

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**A FÍSICA DOS MOVIMENTOS ANALISADA A PARTIR DE VÍDEOS DO
COTIDIANO DO ALUNO: UMA PROPOSTA PARA A OITAVA SÉRIE**

GILBERTO JOSÉ CALLONI



**Porto Alegre
2010**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**A FÍSICA DOS MOVIMENTOS ANALISADA A PARTIR DE VÍDEOS DO
COTIDIANO DO ALUNO: UMA PROPOSTA PARA A OITAVA SÉRIE***

GILBERTO JOSÉ CALLONI

Dissertação realizada sob a orientação da Profa. Dra. Rejane Maria Ribeiro Teixeira e co-orientação do Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira e apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre
2010

*Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Rejane Maria Ribeiro Teixeira, que me orientou na produção desta dissertação, pela sua dedicação, competência e paciência.

Ao Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira, co-orientador desta dissertação, por sua ajuda e participação.

A minha esposa Claudia Detanico Calloni, pela sua compreensão e tolerância nos momentos mais difíceis.

A Irmã Renata Anelda Segat, diretora da Escola onde trabalho que permitiu e incentivou minha participação no Mestrado.

A Ema Elisa Tessari Seidl, professora regente da disciplina de Ciências na oitava série que gentilmente aceitou e apoiou a idéia de aplicar essa proposta pedagógica com suas turmas.

A todos meus colegas de Mestrado e, em especial, ao amigo Felipe Damásio, companheiro de todos os momentos.

Agradecimento especial ao meu pai Eligio Júlio Calloni, que sempre me apoiou e ajudou nos meus estudos, falecido durante o Curso de Mestrado.

RESUMO

Este trabalho propõe introduzir conteúdos de Física, de modo a torná-los atrativos para alunos de 8ª série, através do estudo de situações divertidas, como os movimentos presentes em atividades esportivas e de lazer do seu cotidiano. Os movimentos foram filmados pelos alunos utilizando uma câmera fotográfica digital e, após, foi usado um programa de análise de imagens (*Tracker*). A escolha dos temas a serem filmados e analisados partiu de sugestões dos próprios alunos em sala de aula, orientados pela professora de Ciências e pelo autor dessa proposta de trabalho. As filmagens foram realizadas pelos alunos no pátio e no salão esportivo da escola; a análise dos movimentos filmados e sua descrição foram realizadas no laboratório de informática. A proposta foi aplicada no Colégio São José, de Caxias do Sul, RS, com cinco turmas de oitava série na disciplina de Ciências, durante os meses de setembro a novembro de 2008, inserindo as atividades paralelamente à apresentação dos conteúdos. Todo material desenvolvido e utilizado nesta proposta foi disponibilizado, gradualmente, no decorrer de sua aplicação na página *Web* do Colégio. O planejamento e a execução desta proposta foram embasados na teoria interacionista de Lev Vygotsky. Essa escolha se deu, principalmente, pelos objetivos pretendidos neste trabalho que previam que os alunos trabalhassem em grupo com a mediação dos professores, proporcionando e estimulando o gosto por aprender. A avaliação da proposta foi feita pelos alunos no final de sua aplicação através de um questionário de opinião. Segundo as respostas dos alunos, na medida em que atividades e tecnologias do seu cotidiano são utilizadas nas aulas de Física, faz com que essas se tornem mais motivadoras e interessantes. O material instrucional produzido, acompanhado de um guia de informações e orientações será publicado na série “Hiperfídias de Apoio ao Professor de Física”, onde serão descritos os objetivos, a justificativa e a metodologia utilizados, com o intuito de que possam ser aplicados por outros professores associados à disciplina de Ciências da 8ª série.

Palavras-chave: Ensino de Ciências na 8ª série; Física do cotidiano; Análise gráfica de imagens de movimentos; Teoria da interação social de L. Vygotsky; Programa *Tracker*.

ABSTRACT

This work proposes an alternative introduction of 8th grade Physics school contents through the study of Kinematics concepts present, *e.g.*, in the students' daily sporting and leisure activities, in order to make these concepts more attractive and motivating to them. The situations have been registered in the schoolyard and gymnasium by the students themselves using a digital camera. The videoclips were then analyzed using an image analysis software (Tracker) in the school's computer laboratory. The subjects on the videoclips were selected among students' suggestions and assisted by the Science class teacher together with the author. The proposal has been carried out in Colégio São José, of Caxias do Sul, RS, with five different groups of 8th graders during Science classes, from September to November of 2008, these activities being alternated with regular classes. All material developed and used in the proposal was made available, during its application, on the School's Webpage. The planning and execution of this proposal are oriented along the social interaction theory of Lev Vygotsky. This choice is mainly motivated by the goal of promoting collaborative students work, intermediated by the teachers, providing and stimulating the taste for learning. The students evaluated the work by its conclusion through an opinion questionnaire. According to the students' answers to the questionnaire, when their daily activities were introduced in the Physics classes making use of available technology through electronic and computer devices, the Physics learning was rendered more interesting and motivating. The instructional material produced during the project application together with an information guide orienting other 8th grade Science teachers on its application will be published in the series "Hiper mídias de Apoio ao Professor de Física", where aims and methodology will also be described.

Keywords: 8th grade science teaching; Everyday life's physics; Analysis of motion's videos; L. Vygotsky' social interaction theory; Tracker graphical analysis program.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1:	Foto da entrada principal do Colégio São José.....	24
Figura 4.2:	O auditório é mostrado em (a) e em (b), a sala multimídia da escola.....	25
Figura 4.3:	Em (a) é mostrado o ginásio poliesportivo e em (b), um dos laboratórios de informática da Escola.....	25
Figura 4.4:	A página inicial da proposta é apresentada com informações como o objetivo pretendido, o contexto de sua aplicação e também a agenda das atividades realizadas durante a implementação.....	28
Figura 4.5:	É apresentada a página do menu “Tutoriais”, onde estão disponíveis as aulas desenvolvidas para ensinar a utilização do <i>software Tracker</i>	29
Figura 4.6:	É apresentada a página do menu “Downloads”, onde estão disponíveis entre outros links para as páginas dos programas utilizados e para algumas revistas científicas brasileiras.....	30
Figura 4.7:	É apresentada a página do menu “Fotos”, onde foram postadas imagens dos alunos obtidas no laboratório de informática da Escola durante a implementação da proposta.....	31
Figura 4.8:	É apresentada a página do menu “Vídeos”, onde estão disponíveis os vídeos dos movimentos e as respectivas análises realizadas pelos alunos com o programa <i>Tracker</i>	32
Figura 5.1:	Vídeo do movimento de uma bola de bilhar usado para exemplificar o uso do programa <i>Tracker</i>	34
Figura 5.2:	Análise do movimento de uma bola de basquete na direção vertical (y).....	36
Figura 5.3:	Análise do movimento de uma bola de basquete na direção horizontal (x).....	37
Figura 5.4:	Captura de tela apresentando a imagem trabalhada com o programa <i>Tracker</i> com a respectiva análise feita por uma dupla de alunos.....	38
Figura 5.5:	Imagem que mostra as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma pessoa andando de bicicleta. Também são apresentadas, para os mesmos instantes de tempo, as posições geradas com a modelagem do programa <i>Tracker</i>	41
Figura 5.6:	Imagem que mostra as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma bicicleta. Também são apresentadas para os mesmos instantes de tempo, as posições geradas com a modelagem do programa <i>Tracker</i>	42
Figura 5.7:	Captura de tela que mostra a trajetória e as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma bola de basquete na direção horizontal. Também é apresentada, na parte inferior da figura, o resultado da modelagem com o programa <i>Tracker</i>	42
Figura 5.8:	Captura de tela que mostra a trajetória e as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma bola de basquete na direção vertical, sem a imagem de fundo.....	43

Figura 5.9: Captura de tela que mostra os parâmetros da curva parabólica que melhor se ajusta aos pontos marcados durante a análise do movimento da bola de basquete na direção vertical (y).....	43
Figura 5.10: Captura de tela que mostra o recurso “Construção de modelos” do programa <i>Tracker</i> e as equações temporais do movimento nas direções horizontal (x) e vertical (y).....	44
Figura 5.11: Captura de tela que mostra o recurso “Construção de modelos” do programa <i>Tracker</i> e as equações temporais do movimento nas direções horizontal (x) e vertical (y) sem a imagem de fundo.....	45
Figura 6.1: Resultados apresentados para a questão 1 pelos alunos das turmas 81 a 85, (a) a (e), respectivamente. Na figura (f) o resultado global de todos os 135 alunos...	46
Figura 6.2: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre o grau de dificuldade para utilizar o programa <i>Tracker</i>	51
Figura 6.3: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre a contribuição do programa de análise de imagens, <i>Tracker</i> , para o entendimento dos movimentos.	52
Figura 6.4: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre a contribuição do programa de análise de imagens, <i>Tracker</i> , para identificar os diferentes tipos de movimento.	53
Figura 6.5: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre a compreensão e a identificação de conceitos como referencial, posição, velocidade e aceleração a partir da análise dos vídeos.....	54
Figura C.1: Exemplo que mostra a foto de uma bola de basquete sendo arremessada e a análise do movimento da bola.....	66
Figura C.2: É mostrado o menu de controle de vídeo.....	67
Figura C.3: São mostradas as opções do menu de visualização.....	67
Figura C.4: É mostrado o menu de controle de vídeo.....	68
Figura C.5: É mostrado o sistema de coordenadas fixo em um dos cones de demarcação... ..	68
Figura C.6: É mostrada a fita métrica com a informação de uma medida do mundo real....	69
Figura C.7: Visão das marcas assinaladas em cada quadro do vídeo durante a sua análise... ..	70
Figura C.8: É mostrado o menu de opções com as grandezas que podem ser escolhidas para serem visualizadas na tabela de dados.....	71
Figura C.9: É mostrado o construtor de expressões que permite definir grandezas físicas que não estão presentes na lista de grandezas relacionadas pelo programa.....	71
Figura C.10: Visualização das opções de grandezas que podem ser escolhidas para serem visualizadas nos eixos dos gráficos.....	72
Figura C.11: É mostrado o construtor de modelos com as expressões para os movimentos nas direções horizontal (x) e vertical (y).....	73
Figura C.12: Imagem da câmera fotográfica digital utilizada na filmagem dos vídeos.....	74
Figura C.13: É mostrado o tripé utilizado nas filmagens dos vídeos.....	74

Figura C.14: É mostrado o trilho para filmagem do movimento de uma bola de bilhar que se desloca sobre um trecho inclinado com aceleração não nula e na parte horizontal com velocidade constante..... 75

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO 2 - ESTUDOS RELACIONADOS.....	15
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL E CONTEXTO DE SUA APLICAÇÃO.....	24
4.1 Contexto da aplicação da proposta.....	24
4.2 Conteúdos abordados.....	26
4.3 Material instrucional.....	27
CAPÍTULO 5 – IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA.....	33
5.1 Relato das atividades desenvolvidas.....	33
CAPÍTULO 6 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA.....	46
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICE A – LISTA DE QUESTÕES SOBRE OS TEMAS ESTUDADOS EM SALA DE AULA A SEREM RESPONDIDAS DURANTE A ANÁLISE DOS VÍDEOS.....	61
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	63
APÊNDICE C - INFORMAÇÕES SOBRE O MATERIAL UTILIZADO NA OBTENÇÃO E NA ANÁLISE DOS VÍDEOS.....	65
APÊNDICE D - CD-ROM COM O MATERIAL INSTRUCIONAL.....	76

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O advento da informatização das escolas, a popularização da internet e o barateamento de equipamentos eletrônicos, tais como computadores, câmeras digitais, e outros acessórios, estão viabilizando condições para que o ensino se utilize destas tecnologias, tornando-o mais atraente, dinâmico e investigativo, na medida em que o aluno tenha uma postura mais ativa na construção do seu conhecimento.

Na maioria das escolas ainda se pretende ensinar Física apresentando ao aluno a teoria e o seu formalismo matemático e, após, o submetendo a uma bateria de exercícios, que muitas vezes são repetitivos e exigem apenas a aplicação de expressões matemáticas, que são decoradas e não entendidas (professores ensinam até versinhos para decorá-las). Perguntas do tipo “Qual fórmula eu devo usar?” revelam a maneira puramente técnica e “memorística” de como se dá, freqüentemente, o ensino e o aprendizado da Física.

Essa maneira de ensinar, em que o aluno assume um papel de mero espectador e o professor é o detentor da informação, acaba por fortalecer, até mesmo sem intenção, uma visão quase dogmática do que seja ciência, ou como o conhecimento científico é produzido. Para o aluno pode ficar a impressão de que a natureza é explicada através de algumas equações matemáticas simples que descrevem exatamente os fenômenos, sem aproximações, exceções ou idealizações.

Para minimizar essa visão se faz importante, por exemplo, a utilização de recursos didáticos em laboratórios onde possam ser trabalhados experimentos de Física, quando então o aluno tem oportunidade de participar ativamente, seja observando, medindo, calculando e avaliando os resultados obtidos e formulando hipóteses. O aluno, então, irá se deparar com situações reais cujos resultados já contêm intrinsecamente certa margem de erro, e com equações usadas para descrever os eventos físicos de interesse de forma aproximada e idealizada.

A utilização do laboratório de informática é um recurso complementar à realização de experimentos no laboratório de Física, seja através do uso de programas de computadores na simulação de experimentos físicos, ou de câmeras digitais registrando, p. ex., o movimento de um objeto para que depois possa ser analisado. O laboratório de informática pode ser uma boa alternativa para aquelas escolas que não têm laboratório experimental, ou que quando o

possuem, é pouco utilizado, entre outros motivos pela falta de profissional responsável, gerando na maioria das vezes abandono do equipamento.

Devido ao seu potencial pedagógico e à necessidade de reduzir o insucesso na aprendizagem da Física, o uso de recursos de informática se faz necessário. Eles tornam possível por parte do professor a adoção de diversas estratégias para uso do computador, seja na aquisição de dados, modelização, simulação, realidade virtual e internet. O professor tem ao seu dispor novas possibilidades para ensinar e motivar; o aluno por sua vez conta com uma maior variedade de meios para aprender (Fiolhais; Trindade, 2003). O que deve ser evitado é utilizar novos recursos tecnológicos com “velhas” práticas pedagógicas, desatualizadas e desconectadas da realidade.

Convém ressaltar que o laboratório experimental é de suma importância no ensino da Física, pois as simulações e as animações em computadores, na sua grande maioria não conseguem trazer a riqueza de detalhes e as dificuldades técnicas que somente o laboratório experimental oferece.

Simulações e animações contêm idealizações e modelos da realidade, podendo focar apenas certos detalhes do experimento, muitas vezes condicionando o aluno a chegar ao resultado desejado. Certos cuidados na generalização de sua aplicação são necessários para que o aluno não encare esses recursos como se fossem apenas jogos de computador, reduzindo a um processo de “tentativa e erro”. É sempre importante lembrar ao aluno de que as simulações e animações são tentativas de recriar uma situação real no computador, e devido à dificuldade de serem consideradas todas as variáveis envolvidas, têm de ser feitas certas idealizações e aproximações para tornar o modelo viável.

Nesta proposta utiliza-se o recurso de filmagem de câmeras digitais para registrar objetos em movimento no estudo de situações lúdicas, como por exemplo, os movimentos presentes em atividades esportivas e de lazer do cotidiano do aluno. Posteriormente, o arquivo de vídeo é transferido para o computador, onde se utiliza um *software* de análise de imagens. São propostas atividades para que os alunos investiguem as grandezas físicas associadas aos movimentos. A trajetória do objeto em movimento é filmada e transformada em um conjunto de dados contendo suas coordenadas cartesianas e o tempo, apresentadas em forma de tabelas. Esses dados servirão, também, de base para a construção de gráficos (posição versus tempo, velocidade versus tempo). Alguns *softwares* de análise de imagens têm recursos para ajustamento de funções aos dados experimentais, fornecendo informações sobre as grandezas físicas de interesse.

A observação de imagens, tabelas e gráficos obtidos fornece ao aluno elementos para a análise e a classificação do tipo de movimento observado. Para que isso aconteça, é necessário fazer a devida relação com os conceitos estudados em sala de aula. Essa relação pode se dar através de uma análise qualitativa ou quantitativa dos vídeos a serem explorados.

Existem vários *softwares* para análise de vídeos que podem ser obtidos na *Web*, entre eles podemos citar *Tracker*¹, *Physics ToolKit*² e *Sam*³, todos gratuitos, outros como o *VideoPoint*⁴ não são livres. O *Physics ToolKit* possui banco de imagens com diversos vídeos prontos que podem ser utilizados pelo professor em aulas expositivas de Física, bem como serem analisados no laboratório de informática.

A aplicação da proposta aconteceu simultaneamente em cinco turmas de oitava série do Ensino Fundamental do Colégio São José, de Caxias do Sul, RS, e contou com a participação de 135 alunos, na faixa etária de 13 a 15 anos. A proposta foi aplicada no período de setembro a novembro de 2008, com aproximadamente 10 horas-aula de atividades para cada turma, além do período destinado ao trabalho extra classe.

Na escola onde foi aplicada a proposta o ensino da Física se dá no segundo semestre da oitava série na disciplina de Ciências. No primeiro semestre letivo, o tema estudado é a Química. Como acontece na grande maioria das escolas, o assunto escolhido para introduzir o ensino da Física é a Cinemática. A justificativa para a escolha desse assunto é de que o aluno tenha os pré-requisitos necessários quando ingressar no primeiro ano do Ensino Médio, quando será estudada a Mecânica Newtoniana com maior detalhamento e profundidade. As grades curriculares quase sempre seguem a seqüência dos conteúdos apresentada pelos livros didáticos mais tradicionais, neles o ensino da Física começa pela Mecânica e termina no final do terceiro ano do Ensino Médio, geralmente, com o estudo da Eletricidade e do Eletromagnetismo.

É comum que o ensino de conteúdos de Física na oitava série se dê com um enfoque excessivamente matemático e percebe-se que muitos alunos não conseguem fazer a distinção

¹ *Tracker*, desenvolvido por Doug Brown, trata-se de um pacote de análise de vídeos construído com Java com a característica de ser de código aberto (OPS - Open Source Physics). Disponível em: <<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/webstart/tracker.jar>>. Acesso em: 4 maio 2010.

² *Physics ToolKit*, pacote que inclui além do programa de análise de imagens um banco de filmes sobre mecânica. (tamanho do arquivo para download 470 Mb. Gratuito, mas não pode ser distribuído comercialmente.) Disponível em: <<http://www.physicstoolkit.com>>. Acesso em: 4 maio 2010.

³ *Sam*, desenvolvido pelo bolsista do CNPq Edson Minatel, em 1998, no projeto EDUCADI (tamanho do arquivo 3,2 Mb. Filmes não incluídos. Gratuito). Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/sam/>>. Acesso em: 4 maio 2010.

