do conteúdo programático através da nossa proposta pedagógica, aplicamos duas questões que apresentamos a seguir:

Pergunta 7) Na sua opinião, existe relação entre o conteúdo programático e as atividades experimentais?

Pergunta 8) Na sua opinião, este tipo de atividade é necessária no Ensino Médio?

As opiniões dos alunos, na pergunta 7, evidenciaram que as atividades didáticas sempre estiveram voltadas para o cumprimento do conteúdo programático. A seguir, apresentamos um conjunto de argumentos que resumem as justificativas dos alunos:

Sim, há uma relação dos experimentos com o conteúdo, pois através dos experimentos tivemos a oportunidade de observar como realmente funciona o MRU e o MRUV. Além disso, produzimos gráfico que são essenciais nessa disciplina.

Sim, pois elas mostram exemplo de MRU e MRUV.

Sim, pois ficou mais clara a diferença de MRU e MRUV.

Sim, pois com as medidas conseguimos realizar os gráficos de física. Além disso, fizemos coisas diferentes e com conteúdo.

As respostas da pergunta 8, estão organizadas nas categorias ilustradas na Tabela 24.

Tabela 24 - Opiniões dos alunos em relação ao desenvolvimento das atividades didáticas do MRU e MRUV.

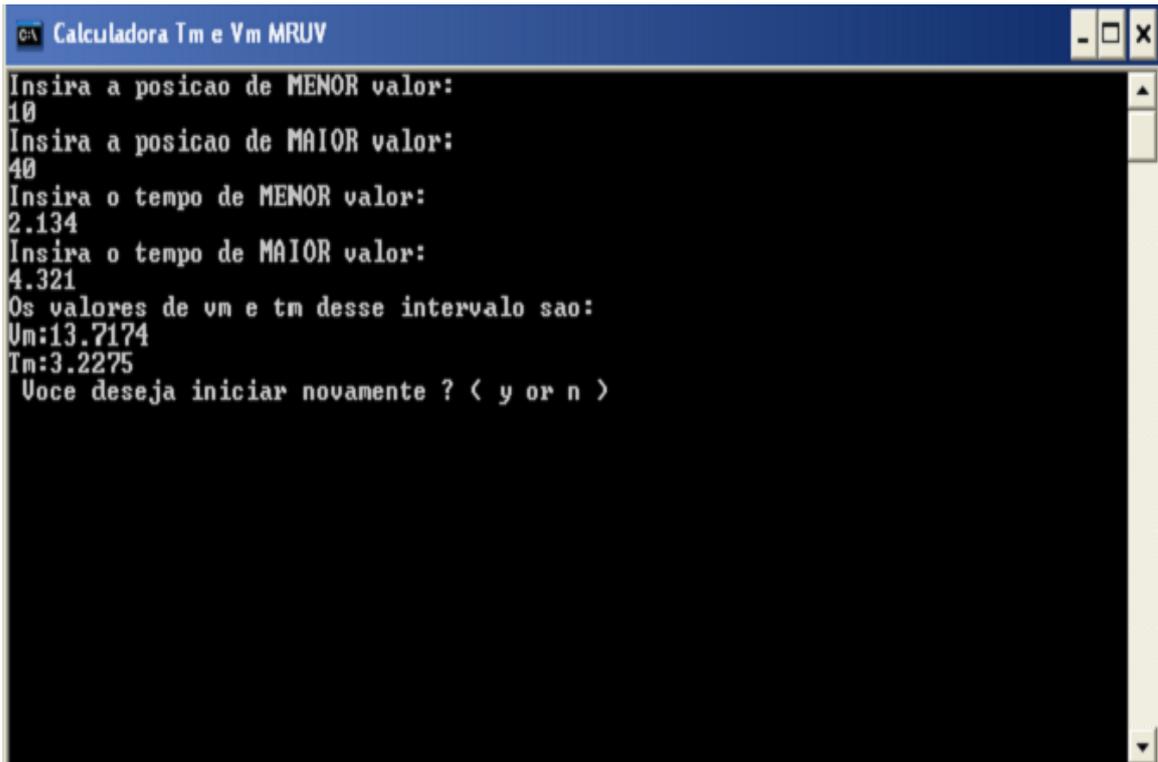
Categorias	Número de alunos
Favoráveis	68
Sem posicionamento definido	14
Desfavoráveis	17

Para um aluno de opinião favorável, as atividades didáticas foram bem aceitas, porque discutiram que não há uma fórmula para todos os exercícios, cada um exige interpretação. Outro aluno, já argumentou que as atividades didáticas foram importantes no processo ensino/aprendizagem sob a justificativa que usaram o computador para a construção do conhecimento (não bastou apenas copiar e colar da internet de acordo com a manifestação desse aluno). Um terceiro aluno concluiu

que as atividades didáticas foram além do tradicional e o uso do OCTAVE foi bem vindo.

