

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA - PPGFCET

FÁBIO ANASTÁCIO DE OLIVEIRA

**USO E DIVULGAÇÃO DO SOFTWARE LIVRE TRACKER EM AULAS
DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2014

FÁBIO ANASTÁCIO DE OLIVEIRA

**USO E DIVULGAÇÃO DO SOFTWARE LIVRE *TRACKER* EM AULAS
DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Formação Científica, Educacional e Tecnológica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Ensino, Ciência, Física. Linha de Pesquisa: Tecnologias de informação e Comunicação no Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior

Co-Orientador: Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

CURITIBA

2014



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica

**TERMO DE APROVAÇÃO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 11/2014**

Uso e divulgação do software livre tracker em aulas de Física do Ensino Médio
por
Fabio Anastacio de Oliveira

Esta dissertação foi apresentada às 9h do dia 21 de agosto de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ciências**, com área de concentração em Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional e linha de pesquisa Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências do Mestrado Profissional do **Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior
(UTFPR – orientador)

Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho
(UTFPR – co-orientador)

Prof. Dr. Jorge Alberto Lenz
(UTFPR)

Prof. Dr. Marcos Florczak
(UTFPR)

Prof. Dr. Alex Boiarski Cezar
(IFPR)

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada agradeço a prontidão e preocupação do Estado do Paraná com a educação pública.

Embora as vezes questione ou talvez não compreenda Sua real existência, não posso deixar de agradecer a Deus por ter me mantido vivo e ter me permitido conhecer pessoas sensacionais e conhecimentos impagáveis. Também devo lembrar das pessoas que entraram nessa caminhada comigo: Andreia, Gilmara, Márcia, Mauricio, Paulo, Ronnie, Sílvia e Thomas. Também ao Ricardo que encarou algumas atividades ao meu lado e a boa vontade da Viviane.

Infelizmente não sei se conseguirei me lembrar do nome de todos que sou grato durante essa árdua caminhada. Mas por outro lado, ter o nome escrito em pedaço de papel não é nada se comparado a ter o nome escrito no coração de quem nos é especial.

A professora Celina Wahl Siqueira e o professor Paulo Roberto Lagos que me abriram espaço para mostrar um pouco do que tenho aprendido para outros professores de Física da Rede Pública do Paraná. Ao diretor Marcos Augusto Pereira, que fez além do máximo que deveria, dos vice-diretores Cid José Silva e Marida Casagrande, às pedagogas Mariângela C. Lorusso de Oliveira e Katiússia F. Kottens, professora Carmen Richter que me permitiu roubar seu espaço, e todo corpo docente do Colégio Estadual Alfredo Parodi que cederam espaço e tiveram compreensão durante a execução do projeto. Também não posso esquecer de agradecer a todos alunos do ensino médio que se empenharam para o sucesso desse trabalho, principalmente ao Christian, Flávio (mesmo não tendo entregado o trabalho), Jorge, Richardson, Rodrigo e Valdir que pela boa vontade contribuíram para deixar menos onerosa a obtenção dos nossos resultados.

Sou imensamente grato a todos os Professores do programa PPG-FCET da UTFPR, que me mostraram uma visão mais ampla de mundo e às orientações oferecidas pelos professores Nestor Nestor Cortez Saavedra Filho, Marcos Florczak e Jorge Alberto Lenz.

Agradeço ao dr Fernando Sielski e à dona Gledes pelo apoio oferecido nas horas complicadas.

Aos meus pais, Ari e Cleide, que por mim fizeram muito e quis poupá-los de minhas inquietudes.

E principalmente ao Sam Adam Hoffman Conceção, que a palavra amigo é muito pouco para representa-lo e ao Professor Arandi que é uma das pessoas mais sensacionais e exemplares que tive o precioso presente de conhecer, que acreditou em mim muito mais que eu mesmo, e que infelizmente, embora procure razões, não consegui nem tentar retribuir o que ele fez por mim durante essa caminhada.

Nos ombros de gigantes

*Ver eu não via
Ao longe não sabia
Nos ombros, os gigantes
Me ofereceram subir
Pra eu tentar ver o mundo
Que tinha ali.*

*Tem gente que sobe
A passos enormes*

*Rápido chegam
E o mundo vislumbram.*

*Outros que tentam
Milhões que nem isso
Pois a altura do cume
Insana, desencoraja.*

*Minha subida
Que tranquila parece
Me fez parar
A desnortear*

*E o cume
A lúgubre vida não me
Deixa tentar procurar
E faz o gigante
Se decepcionar.*

RESUMO

OLIVEIRA, Fábio Anastácio. Uso e divulgação do software livre *Tracker* em aulas de Física do Ensino Médio. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – PPGFCET, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2014.

O presente trabalho apresenta uma aplicação em sala de aula do software livre *Tracker*, que é destinado à vídeoanálise, ou análise de movimentos quadro a quadro. A utilização do programa tem como objetivo criar alternativas para a falta de um efetivo laboratório didático de ciências, falta que é um problema real em várias escolas brasileiras. Com a vídeoanálise, é possível abordar conceitos de física por meio de filmagens feitas com câmeras digitais, inclusive aquelas presentes em telefones celulares. Os filmes podem ser gravados e analisados com o próprio *Tracker* ou com auxílio de um programa de planilhas eletrônicas. A proposta foi aplicada em turmas do 1.º ano do Ensino Médio em uma escola pública estadual de Curitiba que atende alunos de uma região carente e com grande risco social. A avaliação do trabalho foi feita por meio de um relatório contendo questões sobre queda livre. O material utilizado propôs aos alunos uma dinâmica diferente e motivadora para aprender e aplicar seus conhecimentos. Além disso, as aulas propostas serviram de estímulo aos estudantes para um uso inclusivo, consciente e crítico de recursos tecnológicos.

Palavras chave: Tracker, Ensino de Física, Laboratório de Física, Vídeoanálise.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Fábio Anastácio. Video analysis with the free software *Tracker* in high school physics education laboratory. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – PPGFCET, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2014.

This work relates to videoanalysis as a learning tool in high school Physics classes. It presents results on the use of free software *Tracker*, which aims at motion video frame by frame measurement and analysis. Our main goal is to provide alternatives to the lack of physics teaching laboratories, which is a major problem faced by many Brazilian schools. Videoanalysis is a powerful tool made possible by common digital cameras, including the ones present in mobile phones. Videos are recorded allowing for data collection and analysis with *Tracker* together with any usual spreadsheet software. The project was applied to students attending the first year of a public high school in Curitiba. The school is located in a region characterized by poverty and social risk. The obtained results were assessed by a report consisting of six questions, related to the subject freefall, proposed to the students. The developed material offered students a different learning perspective, aiming at improving students' motivation towards learning Physics. The lectures were also an efficient way of stimulating critical thinking together with inclusive use of technology in the school environment.

Keywords: Tracker, Physics Teaching, Physics Lab, Videoanalysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Photogate</i> Module (ET-45) da empresa Pasco	30
Figura 2 - Comparação pixel/centímetro. - Corveloni (2009)	31
Figura 3 - Fotografia estroboscópica do movimento de uma bola – Sampaio e Calçada (2005)	32
Figura 4 - Tela inicial do <i>Tracker</i> versão 4.72.	37
Figura 5 – Barra de títulos do <i>Tracker</i> 4.72.	38
Figura 6 – Barra de títulos do <i>Tracker</i> 4.72.	38
Figura 7 – Barra de ferramentas do <i>Tracker</i> 4.72.	40
Figura 8 – Janela principal do <i>Tracker</i> 4.72.	40
Figura 9 – Visualizador de gráficos do <i>Tracker</i> 4.72.	41
Figura 10 – Visualizador de tabelas do <i>Tracker</i> 4.72.	42
Figura 11 - <i>Tracker</i> em um vídeo já com bastão de medição, eixo de coordenadas, e delimitação do vídeo.	44
Figura 12 – Foto do Colégio Alfredo Parodi	46
Figura 13 – Uma das salas de aula das turmas do Ensino Médio.....	47
Figura 14 - Experimento medindo a velocidade média.	49
Figura 15 - Mostrando os gráficos das funções das posições e da velocidade em função do tempo.....	51
Figura 16 – Detalhe do vídeo filmado no pátio da escola pelo grupo de alunos e sendo analisado com o <i>Tracker</i>	53
Figura 17 – Ícones de comandos do <i>Tracker</i>	58
Figura 18 Detalhe do experimento apresentado no encontro de área de Física de professores do Setor Cajuru, em 2013. Queda livre de uma bola de tênis.....	61
Figura 19 - Professores de física do Setor Cajuru preparando experimentos para utilizar com o <i>Tracker</i> – Curitiba.	62
Figura 20 – Inscritos da oficina realizando experimentos e analisando os dados.....	64
Figura 21 – Participantes da Oficina sobre o <i>Tracker</i> , realizada no SNEF 2013.....	64
Figura 22 - Mostrando a diferença na marcação dos pontos em decorrência do efeito do batimento.	81
Figura 23 – Trabalho de aluno usando o <i>Tracker</i>	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desempenho de alunos do 1.º ano do Ensino Médio em uma prova de física cobrando conteúdo de MRUV.....	56
Gráfico 2 - Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro (Procedimento 1) da turma A.....	75
Gráfico 3 - Demonstrando a efetividade do <i>Tracker</i> (Procedimento 2) na turma A. ..	76
Gráfico 4 - Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro (Procedimento 1) da turma B.....	76
Gráfico 5 - Demonstrando a efetividade do <i>Tracker</i> (Procedimento 2) na turma B. ..	77
Gráfico 6 - Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro da turma C.	78
Gráfico 7 - Demonstrando a efetividade do <i>Tracker</i> na turma C.	78
Gráfico 8 - Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro da turma D.	79
Gráfico 9 - Demonstrando a efetividade do <i>Tracker</i> na turma D.	79
Gráfico 10 - Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro de todas as turmas.....	80
Gráfico 11 - Demonstrando a efetividade do <i>Tracker</i> em todas as turmas.....	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atalhos da opção arquivo do <i>Tracker</i> 4.72.....	38
Quadro 2 - Atalhos da opção editar do <i>Tracker</i> 4.72.....	39
Quadro 3 - Atalhos da opção ajuda do <i>Tracker</i> 4.72.....	39
Quadro 4 - Mostrando os tempos encontrados pelos alunos na medição de 2m.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da turma A no procedimento 1.	67
Tabela 2 - Resultados da turma B no procedimento 1.	68
Tabela 3 - Resultados da turma C no procedimento 1.	69
Tabela 4 - Resultados da turma D no procedimento 1.	70
Tabela 5 - Resultados obtidos com o <i>Tracker</i> na turma A.	72
Tabela 6 - Resultados obtidos com o <i>Tracker</i> na turma B.	73
Tabela 7 - Resultados obtidos com o <i>Tracker</i> na turma C.	73
Tabela 8 - Resultados obtidos com o <i>Tracker</i> na turma D.	74