⁴ *VideoPoint*, Programa bem completo, mas de custo elevado, acompanha um banco de filmes. Disponível em: <<http://www.lsw.com/videopoint/>>. Acesso em: 4 maio 2010.

entre essas duas áreas do conhecimento. Para eles, a Física é vista simplesmente como uma tradução matemática da natureza, sem, no entanto, levar em conta aproximações, erros e limitações dos modelos físicos. Além disso, desconhecem todo o processo histórico e filosófico na evolução do conhecimento científico. Esses fatos puderam ser verificados nas respostas apresentadas pelos alunos no questionário de avaliação final da proposta. Alguns alunos responderam que não gostavam de estudar Física, porque não gostavam de Matemática.

Como será mostrado nesse trabalho, a utilização de programas de análise de imagens de movimentos, para introduzir ou aprimorar os conceitos de Física vistos em sala de aula, pode ser uma boa estratégia para torná-los mais interessantes e motivadores. O emprego do recurso de análise de imagens pode mostrar com riqueza de detalhes o que seria muito difícil de ser apresentado em uma aula expositiva contando apenas com giz e quadro-negro. A metodologia utilizada para explicar esses assuntos resultou em um trabalho mais participativo, colaborativo.

Os próximos capítulos são organizados da seguinte forma: no Capítulo 2 (Estudos relacionados) é apresentada uma breve revisão da literatura a respeito do uso de tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física, bem como abordagens de inserção de conteúdos de Física na 8ª série do Ensino Fundamental. No Capítulo 3, é apresentado o referencial teórico que norteou este trabalho.

O Capítulo 4 se refere ao contexto da aplicação dessa proposta. O Capítulo 5 contém a descrição do material instrucional e apresenta a metodologia utilizada na implementação da proposta. O capítulo 6 é dedicado às análises das manifestações dos alunos aos questionamentos referentes à implementação da proposta. As considerações finais são apresentadas no Capítulo 7.

O Apêndice A apresenta as questões, sobre os temas estudados em aula, que deverão servir de orientação para os alunos na realização da análise dos vários movimentos. O questionário de avaliação desta proposta didática, respondido pelos alunos ao término de sua aplicação, é apresentado no Apêndice B. No Apêndice C são disponibilizadas informações sobre o material utilizado na obtenção e na análise dos vídeos. Para finalizar, o produto educacional deste trabalho de dissertação, desenvolvido na forma de uma página da *Web*, está disponibilizado em um CD-ROM e integra o Apêndice D. Esse material instrucional, acompanhado de um guia de informações e orientações será divulgado na série “Hiper mídias de Apoio ao Professor de Física”. Nessa publicação com o intuito de facultar a aplicação do

material por outros professores, associado à disciplina de Ciências da 8ª série (ou 9º ano) do Ensino Fundamental, será incorporada uma descrição dos objetivos, da justificativa e da metodologia utilizados no presente trabalho.

CAPÍTULO 2

ESTUDOS RELACIONADOS

A necessidade de inserção das tecnologias de informação e comunicação (TIC's) no ensino e o uso de suas linguagens podem ser descritos, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental, PCNEF (Brasil, 1998a), de forma a desenvolver as competências e habilidades dos alunos:

A tecnologia eletrônica — televisão, videocassete, máquina de calcular, gravador e computador — pode ser utilizada para gerar situações de aprendizagem com maior qualidade, ou seja, para criar ambientes de aprendizagem em que a problematização, a atividade reflexiva, atitude crítica, capacidade decisória e a autonomia sejam privilegiados. (Brasil, 1998a, p. 141)

Também recomendam:

Os meios eletrônicos de comunicação oferecem amplas possibilidades para ficarem restritos apenas à transmissão e memorização de informações. Permitem a interação com diferentes formas de representação simbólica — gráficos, textos, notas musicais, movimentos, ícones, imagens —, e podem ser importantes fontes de informação, da mesma forma que textos, livros, revistas, jornais da mídia impressa. O computador, em particular, permite novas formas de trabalho, possibilitando a criação de ambientes de aprendizagem em que os alunos possam pesquisar, fazer antecipações e simulações, confirmar idéias prévias, experimentar, criar soluções e construir novas formas de representação mental. (Brasil, 1998a, p. 141)

Entretanto, faz-se necessária uma cuidadosa reflexão por parte da comunidade escolar, para que as TIC's possam de fato contribuir para a formação de indivíduos competentes, críticos, conscientes e preparados para a realidade em que vivem.

É essencial, também, um ensino que valorize o trabalho colaborativo em grupo, tornando os alunos capazes de ações críticas e cooperativas para a construção coletiva do conhecimento.

A importância das aulas experimentais para o aprendizado de Física tem sido objeto de estudo e reportada por muitos pesquisadores da área, que em sua grande maioria está de acordo que essas atividades, se bem elaboradas, auxiliam no reforço dos conceitos vistos nas aulas teóricas e também servem para motivar os alunos na aprendizagem da Física. Segundo Moreira e Axt (1991, p. 79-80): *A experimentação pode contribuir para aproximar o ensino de Ciências das características do trabalho científico, além de contribuir também para a aquisição de conhecimento e para o desenvolvimento mental dos alunos.*

Existe uma ampla possibilidade de aplicação de atividades experimentais, que vão desde a verificação de modelos teóricos, em uma abordagem mais tradicional, até modelos de atividades experimentais em uma visão construtivista de ensino. Mas independente da forma

metodológica a ser adotada é imperativa para que o professor tenha sucesso, a escolha dos objetivos que ele deseja alcançar. (Araújo; Abib, 2003).

A utilização de computadores como meio de experimentação tem sido cada vez mais freqüente nas escolas. Os avanços das tecnologias e a conseqüente diminuição dos preços têm possibilitado que escolas invistam cada vez mais em equipamentos de informática. Isto muitas vezes provoca uma falta de empenho no desenvolvimento de bons laboratórios experimentais nas escolas, pois equipar um laboratório torna-se mais dispendioso tanto do ponto de vista econômico quanto de trabalho dos profissionais que serão responsáveis por ele. Os computadores tornaram-se, portanto, ferramentas de grande potencialidade no ensino da Física.

A utilização de programas de simulação possibilita ainda uma melhor compreensão de certos fenômenos físicos na medida em que torna possível a inclusão de elementos gráficos e de animação em um mesmo ambiente. Isto aliado ao interesse dos estudantes pelo microcomputador, pode a princípio tornar mais eficiente e agradável o processo de aprendizagem. (Yamamoto; Barbeta, 2001, p. 215).

Vídeos de objetos em movimento produzidos por câmeras que digitalizam a imagem, salvando-a em arquivos compactados e de boa qualidade, estão possibilitando que essas imagens sejam tratadas e analisadas quadro a quadro por programas de análise de imagens. Como exemplo de utilização de recursos de filmagem e de análise de imagens, pode-se citar o projeto que foi aplicado em quatro escolas públicas da região de São Carlos-SP, sob a orientação da equipe do CDCC/USP⁵ (Magalhães *et alii*, 2002, p. 97). A análise quantitativa de movimentos reais e outros produzidos em laboratório foi feita com o programa chamado SAM (Sistema de Análise Digital de Movimentos)⁶. Os filmes produzidos formaram um banco de imagens, que foi disponibilizado na internet. As simulações dos movimentos após a análise quantitativa eram feitas com o programa LOGO. Segundo os autores a avaliação do projeto mostrou que os alunos ficam mais motivados quando analisam e interpretam movimentos que fazem parte do seu cotidiano facilitando assim a aprendizagem das concepções científicas. A proposta descrita neste trabalho de dissertação difere do projeto de aplicação do *software* SAM tanto no público alvo participante quanto nos seus objetivos.

⁵ No período de agosto de 2000 a novembro de 2002, pela equipe do CDCC/USP (Centro de Divulgação Científica e Cultural). Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/sam/>>. Acesso em: 4 maio 2010.

⁶ O arquivo do *software* SAM está disponível gratuitamente para fins educacionais, não sendo permitido o uso do *software* para fins comerciais. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/sam/>>. Acesso em: 4 maio 2010.

Segundo Yamamoto e Barbeta (2001) o tratamento de imagens de vídeos possibilita ao estudante coletar e analisar dados de forma rápida e eficiente, além disso, pode capacitar os estudantes a investigar as relações entre os conceitos físicos vistos em sala de aula com vídeos de movimentos obtidos fora da sala de aula.

Outra qualidade apontada no uso de programas de análise de imagens diz respeito à interpretação de gráficos. Estudos têm demonstrado que considerável percentual de alunos interpreta de forma equivocada os gráficos utilizados no estudo, por exemplo, da cinemática. Em gráficos do tipo posição versus tempo, *e.g.*, alunos são levados a pensar que o gráfico mostra a trajetória do objeto com o passar do tempo (Beichner, 1994). Segundo este mesmo autor (1996), programas de análise de vídeos ajudam a diminuir as dificuldades no entendimento e na construção de gráficos.

Medeiros e Medeiros (2002) fazem uma análise crítica sobre o uso de simulações e modelagem no ensino da Física, ressaltam os aspectos positivos, mas advertem que a simples utilização da informática não garante uma boa aprendizagem. É necessário que haja uma visão mais crítica e equilibrada por parte dos educadores no uso e na sua elaboração.

Segundo esses autores, simulações são adaptações da realidade e pressupõem a necessidade de um modelo que lhe dê suporte e significado, por isso, há necessidade de tornar claros os limites da validade do modelo que se utiliza, das simplificações e idealizações. Eles concluem seu trabalho afirmando:

Apesar de todas as críticas, entretanto, há de admitir-se que boas simulações, criteriosamente produzidas, existem e que os professores guardam uma expectativa muito grande do potencial de suas utilizações. É preciso que fique bem claro que a argumentação levantada neste artigo não deve levar à conclusão de que os seus autores advogam o abandono da Informática Educacional, mas apenas que apontam para a necessidade de uma utilização da mesma mais refletida, equilibrada e nunca exclusiva. (Medeiros; Medeiros, 2000, p. 84)

Como introduzir o ensino de Física no Ensino Fundamental? Qual o melhor assunto para isso? Que metodologia deverá ser empregada? Essas são algumas das perguntas que certamente afligem muitos professores no mundo todo e que para serem respondidas deverão levar em conta uma série de fatores muitas vezes não muito claros exigindo uma profunda análise de cada situação que se apresenta.

O uso de recursos de informática, tais como animações, *applets*, páginas de *internet* e programas educativos, propicia um ensino da Física mais dinâmico ao fazer relações dos conceitos vistos em sala de aula com fenômenos estudados através de análises gráficas,

exercícios e experiências virtuais. Cita-se, como exemplo, uma proposta aplicada no Ensino Médio:

A introdução da informática no ensino de Física deve servir como uma ferramenta auxiliar na prática pedagógica, permitindo situações mais criativas em sala de aula, que favorecem a aprendizagem significativa. A tecnologia da informática oferece uma série de possibilidades, como a *internet*, o correio eletrônico, hipertextos, animações, simulações e ambientes de ensino, que podem viabilizar um espaço de ensino-aprendizagem mais eficiente, motivador e envolvente. (Miranda Jr., 2005, p. 15).

Por outro lado, iniciar o ensino da Física na oitava série do Ensino Fundamental valendo-se de conteúdos de Astronomia pode ser uma boa estratégia para cativar os alunos e introduzir novos conceitos relacionados ao tema, trabalhando-os de forma mais conceitual e experimental, evitando o formalismo matemático exagerado, levando a um ensino de Física mais instigante e despertando no aluno a paixão pela descoberta. Nas palavras do autor (Mees, 2004, p.83):

Estas atividades, centradas no tema Astronomia, possuem grande potencial de cativação para se introduzir o ensino de Física nesta série. Acreditamos que a Astronomia é um tema apropriado para ser trabalhado nesta série, pois abre caminhos para a interdisciplinaridade, a evolução histórica da ciência e, oferece base teórica para seguir em outros tópicos da Física, como o estudo do calor, partindo da energia fornecida pelo Sol, ou o estudo dos fenômenos relacionados com a luz. Este último foi o caminho tomado por nós, pois o ano de 2003 nos presenteou com dois eclipses lunares totais, desencadeando maior interesse no estudo dos fenômenos da reflexão, refração, formação de imagens e cores. Poder-se-ia seguir o estudo da Física a partir dos movimentos de rotação e translação dos planetas, introduzindo a cinemática e demais conceitos relacionados à mecânica.

Também segue nessa mesma linha de pensamento outro trabalho de conclusão de Mestrado Profissional em Ensino de Física (Andrade, 2005). O tema escolhido para a introdução do ensino da Física na oitava série foi o estudo da luz e das cores, com uma abordagem essencialmente conceitual, que visa respeitar o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno. O tema é abordado de forma interdisciplinar e contextualizado, para isso, utiliza experimentos com materiais de baixo custo e trabalha com assuntos que permitem a relação entre várias disciplinas tais como: fotografia e arte. Na conclusão desta proposta a autora afirma:

Analisando as situações que tivemos oportunidade de vivenciar durante a construção e a aplicação dessa proposta de trabalho, reforça-nos a crença de que é possível se fazer muita coisa pela educação e, em especial, pelo ensino de Ciências nas nossas escolas (exploramos apenas um tema que, certamente, já faz parte da listagem de conteúdos de oitava série de muitas escolas). No entanto, acreditamos que o diferencial desse estudo está em procurarmos tratar o tema com abordagens alternativas, fugindo de um formalismo matemático que não condiz com a faixa etária do aluno ao concluir o Ensino Fundamental, podendo, no lugar de despertar o prazer pelo estudo da Física, levá-lo a odiar tudo o que se refere a esse campo do conhecimento. (Andrade, 2005, p.74)

Inúmeras são as possibilidades de se introduzir o ensino da Física no Ensino Fundamental, várias são as justificativas, mas há quase que um consenso de que iniciar com conceitos muito abstratos, que não condizem com a faixa etária dos alunos, e com um formalismo matemático exagerado, que ainda não está bem claro e sedimentado, pode levar o aprendiz a julgar a Física como uma disciplina muito “chata” e difícil.

No capítulo a seguir será apresentada a teoria da interação social de L. Vygotsky que embasou o desenvolvimento e a efetivação desse trabalho.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo de aprendizagem no contexto atual acontece em meio a uma revolução tecnológica na difusão da informação; a rede mundial de computadores permite ao usuário obter de maneira rápida conteúdos das mais diferentes áreas do conhecimento. Estima-se que hoje não haveria papel suficiente no mundo inteiro para imprimir toda a informação contida na *Web*, esse farto material de pesquisa pode ser acessado por qualquer pessoa que tenha uma conexão com a *internet*.

Toda essa mudança na obtenção da informação está exigindo da escola uma transformação nas suas práticas pedagógicas, reforçando ainda mais o papel do professor de não ser um mero repassador da informação.

Ao professor cabe o papel de ser o mediador no processo ensino-aprendizagem; ele tem a função de preparar um ambiente de aprendizagem que oportunize ao aluno interagir com seus colegas e com o professor, em um processo onde o novo conhecimento será internalizado e apropriado através do uso de instrumentos tecnológicos que dinamizem essa tarefa.

Pensando em uma prática pedagógica atual e contextualizada em um mundo de constante mudança, onde as TIC's criaram formas alternativas de interação entre pessoas das mais diferentes idades e partes do mundo, optou-se em utilizar para o desenvolvimento desta proposta a teoria sócio-construtivista de Lev Vygostky.

Segundo a teoria da interação social de Lev Vygotsky os fatores que influenciam o desenvolvimento do ser humano estão relacionados com as interações que ocorrem entre o sujeito e o meio (sociedade, cultura, história de vida, oportunidades), e esse desenvolvimento acontece durante toda sua vida através do uso de instrumentos, signos e sistemas simbólicos.

Através da mediação é que acontece o desenvolvimento das funções mentais superiores: controle consciente do comportamento, atenção e lembrança voluntária, memorização ativa, pensamento abstrato, raciocínio, planejamento, entre outros. (Moreira, 1999).

As relações sociais estão por trás da origem do desenvolvimento dos processos mentais superiores, ou seja, existe uma conversão destas em funções mentais, através do uso

de instrumentos e signos que são compartilhados por uma comunidade num contexto histórico e cultural.

O domínio de linguagens abstratas formadas por um sistema de signos convencionados permite uma flexibilização do pensamento:

A linguagem é, para Vygotsky, o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo do ser humano, porque o libera dos vínculos contextuais imediatos. O desenvolvimento dos processos mentais superiores depende de descontextualização e a linguagem serve muito bem para isso na medida em que o uso de signos lingüísticos (palavras, no caso) permite que o indivíduo se afaste cada vez mais de um contexto concreto. O domínio da linguagem abstrata, descontextualizada. (Moreira, 2008, p. 6).

A escola, segundo Vygotsky, tem a função de lançar as bases dos estudos científicos que são linguagens sistematizadas com signos próprios e com conceitos abstratos que mantêm uma ordem hierarquizada. Para entender os novos conceitos é necessário que no processo de aprendizagem haja uma relação entre aquilo que o aluno traz como experiência pessoal e aquilo que se quer ensinar. Ele transforma a nova informação a partir de suas próprias generalizações e significados de acordo com seus esquemas lógicos e conceituais, para isso necessita do auxílio de um adulto ou de colegas com mais experiência. (Cória-Sabini, 2001).

De acordo com Vygotsky a aprendizagem trabalha com dois tipos de conceitos: os espontâneos relacionados a contextos particulares, formados no cotidiano, nas relações sociais do seu meio e de sua cultura; e os conceitos científicos adquiridos na escola e construídos a partir de relações com outros conceitos prévios já existentes na estrutura cognitiva do aluno, através deste último ele consegue atingir uma consciência reflexiva.

A teoria sócio-construtivista de Vygotsky (Moreira, 1999; Aranha, 1996) parte da idéia de que a aprendizagem ocorre pela interação social, promovendo o desenvolvimento intelectual. Um dos conceitos chave de Vygotsky no sócio-construtivismo é o de “Zona de Desenvolvimento Proximal” que é definida como:

A distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação ou em colaboração com companheiros mais capazes. (Vygotsky *apud* Moreira, 1999, p. 116)

Segundo essa teoria a aprendizagem pode se dar de forma independente, mas também pode ocorrer com a intervenção de colegas mais experientes ou do professor. Em uma perspectiva interacionista, os alunos têm uma participação mais intensa nas decisões a serem tomadas, seja na possibilidade de se expressar, levantar hipóteses e chegar às conclusões.

O desenvolvimento, segundo Vygotsky, se dá através da intermediação entre o sujeito e o meio, no sentido do mundo externo para o interno. A relação do homem com o mundo é feita através da intermediação, seja por instrumentos físicos ou signos, sendo que os signos são de natureza semiótica, não concretos, mas sim internalizados e que permitem aos seres humanos a capacidade de abstrair, imaginar e transitar no tempo.

Outros conceitos chaves de sua teoria são: mediação simbólica, signos, sistemas de símbolos, desenvolvimento e aprendizagem, zona de desenvolvimento real, além da zona de desenvolvimento proximal já citada anteriormente.

A mediação é o processo no qual a ação do sujeito sobre um objeto é feita através de um instrumento que possibilita a transformação do mesmo com um determinado objetivo. Podemos citar como exemplo a utilização de um formão para esculpir uma peça de madeira; nesse caso, o formão é o mediador que age entre o sujeito e o objeto.