Para um aluno de posicionamento desfavorável, as atividades didáticas não foram bem vindas, pois o domínio do computador para a construção de gráficos não poderia ser utilizado na prova do PS1 (prova de ingresso ao Ensino Superior da UFSM). Em contrapartida, um aluno, nas atividades didáticas do MRU, por iniciativa própria, em horário extraclasse, construiu o gráfico da posição em função do tempo do experimento do MRU com um software computacional. Esse é um bom exemplo de autonomia computacional. No entanto, como o conhecimento de Informática e de Física desse aluno extrapolava o âmbito acadêmico do Nível Médio, o professor argumentou que poderia ser útil o desenvolvimento das atividades didáticas com o OCTAVE, porque além de estudar Física estaria trabalhando com uma linguagem de programação.

Sendo assim, no fechamento das atividades didáticas do MRUV, por iniciativa própria, esse aluno encaminhou um e-mail para o professor e outros grupos com a fala: Estou enviando para vocês o programa que produzi para calcular a velocidade média e o tempo médio através do método de cercar os intervalos. Espero que gostem. A manifestação desse aluno revela que a elaboração do programa é consequência de seu envolvimento e participação. Porém, acreditamos que a característica de construção do conhecimento das atividades didáticas pode ter colaborado com esse resultado. Isso porque a linguagem de programação foi utilizada para agilizar o processo de tratamento de dados. A Figura 11 traz uma imagem estática com um exemplo que ilustra a funcionalidade do programa.



```
Calculadora Tm e Vm MRUV
Insira a posicao de MENOR valor:
10
Insira a posicao de MAIOR valor:
40
Insira o tempo de MENOR valor:
2.134
Insira o tempo de MAIOR valor:
4.321
Os valores de vm e tm desse intervalo sao:
Vm:13.7174
Tm:3.2275
Voce deseja iniciar novamente ? ( y or n )
```

Figura 11 - Exemplo de uso do programa computacional elaborado por um aluno durante as atividades didáticas do MRU e MRUV.

Esse exemplo de autonomia computacional leva o autor deste trabalho a dizer que, provavelmente, o aluno não iria elaborar um programa computacional se o foco principal da proposta pedagógica fosse a transmissão do conhecimento. Além desse resultado, acreditamos que as atividades didáticas do MRU e do MRUV foram importantes para o grande grupo, porque os alunos tiveram a oportunidade de trabalhar com uma física eminentemente experimental logo no 1º ano do Ensino Médio.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho esteve inserido no contexto da prática reflexiva de um professor em exercício e, por isso a diversificação de estratégias (quadro de giz, integração teoria/experimento, computador, data-show, etc) teve o papel de desenvolver o conteúdo programático em paralelo a capacitação dos alunos na aquisição e tratamento de dados experimentais. A fim de atingirmos esses objetivos, elaboramos e aplicamos um conjunto de atividades didáticas no desenvolvimento dos tópicos do pêndulo simples e do pêndulo amortecido, no ano de 2010 numa escola pública de Santa Maria/RS, e um conjunto de atividades didáticas no desenvolvimento dos tópicos do MRU e MRUV, no ano de 2011 numa escola privada da mesma cidade.

Nestes espaços, propusemos aos alunos que utilizassem câmeras digitais de baixa resolução e computadores pessoais na aquisição de dados experimentais como possibilidade do professor aliar práticas experimentais à grade curricular. Relatamos, na Introdução, que buscamos algumas propostas que fizeram uso de vídeos de baixa resolução para tal fim. Dentre elas, o trabalho de Sismanoglu et.al (2009) colaborou de uma maneira significativa para o andamento das atividades didáticas, já que os alunos não tiveram dificuldades em filmar e adquirir dados experimentais através do quadro a quadro do vídeo. No entanto, utilizamos o software livre Avidemux para a realização desse processo como estratégia de não envolvermos o autor deste trabalho e os alunos na conversão de formatos de vídeo.

Na prática, essa decisão foi eficiente, porque envolveu a gravação e visualização de 20 vídeos do pêndulo simples e 20 vídeos do MRUV, elaborados com câmeras digitais providenciadas pelos alunos. Além dessa estratégia, acreditamos que a realização dos experimentos em ambientes controlados, anteriormente à elaboração das atividades didáticas, proporcionou resultados satisfatórios, já que definimos quais seriam as funções do Avidemux e do OCTAVE no desenvolvimento dos objetivos didáticos das aulas e das atividades extraclasse.

Em nenhum momento, os alunos se mostraram resistentes com relação à utilização dos seus equipamentos (câmeras digitais de baixa resolução e computadores) no desenvolvimento das tarefas extraclasse. Esse resultado demonstra que as TIC's são recursos cada vez mais disseminados em diferentes

contextos escolares. Porém, ao longo das aulas, alguns alunos demonstraram a preocupação de que a construção do conhecimento com o uso do computador não era eficiente momentaneamente, visto que esse conhecimento não iria proporcionar bons resultados em processos seletivos. Primeiramente, acreditamos que é justificável a preocupação desses alunos com o ingresso ao Ensino Superior. O problema é não concordarem em aprender Física e suas linguagens, em situações problemas de diferentes níveis de complexidade.