LISTA DE SIGLAS

avi - formato de mídia Audio Video Interleave
CRTE - Coordenação Regional de Tecnologia Educacional
DCE - Diretrizes Curriculares Estaduais
Efisul - Encontro de Físicos do Sul
EFM - Ensino Fundamental e Médio
Enem - Exame Nacional do Ensino Médio
GNU - General Public License
mov - formato de mídia para *Quick Time* - Apple Inc
mp4 - formato de mídia MPEG-4 Part 14
MRUV - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
NRE - Núcleo Regional de Educação
OS X - Sistema Operacional desenvolvido pela empresa Apple
OSP - Open Source Physics
PISA - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PNLD - Programa Nacional do Livro Didático
SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica
SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física
TIC - Tecnologia de Informação e Comunicação
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
wmv - formato de mídia Windows Media Video

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1	55
-----------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO	17
1.2. OBJETIVOS	18
2. EXPERIMENTAÇÃO E LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA	19
2.1. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	20
2.2. LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA	21
3. TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO EM SALA DE AULA	25
3.1. VÍDEOANÁLISE NO ENSINO DE FÍSICA.....	27
3.2. ANÁLISE DE MOVIMENTO EM AULAS DE FÍSICA.....	29
3.2.1 SISTEMAS DE FOTOGATE.....	29
3.2.2 VÍDEOANÁLISE PELO MÉTODO MULTI-BURST	30
3.2.3 ESTROBOSCOPIA	31
4. O SOFTWARE TRACKER	33
4.1. TRACKER	33
4.2. POR QUE USAR O TRACKER	34
4.3. FUNCIONAMENTO DO TRACKER	35
4.3.1. TELA INICIAL DO TRACKER E COMANDOS BÁSICOS	37
4.3.2. GRAVAÇÃO DE VÍDEO E OS PROCEDIMENTOS COM O TRACKER	42
4.3.3. MANUAIS DE USO	445
5. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO DIDÁTICA NO COLÉGIO E DIVULGAÇÃO DO TRACKER	45
5.1. A ESCOLA	45
5.2. GRUPO DE ESTUDO EXTRA-CLASSE COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO	46
5.2.1. RELATANDO AS ATIVIDADES REALIZADAS	47
5.3. ALUNOS DAS TURMAS DO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO	53
5.3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	53
5.3.2 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES	54
PROCEDIMENTO 1 – EXPERIMENTO COM MEDIÇÃO MANUAL	56
PROCEDIMENTO 2 – EXPERIMENTO COM O <i>TRACKER</i>	57
5.4. TRABALHOS DE DIVULGAÇÃO ENVOLVENDO PROFESSORES	58
5.4.1. FORMAÇÃO CONTINUADA DE 2013	58
5.4.2.. OFICINA NO XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF) ...	61
6. RESULTADOS DOS TRABALHOS PROPOSTOS	64
6.1. TRABALHOS COM OS ALUNOS.....	64
6.1.1. PROCEDIMENTO 1: UTILIZANDO CRONÔMETRO DE ACIONAMENTO MANUAL	65
6.1.2. PROCEDIMENTO 2: UTILIZANDO O PROGRAMA <i>TRACKER</i>	71

6.1.3.1 GRÁFICOS DOS RESULTADOS OBTIDOS POR TURMA	74
6.2. ENCONTROS COM PROFESSORES	81
7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	82
7.1. ALGUNS PROBLEMAS E LIMITAÇÕES PERCEBIDOS	84
7.2. ALGUNS COMENTÁRIOS ADICIONAIS	85
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE A – ROTEIRO PARA O ALUNO	93
APÊNDICE B – MODELO DO RELATÓRIO A SER PREENCHIDO	95
APÊNDICE C – <i>BANNER</i> ENFISUL	97
ANEXO A	98
ANEXO B	101
ANEXO C	112

1. INTRODUÇÃO

Entendemos que o processo educativo na área de ciências deva capacitar os indivíduos a compreender os avanços tecnológicos atuais a fim de que atuem de modo fundamentado nos grupos sociais em que convivem. Nessa direção, o entendimento da natureza da Ciência, de um modo geral, e da Física, em especial, constituem um importante elemento da formação do cidadão crítico e consciente. Também é importante considerar que o desenvolvimento da Física é um dos grandes triunfos do intelecto humano.

Autores como Mützenberg (2005) entendem que o desenvolvimento de trabalhos práticos pode ser um instrumento valioso, tanto para o professor quanto para o aluno na aquisição de novos conhecimentos. Esta prática apresenta vários elementos positivos, como um bom desenvolvimento do conteúdo e, em aspectos menos tangíveis, desperta um maior interesse, a curiosidade e uma componente afetiva, que proporciona uma atmosfera mais aberta e colaborativa.

Este trabalho irá comentar brevemente sobre a importância do laboratório didático no ensino de ciências, mais especificamente de Física. Posteriormente, será abordada a relação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino de ciências, mais especificamente a vídeoanálise e alguns de seus métodos no ensino de Física. Em seguida, apresentaremos o *Tracker* como um método de vídeoanálise e principal objeto de estudo e, na sequência, será descrita a aplicação em sala de aula.

1.1. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

Os alunos da Rede Pública do Paraná estão carentes de um consistente aprendizado de ciências naturais, com desdobramentos no ensino de Física (STORI, 2009). Muitas escolas, em especial as que oferecem Ensino Médio, não têm um laboratório de ciências adequado para a realização de experimentos. Minha motivação pessoal é a de buscar soluções que contribuam para a superação deste problema.

Sou professor há 14 anos e leciono para alunos que são moradores de uma das regiões mais carentes de Curitiba, Paraná. Em seus ambientes social e familiar,

o estudo não é incentivado, o índice de evasão, principalmente do ensino noturno, é alto e o contato de muitos com equipamentos de informática e acesso à internet é limitado. É com estes alunos que desenvolvi meu projeto de mestrado profissional.

Tendo em vista esta realidade presente em muitas escolas do Paraná, especialmente as carências relacionadas ao laboratório didático, mas também levando em conta o fato positivo de que muitas delas possuem laboratório de informática, tivemos a ideia de utilizar o programa *Tracker* como uma ferramenta que possa minimizar a ausência de um laboratório de ciências e oferecer aos alunos contato com recursos tecnológicos e diferentes formas de ensino relacionadas à Física.

1.2. OBJETIVOS

- Investigar, estudar, por em prática e divulgar o uso de tecnologias livres e acessíveis ao Ensino de Física na Rede Pública. A ferramenta escolhida para auxiliar esse trabalho foi o *software Tracker*.
- Analisar se o uso do programa *Tracker* nas aulas de Física do primeiro ano do Ensino Médio pode ser útil e se possibilita a realização de experimentos na ausência de um laboratório formal de ciências, sendo uma alternativa de ensino além do tradicional quadro-e-giz.
- Despertar nos estudantes do Ensino Médio o interesse pela pesquisa científica, incentivar o gosto pelo estudo e pela observação da natureza com olhar crítico.