Também convém ressaltar que as teorias construtivistas e, em especial a de Vygotsky, respeitam as diferenças. Alunos não são todos iguais, realidades diferentes geram crianças diferentes, que por sua vez determinam seu próprio ritmo de aprendizagem. Por isso, a importância de desenvolver atividades de experimentação em laboratórios que possibilitem um maior contato e acompanhamento do professor identificando possíveis falhas e dificuldades que possam surgir no processo ensino-aprendizagem, propiciando também a colaboração e a aprendizagem com outros alunos.

O desenvolvimento da cognição através do uso das novas tecnologias já faz parte da realidade de muitas escolas. O computador é a ferramenta social do momento e facilita a mediação entre o ambiente de estudo e a estrutura cognitiva; através da aquisição de signos e sistemas de símbolos utilizados pelos programas de computadores, o aluno tem a possibilidade de interagir e refletir sobre sua ação na aprendizagem de novos conceitos. As tecnologias de comunicação também permitem potencializar a interação e a cooperação entre alunos de uma mesma escola ou até mesmo fora dela, muitas são as possibilidades. É possível obter ajuda mediada de outras pessoas pela *internet*, via salas de “bate papo”, fórum ou mesmo pela participação em algum grupo de discussão.

Um ambiente de aprendizagem, segundo essa teoria, deve levar em conta a bagagem de conhecimentos adquiridos pelo aluno na sua experiência de vida para que o novo aprendizado torne-se significativo. O aluno deve ser instigado a resolver uma nova situação problema através de conversas e debate com seus colegas, além da orientação do professor, e

deve buscar a elucidação do mesmo e também refletir sobre sua ação. O aprendiz deve agir de forma consciente e planejada.

Atividades experimentais de Física em uma perspectiva Vygotskyana não devem ficar restritas apenas à verificação ou à redescoberta do que já foi inventado, podendo também servir para explicar ou ilustrar princípios físicos. Para isso é fundamental que essas atividades tenham como objetivo principal as interações sociais que elas desencadeiam; a conversa, a discussão verbal e a semiótica com o parceiro mais capaz possibilitam a interiorização e a compreensão do assunto. (Gaspar, 2003)

O desenvolvimento e a implementação dessa proposta didática foi embasada nos pressupostos da teoria da interação social de Vygotsky. Isto se tornará evidente na descrição da implementação dessa proposta didática.

No capítulo 4 serão apresentados a metodologia de desenvolvimento do material instrucional e contexto de sua aplicação.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL E CONTEXTO DE SUA APLICAÇÃO

Neste capítulo será feita a descrição da metodologia utilizada no desenvolvimento do material instrucional. Inicia-se pela apresentação do contexto escolar no qual esta proposta foi planejada e aplicada; após são discutidos os conteúdos de Física abordados na discussão de corpos em movimento, contextualizando-os a atividades esportivas da população alvo (alunos de oitava série do Ensino Fundamental). A seguir, é feito um relato sobre a elaboração das atividades propostas.

4.1 Contexto da aplicação da proposta

A aplicação da proposta ocorreu no Colégio São José⁷, uma escola da rede privada de ensino da cidade de Caxias do Sul, RS.

O Colégio São José atende alunos da Educação Infantil ao Ensino Médio e conta com um ambiente físico que possui: bibliotecas, ginásio poliesportivo, auditório, salas multimídia, laboratórios de Física, Química e Biologia e laboratórios de informática. Nas Figuras 4.1 a 4.3 são apresentadas fotos de alguns destes ambientes.



Figura 4.1: Foto da entrada principal do Colégio São José.

⁷ A escola, fundada em 1901 pela Congregação das Irmãs de São José de Chambéry, oriundas da cidade de Le Puy-en-Velay, França, prioriza a educação católica e tem como visão: “Ser o Colégio que, alicerçando a sua ação educativa na unidade e comunhão, atue na formação de cidadãos comprometidos com a vida e com a sociedade”.

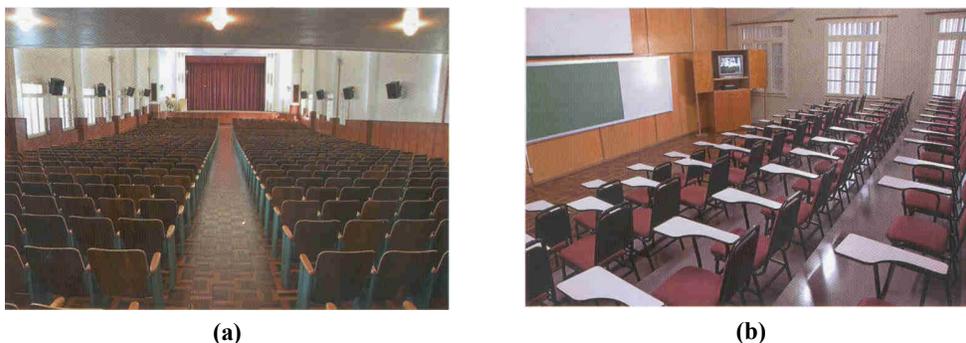


Figura 4.2: O auditório é mostrado em (a) e em (b), a sala multimídia da escola.



Figura 4.3: Em (a) é mostrado o ginásio poliesportivo e em (b), um dos laboratórios de informática da Escola.

O Colégio dispõe de três laboratórios de informática, sendo que um deles é voltado ao atendimento dos alunos da educação infantil, enquanto os outros dois são utilizados para aplicação de projetos para o Ensino Fundamental e Médio.

Os laboratórios de informática possuem computadores conectados em rede com servidores, que têm a função de armazenar os trabalhos dos alunos e também controlar o conteúdo das informações que esses podem acessar na internet. Esses laboratórios contam também com acesso à internet, projetor multimídia, *scanners* e impressoras.

A realização da presente proposta ocorreu durante os meses de setembro a novembro de 2008, nas dependências do Colégio, particularmente no laboratório de informática, e contou com 135 alunos de cinco turmas de oitava série (turmas 81, 82, 83, 84, 85). Foi aplicada na disciplina de Ciências, em um total de 10 horas-aula por turma. A professora regente dessa disciplina esteve sempre presente nas atividades desenvolvidas, possibilitando, dessa forma, um melhor atendimento aos alunos.

Cabe salientar que o autor desta proposta não era o professor titular das turmas de oitava série onde ela foi implementada. A escolha das turmas desse nível de ensino para a aplicação da proposta pedagógica se deu, pois se desejava que o estudo dos movimentos fosse

introduzido aos alunos de forma lúdica, de modo a motivá-los, já na disciplina de Ciências, para uma análise dos aspectos físicos correspondentes. Além disso, concomitante com a aplicação da proposta no laboratório de informática, a professora titular da disciplina seguia, em sala de aula, a seqüência normal de assuntos listada na grade curricular da Escola; que incluíam conceitos e cálculos de expressões matemáticas que representavam os movimentos. O Autor da proposta apenas planejou as atividades a serem desenvolvidas no laboratório de informática, tentando não interferir no andamento dos conteúdos em sala de aula. Para que fosse feita uma análise dos movimentos estudados, a professora regente das turmas de Ciências elaborou um conjunto de questões de acordo com os assuntos que haviam sido estudados em sala de aula.

A carga horária da disciplina de Ciências na oitava série da Escola é de quatro períodos semanais. Os alunos estudam noções básicas de Química no primeiro semestre letivo e de Física, no segundo semestre.

O ensino de Ciências na oitava série do Colégio São José se propõe a dar uma visão geral do objeto de estudo dessas duas disciplinas, além de introduzir os conceitos básicos necessários como pré-requisitos ao estudo de Química e de Física no Ensino Médio.

4.2 Conteúdos abordados

A proposta foi aplicada no segundo semestre da oitava série na disciplina de Ciências, após a professora das turmas ter introduzido alguns conteúdos de Física, como referenciais, movimentos e trajetórias de objetos. Como a proposta do trabalho era introduzir conteúdos de Física em uma abordagem atrativa e motivadora para alunos desta faixa etária, procurou-se contextualizar o estudo de movimentos de objetos através da análise de situações da predileção dos alunos, como os movimentos presentes em atividades esportivas e de lazer do seu dia-a-dia.

A escolha recaiu, então, sobre conteúdos de Física relativos a movimentos, com ênfase nas análises gráfica e numérica de grandezas físicas como distância percorrida em um intervalo de tempo, velocidade e aceleração, bem como a discussão da trajetória percorrida e do referencial escolhido na descrição dos movimentos. No final das atividades e a partir dessas análises, o aluno era capaz de reconhecer e classificar, por exemplo, através de gráficos, diversos tipos de movimento.

Foram filmados e depois analisados os seguintes movimentos: (i) movimento de uma pessoa caminhando devagar e rapidamente; (ii) movimento de uma pessoa andando de

bicicleta; (iii) movimento de uma bola de basquete sendo arremessada; (iv) movimento de uma pessoa correndo; (v) movimento de uma bola de vôlei sendo lançada; (vi) movimento de uma pessoa em um *skate*, com duas velocidades; (vii) movimento de uma pessoa andando de patinete; e (viii) movimento de uma bola de futebol de salão em chutes forte e fraco.

4.3 Material instrucional

O material instrucional desenvolvido nessa proposta consiste de uma página da Web, que foi hospedada no sítio⁸ do Colégio. Na página foram disponibilizadas informações relativas à proposta, tais como tutoriais que ensinam como utilizar o programa *Tracker*, os vídeos dos movimentos produzidos pelos alunos e o conjunto de suas análises, uma galeria de fotos dos alunos no laboratório de informática, endereços onde podem ser obtidos os programas utilizados. Na figura abaixo, pode ser vista a imagem da página inicial contendo o objetivo da proposta, o contexto da aplicação e também a agenda das atividades realizadas durante a sua implementação.

⁸ Página da *Web* contendo o material instrucional da proposta didática. Disponível em: <<http://www.saojosecaxias.com.br/pronovo/>>. Acesso em: 4 maio 2010.

Colégio São José
Caxias do Sul

Análise de experimentos de Física na oitava série: filmagem e tratamento das imagens digitais

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Instituto de Física

| Inicial | Tutoriais | Videos | Fotos | Downloads | Contato |

BEM VINDO AO PROJETO!

Este projeto faz parte do trabalho de conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física elaborado pelo Professor Gilberto José Calloni, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Está sendo aplicado em cinco turmas de 8ª série do Ensino Fundamental - turmas 81, 82, 83, 84 e 85.

A proposta apresentada aos alunos consiste na filmagem, com uma câmera digital, de eventos experimentais, tais como, o movimento de uma bola de basquete ou de uma pessoa andando de esquite (skate), e um conjunto de atividades a serem desenvolvidas a partir da análise das filmagens por eles realizadas. Após a filmagem, o arquivo de vídeo é transferido para o computador, onde é analisado com a utilização de um software (*Tracker*).

Este projeto tem como objetivos:

- 1- usar a tecnologia que faz parte do dia-a-dia dos alunos, motivando-os para o aprendizado científico;
- 2- desenvolver atividades no laboratório de informática que auxiliem na compreensão dos conteúdos vistos na sala de aula;
- 3- mostrar aos alunos que o conhecimento científico, e, em particular, a Física, é obtido, muitas vezes, com aproximações e idealizações;
- 4- promover a filmagem, a observação e análise de vídeos de movimentos, interpretando-os com auxílio de conceitos trabalhados em sala de aula e da construção e utilização de tabelas e gráficos;
- 5- incentivar os alunos ao trabalho colaborativo.

Mestrando: Gilberto José Calloni
Orientadores: Profa. Dra. Rejane Maria Ribeiro-Teixeira e Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira

AGENDA ANO LETIVO 2008

Setembro

- Dia 1 - Apresentação do projeto para os alunos da oitava série Centro de Convivência do Colégio.
- Dia 8 - No poliesportivo do Colégio foram feitas as filmagens dos vídeos escolhidos para serem trabalhados.

Outubro

- Dia 15 - Aula no laboratório de informática, funcionamento do programa *Tracker* e análise do vídeo de uma esfera que se desloca com velocidade constante num trilho horizontal.
- Dias 16 e 17 - Análise dos vídeos pelos alunos.
- Dias 22, 23 e 24 - Continuação da análise dos vídeos e resolução do questionário com questões relativas ao estudo dos movimentos para cada vídeo analisado.
- Dias 28 e 29 - Término da análise dos vídeos.

Novembro

- Dias 26 e 27 - Fechamento do projeto: discussão no grande grupo sobre as características dos movimentos estudados; simulação de alguns dos movimentos analisados através da modelagem; aplicação do questionário sobre a avaliação do projeto.

Figura 4.4: A página inicial do material instrucional é apresentada com informações sobre a proposta didática como o objetivo pretendido, o contexto de sua aplicação e também a agenda das atividades realizadas durante a implementação.

No menu “Tutoriais” encontram-se orientações de como utilizar o programa *Tracker*, desde os passos iniciais até a modelagem do movimento de um objeto. Os tutoriais foram elaborados utilizando-se o programa (livre) *Wink*⁹, disponível na *Web*. Este programa permite capturar telas do aplicativo que se quer ensinar durante sua execução; depois de capturadas, as telas são editadas permitindo a inserção de comentários, figuras, sons e outros recursos. Para finalizar, o arquivo é exportado no formato “.swf” (do inglês *Shockwave Flash File*), o que facilita a sua disponibilização em páginas da *Web*.

⁹ DebugMode Wink. Disponível em: <<http://www.debugmode.com/wink/download.php>>. Acesso em: 4 maio 2010. Um tutorial sobre o uso deste *software* está disponível em: <<http://penta3.ufrgs.br/tutoriais/wink/>>. Acesso em: 4 maio 2010.

Colégio São José
Caxias do Sul

Análise de experimentos de Física
na oitava série: filmagem e
tratamento das imagens digitais

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

IF
Instituto
de Física

| Inicial | Tutoriais | Vídeos | Fotos | Downloads | Contato |

TUTORIAIS	OBSERVAÇÕES
<p>Nos links abaixo são apresentados tutoriais que orientam como utilizar o programa <i>Tracker</i> para fazer a análise das imagens.</p> <p>Tutorial 1 - Como abrir um arquivo de vídeo e determinar os quadros inicial e final e a quantidade de quadros a serem suprimidos.</p> <p>Tutorial 2 - Como utilizar os recursos: ampliação da imagem (<i>zoom</i>), fita métrica e eixos de coordenadas.</p> <p>Tutorial 3 - Como marcar as sucessivas posições do objeto em estudo e visualizar os painéis gráficos.</p> <p>Tutorial 4 - Como usar o Modelo analítico de movimentos. Exemplo: modelagem do movimento de uma bola de basquete na direção horizontal (x). (Filme apresentado na Figura 1 do link Vídeos.)</p> <p>Tutorial 5 - Como usar o Modelo analítico de movimentos. Exemplo: modelagem do movimento de uma bola de basquete na direção vertical (y). (Filme apresentado na Figura 1 do link Vídeos.)</p>	<p>Os tutoriais desta página foram produzidos com o programa <i>Wink (live)</i>, referido no link Downloads desta página.</p> <p>É um programa de fácil utilização e que possibilita a criação de tutoriais animados, geralmente empregado para ensinar como utilizar determinado programa de computador.</p> <p>Seu funcionamento está baseado na captura de telas na medida em que o programa em estudo vai sendo executado. Basta clicar na tecla "Pause" do teclado para que a tela seja capturada.</p> <p>Finalizada a captura das telas desejadas, pode-se editar as telas capturadas adicionando-se, por exemplo, textos, setas de avanço ou retrocesso, figuras e outros elementos disponíveis.</p> <p>O programa exporta o resultado final em um arquivo no formato <i>Flash</i>, que pode ser visualizado no navegador de internet, desde que tenha sido instalado o plugin Adobe Flash Player</p>

Figura 4.5: É apresentada a página do menu “Tutoriais”, onde estão disponíveis as aulas desenvolvidas para ensinar a utilização do *software Tracker*.

No menu “Downloads” foram disponibilizadas informações sobre os programas utilizados e os *links* que remetem aos locais onde eles podem ser acessados. Na coluna da direita da Figura 4.6, encontram-se endereços de sítios de revistas científicas, editadas em português, e outros com assuntos relacionados à Física e à proposta. Todos os programas utilizados na execução dessa proposta são gratuitos.

Colégio São José
Caxias do Sul

Análise de experimentos de Física
na oitava série: filmagem e
tratamento das imagens digitais

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

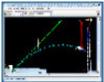
Instituto
de Física

| Inicial | Tutoriais | Vídeos | Fotos | Downloads | Contato |

DOWNLOADS

SÍTIOS/PÁGINAS

Abaixo são apresentados os *links* para acessar os programas utilizados nesta atividade.

 [Tracker](#) - Programa de análise de imagens.
Importante: Para executar o programa *Tracker* é necessário antes instalar os programas *Java* e *Quick Time*.

 [Java](#) - Programa necessário para executar aplicativos desenvolvidos nesta tecnologia.

 [Quick Time](#) - Ferramenta multimídia

 [Wink](#) - Programa para elaboração de tutoriais. Criação de tutoriais a partir da captura de telas do computador. Exporta para o formato ".swf" (do inglês *Shockwave Flash File*). Os tutoriais elaborados neste projeto foram criados com esse programa.

 [VirtualDub](#) - Programa para a edição de vídeo. Permite editar vídeos, colocar legendas, adicionar efeitos e outras funções.

[SBF](#) - Sociedade Brasileira de Física.

[Revista Brasileira de Ensino de Física](#) - Publicação voltada para a melhoria do ensino de Física, editada pela SBF.

[Caderno Brasileiro de Ensino de Física](#) - É um periódico quadrimestral, voltado prioritariamente para o professor de Física da escola secundária, editado pela UFSC

[Projeto SAM - USP](#) - Sistema Digital para Análise de Movimentos.

[Astronomia e Astrofísica](#) - Página com simulações e muitos artigos interessantes.

[Wink - CINTED](#) - *Link* do site do CINTED (Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, da UFRGS), que direciona para a página de um tutorial com orientações para o uso do programa Wink.

Figura 4.6: É apresentada a página do menu “Downloads”, onde estão disponíveis, entre outros, *links* para as páginas dos programas utilizados e para algumas revistas científicas brasileiras.

Um álbum com imagens dos alunos obtidas no laboratório de informática da Escola, durante a implementação da proposta, também está disponível nessa página no menu “Fotos”.



Figura 4.7: É apresentada a página do menu “Fotos”, onde foram postadas imagens dos alunos obtidas no laboratório de informática da Escola durante a implementação da proposta.

Os vídeos produzidos pelos alunos estão disponíveis na página da proposta no menu “Vídeos”. Esses podem ser acessados, ou ser feito o seu *download*, bastando para isso clicar sobre as imagens. No mesmo menu, no pé da página, encontram-se as análises dos movimentos reais realizadas pelos alunos. Para visualizar as análises dos vídeos basta clicar sobre os *links* que se encontram no final da página. Depois das análises terem sido carregadas é só clicar na seta de avanço ou retrocesso para visualizar o passo a passo da análise.