Atualmente a promoção de habilidades e competências deve estar voltada a interpretação de gráficos, tabelas, equações matemáticas, pois são formas de comunicação da sociedade e são questões de processos seletivos. Esses argumentos não foram compreendidos por alguns alunos no andamento das atividades didáticas no ano de 2010 e 2011. Cabem aqui as hipóteses que as justificativas do autor deste trabalho não foram suficientes para que esses alunos compreendessem que Física é muito mais do que a substituição de números em “fórmulas” e/ou não se familiarizaram com a proposta pedagógica que faz com que os alunos busquem conhecimento para entender a matéria e provar o porquê daquilo, não só largando as fórmulas no quadro e que não basta apenas copiar e colar da Internet (manifestações de dois alunos).

Na perspectiva que os alunos podem ter buscado os resultados das nossas atividades didáticas no ano de 2010 e 2011, um aluno, em horário extraclasse, perguntou “Professor, poderia me falar à fonte que você extraiu as aulas?”. O autor deste trabalho respondeu que não tinha uma fonte direta, porque as aulas eram resultados da produção de um material didático que vinha sendo elaborado desde a sua época de graduação. O aluno respondeu “Por isso que não encontramos as respostas prontas na internet. Porém, estamos acessando o site www.ufsm.br/gef.” Para finalizar a conversa o professor argumentou que as atividades didáticas foram elaboradas para proporcionar essa interação aluno-computador na construção do conhecimento com fontes confiáveis (sites, livros, etc).

Esse debate, aliado a discussão dos resultados das questões abertas, demonstra que as atividades didáticas foram avaliadas pelos alunos no contexto de uma proposta pedagógica que desenvolveu o conteúdo programático, tendo em vista a construção do conhecimento no processo ensino/aprendizagem. Não se pode deixar de destacar que conseguimos implementar essas aulas na própria prática docente. Desta forma, faz sentido a justificativa que as atividades foram bem

dimensionadas em relação ao número de horas/aulas planejadas para o estudo do pêndulo simples, pêndulo amortecido, MRU e MRUV no início dos anos letivos de 2010 e 2011.

Além disso, levando em consideração a interação do professor com os alunos que acompanhavam as tarefas extraclasse constantemente e buscavam as explicações das dúvidas na interação com o OCTAVE, podemos dizer que as tarefas extraclasse foram dosadas em relação ao período de estudo semanal de Física dos alunos. Contudo, manifestações do tipo: Acho que não gostaria que os alunos ligassem todos os conteúdos com o computador, pois nós não usamos ele em física, é melhor aula prática com exercícios e fórmulas que todos entendem e Trabalho que não ocupe muito tempo, porque não temos apenas uma disciplina e não temos que estudar somente para o colégio são opiniões importantes para repensarmos a forma de aplicabilidade de diversificação de estratégias no Nível Médio.

Primeiramente, sugerimos que atividades com a aquisição e tratamento de dados experimentais devem ser dosadas ao longo do ano letivo. Infelizmente, não conseguimos trabalhar com essa oportunidade, visto que no ano de 2010 e 2011 o professor não ministrou aulas ao longo de todo o ano letivo. Mesmo assim, proporcionamos a interação dos alunos com um software matemático de uso geral, que colaborou para a elaboração de gráficos de uma maneira ágil e prática no desenvolvimento de conteúdos curriculares. Junto a isso, o uso de linha de comandos nesse processo pode ter oportunizado que um aluno criasse um programa computacional para agilizar o processo de tratamento numérico de dados do MRUV.

Admitimos que esse aluno, no início das atividades didáticas, demonstrou conhecimentos de Informática incomuns para um aluno do Ensino Médio. Esse resultado leva a hipótese que cada vez mais teremos alunos elaboradores de alternativas adequadas para agilizar o processo de tratamento de dados. Sendo assim, devemos proporcionar oportunidades para o uso eficiente do computador no processo ensino/aprendizagem. Para colaborar com o processo, apresentamos no capítulo 3 um conjunto de atividades didáticas que podem ser implementadas com outros recursos didáticos para o tratamento de dados (papel milimetrado, planilha eletrônica, software matemáticos de uso geral, etc), tendo em vista a promoção de conhecimentos cada vez mais avançados dos alunos.

Mesmo que os objetivos didáticos das aulas estejam definidos, entendemos que o uso da câmera digital e o computador podem ser utilizados em outros conteúdos que proporcionam o estudo de uma física eminentemente experimental. Destacamos, como exemplos, o estudo da troca de energia na forma de calor entre um recipiente e um líquido. Os alunos podem coletar dados da temperatura e tempo através da filmagem do termômetro. Na troca de energia na forma de calor entre um líquido e uma resistência elétrica o vídeo pode ser utilizado para as coletas de tempo e temperatura, que permitem avaliar a potência dissipada por efeito Joule. Na carga e descarga de um capacitor a filmagem do multímetro pode servir para coletar dados de corrente elétrica, diferença de potencial, tempo, etc.