2. EXPERIMENTAÇÃO E LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

Segundo Borges (2004), os debates referentes à qualidade do ensino oferecido às crianças e jovens tem servido de estímulo gerando as diversas reformas que ocorrem nos currículos escolares. O ensino brasileiro, de forma geral, tal qual divulgam os meios de avaliação nacional e internacional como Sistema de Avaliação da Educação Básica¹ (Saeb), Exame Nacional do Ensino Médio²³ (Enem) e Programa Internacional de Avaliação de Estudantes⁴ (Pisa), tem se mostrado pouco eficiente em várias áreas do conhecimento e, entre os fatores negativos disso decorrentes, pode-se citar a não preparação dos alunos para ingressar no mercado de trabalho ou em uma universidade. Uma das razões relaciona-se ao fato de o sistema de ensino oferecer aos estudantes conhecimentos fragmentados e com pouca aplicação.

Em particular, o ensino de Física no Brasil causa bastante preocupação e, dentre seus diversos problemas, destacamos que (Brasil, 2000):

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo. (BRASIL, 2000, p. 26)

De acordo com Araújo (2003), o entendimento da natureza, em especial, da Física constitui um elemento fundamental à formação da cidadania. No ensino de Fí-

¹ <http://portal.inep.gov.br/saeb>

² <http://inep.gov.br/web/enem/enem>

³ <http://enem.inep.gov.br/>

⁴ <http://portal.inep.gov.br/pisa-programa-internacional-de-avaliacao-de-alunos>

sica, diversos professores e alunos têm apontado, dentre tantas alternativas, a importância do uso de atividades experimentais como uma maneira eficiente de minimizar as dificuldades de se aprender e ensinar Física de modo significativo e consciente.

2.1. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Não se pode confundir experiência com experimentação. Segundo Pinho-Alves (2000), ambas são ferramentas utilizadas na construção do conhecimento, porém, por motivações e critérios diferentes. A experiência é um atributo inerente ao ser humano e responde por suas interações com o meio ambiente e se constitui como uma fonte de dados para a elaboração do senso comum. Enquanto a experimentação é uma atividade construída através da história por meio do trabalho de investigadores, voltada para a construção do conhecimento científico.

No ensino de Física, segundo Araújo (2003), as atividades de experimentação podem ser firmadas partindo-se de situações focadas em simples verificações de leis e teorias até situações que possibilitem aos alunos exercitar seu poder de reflexão e rever suas ideias acerca dos conteúdos aprendidos em sala. Assim, pretende-se que os estudantes atinjam um nível de entendimento que permita reestruturar seus modelos explicativos dos fenômenos, na direção de uma compreensão do mundo mediada por conceitos científicos.

Experiência, segundo Pinho-Alves (2000), é algo que está fortemente ligado ao cotidiano do ser humano, suas interações mais livres e descompromissadas. Está voltada ao conhecimento que as pessoas adquirem baseado não em uma uniformidade de pensamento, mas na necessidade de pelo menos aproximar interpretações relativas a acontecimentos ou coisas, adotando um padrão para o diálogo, os sentidos e as sensações de forma que reduza o grau de referência individual. O senso comum estabelece, como princípio, que diferentes pessoas, frente ao mesmo fenômeno, vejam a mesma coisa.

Para garantir sua sobrevivência, segundo Pinho-Alves (2000), desde o início dos tempos, o ser humano precisou interagir com seu meio ambiente, gerando uma grande produção humana, constituída de explicações e comportamentos, formando uma escala de valores místicos e religiosos com noções prévias do mundo que, ao

longo das gerações, incumbiram verdades que formam uma barreira de ideias tornando difícil seu questionamento. Essas verdades que constituem o senso comum são um conjunto de informações não sistematizadas que são aprendidas por processos informais, formais e até inconscientes, que incluem um conjunto de valorações. Como o aprendiz está inserido nesse mundo, ele tenderá a ter dificuldades de aceitar os princípios que regem a ciência, esta, por essência, oposta ao senso comum.

Essas experiências pessoais que o aprendiz traz, mesmo distorcidas ou limitadas, oferecerão o substrato intelectual para que novos conhecimentos sejam adquiridos. Esses conhecimentos anteriores, na maioria das vezes, interferem no aprendizado de novos conteúdos veiculados na escola.

A educação científica, por sua vez, visa a aproximar os indivíduos de um pensamento mais elaborado que, no caso das ciências físicas, está fortemente baseado em construções teóricas elaboradas a partir de e inspiradas em experimentações.

2.2. LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

Para efeito do trabalho apresentado nesta dissertação, é preciso apontar a falta de laboratórios didáticos de ciências naturais em boa parte das escolas de Ensino Médio e, para além disso, a importância destes no ensino. Segundo Pinho-Alves (2004):

“A Física sempre esteve muito ligada aos procedimentos e práticas experimentais, tanto que se acredita que ela, dentre as Ciências Naturais, sempre foi - e continua sendo - aquela que tem uma relação bastante estreita com atividades ligadas ao laboratório... Para fazer Física, é preciso do laboratório, então, para aprender Física, ele também é necessário”. (Pinho-Alves, 2004)

As pesquisas sobre ensino-aprendizagem de ciências, de acordo com Borges (2004) mostram que as diversas concepções prévias dos estudantes influenciam diretamente na aprendizagem de ideias científicas e, neste contexto, sugere várias formas de se trabalhar o ensino da Física. Uma forma importante é o uso do laboratório didático como parte das estratégias de apresentação, organização e problematização do pensamento científico.

Pinho-Alves (2000) também relaciona o laboratório didático com o processo de transposição didática, na medida em que se retiram elementos do contexto do saber sábio para recolocar no contexto do saber a ensinar, fortalecendo o rompimento

com a concepção empirista da ciência, que é uma interpretação popular da ciência e de sua produção, imposta pelas práticas sociais de referência vigentes.

É possível categorizar os diversos modelos de laboratório didático, tendo em vista seus objetivos e as maneiras segundo as quais os mesmos são utilizados por professores e estudantes. Neste sentido, Pinho-Alves (2004) estabelece algumas categorias para o laboratório didático, que serão descritas a seguir.

I – Experiências de Cátedra ou Laboratório de demonstrações

Nesse modelo, as experiências são de total responsabilidade do professor, sendo este o único a ter papel ativo, cabendo ao aluno apenas ficar observando. Esse tipo de atividade tende a ilustrar e complementar conteúdos teóricos vistos em sala. Mas esse tipo de atividade tende a ser mais motivador para os professores que para os alunos.

Experiências desse tipo também ocorrem por falta de equipamentos para todos os alunos poderem trabalhar, pela falta de conhecimento do professor sobre a confecção ou uso de materiais alternativos ou por comodismo.

II – Laboratório Tradicional ou convencional

São os alunos quem manipulam os equipamentos e realizam os experimentos. Nesse modelo a atividade geralmente é acompanhada de um roteiro, que acaba tolhendo um pouco a liberdade e o poder de decisão do aluno. De acordo com Séré (2003) a forma clássica de se realizar um experimento é aquela em que o aluno não pode discutir, apenas aprende a se servir de um material, método e manipular leis fazendo variar parâmetros e observar fenômenos.

III - Laboratório divergente ou não-estruturado

Não apresenta a rigidez do laboratório tradicional, possibilita ao aluno trabalhar com procedimentos físicos reais oportunizando a resolução de problemas com respostas desconhecidas ao aluno. É dividido na fase de exercício, que tem por objetivo familiarizar os alunos com equipamentos experimentais e técnicas de medida, e experimentação. O aluno tem liberdade de decidir quais atividades realizar, de acordo com os equipamentos disponíveis.

IV – Laboratório de projetos

Está vinculado ao treinamento de uma futura profissão e geralmente é realizado na etapa final de cursos, pois o aluno deve dominar algumas técnicas e conteúdos necessários.

V – Laboratório Biblioteca

São experimentos de rápida execução permanentemente montados. Tem como característica o fácil manuseio, de modo a permitir a realização de mais de um experimento por aula.

Algumas críticas sobre o uso do laboratório didático são importantes. Por exemplo, segundo Borges (2004), há sérios problemas ligados ao ensino quando as atividades não são planejadas ou quando só servem para atender a demandas burocráticas. Nestes casos, quando os objetivos são pouco claros, os alunos não percebem nada além da comprovação mecânica de fatos e da verificação de leis científicas de maneira pouco crítica.

Borges (2004) também menciona objetivos implícitos que estudantes e professores associam ao laboratório como, por exemplo, verificar numericamente leis e teorias científicas. Mas esse objetivo pode ser enganoso e pode gerar problemas, pois o sucesso depende de uma preparação muito determinada e, às vezes, são observados apenas alguns aspectos específicos de alguma lei ou teoria e não seus fundamentos. Isto gera, no estudante, um entendimento equivocado das relações entre a teoria e a observação e, no professor, gera o receio de refazer o experimento em sala de aula por conta do risco de que não seja bem sucedido.

Outro objetivo comumente atribuído ao laboratório didático é o de ensinar o método científico, mas é importante enfatizar que existem diferenças entre os experimentos realizados em sala de aula e os realizados por cientistas. No entanto, os trabalhos modernos na área de ensino de ciências apontam a importância do desenvolvimento de propostas de intervenção em sala de aula que norteiem a aprendizagem como uma tarefa de pesquisa ou investigação orientada, com foco na participação dos estudantes na (re)construção dos conhecimentos (VILCHES e GIL-PÉREZ, 2012).