Colégio São José
Caxias do Sul



**Análise de experimentos de Física
na oitava série: filmagem e
tratamento das imagens digitais**



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



Instituto
de Física

| [Inicial](#) | [Tutoriais](#) | [Vídeos](#) | [Fotos](#) | [Downloads](#) | [Contato](#) |

VÍDEOS

 <p>Figura 1 Movimento de uma bola de basquete</p>	 <p>Figura 2 Movimento de uma pessoa andando de bicicleta</p>	 <p>Figura 3 Movimento de uma pessoa caminhando devagar</p>
 <p>Figura 4 Movimento de uma pessoa caminhando rapidamente</p>	 <p>Figura 5 Movimento de uma bola de futebol em um chute forte.</p>	 <p>Figura 6 Movimento de uma bola de futebol em um chute fraco</p>
 <p>Figura 7 Movimento de uma pessoa correndo</p>	 <p>Figura 8 Movimento de uma pessoa andando de patinete</p>	 <p>Figura 9 Movimento de uma pessoa andando de skate devagar</p>
 <p>Figura 10 Movimento de uma pessoa andando de skate rapidamente</p>	 <p>Figura 11 Movimento de uma bola de vôlei após um saque</p>	

Clique nos *links* abaixo para visualizar as análises dos vídeos feitas pelos alunos.

Basquete	Bicicleta	Caminhada	Corrida
Chute forte	Chute fraco	Patinete	Skate

Figura 4.8: É apresentada a página do menu “Vídeos”, onde estão disponíveis os vídeos dos movimentos e as respectivas análises realizadas pelos alunos com o programa *Tracker*.

No próximo capítulo serão relatados aspectos relacionados com a efetivação dessa proposta didática.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA

Este capítulo relata as atividades desenvolvidas durante a efetivação da proposta metodológica.

5.2 Relato das atividades desenvolvidas

5.1.1 Aula inicial: apresentação da proposta

No centro de convivência da Escola foi apresentada a proposta pedagógica para os alunos de oitava série e para os professores das disciplinas, que haviam cedido seus horários de aula para que fosse possível fazer essa apresentação em apenas dois encontros. No primeiro encontro estavam presentes as turmas 81 e 83 junto com as professoras de Inglês e Matemática. No segundo encontro estavam presentes as turmas 82, 84 e 85 acompanhadas pelas professoras de Ciências, História e Educação Física.

A apresentação da proposta, foi feita através da projeção de *slides* com a utilização de um projetor multimídia e de um computador móvel, abordou os seguintes tópicos:

- Objetivo da proposta: estudar as características de vários movimentos através da análise das imagens de vídeo com o auxílio do programa *Tracker*;
- Foi discutida com os alunos a importância da análise de vídeos nas atividades esportivas e tecnológicas. Na área esportiva, por exemplo, na ginástica olímpica, onde em caso de dúvida no momento da pontuação os juízes podem assistir e analisar as imagens obtidas durante a apresentação do ginasta. Na área tecnológica, a análise das imagens de carros com bonecos no seu interior colidindo contra paredes de concreto fornece detalhes importantes que auxiliam no desenvolvimento de equipamentos de segurança no trânsito;
- Para exemplificar o uso do programa *Tracker* foi feita a análise do vídeo em que uma esfera é abandonada na parte inclinada de um trilho (Figura 5.1) e após percorrer a parte inclinada se desloca sobre o trecho horizontal. A análise permitiu também mostrar aos alunos as diferenças entre as características existentes no movimento acelerado, na parte inclinada, e no movimento com velocidade uniforme, na parte horizontal do trilho;

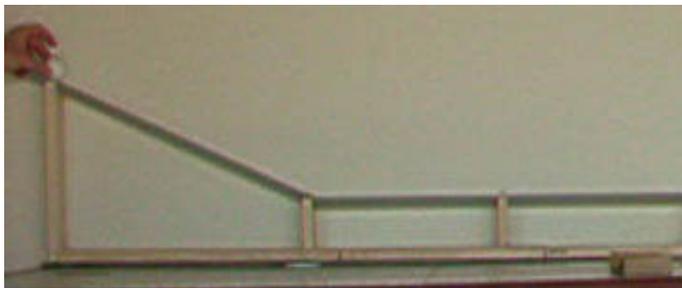


Figura 5.1: Vídeo do movimento de uma bola de bilhar usado para exemplificar o uso do programa *Tracker*.

- Durante a apresentação os alunos foram questionados sobre a ordem de grandeza da velocidade de uma pessoa caminhando ou de uma pessoa correndo. Foi sugerido que eles utilizassem o recurso de análise de imagens para terem uma estimativa desses valores. Foi assinalado que durante a aplicação da proposta essas questões seriam analisadas;
- No final da apresentação foi filmada, com a participação dos alunos, a queda de uma bola de borracha ao solo. Em seguida, o arquivo do vídeo foi transferido para o computador, onde foi aberto com o programa *Tracker*. Os alunos puderam perceber que as imagens da bola em movimento não ficaram muito nítidas, fato esse que propiciou a discussão da questão da luminosidade do ambiente. Para fazer filmagens é sempre interessante utilizar iluminação natural ou luz proveniente de lâmpadas de filamento. Pois a iluminação feita com lâmpadas fluorescentes provoca o aparecimento de borrões devido ao fenômeno de batimento entre a frequência das lâmpadas (60 Hz) e a taxa de captura de imagens da câmera digital (30 quadros por segundo) (Yamamoto; Barbeta, 2001).

5.1.2 Escolha dos movimentos e sua filmagem

Após a apresentação da proposta, coube à professora regente da disciplina de Ciências junto com seus alunos, em sala de aula, a definição dos temas que seriam filmados. Escolhidos os movimentos, ficou estabelecido que a filmagem seria feita na próxima aula em que os alunos das oitavas séries teriam aula no centro poliesportivo, localizado em uma outra sede do Colégio.

A professora regente da disciplina de Ciências solicitou que determinados alunos levassem para a Escola no dia da filmagem, bicicleta, patinete e *skate*; os demais materiais necessários como bolas e cones foram cedidos pela escola.

Os movimentos escolhidos e filmados foram:

- Movimento de uma pessoa caminhando devagar e rápido: filmagem realizada no pátio do ginásio poliesportivo onde foram utilizados dois cones distantes 3m um do outro para fornecer uma medida conhecida na calibragem do programa durante a análise do vídeo;
- Movimento de uma pessoa andando de bicicleta: filmada no pátio do ginásio poliesportivo e utilizando como medida real dois cones com separação de 3 metros. Para produzir um movimento sem aceleração e com velocidade praticamente constante foi solicitado ao ciclista que apenas utilizasse os pedais para aumentar sua velocidade antes de ingressar na região onde seria filmado;
- Movimento de uma bola de basquete sendo arremessada: filmagem realizada na quadra do ginásio poliesportivo, onde foi utilizada como medida real na calibragem das imagens a altura da cesta de basquete que é de 3,05 metros;
- Movimento de uma pessoa correndo: filmagem feita no pátio do ginásio poliesportivo utilizando-se como medida real dois cones com separação de 3 metros;
- Movimento de uma bola de vôlei: filmado na quadra externa do ginásio poliesportivo, onde foi utilizada como medida real a distância entre as duas listras centrais da quadra que é de 3 metros;
- Movimento de uma pessoa andando devagar e rápido com um *skate*: filmado na parte exterior do ginásio poliesportivo e utilizando como medida real a distância de 3 metros entre os cones;
- Movimento de uma pessoa andando de patinete: filmado na parte externa do ginásio poliesportivo, e a medida real foi fornecida pela distância de 3 metros entre os cones;
- Movimento de uma bola de futebol de salão em chutes forte e fraco: filmagem realizada na quadra do ginásio poliesportivo, onde foi utilizada como medida real a distância de 6 metros entre a linha próxima de onde parte o chute e a linha do gol.

5.1.3 Aula inicial no laboratório de informática

Durante a aplicação da proposta os alunos de cada uma das turmas foram reunidos no laboratório de informática, onde trabalharam em duplas e cada grupo ocupou sempre o mesmo computador, de forma que os arquivos foram salvos na pasta da turma que se encontrava na unidade local da estação de trabalho.

No início da aula foi apresentada a página da proposta pedagógica, hospedada no sítio do Colégio (www.saojosecaxias.com.br/pronovo), e foi apresentado como usar os tutoriais e

também onde acessar os programas utilizados. Em seguida, foram discutidos temas relacionados à análise de vídeos com o programa *Tracker*, tais como: os formatos de vídeos aceitos para análise (.avi ou .mov); a escolha da posição da origem do sistema de coordenadas; o uso do recurso “fita métrica” na calibragem da relação entre a medida real e a quantidade de pontos (*pixel*) na tela; a taxa de quadros utilizada na geração dos filmes produzidos por câmeras digitais; as medidas de tempo obtidas utilizando-se a contagem de quadros; a escolha da quantidade de quadros a serem suprimidos para evitar que as marcas sobre o objeto em movimento se sobreponham.

Depois desses esclarecimentos foi feita a demonstração do uso do programa *Tracker*, o vídeo escolhido para análise foi o movimento de uma bola de basquete sendo arremessada. A escolha desse vídeo teve como finalidade demonstrar que o movimento da bola em uma trajetória parabólica pode ser descrito simultaneamente por dois movimentos independentes: um movimento com velocidade constante na direção horizontal (x) e um movimento com velocidade uniformemente variável, ou seja, com aceleração constante, na direção vertical (y).

A análise permitiu mostrar aos alunos que o espaçamento entre as linhas horizontais, que marcam a posição da bola, diminui à medida que a bola sobe, caracterizando um movimento com aceleração contrária à velocidade (Figura 5.2). Também foi possível verificar que o espaçamento entre as linhas verticais se mantém praticamente uniforme o que caracteriza um movimento com velocidade constante (Figura 5.3).

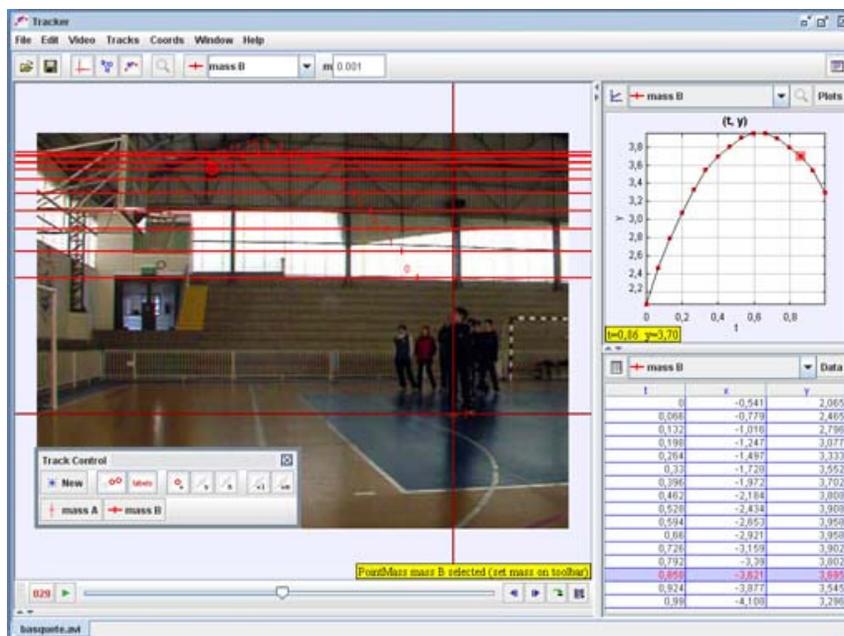


Figura 5.2: Análise do movimento de uma bola de basquete na direção vertical (y), onde as linhas horizontais coincidem com as posições da bola.

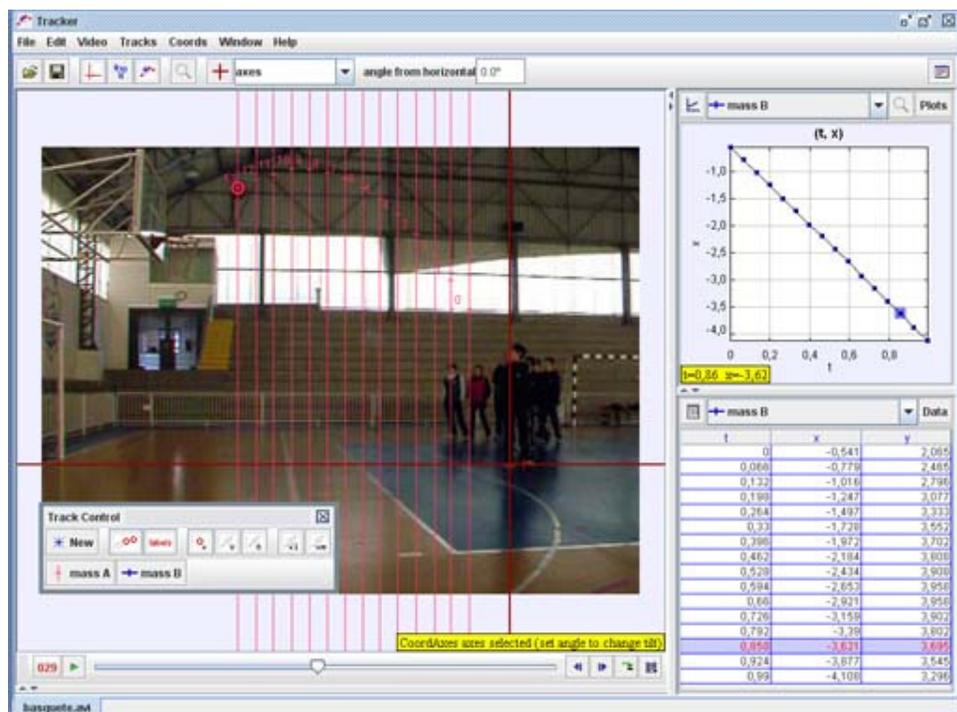


Figura 5.3: Análise do movimento na direção horizontal (x) de uma bola de basquete, onde as linhas verticais coincidem com as posições da bola.

Outro aspecto importante foi relacionar o tipo de movimento nas duas direções perpendiculares, x e y, com seu correspondente gráfico da posição em função do tempo. No caso do movimento uniforme pôde-se observar uma reta, enquanto que no movimento uniformemente variado, o gráfico gerado pelo programa foi uma parábola.

Serão descritas, a seguir, as atividades desenvolvidas pelos alunos no laboratório de informática em cada uma das etapas.

5.1.4 Segunda aula no laboratório de informática

Ao iniciar a aula foram dadas as seguintes instruções:

- Os alunos teriam que analisar no mínimo nove vídeos entre onze disponíveis na pasta da proposta na estação de trabalho;
- Para cada movimento analisado, deveria ser criada uma apresentação de *slides* contendo a figura representativa do movimento, com as marcas das sucessivas posições do objeto, as tabelas e os gráficos gerados pelo *Tracker*. Os arquivos deveriam ser salvos na pasta da proposta;
- Nos movimentos do arremesso da bola de basquete e do saque da bola de vôlei a análise deveria mostrar as coordenadas x e y das posições, as componentes da velocidade nas

duas direções e o tempo. Gráficos da posição em função do tempo nas duas direções também deveriam estar presentes nos *slides*;

- Para os demais movimentos, a análise seria feita segundo a direção x e deveriam estar presentes nas tabelas: o tempo, a posição e a velocidade. O gráfico da posição em função do tempo também era exigido.

Na figura abaixo, apresenta-se o exemplo do movimento de um patinete. É mostrada a captura de tela, que mostra a imagem trabalhada com o programa *Tracker* e a respectiva análise feita por uma dupla de alunos.

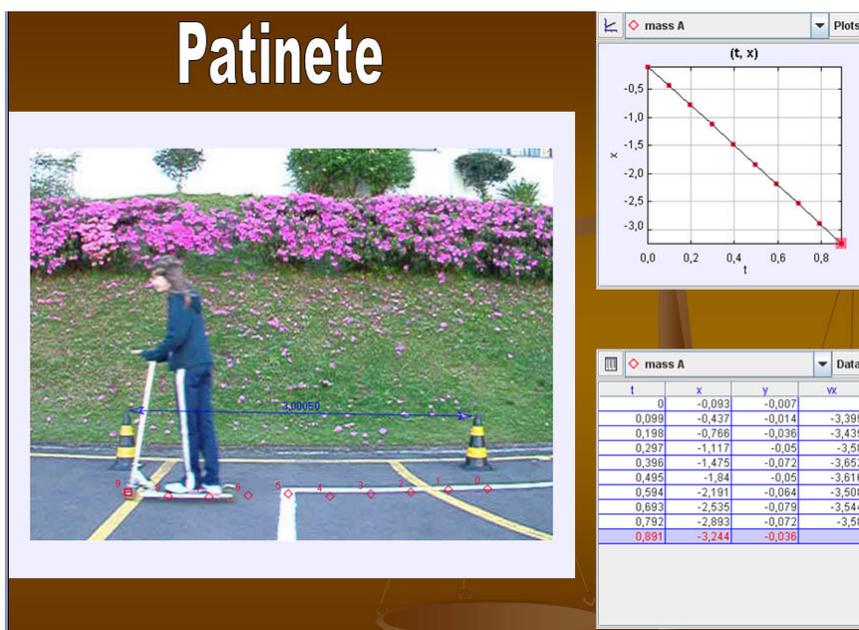


Figura 5.4: Captura de tela apresentando a imagem trabalhada com o programa *Tracker* com a respectiva análise feita por uma dupla de alunos.

Após as instruções, os alunos começaram a análise dos vídeos. Durante a execução do programa *Tracker*, alguns problemas a ele associados puderam ser percebidos. Por exemplo, quando muitos arquivos eram abertos simultaneamente ocorria o travamento do programa. A solução encontrada para corrigir esse problema era reiniciá-lo. Em outras ocasiões, o problema apresentado era a não disponibilização da opção “Copiar” as janelas para a área de transferência, para que pudessem ser usadas em uma apresentação de *slides*, a ser utilizada na discussão dos resultados obtidos na turma como um todo. A alternativa encontrada foi capturar a imagem da tela do *Tracker* utilizando a tecla *PrintScreen* (do teclado) e editar a imagem usando, p. ex., o aplicativo *Paint*, recortando a parte desejada, para depois inserir no *slide*.

Durante a aplicação da proposta, verificou-se que novas versões do programa *Tracker* foram sendo disponibilizadas pelos seus desenvolvedores, nas quais havia sido corrigida grande parte dos problemas apresentados.

Os tutoriais sobre a utilização do programa *Tracker*, desenvolvidos e disponibilizados na página da proposta, possibilitaram aos alunos rever detalhes sobre os quais ainda tinham dúvidas. Quando a dúvida sobre determinado assunto era comum a mais do que um grupo, o professor apresentava a explicação para todos, usando para tal o projetor multimídia.

No transcorrer da análise dos vídeos foi observado que parte dos alunos apresentava dificuldades na escolha sobre onde assinalar sobre o objeto as marcas de suas posições. No vídeo do aluno correndo, por exemplo, alguns grupos escolheram o pé do corredor como local para marcar as sucessivas posições. Essa escolha gerou um movimento muito complexo desviando o foco da proposta inicial, que era determinar o tipo de movimento e a velocidade do aluno que corria. Esses grupos foram aconselhados a escolher outro ponto do corpo do corredor para marcar as posições, tal como a sua cintura.

Ao final da aula, sempre era recomendado aos alunos que não se esquecessem de salvar os arquivos no computador para que pudessem ser recuperados na aula seguinte.