Aqui, ressaltamos que o tempo do experimento pode estar defasado em relação ao tempo do vídeo. Geralmente, o vídeo começa a ser gravado, como nas atividades didáticas do pêndulo simples, pêndulo amortecido, MRU e MRUV, antes do início do experimento. Com isso, cada medida de instante de tempo deve ser subtraída do instante de tempo do vídeo que inicia o experimento. Para solucionar esse problema e, principalmente agilizar o processo de aquisição de dados experimentais, sugerimos a ideia de um aluno. O mesmo utilizou um editor de vídeo para colocar em fase o tempo do vídeo e o tempo do experimento.

Após a coleta dos dados experimentais, sugerimos que os dados sejam armazenados num arquivo digital. No nosso trabalho, do ano de 2010 para 2011, isso implicou em salvar os dados experimentais do MRU e MRUV em um arquivo de texto denominado Kwrite (software livre gravado no CDROM). Com isso, armazenamos as medidas de posição, tempo, velocidade e aceleração no formato .m. Posteriormente, utilizamos um comando do OCTAVE que interpreta os valores salvos no arquivo digital. Sem dúvida, esse processo facilitou a entrada de dados, já que não foi necessária a digitação dos mesmos no software matemático a cada tentativa de construção dos gráficos e análises numéricas. Além disso, esse procedimento pode ser visto como embrionário para a introdução de uma linguagem de programação.

Discutimos sugestões ao longo deste trabalho para que os professores façam uso de um material didático implementado no Nível Médio com a responsabilidade de cumprir o conteúdo programático em paralelo à promoção de uma autonomia computacional dos alunos na aquisição e tratamento de dados experimentais.

Compreendemos que esse tipo tem aplicabilidade na prática docente, pois:

- (1) é uma possibilidade dos alunos utilizarem equipamentos de medida em sala de aula na aquisição de alguns dados experimentais;
- (2) com a filmagem do experimento, os alunos podem complementar a tarefa de coleta de dados em horários extraclasse;
- (3) dependendo da necessidade da quantidade de medidas, o processo pode ser realizado na própria sala de aula com a visualização das imagens no data-show;
- (4) o tratamento das medidas com um software matemático de uso geral promove a competência do aluno de trabalhar com diferentes formas de linguagens (tabelas, equações matemáticas, gráficos);
- (5) os resultados alcançados em experimentos reais promovem a discussão de uma física eminentemente experimental;
- (6) promove o debate que a Física faz uso de modelos para explicar fenômenos da natureza.

Finalmente, concluímos que o trabalho de inserção de novas tecnologias em conjunto com atividades experimentais gerou resultados satisfatórios, porque debatemos com os alunos uma física eminentemente experimental em paralelo ao desenvolvimento do conteúdo programático. Além disso, a pesquisa abriu possibilidades para futuros estudos, que dizem respeito a elaboração e implementação de materiais pedagógicos que colocam o aluno no centro do processo ensino/aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. I. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuários da ferramenta computacional modellus na interpretação de gráficos em cinemática**. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: UFRGS, 2006.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARBETA, B. V; YAMAMOTO, I. Desenvolvimento e Utilização de um Programa de Análise de Imagens para o Estudo de Tópicos de Mecânica Clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, n. 2 , p. 158-167, Junho, 2002

BRASIL. **Computador para todos**. Disponível em: <http://www.computadorparatodos.gov.br>. Acesso em: 23 fev. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Nacional de Tecnologia Educacional**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/>. Acesso em: 23 fev. 2011.

BRASIL. Ministério da educação. **Projeto Um Computador por Aluno**. Disponível em: www.uca.gov.br. Acesso em: 23 fev. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Rede Interativa Virtual de Educação**. Disponível em: <http://rived.mec.gov.br/>. Acesso: 19 nov. 2011.

CALLONI, G.J. **A física dos movimentos analisada a partir de vídeos do cotidiano do aluno: uma proposta para a oitava série**. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: UFRGS, 2010.

CATELLI, F. et al. Um estudo de cinemática com câmara digital. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, 1503 p., 2010.

CORVELONI et al. Utilização de máquina fotográfica digital (multi-burst) para aulas experimentais de cinemática – queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol.31, n.3, 3504p, 2009.

DOS SANTOS, C. A. **Alternativas às técnicas de memorização em física**. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~cas/decoreba.html>. Acesso em: 10 Out. 2011.

EATON, J. W. **GNU Octave**. Disponível em: <http://www.gnu.org/software/octave>. Acesso em: 19 nov. 2011.