No caso do presente trabalho, nos aproximamos do conceito de Laboratório Divergente. De fato, buscamos dar aos estudantes, por meio da utilização da videoanálise, um papel de protagonistas no processo de aprendizagem, tendo em vista os objetivos propostos de buscar alternativas à falta de um laboratório físico na escola e, ao mesmo tempo, despertar nos estudantes interesse e motivação para o estudo da Física. Neste sentido, afirmamos que a videoanálise é uma tecnologia que permite realizar importantes atividades de experimentação no ensino de Física.

3. TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO EM SALA DE AULA

De acordo com Anjos (2005), os termos comunicação e informação se referem aos recursos utilizados pelos seres humanos como forma de se inter-relacionar. Uma das primeiras tecnologias criadas para isso foi a oralidade e escrita; posteriormente apareceram outros aparatos como a televisão, telefone e o computador, por exemplo.

O século XX foi marcado por avanços tecnológicos extraordinários originando formas de comunicação e relações sociais conectando realidades reais e virtuais que favoreceram o surgimento de novas relações por meio do chamado ciberespaço.

De acordo com Vicente (2005), a influência da tecnologia na atualidade é tão poderosa a ponto de estar mudando as relações sociais, de trabalho e estudo. Consequentemente, podemos considerar ser tão necessário estar ambientado a ela – a tecnologia - como a necessidade que o ser humano tem de se socializar.

Na área da educação, segundo Miquelin (2007), as discussões sobre a incorporação das tecnologias em sala de aula estão se intensificando e há alguns professores que reconhecem que grande parte do insucesso na educação está no fato de que os profissionais da área não acompanham o desenvolvimento e oferecem resistência ao uso da tecnologia, ainda se utilizando dos métodos tradicionais de ensino, por meio tão somente do quadro e giz.

Miquelin (2007) propõe a metáfora de que a tecnologia poderia ser descrita como sendo um líquido não identificado e que só deveria ser utilizado após conhecer seu devido fim e consequência. Conduzir os estudantes a esse fim seria o papel dos educadores, ou seja, compete aos professores ensinar e conhecer a real função da tecnologia bem como favorecer seu uso consciente. A este propósito, de acordo com Auler (2003) os professores devem deixar de serem usuários apenas de currículos elaborados e participarem na procura de formas conscientes para o uso da tecnologia.

De acordo com Borges (2000) e Bezerra Jr (2009) boa parte dos estudantes nunca teve a oportunidade de entrar em um laboratório de ciências e, na maioria das escolas, as aulas práticas não acontecem pela ausência do laboratório. Além disso, quando este existe, dispõe-se de poucos recursos, o que limita a aquisição de sistemas e equipamentos destinados ao uso didático, que geralmente têm um alto preço. Nesses casos, tecnologias educacionais, ou as chamadas Tecnologias de Informação

e Comunicação (TIC) podem representar alternativas viáveis para compensar, em partes, a falta do laboratório de ciências.

Quando se fala a respeito do uso de TIC no laboratório didático de física, é notável, por exemplo, a importância do computador para a aquisição de dados. Os experimentos de Física e as atividades experimentais no ensino de Física envolvem muitas vezes a coleta de dados como tempo, posição, velocidade, temperatura, pressão, corrente elétrica, entre outros, que pode ser realizada com o uso de recursos computacionais, inclusive no laboratório didático. Neste sentido, vários trabalhos analisam o uso de computadores no laboratório didático.

Veit (2005), por exemplo, afirma que:

“Dentre as diversas aplicações das tecnologias de informação e comunicação na formação do cidadão, destacamos duas como particulares do ensino de Ciências: o computador como instrumento para a modelagem científica e como suporte ao laboratório.”

Para Veit (2005), dentre as facilidades que o uso do computador pode favorecer podemos mencionar o enriquecimento da aprendizagem por oferecer aos alunos múltiplas ferramentas para facilitar o entendimento dos temas estudados. Trata-se de coletar dados que seriam impossíveis de fazer manualmente, aumentar a precisão das informações coletadas, reduzir o tempo de realização dos experimentos, deixando-os menos tediosos e proporcionando ao aluno mais liberdade e tempo para se dedicar a outras habilidades e competências. Assim, o uso consciente do computador em sala de aula pode favorecer a alfabetização científica.

Cavalcanti (2008) afirma que o desenvolvimento tecnológico tem facilitado de várias maneiras o nosso cotidiano. Os sistemas computacionais estão presentes em todos os lugares e toda essa tecnologia empregada, por sua vez, está intimamente ligada a conceitos físicos, o que também torna importante o uso do computador e das TIC no ensino.

Segundo as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE-PR, 2008) não se trata de ser a favor ou contra a tecnologia, usá-la ou não, mas planejar seu uso de acordo com a necessidade, a serviço de uma formação integral dos sujeitos, permitindo o acesso, a interação e, também, o controle das tecnologias e de seus efeitos. Contudo, mesmo com toda a tecnologia presente e ainda que a redução de custos tenha facilitado o acesso aos computadores, muitos professores não têm informação necessária sobre

os diversos recursos oferecidos e sobre como utilizá-los em sala de aula de forma eficiente e eficaz. Estas lacunas na formação docente contribuem para que os laboratórios de informática das escolas se tornem ociosos e pouco úteis no processo educativo, limitando o uso do computador apenas para a realização de pesquisas escolares pela internet e trabalhos escolares.

Há entusiastas do uso das TIC no ensino de Física, como, por exemplo, Cavalcanti (2009) que organiza e divulga oficinas em que apresenta o uso de novas tecnologias no ensino de Física de forma simples, fácil e que permite fazer com que as aulas sejam mais dinâmicas e inseridas na modernidade do século XXI.

No que diz respeito ao uso de TIC no laboratório didático de Física, entre as diversas ferramentas existentes, optamos por explorar o programa *Tracker*, pois, trata-se de software livre e, para utilizá-lo, são necessárias tecnologias como, por exemplo, microcomputadores e filmadoras (que podem até ser as presentes em telefones celulares). Estas tecnologias, de acordo com o DCE-PR (2008), estão acessíveis nas escolas públicas estaduais do Paraná e, portanto, disponíveis aos professores e alunos da rede pública do estado.

Na sequência será detalhado mais sobre o *Tracker* e o processo de videoanálise, que é uma ferramenta computacional que auxilia os professores e estudantes a realizarem processamento de dados de experimentos físicos os quais podem ser utilizados para apoiar e incrementar aulas de física, em conformidade com os objetivos deste trabalho.

3.1. VÍDEOANÁLISE NO ENSINO DE FÍSICA

A vídeoanálise é um processo no qual se pode filmar experimentos, nesse caso de Física, para depois analisá-los, em consonância com propostas de experimentação no ensino de física.

Os métodos mais antigos de vídeoanálise, segundo Barbeta (2002) utilizavam uma câmera fotográfica e luz estroboscópica para extrair posições de um objeto, por meio de uma fotografia de exposição múltipla. Na vídeoanálise segundo Bryan (2010), um filme era gravado por meio de um vídeo cassete e uma transparência era colocada sobre a tela da televisão; os estudantes iam marcando na transparência pontos quando o filme era exibido, usando o comando de pausar e avançar quadro a quadro.

Ambas as técnicas eram trabalhosas, porque exigiam um bom tempo de preparo. Modernamente, há ferramentas, como o *Tracker*, que simplifica a videoanálise e, por isso, pode auxiliar na coleta de dados para seu posterior tratamento, em atividades de experimentação no laboratório didático de Física. A propósito, neste caso, a videoanálise seria uma boa alternativa a sistemas do tipo *fotogate* que, em geral, demandam circuitos eletrônicos contendo diversos fios e conectores que, por isso, podem ser inconvenientes em atividades didáticas (BEZERRA JR, 2012).

Segundo Bryan (2010) e Calloni (2010), atualmente, as tecnologias de vídeo-análise e de informática se tornaram mais baratas e agora permitem aos estudantes fazer medidas precisas de objetos por várias vezes durante seu movimento. Além disso, há vários programas de computador que podem executar cálculos e produzir gráficos de movimento (velocidade, posição e aceleração) com certa facilidade.

Outro ponto importante a ser considerado, segundo Barbeta (2002) é que no entendimento de conceitos físicos, como a cinemática, o uso de gráficos é uma poderosa ferramenta, mas que não é dominada adequadamente por boa parte dos estudantes, pois estes confundem as grandezas físicas utilizadas e apresentam dificuldade no entendimento da construção e análise dos gráficos. Segundo Catelli (2010) muitos professores alegam que os alunos não sabem operar fórmulas e interpretar gráficos. Além disso, outro agravante é a falta de interesse pelo conteúdo curricular e a impressão de que este interesse surge apenas como uma preocupação motivada pelos processos seletivos, como vestibulares e Enem.

Segundo Coveloni (2009), a tecnologia está se tornando algo cada vez mais presente no cotidiano e vários recursos utilizados pela população baseiam-se em sistemas eletrônicos mais acessíveis, inclusive as escolas. Então, a vídeoanálise, poderia ser um fator mais atraente e de motivação para o estudo de física, além de permitir que o aluno tenha uma postura mais ativa na construção de conhecimento (CALLONI, 2010).