5.1.5 Terceira, quarta e quinta aula no laboratório de informática

Os alunos continuaram analisando os vídeos dos movimentos e salvando as informações das análises nas estações de trabalho. Com o intuito de diminuir a dispersão na análise a ser feita e chamar a atenção dos alunos para determinados aspectos do conteúdo visto em sala de aula, a professora de Ciências elaborou e distribuiu para os alunos uma lista de perguntas sobre os temas. Na apresentação dos *slides*, para cada um dos movimentos analisados, os alunos deveriam comentar as suas reflexões sobre os questionamentos sugeridos.

A seguir, apresentam-se as questões indicadas para reflexão:

- Classifique os movimentos em relação à velocidade do objeto nas direções predominantes de cada movimento (uniforme, variado ou uniformemente variado).
- Classifique os movimentos em relação a sua trajetória (reta, parábola, curva, etc.)
- Classifique o movimento em relação à aceleração se esta existir¹⁰ (acelerado, retardado).

¹⁰ A afirmação "... aceleração se esta existir" quer dizer "... aceleração se esta for não nula".

- Classifique o movimento quanto a sua direção (progressivo, retrógrado)¹¹.
- Calcule a velocidade média do objeto.
- Calcule a aceleração do objeto para um intervalo de tempo qualquer.
- Comente o gráfico do objeto em movimento.

5.1.6 Sexta e sétima aula no laboratório de informática

Estas duas aulas foram destinadas para o término da atividade de análise dos vídeos.

Os alunos, ao terminarem a atividade de análise dos vídeos, deveriam apresentá-la ao professor para que seu trabalho fosse avaliado. Em alguns casos, a análise teve que ser refeita.

Os erros mais comuns observados foram: a falta de algumas das grandezas na tabela de dados, principalmente quando a análise envolvia movimentos em duas dimensões; ausência de algum tipo de gráfico; a não calibragem do programa através da utilização da ferramenta “fita métrica”, o que resultava em valores discrepantes para as grandezas apresentadas na tabela.

Com relação às perguntas do questionário, a maior dificuldade encontrada por eles foi o cálculo da aceleração e como explicar o gráfico do movimento quando esse não era uma reta.

A professora de Ciências pediu que uma cópia da análise de cada um dos movimentos fosse impressa para que a mesma fosse anexada ao caderno dos alunos.

5.1.7 Oitava e nona aula no laboratório de informática

Devido ao período de provas e apresentações de um projeto interdisciplinar que envolvia todas as turmas de oitava série, a aplicação da proposta sofreu uma interrupção e só teve continuidade duas semanas depois.

No reinício das atividades, em dois períodos de aula com cada uma das turmas, o professor apresentou e promoveu uma discussão, com o auxílio do projetor multimídia, de algumas das análises dos vídeos feitas pelos alunos. Os alunos tiveram uma participação bem ativa o que demonstrou seu interesse nas atividades propostas e realizadas. No final, foram discutidas as reflexões apresentadas pelos alunos sobre os questionamentos sugeridos para a análise de cada um dos movimentos.

¹¹ A afirmação "... quanto a sua direção (progressivo, retrógrado)" quer dizer "... quanto ao seu sentido ser tal que se dê no sentido escolhido como positivo ou no sentido (oposto) negativo" relacionando com o sentido da velocidade.

Em um segundo momento, foi mostrada aos alunos a possibilidade de modelar o movimento de um objeto através de uma equação matemática descrevendo sua posição em função do tempo. A partir da análise do vídeo do movimento de uma pessoa andando de bicicleta e da velocidade média calculada com os dados da tabela foi possível mostrar, com o auxílio da ferramenta “Construção de modelos” (do *Tracker*), que a equação horária obtida conseguia reproduzir, com boa precisão, o movimento do ciclista. Na figura abaixo, podemos ver que as marcas vermelhas geradas pela modelagem e as pretas, marcadas na análise do vídeo, encontram-se em posições muito próximas.

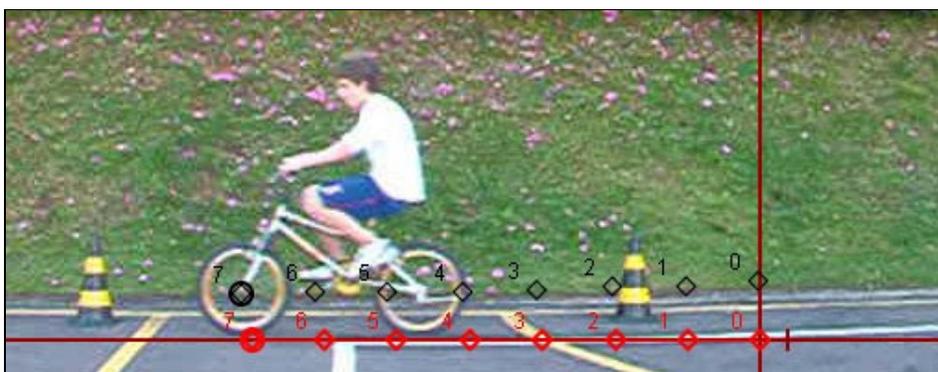


Figura 5.5: Imagem que mostra as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma pessoa andando de bicicleta. Também são apresentadas, para os mesmos instantes de tempo, as posições geradas com a modelagem do programa *Tracker*.

A origem do sistema de coordenadas foi posicionada sobre a primeira posição do movimento do ciclista marcada na análise (Figura 5.5). Com isto a modelagem elaborada com a equação do programa fica facilitada, pois a posição inicial fica zerada. Também foi mostrado aos alunos que a alteração do sinal da velocidade na equação faz com que as marcas das posições geradas pelo modelo se desloquem no sentido contrário ao do movimento da bicicleta.

Por solicitação da professora de Ciências, foi analisado ainda o movimento do arremesso de uma bola de basquete com a finalidade de demonstrar que um movimento bidimensional pode ser estudado como dois movimentos em duas direções ortogonais, horizontal e vertical (x e y , respectivamente). Deste modo, o movimento pode ser caracterizado por funções matemáticas em cada uma dessas direções. Na exposição do professor sobre a análise desse movimento foi enfatizado que era evidente que as posições ocupadas pela bola na direção x eram compatíveis com aquelas de um movimento com velocidade constante. Em seguida, com o recurso “Construção de modelos” do *Tracker* foi obtida a expressão que descreve matematicamente o movimento na direção horizontal. Para

isso foi utilizado o valor da velocidade média da bola, disponível na tabela do programa. O modelo gerou uma seqüência de marcas, em azul, como pode ser visto na Figura 5.6.

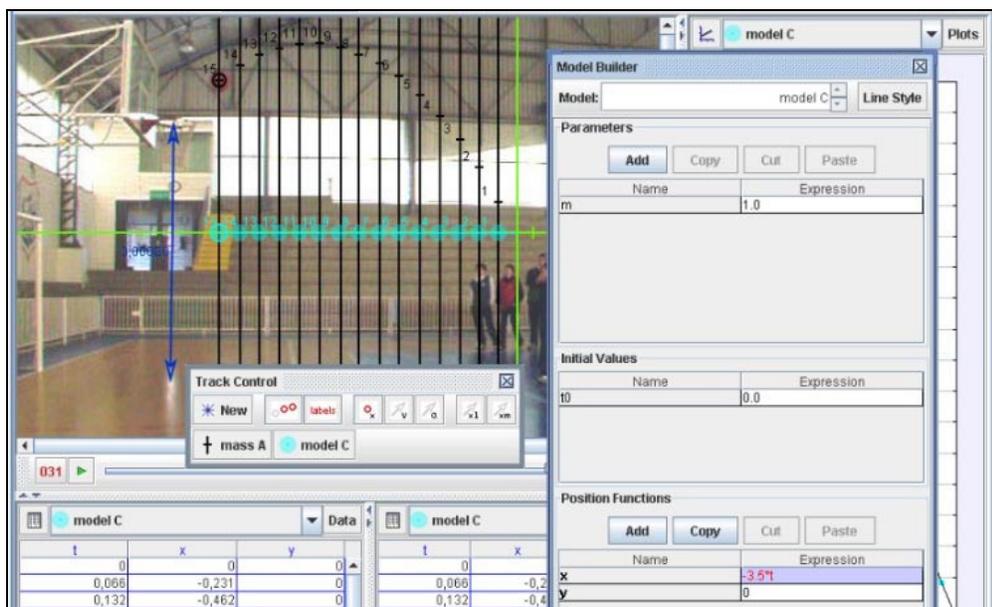


Figura 5.6: Captura de tela que mostra a trajetória e as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma bola de basquete na direção horizontal. Também é apresentado, na parte inferior da figura, o resultado da modelagem com o programa *Tracker*.

Após a modelagem na direção horizontal, foi feita a análise do movimento na direção vertical (y), destacando-se que a velocidade da bola diminui gradualmente até o ponto mais alto da sua trajetória onde ela se anula e, a partir dessa posição, sua velocidade aumenta à medida que a bola cai. Esse fato fica evidenciado analisando-se o espaçamento das linhas horizontais marcadas sobre as posições da bola, em iguais intervalos de tempo, assinaladas na análise do movimento (Figura 5.7).

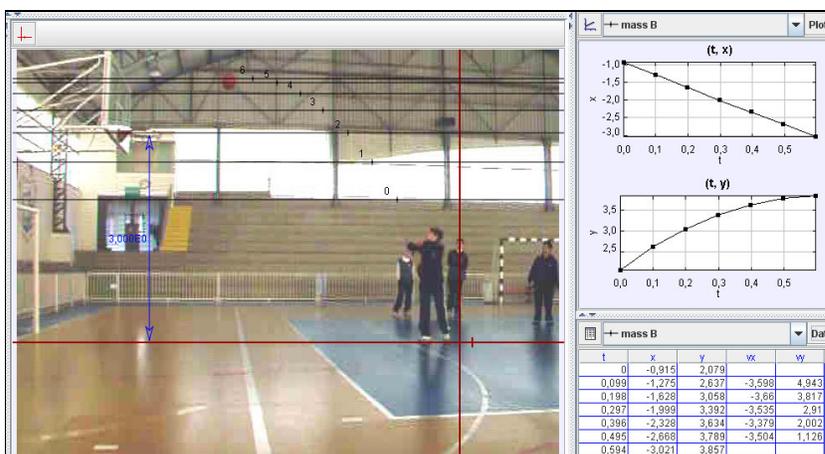


Figura 5.7: Captura de tela que mostra a trajetória e as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma bola de basquete na direção vertical.

Na Figura 5.8 podem ser vistas as marcas da análise do vídeo sem a presença da imagem de fundo, esse recurso do programa facilita a visualização das mesmas.

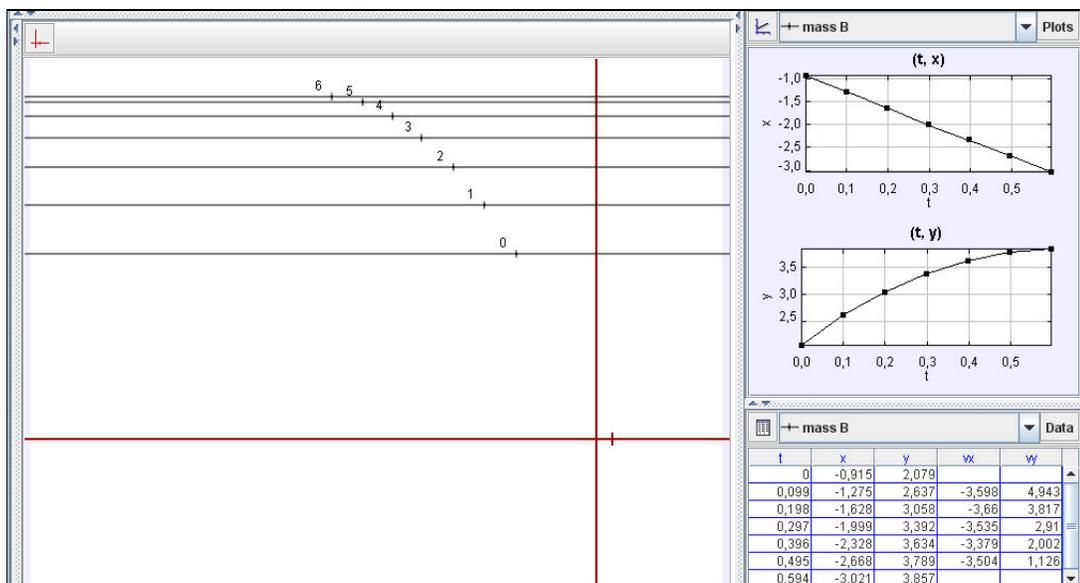


Figura 5.8: Captura de tela que mostra a trajetória e as posições reais, em iguais intervalos de tempo, do movimento de uma bola de basquete na direção vertical, sem a imagem de fundo.

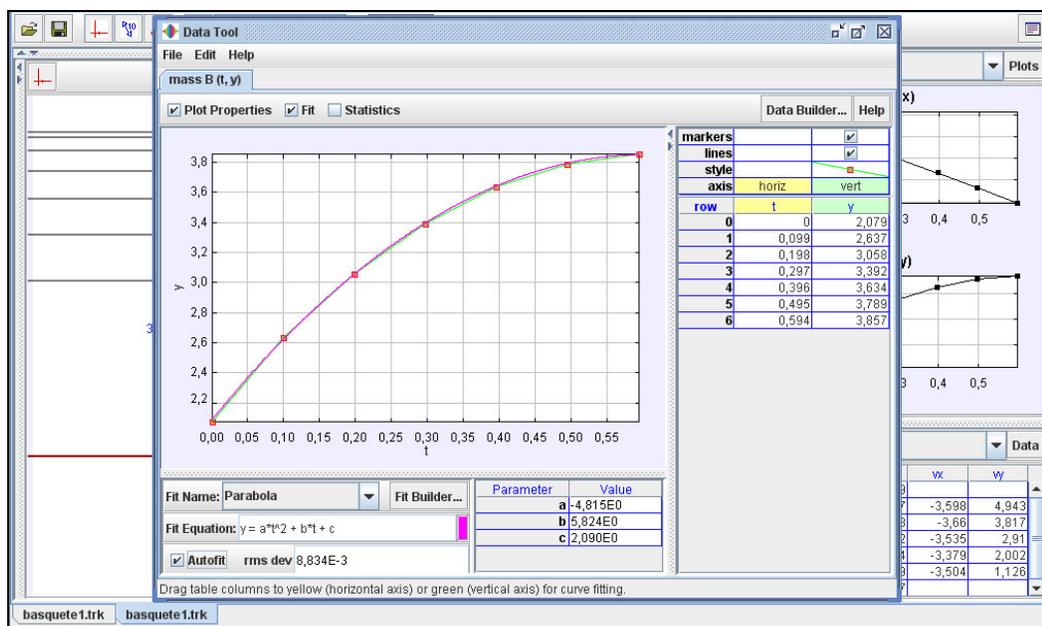


Figura 5.9: Captura de tela que mostra os parâmetros da curva parabólica que melhor se ajusta aos pontos marcados durante a análise do movimento da bola de basquete na direção vertical (y).

Para a modelagem da equação que descreve o movimento da bola na direção vertical foi utilizada a ferramenta de ajuste de curvas. Para tal, deve-se clicar no gráfico, com o botão direito do mouse, e escolher a opção “Analisar”. Abre-se uma janela “Ferramenta de dados”

(*Data tools*), marcar “Ajuste de curvas” (*Curve fit*) e escolher o tipo de curva para o ajuste. O programa, então, dá como resposta os valores dos parâmetros da equação que melhor se ajusta aos pontos assinalados na análise (ver Figura 5.9). Os alunos desconheciam o procedimento de ajuste de dados através de uma equação. Foi comentado com eles que existem muitos programas que fazem ajuste de curvas ou dados com grande precisão. Embora não se pretenda que alunos desta faixa etária tenham o grau de abstração envolvido em uma atividade de ajuste de curvas, serviu como um primeiro contato com esse procedimento de análise gráfica. Esse procedimento pode vir a propiciar a aquisição de competências e habilidades na interpretação e utilização de diferentes formas de representação, como tabelas e gráficos, como preconizado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (PCNEF).

Os parâmetros encontrados pelo programa *Tracker*, no ajuste dos dados, foram introduzidos no recurso “Construção de modelos”, que gerou uma curva parabólica para a posição vertical (y) como função do tempo. Isto pode ser visto nas Figuras 5.10 e 5.11.



Figura 5.10: Captura de tela que mostra o recurso “Construção de modelos” do programa *Tracker* e as equações temporais do movimento nas direções horizontal (x) e vertical (y).

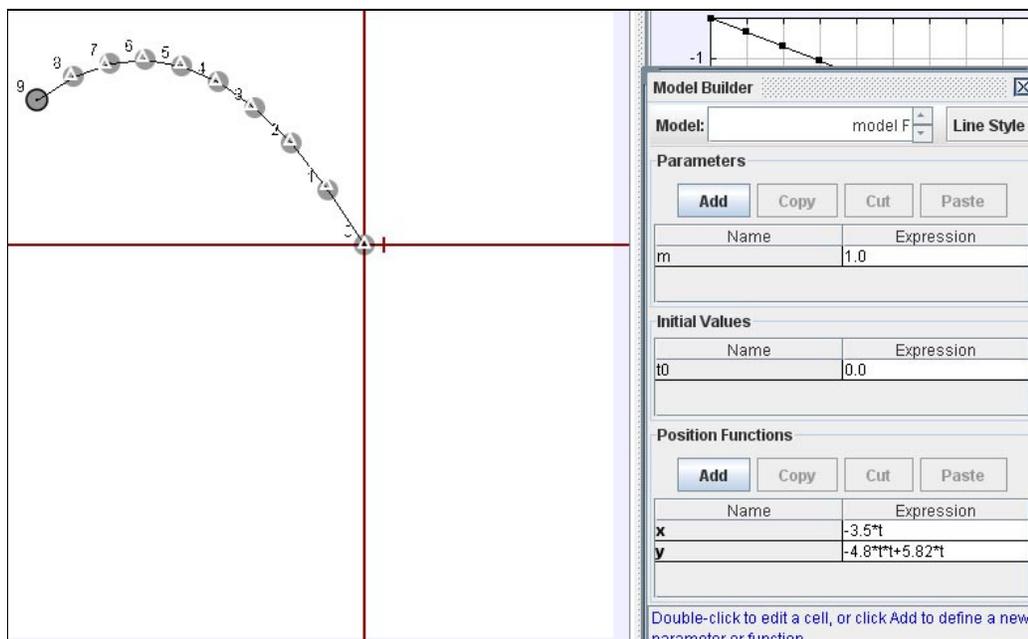


Figura 5.11: Captura de tela, sem a imagem de fundo, que mostra o recurso “Construção de modelos” do programa *Tracker* e as equações temporais do movimento nas direções horizontal (x) e vertical (y).

Nas Figuras 5.10 e 5.11, pode-se observar que a modelagem produziu marcas brancas de forma triangular, que se sobrepuseram aos círculos cinza marcados durante a análise do movimento. Isto demonstra que o ajuste dos dados apresentou um resultado bastante bom.