EUA. Universidade do Colorado. **Projeto Tecnologia Educacional em Física**. Disponível em: <http://phet.colorado.edu>. Acesso em: 08 set. 2011.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física para todos: concepções erradas em Mecânica e estratégias computacionais. **A Física no Ensino na Arte e na Engenharia**. Tomar, p. 195-202, 1999.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

GARCIA, V. C. Z; Fundamentação teórica para as perguntas primárias: O que é matemática? Por que ensinar? Como se ensina e como se aprende? In: **Educação**. Porto Alegre, v.32, n.2, p.176-184, 2009.

MIRANDA, S. M.; ARANTES, R. A.; STUDART, N. **Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET**. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF): Manaus, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 28 Jun. 2010.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Instituto de Física, Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em www.if.ufrgs.br/~moreira/subsídios5.pdf. Acesso em 08 Set. 2011.

PIAGET, Jean. **Biologia e Conhecimento**. São Paulo: Vozes, 1973.

PORTUGAL. **Software livre Modellus**. Disponível em: <http://modellus.fct.unl.pt>. Acesso em: 19 nov. 2011.

SAUERWEIN, R.A.; SAUERWEIN, I. P.S. Projeto Graxaim: Desenvolvimento de objetos de aprendizagem e uma proposta de uso. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**: Manaus, 2011.

SISMANOGLU, B.N; GERMANO, J.S.E.; AMORIN, J; CAETANO, R. A utilização da Filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.31, n.1, p.a1501-1507, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Grupo de Ensino de Física**. Disponível em: www.ufsm.br/gef. Acesso em: 05 mar. 2011.

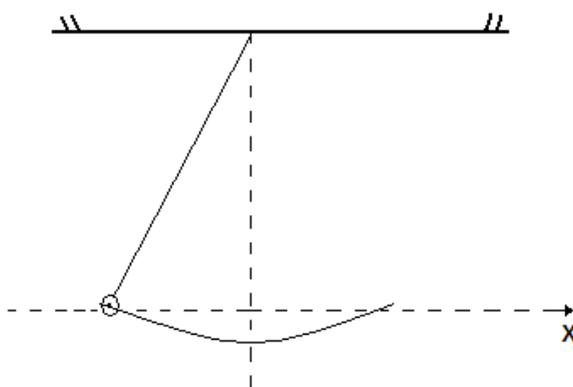
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Projeto Graxaim**. Disponível em: www.graxaim.org. Acesso em: 19 nov. 2010.

ANEXOS

Anexo I – Questões referentes à atividade didática do pêndulo simples.

A partir da análise do vídeo do pêndulo simples projetado na tela discutam as questões a seguir:

- 1) A esfera de PVC pode ser considerada como uma partícula na execução do movimento? Escreva abaixo o que o grupo entende pelo conceito de partícula.
- 2) A esfera de PVC oscila numa linha reta? Escreva o nome da trajetória.
- 3) Indique na figura a seguir as forças que atuam na esfera de PVC na posição de máximo afastamento. Faça o somatório dessas forças e escreva o módulo da força resultante no eixo X.



- 4) Quando a esfera está em movimento essa é a única força que atua na direção do movimento? Caso exista outra força escreva com que fatores está relacionada e argumente através do vídeo qual as implicações dessa força.
- 5) Podemos aproximar o arco de circunferência por uma linha reta horizontal (eixo X)? Qual é a condição para executar essa simplificação?
- 6) A esfera faz parte do pêndulo simples? Então no desenho acima ilustre o comprimento do pêndulo simples (L). A distância entre o ponto de equilíbrio e o ponto de maior afastamento da partícula na horizontal ilustre como x .
- 7) Escreva o seno do ângulo entre o fio e a linha vertical que passa pela posição de equilíbrio em função de x e L . Assim, reescreva $F(x)$?

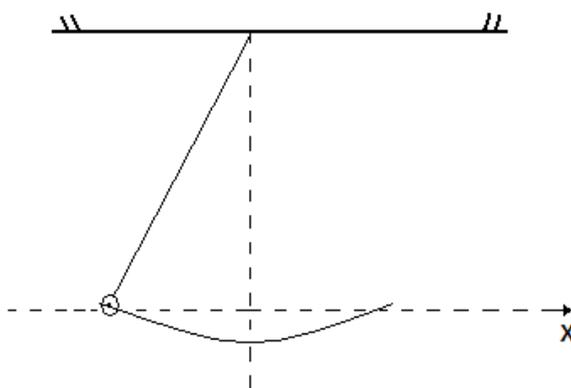
8) Obtenha uma equação para a velocidade angular, sabendo que num MHS a constante C assume $C=m\omega^2$, onde m é a massa da partícula e ω é o módulo da velocidade angular.

9) Substituindo $\omega=(g/L)^{1/2}$ em $T=2\pi/\omega$ obtenha uma equação para o período T.

Anexo II – Questões referentes à atividade didática do pêndulo amortecido.