De acordo com Bryan (2010) a vídeoanálise pode trazer diversos benefícios ao ensino de Física, principalmente da mecânica, como o estudo de diversos movimentos simples, de objetos que estão se movimentando em duas dimensões simultaneamente, e a análise de vários objetos em um mesmo vídeo, possibilitando análises mais detalhadas dos fenômenos e o estudo de leis fundamentais, como as leis de

conservação, tudo por meio de atividades em que os estudantes são sujeitos ativos do processo.

3.2. ANÁLISE DE MOVIMENTO EM AULAS DE FÍSICA

Muitos experimentos de Física dependem de medições das grandezas associadas ao movimento, em especial, posição (x) e tempo (t). A partir destas, é possível, por derivação matemática, determinar outras grandezas tais como velocidade (v) e aceleração (a). Outra grandeza fundamental é a massa (m) e podemos afirmar que o conhecimento deste conjunto é, em geral, suficiente para o estudo de uma grande quantidade de fenômenos ligados à Mecânica que são abordados no Ensino Médio, de acordo com as determinações curriculares. Por exemplo, o estudo do movimento retilíneo, da queda livre, do deslizamento em planos inclinados, da segunda lei de Newton, das leis de conservação de momento, energia e momento angular podem ser realizados a partir de atividades experimentais calcadas nas medições das grandezas x e t . Daí a importância de medi-las e de estruturar atividades no laboratório didático baseadas em análise de movimento.

Uma maneira de medir x e t em laboratório é pelo uso manual de réguas e cronômetros, por exemplo, mas existem outras maneiras, que envolvem dispositivos eletrônicos e computadores em experimentos didáticos. Na sequência, listamos algumas.

3.2.1 SISTEMAS DE FOTOGATE

Segundo Aguiar (2012), mesmo com a precisão de cronômetros manuais atingindo milésimos de segundos, não é possível utilizá-los para medir com precisão intervalos de tempo inferiores ao tempo de reação humano, da ordem de décimo de segundo e um dos meios para resolver essa deficiência poderia ser por meio de *fotogates*. *Fotogates* (vide Figura 1) consistem em conjuntos de pares de emissores e receptores de luz que, na passagem de um objeto por seu campo de ação, emitem pulsos elétricos os quais servem para iniciar e parar cronômetros digitais. Sempre que o objeto passa por um *fotogate*, um ponto (posição x tempo) é registrado.

Esses sistemas, embora eficientes, demandam muitos circuitos eletrônicos, diversos fios e conectores, e, de acordo com Bezerra Jr (2012), este tipo de equipamento costuma ser caro e associado a materiais de laboratório vendidos por empresas do ramo, sendo assim, muitas escolas brasileiras não teriam condições de adquiri-los. Os *fotogates* atuais, de modelos disponibilizados por marcas como, por exemplo, a *Pasco*, podem ser conectados a um computador, mas, mesmo assim, ainda exigem uma quantidade de fios e sensores que demandam um certo trabalho manual e numa pequena quantidade de pontos experimentais.



Figura 1 - *Photogate Module* (ET-45) da empresa Pasco

3.2.2 VÍDEOANÁLISE PELO MÉTODO MULTI-BURST

Segundo Corveloni (2009), um método de vídeoanálise usando câmeras fotográficas consiste em utilizar câmeras digitais com a função *multi-burst*, quando se tira diversas fotos em curto espaço de tempo.

No trabalho de Corveloni (2009), para encontrar o valor da aceleração da gravidade, confeccionou-se um eletroímã com uma fonte ajustável e, no momento de seu desligamento, a câmera é acionada para a captura de imagens. Para tirar as fotos é necessário alinhar uma barra vertical com marcações alternadas entre branco e preto, com dez centímetros cada. Após as fotos serem tiradas, utilizando um simples editor de imagem, como o *Microsoft Paint*, faz-se uma ampliação para se saber quantos pixels cabem dentro de cada intervalo de dez centímetros e quantos centímetros equivalem a um pixel.

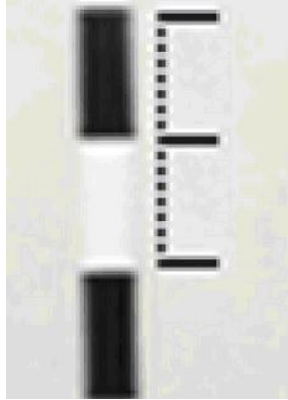


Figura 2 - Comparação *pixel*/centímetro. - Corveloni (2009)

Após essas etapas, utilizando equações e cálculos, obtém-se o valor da aceleração da gravidade. Movimentos mais elaborados, contudo, podem apresentar dificuldades no que tange a organizar atividades em sala de aula mediadas por esta técnica.

3.2.3 ESTROBOSCOPIA

Segundo Rosa (2004) a estroboscopia consiste em utilizar um aparelho que emita luz com breves clarões periódicos para observar um fenômeno muito rápido, registrando suas posições sucessivas como se o corpo estivesse em repouso ou muito lento.

Para a realização desse método, de acordo com Barbeta (2001), utiliza-se uma câmera fotográfica e um estroboscópio para a elaboração de fotografias de exposição múltipla que possibilitariam extrair posições ocupadas por um objeto.

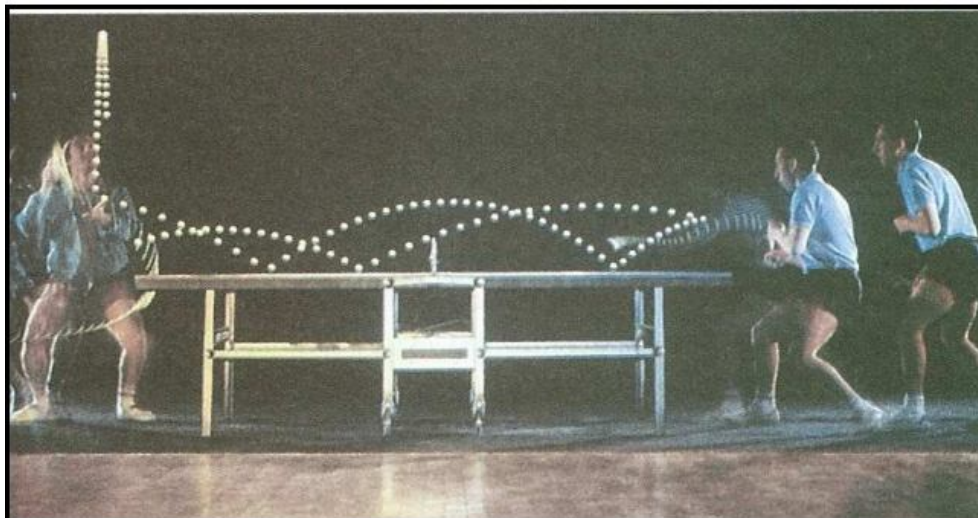


Figura 3 - Fotografia estroboscópica do movimento de uma bola – Sampaio e Calçada (2005)

De acordo com Dias (2009), o estroboscópio tem várias aplicações no ensino de Física e as fotografias revelam aspectos qualitativos do movimento dos corpos, ou de um sistema de corpos e podem ser utilizadas em estudos quantitativos. Estroboscópios são, em geral equipamentos caros e, neste sentido, pouco convenientes para escolas com poucos recursos.

4. O SOFTWARE TRACKER

4.1. TRACKER

O *Tracker* é um *software* gratuito, de código aberto e em constante desenvolvimento pela parceria entre a equipe comandada pelo professor aposentado Douglas Brown, do Cabrillo College, situado na cidade de Santa Cruz, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos e pelo Open Source Physics⁵, que é um projeto financiado pela National Science Foundation e pelo Davidson College, que tem como objetivo difundir o uso de ferramentas e bibliotecas de código aberto para o ensino de Física, baseadas em modelagem pelo uso do computador. Sua biblioteca está na linguagem de programação *Java*⁶ e seu licenciamento em General Public License⁷ (GNU), que garante licenças para *softwares* livres, oferecendo aos seus usuários a liberdade necessária para usar, editar e compartilhar programas de computador sob sua licença.

O *software Tracker* permite realizar a análise de vídeos, ou videoanálise, quadro a quadro, com a vantagem de não exigir um grande número de cabos e circuitos eletrônicos além de poder fornecer uma quantidade maior de dados. Pode rastrear objetos fornecendo a posição, velocidade e aceleração sobrepondo gráficos e filtros de efeitos especiais, pontos de calibração, quadros de referência, perfis de linha para análise dos padrões de espectros e interferência, e modelos de partículas dinâmicas.

O *Tracker* é baseado em plataforma *Java*, que permite desenvolver aplicativos usando uma máquina virtual própria, permitindo com que os programas que utilizem essa plataforma possam ser utilizados em praticamente qualquer sistema operacional. Sendo construído nessa plataforma, o *Tracker*, exige que o sistema operacional tenha a máquina virtual *Java* instalada. Sendo de código aberto pode, ser modificado por todos aqueles que têm interesse em melhorá-lo atualizando possíveis erros ou acrescentando novas ferramentas.