Também foi comentado com os alunos que o parâmetro que aparece multiplicando o tempo elevado ao quadrado (t^2) corresponderia à metade do valor da aceleração da gravidade. Esse fato permitiu estimar o valor para a aceleração da gravidade através da análise desse movimento. O valor obtido, $g = 2 \cdot 4,8 \text{ m/s}^2 = 9,6 \text{ m/s}^2$, é razoável comparado com o valor esperado de $9,8 \text{ m/s}^2$.

A avaliação da proposta foi realizada no final dessa aula através de um questionário de opinião contendo perguntas relativas à sua aplicação. O resultado desta avaliação será discutido no próximo capítulo.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Ao final da aplicação da proposta foi entregue aos alunos um questionário com o objetivo de avaliar as atividades desenvolvidas e também verificar o que eles pensam sobre temas relacionados aos ensinados em Física na disciplina de Ciências. É importante ressaltar que a avaliação da proposta aconteceu no final do terceiro trimestre, dias depois da última avaliação da disciplina de Ciências. Neste cenário foi possível perceber que certos alunos se sentiam desanimados com as notas obtidas e com a possibilidade de ter de fazer a recuperação final nessa disciplina.

Acredita-se que esse momento vivido por alguns deles se refletiu em suas respostas apresentadas ao questionário de avaliação da proposta didática, que suscitou uma reflexão sobre a forma como são inseridos conteúdos de Física na oitava série das escolas.

O questionário de avaliação aplicado ao término da proposta é apresentado no Apêndice A.

A seguir, serão analisados os resultados apresentados a partir das respostas dos 135 alunos das cinco turmas de oitava série onde se deu a aplicação da proposta didática.

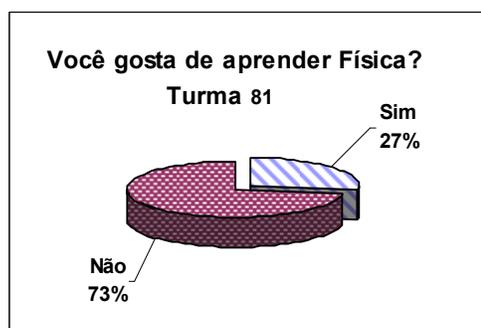
1. Você gosta de aprender Física?

a) Sim.

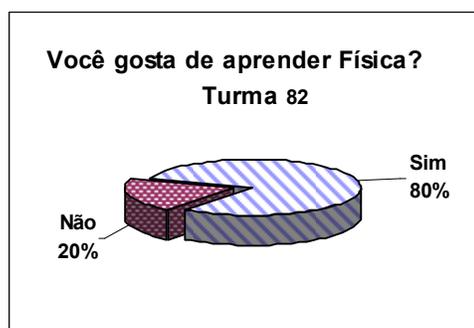
b) Não.

Justifique sua resposta.

O resultado apresentado em cada uma das turmas para essa pergunta pode ser visto na Figura 6.1, nos gráficos (a) a (e). O resultado global de todos os 135 alunos é apresentado na Figura 6.1 (f).



(a)



(b)

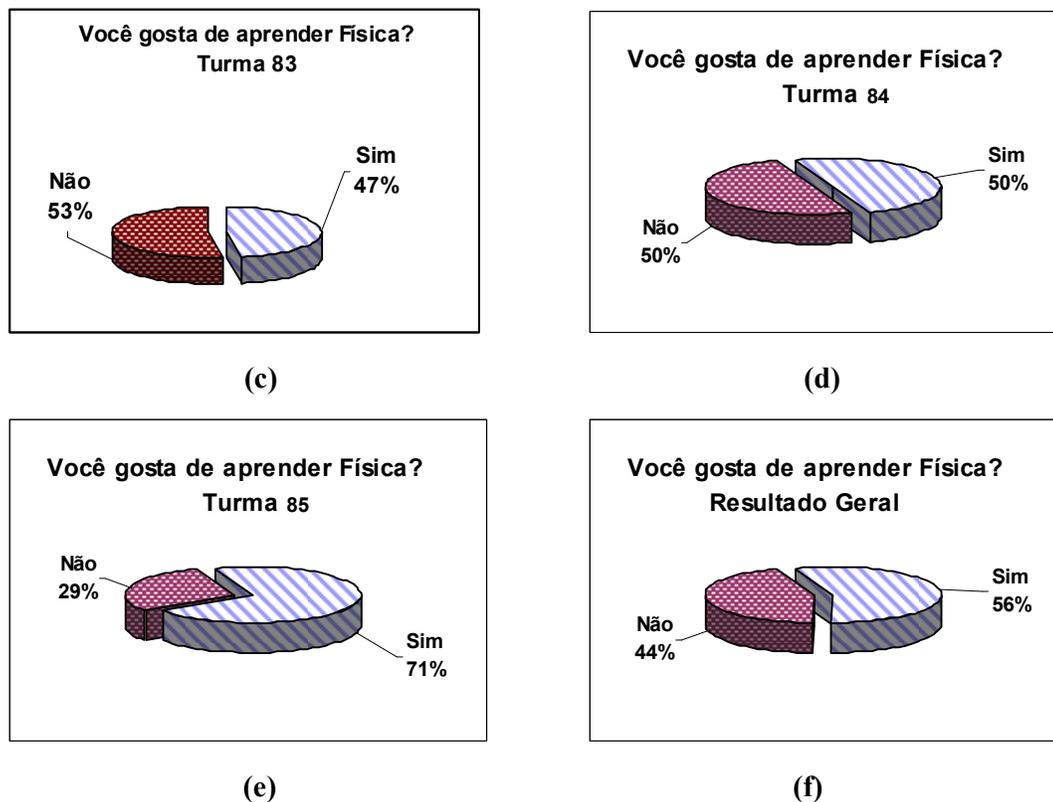


Figura 6.1: Resultados apresentados para a questão 1 pelos alunos das turmas 81 a 85, (a) a (e), respectivamente. O resultado global de todos os 135 alunos é apresentado no último gráfico (em (f)).

A análise dos resultados mostrou que as turmas 82 e 85 tiveram um percentual maior de alunos que disseram gostar de aprender Física. Segundo relatos da professora regente da disciplina de Ciências, essas mesmas turmas foram as que apresentaram um melhor rendimento em termos de nota durante o ano letivo. Não se pode negar que o desempenho do aluno em uma disciplina influencia o gostar ou não da mesma e vice-versa.

Foi solicitado aos alunos que justificassem sua resposta a essa questão. Entre aqueles que responderam Sim, algumas das justificativas são apresentadas abaixo na sua própria grafia.

Turma 81

Porque ajuda na compreensão sobre o porquê as coisas acontecem. (Aluno 18)

É necessário. (Aluno 19)

Gosto de saber, mas não decorar. (Aluno 21)

Gosto de estudar Física pois ela está em toda parte. (Aluno 22)

Turma 82

Pois a Física cria teorias e as tentam comprovar. (Aluno 2)

Pois é importante para o nosso cotidiano prático. (Aluno 3)

A Física Explica muitas coisas, além ter experiências legais. (Aluno 5)

Pois é muito importante para nos ajudar a entender o que acontece. (Aluno 9)

Eu gosto de estudar mas é difícil. (Aluno 19)

Sim desde que seja de forma diferenciada e não apenas em sala de aula. (Aluno 22)

Turma 83

Pois gosto de matemática e a Física é quase igual. Também para aprender sobre movimentos e suas respectivas velocidades. (Aluno 2)

Sim pois tudo é Física e eu gosto de ver como a Física está presente no nosso dia-a-dia. (Aluno 3)

Eu diria que sim, por ser interessante, mas é uma matéria muito complexa e difícil, isso acaba a tornando uma matéria chata. (Aluno 4)

Turma 84

Gosto mais de aprender física do que química pois a física é mais lógica e provavelmente irei usa-la mais em meu trabalho. (Aluno 3)

Gosto porque envolve matemática e na maioria das vezes entendo a matéria. (Aluno 4)

Sim porque a física para mim vai influenciar para o meu futuro e pode garantir minha carreira profissional. (Aluno 6)

Eu gosto! Acho muito interessante estudar os movimentos, ainda mais quando estudamos não somente na teoria mas na prática também acho que deveria ser sempre assim. (Aluno 8)

É importante para o meu futuro. (Aluno 10)

Turma 85

Porque acho uma matéria interessante, embora um pouco complexa. (Aluno 8)

Gosto de matemática então gosto de física também. (Aluno 10)

Gosto, pois a física é capaz de descrever a natureza com precisão através de cálculos matemáticos. (Aluno 16)

Pois eu posso aprender coisas novas e para ter algum futuro sempre é bom aprender mais. (Aluno 23)

Sim pois mostra mais o mundo que nos cerca. (aluno 26)

Abaixo, algumas das justificativas dos alunos que responderam Não gostar de aprender Física, apresentadas na sua própria grafia:

Turma 81

Pois eu acho uma matéria muito complicada. (Aluno 1)

Porque é difícil e chata. (Aluno 5)

Para mim é uma matéria muito complicada, complexa, que tenho dificuldade em aprender. (Aluno 7)

Porque tem muita matemática envolvida. (Aluno 12)

Não é um conteúdo que me agrada porem acredito que seja um estudo importante e útil. (Aluno 13)

Acho muito difícil. (Aluno 25)

Turma 82

Porque a física é a matemática em movimento eu não gosto de matemática só de movimento. (Aluno 15)

Pois não é o caminho que quero seguir. (Aluno 22)

Não gosto porque não entendo nada. (Aluno 26)

Turma 83

Pois é muito cansativa não é clara. (Aluno 1)

Pois a física envolve muitos cálculos e raciocínio. (Aluno 8)

Muito complexa. (Aluno 9)

Pois não tenho um bom rendimento em cálculos matemáticos. (Aluno 14)

Pois não gosto de matemática, cálculos. (Aluno 18)

Turma 84

Pois é chata. (Aluno 13)

Não gosto pois tenho dificuldade de entender e na realidade ainda não vejo uma razão muito relevante para saber isso, mas sei que é necessário, então me esforço para entender. (Aluno 16)

É monótona. (Aluno 17)

Porque acho complicada, mas no fundo parece ser uma tanto interessante. (Aluno 18)

Não pois além de ter dificuldade a introdução da física foi chata. (Aluno 21)

Turma 85

A física é importante, mas é complicada, foi difícil entender no início. (Aluno 1)

Pois a Física é muito complicada e é difícil entender tudo. (Aluno 3)

Pois não gosto de matemática então consequentemente não gosto de matérias relacionadas a ela. (Aluno 18)

Não porque possui muitos cálculos é muito complicada de entender e todo mundo fica “boiando”. (Aluno 21)

Tenho dificuldade de aprendê-la, mas acho muito interessante. (Aluno 32)

Pode-se perceber, nas justificativas dos alunos, que uma das causas do seu desencanto em relação a essa área de conhecimento, está na dificuldade por eles encontrada na resolução matemática dos problemas e exercícios da disciplina de Ciências. Entre os que gostam de estudar Ciências, em particular a Física, as justificativas mais freqüentes encontradas nas respostas foram: o gosto pela matemática; o fato da Física explicar os fenômenos da natureza; por estar presente no dia-a-dia; por ser interessante.

2. Por que você acha que estudamos Física na escola?

Abaixo, são mostradas (em sua própria grafia) algumas das respostas apresentadas pelos alunos das cinco turmas:

Por causa do Vestibular. (Aluno 10, Turma 81)

Para servir de base na Faculdade. (Aluno 17, Turma 82)

Para usarmos no nosso dia-a-dia. (Aluno 18, Turma 83)

Pois é importante para o futuro, e tudo tem física. (Aluno 26, Turma 84)

Para entender melhor o mundo a nossa volta. (Aluno 16, Turma 85)

Pois a física está em tudo e será muito útil no futuro. (Aluno 32, Turma 85)

A idéia de que a Física será necessária para o “futuro” parece demonstrar que no presente ela ainda não tem muita utilidade e somente no Ensino Médio e na Universidade ela irá adquirir um caráter prático dentro de uma determinada área de estudo. Outros vêem a

disciplina apenas como uma necessidade em médio prazo para poder ingressar em algum curso superior, através do vestibular. Entretanto, para alguns deles a compreensão da necessidade de estudar Física não ficou somente restrita a necessidades futuras, mas como um meio de entender a natureza e relacioná-la com fenômenos do nosso dia-a-dia.

3. Você já conhecia algum programa de análise de imagens semelhante ao programa *Tracker*?

- a) Sim.
- b) Não.

Se sua resposta for Sim, escreva o nome dele na linha abaixo: _____

Nenhum aluno respondeu conhecer programas similares ao utilizado na aplicação dessa proposta, isto demonstra que esse tipo de recurso ainda é desconhecido para eles, podendo permitir que eles venham a adquirir habilidades e competências com o seu manuseio.

4. Qual foi o grau de dificuldade para utilizar o programa?

- a) Muita.
- b) Média.
- c) Pouca.
- d) Nenhuma.

Na Figura 6.2 são apresentadas as respostas a esta pergunta.

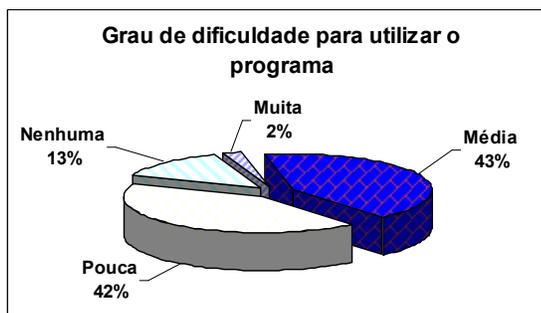


Figura 6.2: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre o grau de dificuldade para utilizar o programa *Tracker*.

5. Durante a análise dos vídeos com o programa (*Tracker*) quais foram as principais dificuldades encontradas?

Nas questões quatro e cinco, o levantamento das informações mostrou que o programa *Tracker* não ofereceu maiores dificuldades quanto ao entendimento e utilização do mesmo. As principais dificuldades por eles elencadas foram: como escolher onde marcar as posições do objeto em movimento; e que os menus do programa estão escritos em inglês. Também

relataram que as dificuldades com relação ao uso do programa se deram apenas no início do estudo nas primeiras atividades, pois se tratava de um programa desconhecido, mas com o decorrer do tempo as dúvidas iniciais foram dissipadas.

6. A utilização do programa *Tracker* de análise de imagens contribuiu para o seu melhor entendimento dos conceitos de movimento?

- a) Sim, contribuiu muito.
- b) Auxiliou um pouco para o entendimento dos movimentos.
- c) Não ajudou para que eu compreendesse os conceitos.

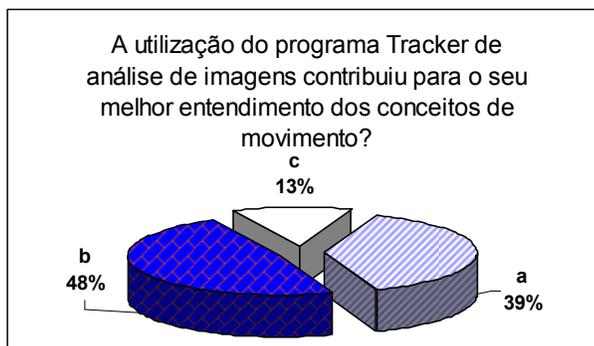


Figura 6.3: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre a contribuição do programa de análise de imagens, *Tracker*, para o entendimento dos movimentos.

Como movimentos bidimensionais, por exemplo, com uma trajetória parabólica, não são comumente estudados por alunos da oitava série, houve necessidade de introduzir novos conceitos para explicar a possibilidade de estudar esse movimento como dois movimentos separados, em direções perpendiculares entre si. A introdução desses novos conceitos gerou dúvidas não só com relação à análise do movimento bidimensional, mas também com os gráficos obtidos, esse fato deve também ter contribuído para que alguns alunos tivessem optado em responder a alternativa **(b)**. Observando os percentuais acima se pode concluir que de alguma forma o programa *Tracker* contribuiu para o entendimento do estudo dos movimentos.

7. Com a realização das atividades e o uso do programa para análise dos vídeos você conseguiu identificar os diferentes tipos de movimento?

- a) Sim, foi fácil a identificação dos diferentes tipos de movimento.
- b) Auxiliou parcialmente na identificação dos diferentes tipos de movimento.
- c) Não conseguiu realizar a identificação dos diferentes tipos de movimento.

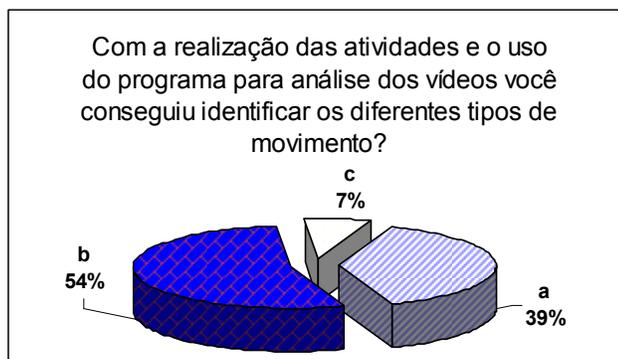


Figura 6.4: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre a contribuição do programa de análise de imagens, *Tracker*, para identificar os diferentes tipos de movimento.

A partir das respostas dos alunos a essa pergunta e da verbalização das dificuldades durante a aplicação da proposta, pôde-se constatar que eles tiveram dificuldades para analisar o movimento bidimensional. Portanto, foi necessário explicar para os alunos, das várias turmas, que o movimento de um objeto que descreve uma trajetória parabólica, como o de um projétil que é lançado em certo ângulo com a horizontal, apresenta um movimento com aceleração contrária à velocidade durante a subida e com aceleração no mesmo sentido, durante a descida. Essa demonstração se fez necessária visto que durante a classificação dos movimentos foi percebido que muitos alunos tinham a tendência de classificar o movimento como se o mesmo fosse ou somente acelerado (aceleração e velocidade no mesmo sentido) ou somente retardado (aceleração e velocidade em sentidos contrários). Através da análise do vídeo em que uma bola de basquete é arremessada foi chamada a atenção deles para o espaçamento entre as marcações da posição do objeto durante a subida e a descida. Na primeira parte do movimento o espaçamento diminuía à medida que a bola subia, caracterizando uma diminuição da velocidade; já na segunda parte, o espaçamento aumentava à medida que a bola descia, caracterizando um acréscimo da velocidade.

8. Conceitos como referencial, posição, velocidade e aceleração puderam ser identificados e compreendidos com a análise dos vídeos?

a) Sim.

b) Não.

Por quê?

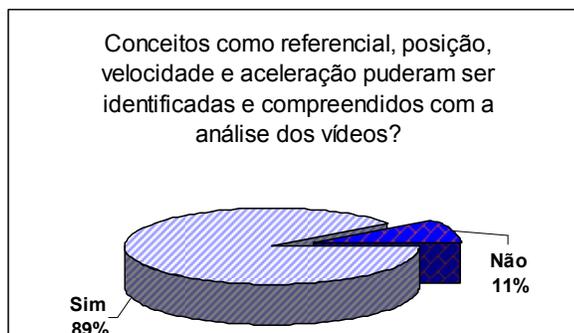


Figura 6.5: O gráfico apresenta as opiniões dos alunos sobre a compreensão e a identificação de conceitos como referencial, posição, velocidade e aceleração a partir da análise dos vídeos.