A partir da análise do vídeo do pêndulo amortecido projetado na tela discutam as questões a seguir:

- 1) A bola de ping-pong pode ser considerada como uma partícula na execução do movimento?
- 2) A sua trajetória é uma linha reta? Escreva o nome da trajetória.
- 3) Para esse valor de amplitude podemos considerar que a trajetória é uma linha reta?
- 4) Indique no desenho a seguir as forças que atuam na esfera quando ela se encontra nos pontos de máximo afastamento em relação a posição de equilíbrio. Faça o somatório dessas forças e escreva o módulo da força resultante no eixo X.



- 5) Quando a esfera de ping-pong está em movimento, a componente $(m)(g)(\sin\theta)$ é a única força que atua na direção do movimento? Caso exista outra força, escreva qual a sua implicação no movimento?
- 6) Através das respostas anteriores argumente se o movimento da esfera de ping-pong está de acordo com o modelo do pêndulo simples.

Anexo III – Questionário aplicado após o desenvolvimento das atividades didáticas do pêndulo simples e do pêndulo amortecido.

1) Na execução do vídeo do experimento do pêndulo simples o seu grupo utilizou uma câmera digital. A tarefa de trazer esse equipamento para a sala de aula foi:

- Fácil, pois membros do grupo possuíam uma câmera.
- Fácil, pois familiares ou amigos de membros do grupo se dispuseram a emprestar uma câmera.
- Mediana, pois foi preciso convencer familiares ou amigos a emprestar este equipamento.
- Difícil. Nenhum membro do grupo conseguiu arranjar uma câmera, porém outro grupo optou por emprestá-la.
- Difícil, pois sem a intervenção do professor não seria possível encontrar uma câmera.

2) Quantas gravações foram feitas até se obter a versão final do vídeo?

- Uma
- Duas
- Três
- Mais de três, ou seja.....gravações(preencha a lacuna).

3) Estime o tempo que seu grupo levou para obter a versão final do vídeo.

- Menos que 5 minutos.
- Entre 5 e 10 minutos.
- Entre 10 e 15 minutos.
- Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).

4) Estime o tempo que seu grupo levou para realizar aproximadamente 60 medidas de alongação e tempo, em três oscilações completas, do movimento do pêndulo simples.

- Menos que 5 minutos.
- Entre 5 e 10 minutos.

Entre 10 e 15 minutos.

Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).

5) Sobre a elaboração de gráficos com o OCTAVE o grupo:

Acha uma tarefa simples, pois basta seguir as explicações dadas em sala de aula e depois seguir o roteiro passo a passo apresentado.

Acha uma tarefa difícil, pois podem ocorrer problemas não antecipados pelo roteiro

Acha uma tarefa possível de ser realizada, desde que um exemplo seja conhecido, sem a necessidade de um roteiro.

Acha uma tarefa possível de ser realizada, pois basta seguir os roteiros.

6) Para a aquisição e análise de dados o professor entregou para cada grupo um CDROM com o editor de vídeo AVIDEMUX e o aplicativo gráfico OCTAVE. Na utilização desses programas:

O CDROM foi acessado no computador de um dos integrantes do grupo.

O CDROM foi acessado no computador de mais de um integrante do grupo.

O CDROM não pode ser acessado por nenhum integrante do grupo.

O grupo baixou da Internet os programas AVIDEMUX e OCTAVE.

O grupo optou por usar outros aplicativos, que listamos a seguir.....(para a análise gráfica).

7) Na opinião do grupo existe relação entre o conteúdo programático e as atividades experimentais?

8) Na opinião do grupo este tipo de atividade é necessária no Ensino Médio?

Anexo IV – Questionário aplicado após o desenvolvimento das atividades didáticas do MRU e MRUV

1) Na execução do vídeo do experimento do volante o seu grupo utilizou uma câmera digital. A tarefa de trazer esse equipamento para a sala de aula foi:

- Fácil, pois membros do grupo possuíam uma câmera.
- Fácil, pois familiares ou amigos de membros do grupo se dispuseram a emprestar uma câmera.
- Mediana, pois foi preciso convencer familiares ou amigos a emprestar este equipamento.
- Difícil. Nenhum membro do grupo conseguiu arranjar uma câmera, porém outro grupo optou por emprestá-la.
- Difícil, pois sem a intervenção do professor não seria possível encontrar uma câmera.

2) Quantas gravações foram feitas até se obter a versão final do vídeo?

- Uma
- Duas
- Três
- Mais de três, ou seja.....gravações(preencha a lacuna).

3) Estime o tempo que seu grupo levou para obter a versão final do vídeo.

- Menos que 5 minutos.
- Entre 5 e 10 minutos.
- Entre 10 e 15 minutos.
- Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).

4) Estime o tempo que seu grupo levou para realizar as 15 medidas de posição e tempo no experimento do volante.

- Menos que 5 minutos.
- Entre 5 e 10 minutos.
- Entre 10 e 15 minutos.
- Mais de 15 minutos; em torno de.....minutos(preencha a lacuna).

5) Sobre a elaboração de gráficos com o OCTAVE o grupo:

() Acha uma tarefa simples, pois basta seguir as explicações dadas em sala de aula e depois seguir o roteiro passo a passo apresentado.