O programa *Tracker* pode ser baixado gratuitamente da *internet* diretamente na página do Cabrillo College⁸ ou da página de nosso grupo de pesquisa na Universidade

⁵ <http://www.compadre.org/osp/>

⁶ <http://www.oracle.com/technetwork/java/index.html>

⁷ <https://www.gnu.org/>

⁸ <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/Tracker/>

Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)⁹. Para facilitar o uso, equipes de vários países o traduziram para sua língua vernácula sendo que, no Brasil, fomos pioneiros nessa tarefa, por conta da importância de criarmos facilidades para o uso do software em ambiente escolar brasileiro. Neste sentido, entendemos que a versão em português do Brasil é um passo significativo para a difusão do uso do *Tracker* em nosso país (OLIVEIRA, 2009).

Segundo Bezerra Jr (2012, p. 2),

“o programa *Tracker* permite realizar análise de vídeos quadro a quadro, graças ao que é possível o estudo de diversos tipos de movimento a partir de filmes feitos com câmaras digitais ou webcams de computadores comuns e telefones celulares”.

O *Tracker* pode cumprir várias funções no processo de ensino aprendizagem, permitindo que os alunos acompanhem a evolução de grandezas físicas em tempo real, existindo a possibilidade de não estarem limitados a roteiros rigorosamente limitados e estruturados, permitindo a coleta de dados e a construção de gráficos a partir de dados observados (BEZERRA JR, 2012).

4.2. POR QUE USAR O TRACKER

Conforme já abordado anteriormente, entendemos que as aulas de laboratório baseadas na experimentação auxiliam na aquisição de novos conhecimentos por parte dos estudantes e servem como valioso recurso no ensino de Física. Portanto, mesmo em lugares com poucos recursos, é importante encontrar alternativas para ir além do sistema tradicional com o uso do quadro e giz. Neste sentido, Calloni (2010), ainda destaca:

“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.”

⁹ <http://dafis.ct.utfpr.edu.br/Tracker/>

De acordo com Bezerra Jr (2011) deve-se ainda considerar o pequeno número de aulas semanais de Física nas escolas, juntamente com a inexistência ou sucateamento de laboratórios de ciências. Portanto, o desenvolvimento e inserção de novas tecnologias educacionais podem ser de grande importância para melhorar o ensino de ciências, em especial da Física. É nessa perspectiva que os recursos computacionais despontam como suporte ao laboratório e como instrumento para a modelagem científica (Veit, 2005). É sob esse ponto de vista e a partir dessas reflexões que surge a ideia de utilizar o *Tracker* como TIC mediadora de aulas de laboratório de Física, tendo em vista os objetivos do trabalho aqui exposto. Cabe ainda notar que nosso grupo de pesquisa tem se empenhado em utilizar a videoanálise com o *Tracker* enquanto ferramenta para inserção de atividades experimentais nas aulas de Física. Este trabalho coletivo tem sido apresentado em diversos artigos, cursos e materiais de divulgação produzidos (LENZ et al, 2014; BEZERRA JR et al, 2014, 2013a, 2013b, 2012a; 2012b, 2012c, 2011; OLIVEIRA et al, 2011a, 2011b, 2010a, 2010b, 2009; Saavedra et al, 2013; *TRACKER BRASIL*, 2014).

4.3. FUNCIONAMENTO DO TRACKER

A ideia básica em relação ao uso do *Tracker* está em realizar filmagens de movimentos usando câmeras digitais. Esses movimentos, por sua vez, estando associados a alguma atividade experimental como, por exemplo, a queda de uma bolinha na sala de aula. Em princípio, o *Tracker* processa a maior parte dos tipos existentes de vídeo (wmv, avi, mp4, mov, entre outros), mas é interessante que se evite converter vídeos gravados em seu formato original para outros formatos, a fim de que não seja alterada a ordem temporal dos dados, a não ser que seja realmente necessário. Além disso, sugere-se que estes vídeos sejam curtos, para não sobrecarregar muito o computador pois, ao processar o vídeo quadro a quadro, são exigidos muitos recursos da memória RAM.

O *Tracker* tem a vantagem de não exigir computadores caros e de configuração avançada para funcionar. Oliveira et al (2009) investigaram o uso do *Tracker* em diversas configurações de computadores e concluíram que as configurações mínimas que as máquinas devem ter para o funcionamento do programa são:

- 64 MB de memória RAM;
- Placa de vídeo integrada 8 MB;
- Pode ser utilizado por boa parte dos sistemas operacionais mais populares atualmente

Isto significa que o *Tracker* pode ser utilizado mesmo com computadores de baixo desempenho, inclusive máquinas consideradas “ultrapassadas”. Desta forma, seria possível montar “laboratórios de experimentação” baseados no *Tracker* associado a estes computadores que, em geral, não seriam utilizados para outras finalidades. Esta seria uma alternativa para levar atividades de laboratório para escolas que dispõem de poucos recursos.

Na página do *Tracker*, no site da Cabrillo College, é possível baixar todas as versões disponíveis, desde a 3.00, para os sistemas operacionais *Linux*, *Windows*, e *Mac OSX*, além da possibilidade de baixar um arquivo autoexecutável, em plataforma *Java*, presente em praticamente todas as versões, que pode ser aberto sem a necessidade de instalação, podendo rodar em qualquer sistema operacional que tenha a máquina virtual *Java* instalada.

Para seu funcionamento, o *Tracker* exige a instalação, além da plataforma *Java*, de outros dois programas que servirão de ferramenta para a abertura do programa e execução dos vídeos. Estes programas são o *Xuggle* e o *QuickTime*.

Para checar se o funcionamento ocorrerá sem problemas, primeiramente o usuário deve clicar na função ajuda e posteriormente em diagnóstico e checar se o *Tracker* reconhece a atualização das três ferramentas necessárias, o *Xuggle*, *QuickTime* e o *Java*. Após essa checagem, o usuário está livre para executar o programa e analisar livremente vídeos. O projeto aqui relatado baseou-se na versão 4.72, mas as versões mais novas já não pedem mais esses complementos, o que torna o procedimento de instalação ainda mais simples.

Um experimento padrão mediado pela utilização do *Tracker* consiste em gravar um vídeo de algum movimento de interesse que, obrigatoriamente, deve conter uma referência de medida (por exemplo uma régua graduada). Na sequência, o vídeo é gravado em um computador com o software previamente instalado para que seja feita a marcação dos pontos quadro a quadro. O *Tracker* associa aos pontos de posição aqueles referentes ao tempo, ficando, então, disponíveis conjuntos de dados (*x versus*

t) que podem ser analisados com o próprio *Tracker* ou por meio de um programa de planilhas eletrônicas.

4.3.1. TELA INICIAL DO TRACKER E COMANDOS BÁSICOS

Instalado, o programa será inicializado com a aparência conforme é possível ver na figura abaixo (Figura 4):

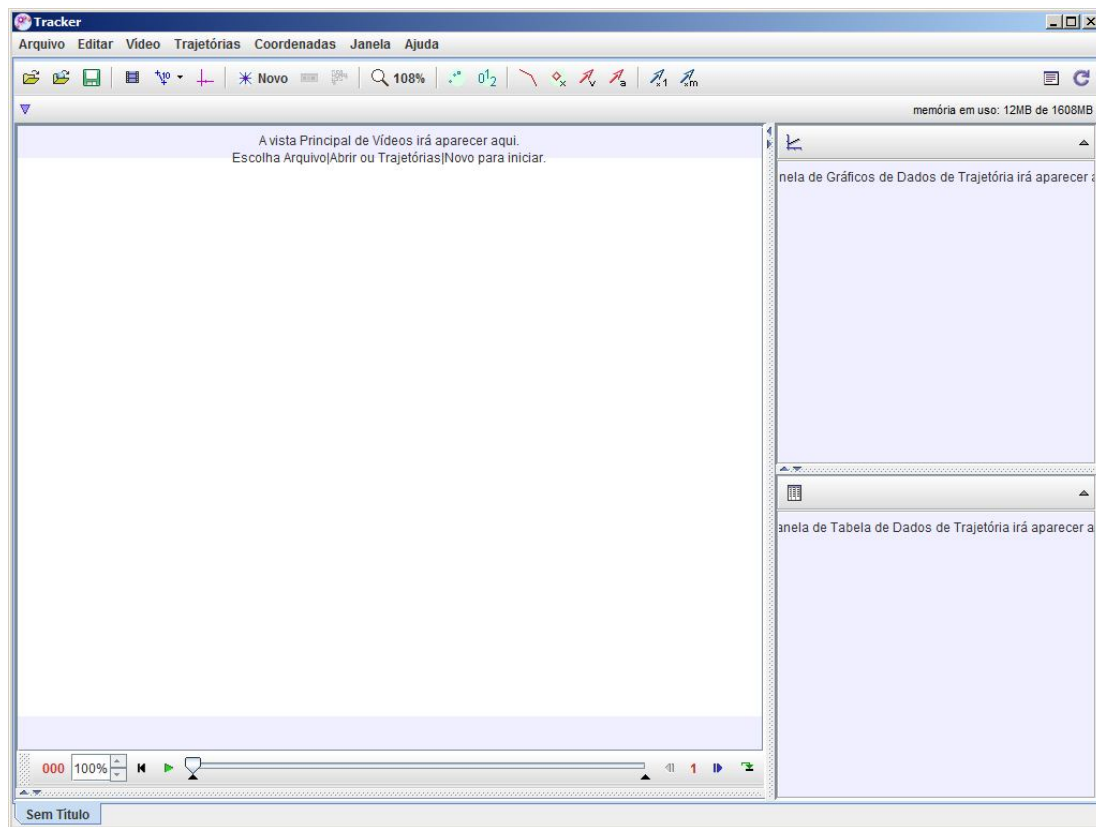


Figura 4 - Tela inicial do *Tracker* versão 4.72.