Os alunos em sua maioria (89%) responderam que o programa auxiliou a explorar e a visualizar muito bem os conceitos como referencial, posição, velocidade e aceleração. Em relação ao referencial, foi mostrado aos alunos que a mudança da origem do mesmo (com respeito ao eixo y) não implicava na mudança do tipo de gráfico, apenas mudava o ponto onde a curva tocava o eixo dos y . Ao analisarem os movimentos, os alunos não tiveram dificuldades em perceber que para movimentos como o do chute da bola, onde a mesma se deslocava no sentido crescente das posições em relação ao referencial (para a direita), o sinal da velocidade era positivo (velocidade orientada para a direita); enquanto em movimentos como o da bicicleta e do *skate*, que se deslocavam para a esquerda, o sinal da velocidade era negativo (velocidade orientada para a esquerda). A existência de uma aceleração, nula ou não, podia ser percebida facilmente pelas distâncias percorridas, em tempos iguais, entre as marcas das posições do objeto em movimento.

Entre as justificativas das respostas de que o programa é um facilitador para a identificação e a compreensão dos conceitos, está o fato que acharam simples de compreender e de perceber, através da interpretação de tabelas e gráficos, pois o programa mostrava tudo de maneira simples.

9. Você acha que a análise dos vídeos, que foram feitos a partir de situações reais, demonstra que a Física está presente no nosso cotidiano?

- a) Sim.
- b) Não.

Todos os alunos, exceto um, responderam que achavam que a análise dos vídeos de situações reais demonstra que a Física faz parte do seu cotidiano.

10. Gostaríamos, agora, que você expressasse sua opinião sobre o trabalho desenvolvido. Que nota, em uma escala de zero a dez, você dá para o conjunto de atividades realizadas nesse estudo dos movimentos onde se fez os filmes e se utilizou o programa *Tracker*?

A média das notas conferidas pelos 135 alunos para a proposta foi de **7,5**.

Para finalizar, foi dado um espaço para que eles se pronunciassem sobre as atividades desenvolvidas nessa proposta.

11. Se você quiser fazer alguma consideração adicional sobre as atividades desenvolvidas no projeto, será muito importante para nós tal manifestação, escreva no espaço abaixo:

Abaixo, são apresentadas algumas das manifestações:

Turma 81

Achei o programa Tracker muito complexo. (Aluno 22)

Os métodos foram práticos e muito bem explicados. (Aluno 24)

Adorei as aulas, elas foram bem útil para que eu entendesse melhor os movimentos e tal. (Aluno 25)

Turma 82

O programa Tracker é muito bom para entendermos velocidade aceleração, mas eu não consegui entender direito os gráficos. (Aluno 13)

O programa é bom pois aprendi quase tudo ali, é bem diferente e melhor do que com o professor explicando. (Aluno 19)

Acho que o projeto foi muito bem feito. (Aluno 20)

Eu gostei muito. (Aluno 21)

O programa é bem interessante e tenho certeza que ajudará outras pessoas a entenderem melhor a matéria dada em sala de aula. (Aluno 23)

Foi mais fácil com o programa ver os movimentos. (Aluno 27)

Turma 83

O Tracker poderia ser em português. (Aluno 2)

Muito bom. (Aluno 3)

Poderia ter mais vezes. (Aluno 19).

Turma 84

Achei tudo, muito bom e uma ótima abordagem para aprendermos de um novo jeito, só acho que os vídeos podem ter uma resolução mais alta para podermos marcar com mais precisão. (Aluno 3)

O projeto foi realmente uma experiência muito interessante para mim, pois se eu aprendesse apenas os conceitos, sem colocar em prática esqueceria logo e sei que precisarei da física na minha vida. O professor Gilberto está de parabéns, explica muito bem e tem muita paciência. (Aluno 7)

Acho que deveria ser incluído mais prática no estudo da física como foi a atividade isso ajuda a entender muito melhor o estudo. (Aluno 8)

Nós deveríamos cortar aulas de ciências e mais informática. É mais legal. (Aluno 22)
Achei bem interessante “ver” a física sem ser em sala de aula, eu gostei bastante. (Aluno 24)

Turma 85

Esse projeto apesar de ser meio complexo nos mostrou diversos exemplos de movimentos e de física presentes em nossa vida. (Aluno 8)

Para facilitar o uso o programa poderia ser em português. (Aluno 13)

Foi muito bom, sério mesmo pois talvez em sala de aula não teria compreendido tanto como aprendi vendo os gráficos. (Aluno 15)

O projeto foi muito legal. (Aluno 19)

O projeto não ajudou em nada. (Aluno 21)

No Capítulo 7 serão apresentadas as considerações finais sobre este trabalho.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Geralmente o primeiro contato dos estudantes com conteúdos de Física se dá na disciplina de Ciências da oitava série, ou 9º ano, do Ensino Fundamental. É comum esses conteúdos serem introduzidos com um enfoque excessivamente matemático, com a justificativa de preparação dos alunos para as disciplinas de Física do Ensino Médio, sem haver a devida preocupação de estimular o gosto por aprender e sem levar os alunos a perceber que conceitos de Física estão presentes no mundo real que os cerca.

Este trabalho propõe inserir conteúdos de Física na disciplina de Ciências de 8ª série, de modo a torná-los atrativos para alunos desta faixa etária. Com esse objetivo e para tornar as aulas mais interessantes e os alunos mais participativos, procurou-se trabalhar com o estudo de situações lúdicas, como os movimentos presentes em atividades esportivas e de lazer do cotidiano desses alunos.

Essa proposta se diferencia das apresentadas em dois trabalhos de dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (Mees, 2004; Andrade, 2005) por ainda utilizar a Cinemática como conteúdo introdutório da disciplina de Física na oitava série, como acontece na grande maioria das escolas, porém com uma abordagem diferenciada. Há concordância com as propostas pedagógicas acima citadas no que tange à idéia de fazê-la de forma conceitual, sem exageros no formalismo matemático, relacionando com eventos do cotidiano do aluno

A aplicação da proposta aconteceu no Colégio São José, de Caxias do Sul, RS, a 135 alunos distribuídos em cinco turmas de oitava série na disciplina de Ciências, durante os meses de setembro a novembro de 2008, em um total de 10 horas-aula em cada uma das turmas. Essa proposta didática fez uso de recursos tecnológicos muito comuns aos alunos, como câmeras fotográficas digitais e computadores.

Os alunos participaram ativamente de todas as etapas do trabalho, desde a sugestão dos temas a serem filmados e analisados, cuja escolha foi feita por eles em sala de aula sob orientação da professora de Ciências e do autor dessa proposta de trabalho. Os movimentos foram filmados pelos alunos, no pátio e no salão esportivo da escola, utilizando uma câmera fotográfica digital e, posteriormente, investigados no laboratório de informática com um programa de análise de imagens.

O planejamento e a execução dessa proposta metodológica foram embasados na teoria sócio-interacionista de Lev Vygotsky. A proposta foi implementada de forma a levar os alunos a uma participação ativa na construção de novos conhecimentos e ao aprimoramento de outros já assimilados. Com o intuito de incentivar a interação social, os alunos trabalharam em duplas, com os professores atuando como mediadores, em um ambiente favorável à interação social e ao trabalho colaborativo. Sempre que necessário, e ao término das atividades, foram promovidas discussões com toda a turma para o compartilhamento das informações obtidas nos experimentos e em suas análises, com a preocupação de estar atuando dentro da zona de desenvolvimento proximal dos alunos.

Acredita-se que os objetivos pretendidos neste trabalho foram atingidos na sua grande maioria. Pode-se citar:

- a motivação, o interesse e a participação ativa dos alunos;
- a consciência do fato de que a Física não se resume apenas a um conjunto de expressões matemáticas;
- a percepção que os resultados encontrados em experimentos reais são sempre discutíveis;
- a compreensão de que na Física utilizamos modelos que descrevem com maior ou menor precisão os movimentos estudados;
- o entendimento que eventos físicos podem ser descritos e representados por tabelas e gráficos;
- a constatação de que situações reais do cotidiano podem ser estudadas experimentalmente e analisadas de forma a serem descritas aproximadamente por equações matemáticas, cujos parâmetros podem ser identificados com grandezas físicas medidas.

Embora as atividades propostas durante as aulas tivessem um cunho lúdico, pôde-se perceber que os alunos as encararam com grande dedicação e seriedade. Os resultados identificados pelo professor na sua efetivação e de acordo com as manifestações dos alunos, tanto verbais, como escritas e expressas no teste avaliativo, permitem inferir que uma abordagem como a proposta aqui pode ser uma boa estratégia para tratar conteúdos de Física de forma introdutória para alunos do Ensino Fundamental.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. T. J. de. *Luz e cores: uma proposta interdisciplinar no ensino fundamental*. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- ARANHA, M. L. A. *Filosofia da educação*. São Paulo: Moderna, 1996.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, abr./ jun. 2003.
- BEICHNER, R. J. The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, New York, v. 27, n. 8. p. 803-815, Nov. 1990.
- _____. Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, Woodbury, v. 62, n. 8, p. 750-762, Aug. 1994.
- _____. The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, Woodbury, v. 64, n. 10, p. 1272-1277, Oct. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros curriculares nacionais, terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução*. Brasília. 1998 (a). Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros curriculares nacionais, terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: ciências naturais*. Brasília. 1998 (b). Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>> Acesso em: 4 jan. 2010.
- 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*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, set. 2003.
- GASPAR, A. *Experiências de ciências para o ensino fundamental*. São Paulo: Ática, 2003.
- MAGALHÃES, M. G. M.; SCHIEL, D.; GUERRINI, I. M.; MAREGA JUNIOR., E. Utilizando tecnologia computacional na análise quantitativa de movimentos: uma atividade para alunos do ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 97-102, jun. 2002.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.
- MEES, A. A. *Astronomia: motivação para o ensino de física na 8ª série*. 2004. 132f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- MIRANDA JUNIOR., M. da R. *Introdução ao uso de informática no ensino de física no ensino médio*. 2005. 79f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

_____. Programa internacional de doctorado en enseñanza de las ciencias. Burgos: Universidade de Burgos, 2006. (Texto de Apoio nº 27).

MOREIRA, M. A.; AXT, R. *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. *Teorias construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999. (Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 10).

NOGUEIRA, J. S.; RINALDI, C.; FERREIRA, J. M.; PAULO, S. R. de. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa, *Revista Brasileira do Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 517-522, dez. 2000.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 215-225, jun. 2001.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de mecânica clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 158-167, jun. 2002.

**APÊNDICE A – LISTA DE QUESTÕES SOBRE OS TEMAS ESTUDADOS EM SALA
DE AULA A SEREM RESPONDIDAS DURANTE A ANÁLISE DOS
VÍDEOS**

QUESTÕES PARA ANÁLISE DOS MOVIMENTOS ¹²

Os movimentos foram filmados e, posteriormente, trabalhados com o programa de análise de imagens *Tracker*. As questões abaixo deverão servir de orientação para a realização de sua análise dos vários movimentos.

Bom trabalho!

1. Classifique os movimentos em relação à velocidade do objeto nas direções predominantes de cada movimento (uniforme, variado ou uniformemente variado).
2. Classifique os movimentos em relação a sua trajetória (reta, parábola, curva, etc.)
3. Classifique o movimento em relação à aceleração se esta existir¹³ (acelerado, retardado).
4. Classifique o movimento quanto a sua direção (progressivo, retrógrado)¹⁴.
5. Calcule a velocidade média do objeto.
6. Calcule a aceleração do objeto para um intervalo de tempo qualquer.
7. Comente o gráfico do objeto em movimento.

¹² Essas questões foram elaboradas pela professora regente da disciplina de Ciências das turmas de 8ª série da Escola, Profa. Ema Seidl.

¹³ A afirmação "... aceleração se esta existir" quer dizer "... aceleração se esta for não nula".

¹⁴ A afirmação "... quanto a sua direção (progressivo, retrógrado)" quer dizer "... quanto ao seu sentido ser tal que se dê no sentido escolhido como positivo ou no sentido (oposto) negativo" relacionando com o sentido da velocidade.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Gostaríamos de ter sua opinião honesta sobre as atividades que foram desenvolvidas nessas aulas em que estudamos os movimentos a partir da filmagem de eventos do seu cotidiano, seguida do uso de um programa de análise. Por favor, responda o questionário abaixo optando pela alternativa que melhor expressa a sua opinião e aproveite para escrever o que você realmente pensa.

1. Você gosta de aprender Física?

- a. Sim
- b. Não

Justifique sua resposta.

2. Por que você acha que estudamos Física na escola?

3. Você já conhecia algum programa de análise de imagens semelhante ao programa Tracker?

- a. Sim
- b. Não

Se sua resposta for Sim! Escreva o nome dele na linha abaixo:

4. Qual foi o grau de dificuldade para utilizar o programa?

- a) Muita
- b) Média
- c) Pouca
- d) Nenhuma

5. Durante a análise dos vídeos com o programa quais foram as principais dificuldades encontradas:

6. A utilização do programa Tracker de análise de imagens contribuiu para o seu melhor entendimento dos conceitos de movimento?

- a) Sim, contribuiu muito.
- b) Auxiliou um pouco para o entendimento dos movimentos.
- c) Não ajudou para que eu compreendesse os conceitos

7- Com a realização das atividades e o uso do programa para análise dos vídeos você conseguiu identificar os diferentes tipos de movimento?

- a) Sim, foi fácil a identificação dos diferentes tipos de movimento.
- b) Auxiliou parcialmente na identificação dos diferentes tipos de movimento.
- c) Não conseguiu realizar a identificação dos diferentes tipos de movimento.

8- Conceitos como referencial, posição, velocidade e aceleração puderam ser identificadas e compreendidas com a análise dos vídeos?

- a) Sim
 - b) Não
- Por quê?

9- Você acha que a análise de vídeos que foram feitos a partir de situações reais, demonstra que a Física está presente no nosso cotidiano?

- a) Sim
 - b) Não
- Por quê?

10- Gostaríamos, agora, que você expressasse sua opinião sobre o trabalho desenvolvido. Que nota, em uma escala de zero a dez, você dá para o conjunto de atividades realizadas nesse estudo dos movimentos onde se fez os filmes e se utilizou o programa Tracker?

11- Se você quiser fazer alguma consideração adicional sobre as atividades desenvolvidas no projeto, será muito importante para nós tal manifestação. Neste caso, escreva no espaço abaixo:

**APÊNDICE C – INFORMAÇÕES SOBRE O MATERIAL UTILIZADO NA
OBTENÇÃO E NA ANÁLISE DOS VÍDEOS**

C.1 Material utilizado

C.1.1 *Tracker*: um programa de análise de imagens

Para a execução da proposta foi utilizado o programa livre chamado *Tracker*, uma ferramenta que permite analisar e construir modelos matemáticos para a descrição de objetos em movimento a partir de vídeos digitais. O programa possui código aberto, isto é, junto com o programa pode se obter o código fonte, o que permite fazer modificações e melhorias, potencializando desta forma, a cooperação e depuração coletiva do programa.

O *Tracker* necessita que sejam instalados no computador outros dois programas para funcionar corretamente: a plataforma *Java* (condição necessária para que programas feitos nesta linguagem possam rodar no computador) e o *Quick Times*, que fornece as ferramentas para manipulação das imagens de vídeo no formato “.mov”. (abreviação da palavra movie, que significa filme em Inglês). Todos os programas acima mencionados são gratuitos e podem ser obtidos na *Web*.

Atualmente a maioria das câmeras fotográficas digitais filma a uma taxa de 30 quadros (fotos) por segundo para compor um vídeo. Com o programa *Tracker* é possível visualizar e analisar essas imagens, quadro a quadro. Na figura abaixo tem-se a análise do movimento de uma bola de basquete sendo arremessada.

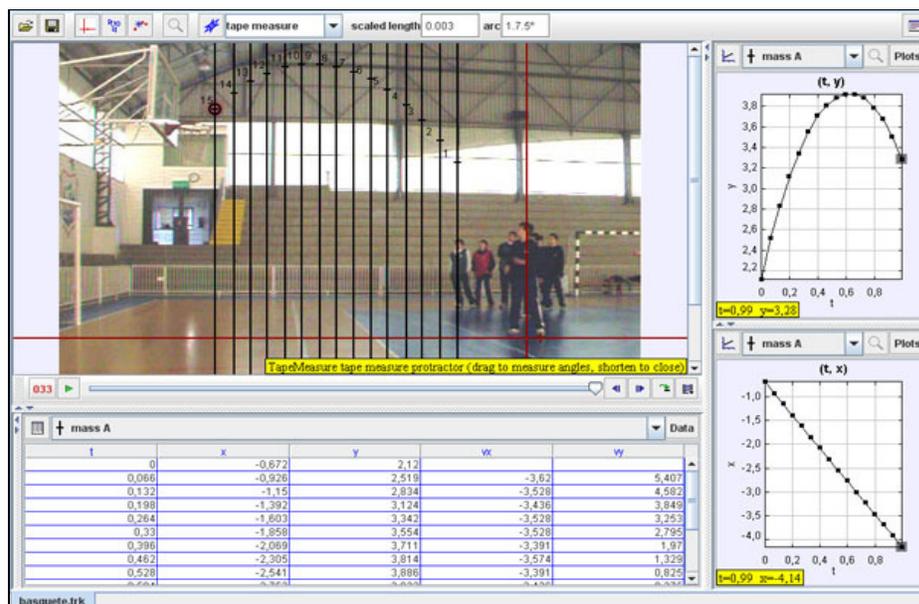


Figura C.1: Exemplo que mostra a foto de uma bola de basquete sendo arremessada e a análise do movimento da bola.

Como pode ser visto na Figura C.1 o programa trabalha com vários painéis. No canto superior esquerdo temos a visualização do “mundo real” (visualizador principal), as imagens do vídeo são exibidas e manipuladas quadro a quadro, como mostrado na janela superior. Logo abaixo deste painel (ver Figura C.2) aparece o menu de controle cuja função é executar o vídeo, avançar ou retroceder quadros, definir o quadro inicial, o quadro final e a quantidade de quadros que podem ser omitidos sem prejudicar a análise do vídeo.

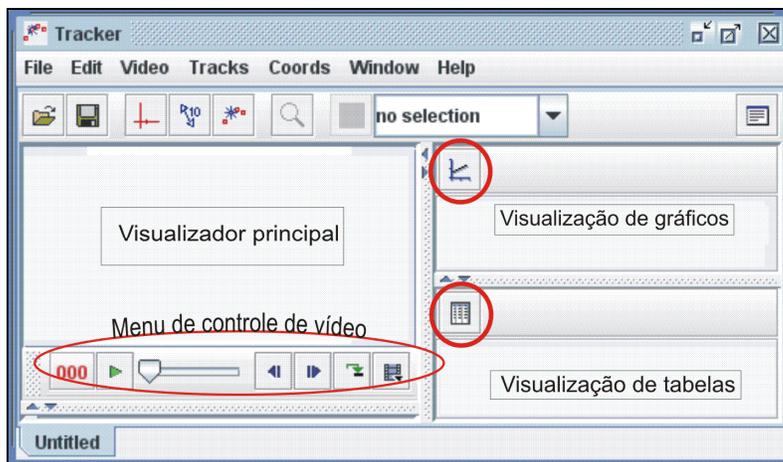


Figura C.2: É mostrado o menu de controle de vídeo.