() Acha uma tarefa difícil, pois podem ocorrer problemas não antecipados pelo roteiro

() Acha uma tarefa possível de ser realizada, desde que um exemplo seja conhecido, sem a necessidade de um roteiro.

() Acha uma tarefa possível de ser realizada, pois basta seguir os roteiros.

6) Para a aquisição e análise de dados o professor entregou para cada grupo um CDROM com o editor de vídeo AVIDEMUX e o aplicativo gráfico OCTAVE. Na utilização desses programas:

() O CDROM foi acessado no computador de um dos integrantes do grupo.

() O CDROM foi acessado no computador de mais de um integrante do grupo.

() O CDROM não pode ser acessado por nenhum integrante do grupo.

() O grupo baixou da Internet os programas AVIDEMUX e OCTAVE.

() O grupo optou por usar outros aplicativos, que listamos a seguir.....(para a análise gráfica).

7) Na sua opinião existe relação entre o conteúdo programático e as atividades experimentais?

8) Na sua opinião este tipo de atividade é necessária no Ensino Médio?

Anexo V – Roteiro para a elaboração dos gráficos do pêndulo simples com o OCTAVE.

O objetivo é a construção do gráfico da posição (x) em função do tempo (t) do pêndulo simples.

1) Para entrar com dados de posição e tempo no aplicativo OCTAVE escreva os comandos a seguir.

$x = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \dots x_n];$ (comando 1)

$t = [t_1 \ t_2 \ t_3 \ t_4 \dots t_n];$ (comando 2)

2) Para construir a figura com o gráfico dos dados experimentais execute o comando a seguir.

`plot(t,x)` (comando 3)

3) Para nomear o eixo das abscissas e das ordenadas execute os comandos:

`xlabel"x(cm)"` (comando 4)

`ylabel"t(s)"` (comando 5)

4) Para escrever um título no gráfico execute o comando:

`title"pendulosimples"` (comando 6)

5) Para pôr linhas de referência no gráfico execute o comando:

`grid on` (comando 7)

6) Para ilustrar dois gráficos na mesma figura execute o comando:

`hold on` (comando 8)

7) Para ajustar os valores de posição e tempo entre com os dados da amplitude, módulo da velocidade angular e fase inicial. Posteriormente, execute o comando:

$x_{ajus} = x_0 \cdot \cos(\omega \cdot t + \Phi)$ (comando 9)

8) Para construir o gráfico que ajusta os valores de posição e tempo execute o comando a seguir.

```
plot(t,xajus, "r")      (comando 10)
```

Observe a cor vermelha como linha do gráfico.

A tabela abaixo ilustra outras cores que podem ser utilizadas:

Cor	Símbolo
Amarela	y
Azul claro	c
Preta	k
Vermelha	r
Roxa	m
Azul	b
Verde	g

9) Para salvar a figura do gráfico execute o comando:

```
print("pendulosimples.svg")  (comando 11)
```

Anexo VI – Roteiro para a elaboração dos gráficos do pêndulo amortecido com o OCTAVE.

O objetivo é a construção do gráfico da posição (x) em função do tempo (t) da esfera de ping-pong.

1) Para entrar com dados de posição e tempo no aplicativo OCTAVE escreva os comandos a seguir. Lembre-se de separar os números que não são inteiros por ponto(.) e não vírgula(,).

`x = [x1 x2 x3 x4...xn];` (comando 1)

`t=[t1 t2 t3 t4...tn];` (comando 2)

2) Para construir a figura com o gráfico dos dados experimentais execute o comando a seguir. Lembre-se de atribuir os mesmos símbolos da entrada de dados.

`plot(t,x)` (comando 3)

3) Para nomear o eixo das abscissas e das ordenadas execute os comandos:

`xlabel("posição(cm)");` (comando 4)

`ylabel("tempos(s)");` (comando 5)

4) Para escrever um título no gráfico execute o comando:

`title "posição versus tempo";` (comando 6)

5) Para pôr linhas de referência no gráfico execute o comando:

`grid on` (comando 7)

6) Para salvar a figura do gráfico execute o comando:

`print("penduloamortecido.svg");` (comando 8)

Anexo VII – Roteiro para a elaboração dos gráficos do experimento do MRUV com o OCTAVE.

Gráfico com pares ordenados de posição e tempo.

1) No editor de texto Kwrite as medidas de posição (X) e tempo (t) são digitadas através de linhas. Este é o arquivo com dados experimentais.

Lembre-se:

Cada valor é separado do outro através de um espaço.

Para números não inteiros (decimais) utiliza-se ponto(.) e não vírgula(,).

Exemplo:

X=[X₁ X₂ X₃.....X_n];

t=[t₁ t₂ t₃.....t_n];

2) O arquivo com os dados experimentais é salvo no formato .m

Lembre-se:

Não é necessário usar espaço entre as palavras.