A tela inicial do programa, como mostrada na figura acima, apresenta na parte superior os seguintes elementos:

- Barra de Título;
- Barra de Menu;
- Barra de Ferramentas Padrão;
- Janela principal;
- Visualizador de Gráficos;
- Visualizador de Tabelas.

A barra de título tem o desenho como mostrado na figura abaixo e serve apenas para identificar o programa.

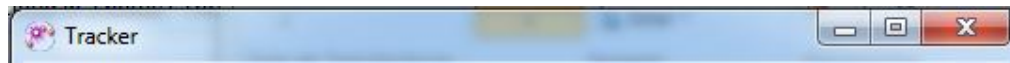


Figura 5 – Barra de títulos do *Tracker*, versão 4.72.

A barra de menus permite abrir as opções principais dos menus. Na figura, a seguir, podemos enxergar seis opções disponíveis. Algumas opções podem ser executadas por comandos no teclado.

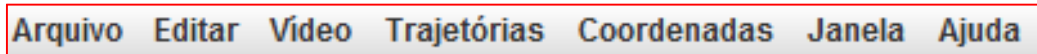


Figura 6 – Barra de títulos do *Tracker*, versão 4.72.

ARQUIVO

A opção arquivo permite criar um novo ambiente para uma vídeoanálise, abrir um vídeo já existente no computador do usuário ou importar um vídeo de páginas da internet. Permite também acessar a biblioteca de experimentos que vem junto do programa para instalar quando baixado da internet. A versão auto executável não tem acesso à biblioteca de experimentos que também pode ser acessada na página dos desenvolvedores.

É nessa opção que estão os comandos utilizados para importar vídeos para serem analisados e exportar. Isto permite delimitar o conteúdo do *Tracker* a ser salvo como, por exemplo, somente os vídeos ou somente os gráficos.

Também é possível salvar e fechar as vídeoanálises abertas, imprimir, ver as propriedades dos vídeos - que são detalhes que podem ser inseridos sobre o vídeo - e a acessar a opção sair. Na tabela abaixo estão os atalhos que podem ser acessados pelo teclado.

Arquivo	
Novo	Ctrl + N
Abrir	Ctrl + O
Salvar	Ctrl + S
Importar vídeo	Ctrl + I
Imprimir	Ctrl + P
Sair	Ctrl + Q

Quadro 1 – Atalhos da opção arquivo do *Tracker*, versão 4.72.

EDITAR

Permite alterar o idioma padrão, preferências de configuração e de vídeo, copiar dados e objetos, apagar elementos do programa como bastão de medição e ponto de massa e tamanho da tela.

Editar	
Desfazer	Ctrl + Z
Refazer	Ctrl + Y
Colar	Ctrl + V

Quadro 2 – Atalhos da opção editar do *Tracker*, versão 4.72.

VÍDEO

Permite substituir o vídeo trabalhado, ocultá-lo, ou executá-lo em câmera lenta.

TRAJETÓRIAS

Permite controlar, exibir ou ocultar as ferramentas do programa que aparecem no vídeo. Essa opção é útil quando o movimento estudado acaba cruzando com o bastão de medição, por exemplo.

COORDENADAS

Oferece opções sobre as unidades de medida utilizadas pelo programa.

JANELA

Apresenta opções de inserir notas e ocultar as janelas de gráfico e tabelas.

AJUDA

Mostra as informações do programa, se os programas auxiliares, como o *Xuggle*, estão corretamente instalados, além de oferecer ajuda em eventuais dúvidas sobre o programa.

Ajuda	
Ajuda	Ctrl + H
Registro de Mensagens	Ctrl + L

Quadro 3 – Atalhos da opção ajuda do *Tracker*, versão 4.72.

BARRA DE FERRAMENTAS PADRÃO

Nessa barra estão presentes os comandos mais utilizados do *Tracker*, conforme mostrado na figura abaixo.



Figura 7 – Barra de ferramentas do *Tracker*, versão 4.72.

Essa barra apresenta as opções de abrir arquivo do *Tracker* e biblioteca de experimentos, salvar, delimitar os quadros de início e fim do vídeo, inserir ferramenta de medição, eixo de coordenadas, nova trajetória, exibir ou ocultar controle de trajetória, mostrar o *auto Tracker* (a marcação automática dos pontos), nível de aproximação do vídeo, traços e etiquetas de marcação e exibição dos vetores.

JANELA PRINCIPAL

Pode-se observar, a partir da janela principal, o vídeo a ser trabalhado. Como pode ser visto na parte de baixo da Figura 8, abaixo, a tela é composta na sua parte inferior de um marcador dos quadros, que aparece em vermelho, um medidor percentual da velocidade do vídeo, um botão que volta ao quadro demarcado como inicial, tecla play, delimitador de quadros e uma opção em que é possível decidir quantos quadros se pretende avançar em cada marcação do ponto de massa, que representa o objeto em cada quadro do vídeo.

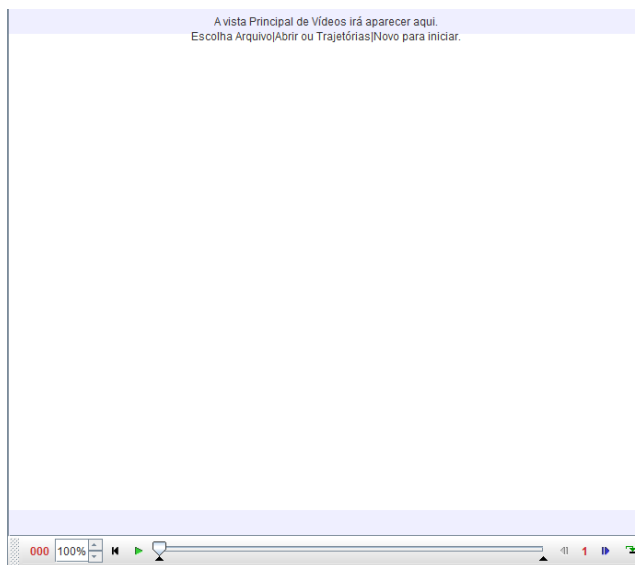


Figura 8 – janela principal do *Tracker*, versão 4.72.

VISUALIZADOR DE GRÁFICOS

O visualizador mostra instantaneamente um gráfico do vídeo que está sendo trabalhado pelo *Tracker*. É possível escolher as grandezas que serão exibidas (Figura 9).

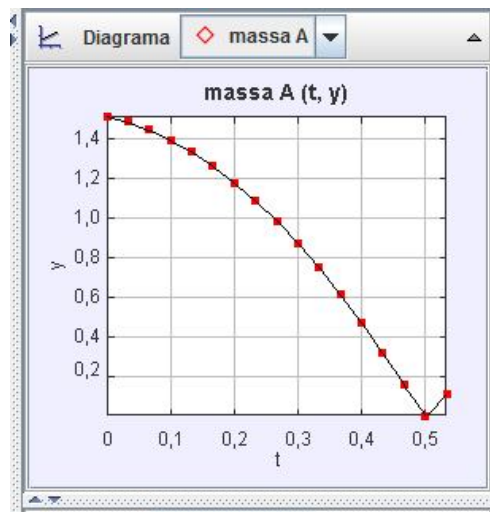


Figura 9 – Visualizador de gráficos do *Tracker*, versão 4.72.

VISUALIZADOR DE TABELAS

No visualizador de Tabelas (Figura 10), são exibidos os dados numéricos coletados na marcação dos pontos durante a vídeoanálise. Por definição padrão, são mostrados apenas o tempo e a posição (eixo vertical y), mas existe a opção de se escolher quais grandezas serão mostradas.

The screenshot shows a window titled 'Dados' with a dropdown menu set to 'massa A'. Below the title bar is a table with two columns: 't' and 'y'. The table contains 16 rows of data, showing a decreasing trend in 'y' as 't' increases.

t	y
0	1,513
0,033	1,484
0,067	1,442
0,1	1,392
0,133	1,333
0,167	1,261
0,2	1,178
0,233	1,088
0,267	0,985
0,3	0,872
0,333	0,75
0,367	0,616
0,4	0,473
0,433	0,322
0,467	0,162

Figura 10 – Exemplo de visualizador de tabelas do *Tracker*, versão 4.72.

Clicando com o botão direito do mouse sobre a tabela ou o gráfico será aberta uma janela de opções que permite coletar (copiar) valores ou analisá-los no próprio ambiente do *Tracker*.

Também existe a opção do *autoTracker*, em que os pontos quadro a quadro são marcados automaticamente. Essa ferramenta não foi utilizada neste projeto porque não demonstrou ser de valia em nossos testes preliminares. Entendemos que o processo de marcação ponto a ponto (quadro a quadro) do movimento, em que os estudantes podem acompanhar os detalhes do movimento, incluindo as dificuldades experimentais daí decorrentes, seja importante no processo de experimentação proposto nas aulas.