No lado direito, tem-se um painel dividido em duas partes, na Figura C.2 foram assinalados os ícones, que indicam o que será mostrado em cada painel. Clicando-se sobre esse ícone é possível escolher entre a visualização do vídeo, do gráfico ou da tabela, conforme mostra a Figura C.3, abaixo.

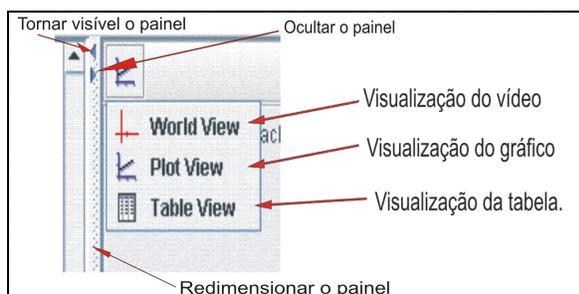


Figura C.3: São mostradas as opções do menu de visualização.

O ambiente do programa possibilita que seus painéis sejam redimensionados, fiquem visíveis ou ocultos, essa escolha vai depender do que se deseja enfatizar na análise de um vídeo.

C.1.2 Etapas da análise do movimento

C.1.2.1 Abrir o arquivo de vídeo que se deseja analisar

Somente arquivos com extensão “.avi” (*Audio Video Interleave*) ou “.mov” (*Quick times*) podem ser analisados pelo programa; vídeos com outras extensões, tais como “.mpeg”, “.flv” e “.wmv” não são compatíveis.

C.1.2.2 Escolher os quadros inicial e final do vídeo e a quantidade de quadros que se deseja descartar

A edição do vídeo é feita diretamente no painel principal, alguns programas de análise de imagens exigem que o vídeo seja editado antes de ser aberto pelo programa. Utilizando o menu de controle definimos o quadro inicial, o quadro final e a quantidade de quadros que serão suprimidos do vídeo. Os quadros que estão posicionados antes do inicial e depois do final serão descartados. A quantidade de quadros suprimidos deve ser definida de forma que as marcas feitas sobre o objeto analisado não se sobreponham umas sobre as outras, o que pode ocorrer para movimentos de baixa velocidade.



Figura C.4: É mostrado o menu de controle de vídeo.

C.1.2.3 Definir o sistema de coordenadas

O sistema de coordenadas pode ser fixado em um ponto da imagem no painel principal (Figura C.5) ou se movimentar junto com algum objeto que se queira tomar como ponto de referência. Movimentos relativos podem ser estudados adotando-se esse tipo de referencial. Também existe a possibilidade de fixar o sistema de coordenadas no centro de massa (CM) de dois ou mais objetos em movimento.



Figura C.5: É mostrado o sistema de coordenadas fixo em um dos cones de demarcação.

C.1.2.4 Utilizar a fita métrica para informar ao programa uma medida do mundo real

A ferramenta “fita métrica” é utilizada para medir distâncias e ângulos, porém antes de realizar qualquer medida ela deve ser calibrada, ou seja, informar ao programa a relação entre “*pixels*¹⁵/metro”. A calibragem é feita medindo um objeto contido na imagem com dimensões conhecidas. Na figura C.6 temos o exemplo de dois cones separados por uma distância de três metros, ao clicar o sobre o ícone da fita métrica é exibido na tela a imagem de uma cota. Clicando e arrastando-a é possível colocar suas extremidades sobre os dois cones, depois disso, é só clicar sobre o número que aparece sobre a cota e informar a verdadeira distância em metros entre os cones.



Figura C.6: É mostrada a fita métrica com a informação de uma medida do mundo real.

C.1.2.5 Marcar as sucessivas posições ocupadas pelo objeto

Ao clicar sobre a imagem do objeto a ser analisado, uma espécie de “pegada” (símbolo) fica assinalada no painel visualizador principal, o quadro seguinte é mostrado automaticamente, e assim, sucessivamente, as posições do objeto são marcadas. Ao finalizar essa etapa é possível ver o registro dos pontos por onde o objeto passou. As coordenadas x e y (horizontal e vertical, respectivamente) da posição do objeto são armazenados pelo programa e podem ser exibidos na forma de tabelas, de gráficos ou ambos. O intervalo de tempo entre dois quadros consecutivos é calculado dividindo-se o intervalo de tempo de 1s (um segundo) pela taxa de quadros do vídeo. Assim, se o vídeo foi filmado com uma taxa de 30 (trinta)

¹⁵ Pixel - aglutinação das palavras *Picture* e *Element*, ou seja, elemento de imagem, sendo *Pix* a abreviatura em inglês para *Picture*, é o menor ponto que forma uma imagem digital.

quadros por segundo, o intervalo de tempo entre dois quadros sucessivos é de um trinta avos de segundo, $(1/30)s$, o que pode representar uma boa precisão na medida de tempo, desde que a velocidade do objeto filmado não seja muito alta.

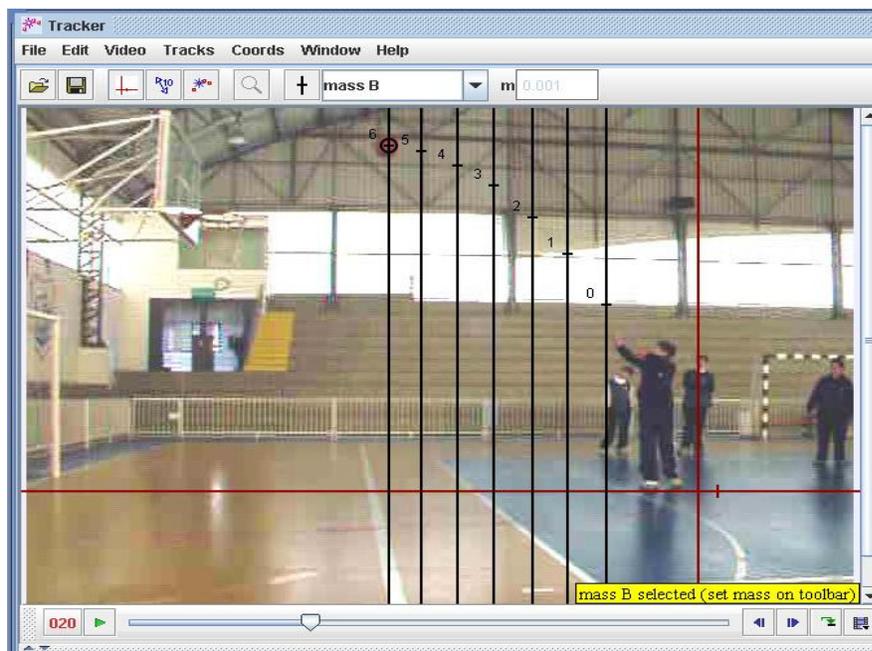


Figura C.7: Visão das marcas assinaladas em cada quadro do vídeo durante a sua análise.

C.1.2.6 Escolher as tabelas e os gráficos que serão mostrados

Com as informações da posição e do tempo obtidas na etapa anterior o programa calcula automaticamente outras grandezas físicas derivadas destas duas variáveis, tais como: velocidade, aceleração, momentum linear, além de outras funções que podem ser criadas. As grandezas calculadas podem ser selecionadas e exibidas nas tabelas ou nos gráficos. Inicialmente o programa adota como padrão a exibição das componentes x e y da posição e o tempo. Para alterar ou acrescentar novas grandezas na tabela basta clicar em “data”, seleccioná-las clicando na caixa de escolha, conforme podemos ver na Figura C8.

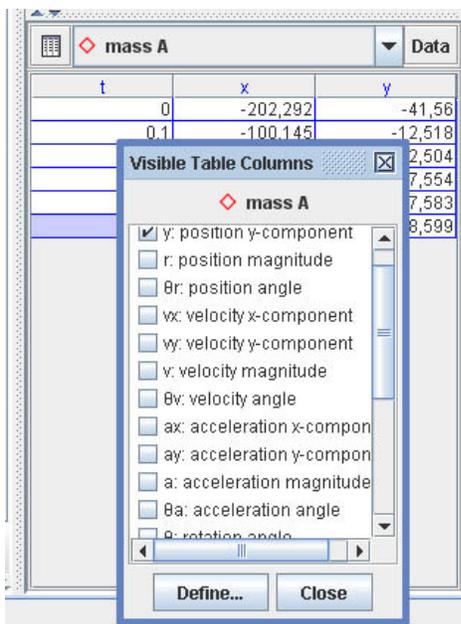


Figura C.8: É mostrado o menu de opções com as grandezas que podem ser escolhidas para serem visualizadas na tabela de dados.

Existe também a possibilidade de definir outras grandezas físicas a partir das já existentes no programa, conforme pode ser visto na Figura C.8, ao final da lista aparece a opção **Define...**, clicando sobre ela aparece um construtor de expressões (Figura C.9).

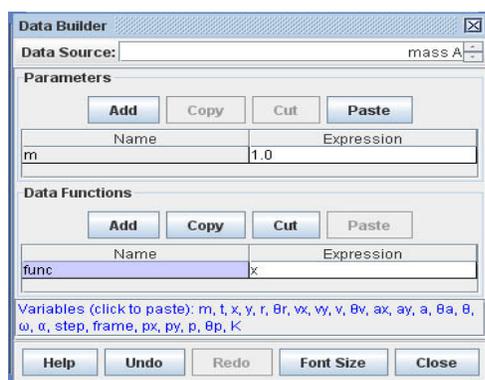


Figura C.9: É mostrado o construtor de expressões que permite definir grandezas físicas que não estão presentes na lista de grandezas relacionadas pelo programa.

Para alterar a variável exibida em um dos eixos do gráfico basta clicar sobre ela, e imediatamente aparece uma caixa de seleção onde é escolhida a variável desejada. Isto pode ser visto na Figura C.10.

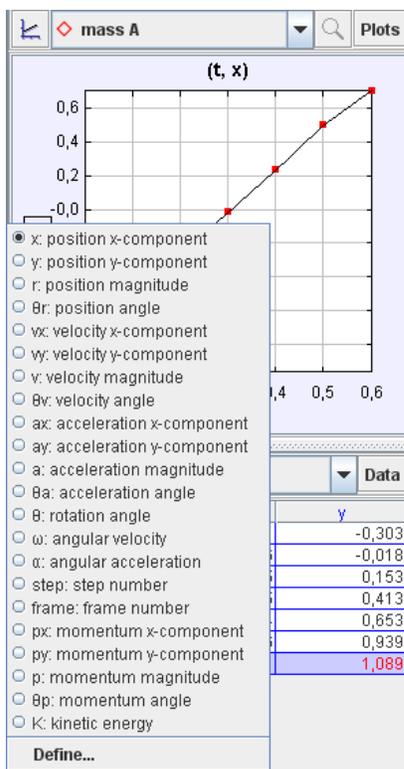


Figura C.10: Visualização das opções de grandezas que podem ser escolhidas para serem visualizadas nos eixos dos gráficos.

C.1.2.7 Salvar o arquivo criado com o programa *Tracker*

Os arquivos salvos pelo programa *Tracker* possuem extensão “.trk” e devem ser salvos na mesma pasta que contém o filme que foi analisado, caso contrário, no instante em que o arquivo do programa é aberto, é solicitado que se informe o local onde se encontra o vídeo.

C.1.2.8 Exportar dados ou telas.

As imagens dos painéis (quadros, tabelas e gráficos) podem ser copiadas para a área de transferência e coladas em outros programas. O programa *Tracker* possui um recurso de geração de imagens animadas (*gifs* animados), ideal para colocar em páginas de internet.

Também é possível exportar a análise realizada em formato de vídeo (extensão “.mov”).

C.1.2.9 Modelagem de partículas

Depois de analisar o vídeo do movimento de um objeto e conhecer os valores das grandezas físicas envolvidas, é possível fazer a modelagem desse movimento através da introdução de expressões matemáticas parametrizadas, que regem o movimento nas direções x e y, usando-se o menu “construtor de modelos”. Feito isso o programa gera automaticamente

a imagem do movimento de uma bolinha sobre o vídeo real, quanto melhor for o modelo matemático, tanto mais próxima a bolinha ficará do objeto real que se movimenta. Na Figura C.11 pode se ver o “construtor de modelos” com suas respectivas expressões matemáticas e o resultado obtido no vídeo real.

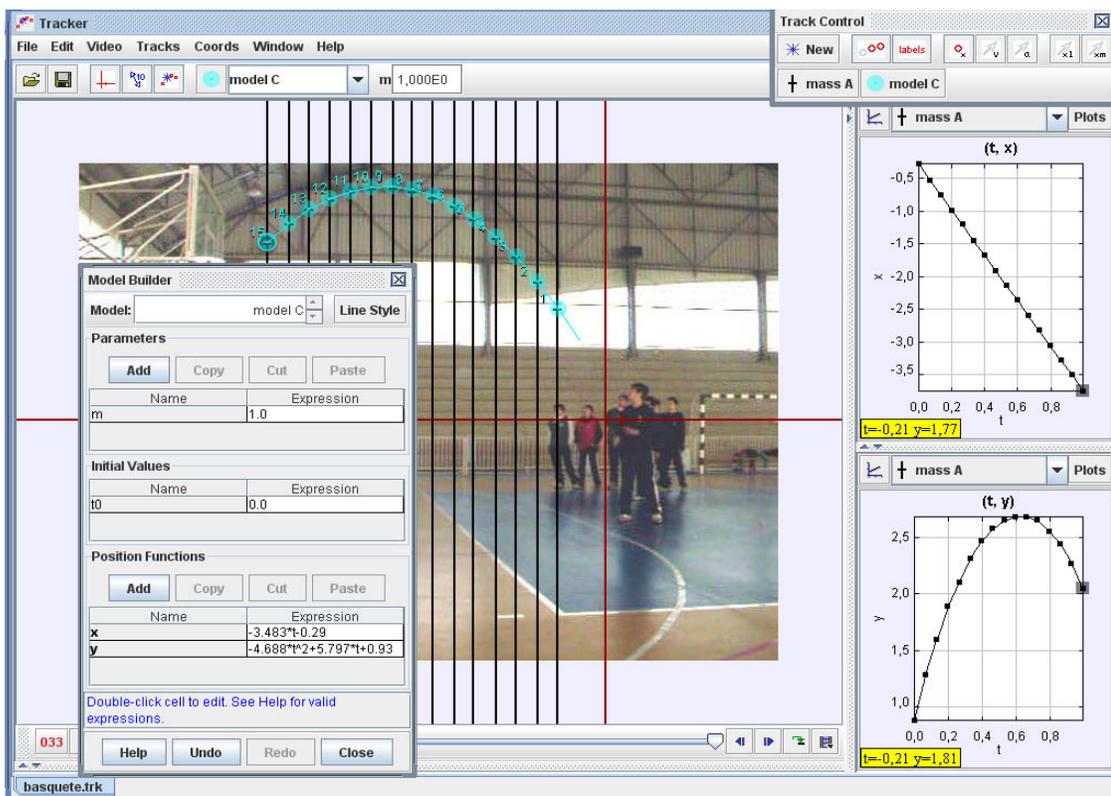


Figura C.11: É mostrado o construtor de modelos com as expressões para os movimentos nas direções horizontal (x) e vertical (y).

Os valores dos parâmetros nas expressões acima foram obtidos pelo analisador do programa que permite encontrar a melhor curva que passa pelos pontos do gráfico, ou seja, faz um ajuste de uma curva aos dados do problema.

C.2 Equipamentos e materiais utilizados

C.2.1 Câmera fotográfica digital Fuji



Figura C.12: Imagem da câmera fotográfica digital utilizada na filmagem dos vídeos.

Abaixo, são apresentadas em uma tabela as características técnicas, fornecidas pelo fabricante, da câmera digital utilizada nessa proposta.

Tabela C.1: Especificações técnicas da câmera digital usada na proposta.

Especificações técnicas	
Fabricante-marca	Fuji
Modelo	FinePix S7000
Distância Focal	7,8 mm – 46,8mm
Velocidade do Obturador	Auto/SP 1,4 seg. a 1/2000 seg.
Sensibilidade	Auto: Equivalente a ISSO 160-800
Saída de vídeo	NSTC/PAL selecionável
Arquivo de vídeo	Motion JPEG
Taxa de quadros	30 quadros por segundo

C.2.2 Tripé para sustentar a câmera digital



Figura C.13: É mostrado o tripé utilizado nas filmagens dos vídeos.

C.2.3 Página da proposta e material desenvolvido

Como material de apoio aos alunos durante a aplicação da proposta foi desenvolvida uma página de internet que foi hospedada no sitio¹⁶ do Colégio. Na página foram disponibilizadas informações relativas à proposta, tais como: tutoriais que ensinam a utilizar o programa *Tracker*, uma galeria de fotos obtidas durante a aplicação da proposta, os vídeos produzidos pelos alunos e suas análises, e endereços onde encontrar os programas usados.

Foi construído um trilho composto de uma parte inclinada e outra horizontal, onde uma bola de bilhar abandonada a partir do topo da parte inclinada do trilho foi filmada descendo com aceleração constante e depois ao chegar à parte horizontal se deslocando com velocidade uniforme, ou aceleração nula. Esse vídeo foi utilizado na elaboração dos tutoriais que ensinam a utilizar o programa *Tracker* e também para mostrar as diferenças existentes entre esses dois tipos de movimento, seja através das análises das imagens ou pela geração dos gráficos que os descrevem.

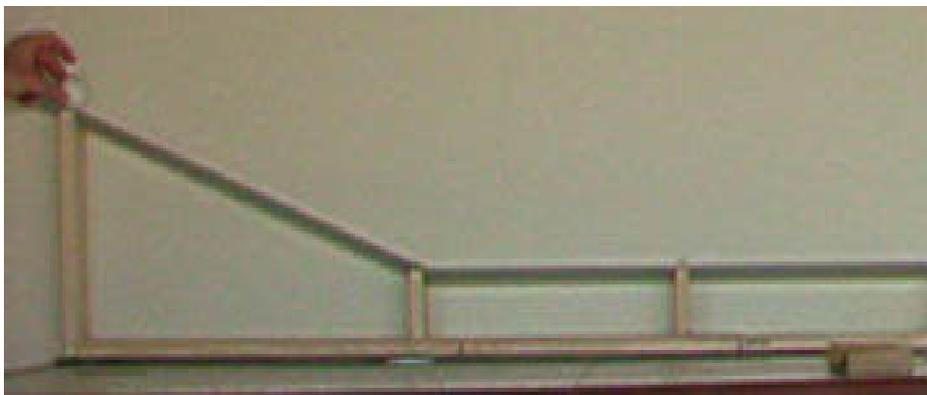


Figura C.14: É mostrado o trilho para filmagem do movimento de uma bola de bilhar que se desloca sobre um trecho inclinado com aceleração não nula e na parte horizontal com velocidade constante.

¹⁶ <http://www.saojosecaxias.com.br/pronovo/>

APÊNDICE D – CD-ROM COM O MATERIAL INSTRUCIONAL