Exemplo:

mruvgrupotaturma.m

3) No OCTAVE os dados experimentais deve ser interpretados através da digitação do nome do arquivo de dados experimentais. Lembre-se que o comando deve ser digitado com as letras idênticas a das escritas no nome do arquivo sem o .m

Exemplo:

mruvgrupotaturma (comando 1)

4) Para verificar se os valores de posição (X) foram interpretados execute o seguinte comando. Lembre-se que o símbolo digitado deve ser idêntico ao digitado no arquivo de dados experimentais.

X (comando 2)

5) Para verificar se os valores de tempo (t) foram interpretados execute o seguinte comando. Lembre-se que o símbolo digitado deve ser idêntico ao digitado no arquivo de dados experimentais.

t (comando 3)

6) Para gerar o gráfico com pares ordenados de posição e tempo execute o comando:

`plot(t,X,"*")` (comando 4)

7) Para escrever o título do gráfico execute o comando:

`title("(X)versus(t)mruvpontos")` (comando 5)

8) Para nomear a grandeza física no eixo das ordenadas execute o comando:

`ylabel("X(cm)")` (comando 6)

9) Para nomear a grandeza física no eixo das abscissas execute o comando:

`xlabel("t(s)")` (comando 7)

10) Para salvar a imagem do gráfico execute o comando:

`print("(X)versus(t)mruvpontosgrupotalurma.svg")` (comando 8)

Gráfico da velocidade em função do tempo.

1) No editor de texto Kwrite acrescente ao arquivo de dados experimentais os valores das velocidades instantâneas e os instantes de tempo correspondes a metade do intervalo de tempo do gráfico com pares ordenado de posição. Os instantes de tempo devem assumir símbolos diferentes. Aqui usarei V para a velocidade e tm para os instantes de tempo do gráfico da velocidade em função do tempo.

2) No OCTAVE execute o comando para a interpretação dos dados experimentais.

`mrugrupotalurma` (comando 1)

3) Para verificar se os valores de velocidade (V) foram interpretados execute o seguinte comando. Lembre-se que o símbolo digitado deve ser idêntico ao digitado no arquivo de dados experimentais.

V (comando 2)

4) Para verificar se os valores de tempo (t_m) foram interpretados execute o seguinte comando. Lembre-se que o símbolo digitado deve ser idêntico ao digitado no arquivo de dados experimentais.

`tm` (comando 3)

5) Para gerar o gráfico com pares ordenados de velocidade e tempo execute o comando:

`plot(tm,V)` (comando 4)

6) Para ilustrar dois gráficos na mesma figura execute o comando:

`hold on` (comando 5)

7) Para que o OCTAVE interprete a equação da velocidade em função do tempo execute o comando. Lembre-se de aplicar o valor da aceleração na equação.

`Vajus=valordaceleracao*tm` (comando 6)

8) Para gerar o gráfico da velocidade em função do tempo execute o comando:

`plot(tm,Vajus,"r")` (comando 7)

9) Para escrever o título do gráfico execute o comando:

`title("((Vajus)versus(t)mruv")` (comando 8)

10) Para nomear a grandeza física no eixo das ordenadas execute o comando:

`ylabel("V(cm/s)")` (comando 9)

11) Para nomear a grandeza física no eixo das abscissas execute o comando:

`xlabel("t(s)")` (comando 10)

12) Para salvar a imagem do gráfico execute o comando:

`print("(V)versus(t)mruvgrupotalturma.svg")` (comando 11)

Gráfico da posição em função do tempo.

1) No OCTAVE execute o comando para a interpretação dos dados experimentais.

`mrugrupotalturma` (comando 1)

2) Para verificar se os valores de velocidade (X) foram interpretados execute o seguinte comando. Lembre-se que o símbolo digitado deve ser idêntico ao digitado no arquivo de dados experimentais.

`X` (comando 2)

3) Para verificar se os valores de tempo (t) foram interpretados execute o seguinte comando. Lembre-se que o símbolo digitado deve ser idêntico ao digitado no arquivo de dados experimentais.

`t` (comando 3)

4) Para gerar o gráfico com pares ordenados de posição e tempo execute o comando:

`plot(t,X,"*")` (comando 4)

5) Para nomear a grandeza física no eixo das ordenadas execute o comando:

`ylabel("X(cm)")` (comando 5)

6) Para nomear a grandeza física no eixo das abscissas execute o comando:

`xlabel("t(s)")` (comando 6)

7) Para ilustrar dois gráficos na mesma figura execute o comando:

`hold on` (comando 7)

8) Para que o OCTAVE interprete a equação da posição em função do tempo execute o comando a seguir com o valor da aceleração instantânea.

`Xajus=a*t.^2` (comando 8)

9) Para gerar o gráfico da posição em função do tempo execute o comando:

`plot(t,Xajus,"r")` (comando 9)

Observe a cor vermelha como linha do gráfico.

10) Para salvar a imagem dos gráficos execute o comando:

```
print("(Xajus)versus(t)mruvgrupotalurma.svg")    (comando 10)
```