4.3.2. GRAVAÇÃO DE VÍDEO E OS PROCEDIMENTOS COM O TRACKER

Para a gravação de vídeo é importante a escolha um de um local bem iluminado, preferencialmente por luz natural, pois, segundo Yamamoto (2002, p. 162), a frequência de abertura do obturador da câmera, que capta em média trinta quadros por segundo (dado característico de muitas das câmeras digitais disponíveis no mercado) e a frequência das lâmpadas fluorescentes, que é de sessenta hertz produzem

o fenômeno de batimento de ondas que gerará borrões na tela. Outro aspecto a ser considerado é que o objeto a ser filmado deverá ser de uma cor que contraste bastante com a cor de fundo. A câmera deve ser posicionada de frente ao local de gravação do vídeo para evitar erros de paralaxe.

No local onde ocorrerá o evento a ser filmado deverá ser colocado algum instrumento de medida, como uma régua, por exemplo, para informar ao *Tracker* uma referência numérica de escala para o processamento de dados, como pode ser verificado na Figura 11.

Com o vídeo pronto, o usuário deverá importá-lo para o programa, por meio do caminho *Arquivo – Importar*. O próximo passo é delimitar em qual quadro o movimento analisado se inicia, por meio da opção *Ajustes de Corte de Vídeo*, ou na parte inferior da janela principal, abaixo da barra de rolagem do vídeo.

O terceiro passo é inserir um eixo de coordenadas cartesianas, que funciona como orientação espacial para o programa. A seguir, utilizando o comando do bastão de medição, deve-se marcar a régua, informando sua medida quantitativa. No fim, devem-se inserir quantos “pontos de massa” (que representam os objetos filmados a cada quadro) forem necessários para o experimento.

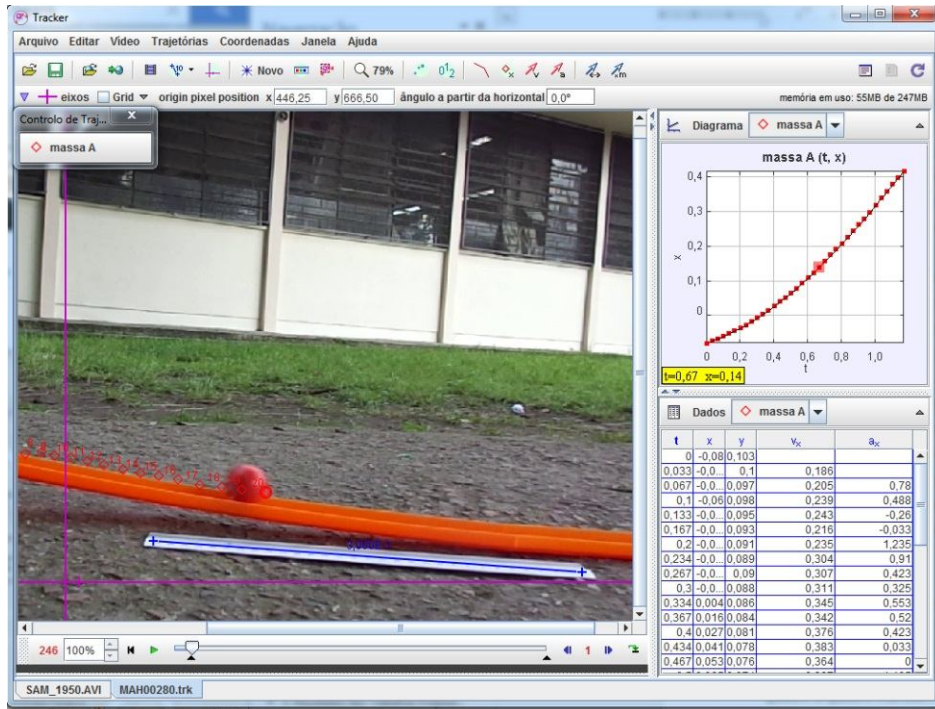


Figura 11 - *Tracker* em um vídeo já com bastão de medição (em azul, na parte central e abaixo na figura), eixo de coordenadas (em rosa, demarcando as coordenadas x e y), e delimitação do vídeo (triângulos verticais pretos na parte de baixo, à direita da tecla play, de cor verde).

Para começar a analisar o vídeo, existem duas opções: marcação dos pontos quadro a quadro, manualmente, ou por meio do *autoTracker*.

Pressionando a tecla *Shift*, o cursor do *mouse* irá se modificar, assumindo a forma de um quadrado com uma marcação de seu centro, lembrando uma mira. Mantendo essa tecla pressionada, o usuário deverá escolher um ponto no objeto de estudo e tomar cuidado para marcar sempre esse mesmo ponto a medida que forem avançando os quadros. Este é o processo que mais demanda tempo e atenção por parte do usuário.

Pressionando *Ctrl + Shift*, é selecionada a opção do *autoTracker*, que faz as marcações automaticamente. Mas essa opção nem sempre aponta resultados corretamente, segundo dados obtidos em nossos estudos preliminares.

Do lado direito da tela, simultaneamente, serão apresentados um gráfico no Visualizador de Gráfico e uma tabela no Visualizador de Tabelas (Vide Figura 11, à direita).

4.3.3. MANUAIS DE USO

Com o intuito de facilitar e difundir o uso do *Tracker*, diversos manuais de uso foram elaborados durante a realização deste trabalho. Trata-se de manuais em que se ensina, passo a passo, desde a filmagem, passando pela transferência do arquivo ao computador, até a abertura do programa e a marcação dos pontos, culminando nos gráficos e tabelas do movimento a ser analisado. Estes manuais foram utilizados nas aulas e em cursos específicos sobre o *Tracker*, assunto que será abordado nos próximos capítulos. Os manuais estão disponíveis nos anexos desta dissertação.

5. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO DIDÁTICA NO COLÉGIO E DIVULGAÇÃO DO TRACKER

5.1. A ESCOLA

O trabalho foi realizado no Colégio Estadual Alfredo Parodi - EFM localizado na região leste de Curitiba, fundada em 1953, que tem aproximadamente 1200 alunos matriculados em 24 turmas do Ensino Fundamental e 11 turmas de Ensino Médio. O autor do presente trabalho é professor neste estabelecimento há doze anos, tendo assumido as aulas em definitivo por meio de concurso público em 2005 e lecionando as disciplinas de Física e Matemática.

A história do colégio começa em 1953 com o “Lar das Crianças” cujo objetivo era resgatar de situações de risco social crianças órfãs e marginalizadas. Somente em 1973 que a então escola assume o nome Alfredo Parodi, tornando-se colégio em 1992, quando passa a oferecer o Ensino Médio Regular.

Nas imagens abaixo podemos conferir uma foto da fachada da escola e a foto de uma sala de aula.



Figura 12 – Foto do Colégio Alfredo Parodi.



Figura 13 – Uma das salas de aula das turmas do Ensino Médio

5.2. GRUPO DE ESTUDO EXTRA-CLASSE COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

No início do segundo semestre de 2012 foi formado um grupo de estudos, a partir de discussão realizada com equipe pedagógica e outros professores do colégio. Assim, foi feita a escolha de dez alunos dos primeiros e segundos anos do Ensino Médio, com o intuito de iniciar as atividades utilizando o *Tracker*, além de tratar de outros temas de eles tivessem interesse. Esta ideia de um grupo de estudos foi concebida para iniciar os trabalhos, dado que a instalação do *Tacker* na escola estava demorando. Da maneira como o laboratório de informática é administrado, para que um novo programa seja instalado, faz-se necessário solicitar a instalação à Coordenação Regional de Tecnologia Educacional de Curitiba (CRTE). Tal solicitação foi feita no dia 15/07/2011 mas o programa não foi instalado em tempo hábil para que fosse possível iniciar os trabalhos em sala de aula regular. Por isso, decidimos estabelecer o grupo de estudos extra-classe.

Os encontros se realizavam sempre duas vezes por semana, nas segundas e quartas-feiras, durante um tempo que oficialmente deveria ser de 50 minutos, mas raramente os encontros duravam menos que duas horas, pois o grupo se envolvia com muito interesse nas atividades.

Para tornar os encontros mais atraentes aos estudantes e estimular o interesse da participação do grupo, além das atividades com o *Tracker* eram comentados outros temas que os alunos sugerissem ou achassem interessantes. Discutimos assuntos como, por exemplo, a possibilidade de alguém ter superpoderes, como nas histórias em quadrinhos; diversidade e diferença de culturas, e outras discussões interdisciplinares, envolvendo outras disciplinas. Também discutimos em detalhes o processo da instalação do *Tracker* na escola e os problemas associados, como forma de despertar a consciência crítica dos estudantes para com a escola onde estão inseridos.

Após o primeiro mês de formação do grupo, passamos a focar apenas no uso do *Tracker*, por iniciativa dos próprios alunos do grupo. Naquela ocasião, apenas dois computadores estavam disponíveis para as atividades e, assim, como eram poucos alunos, seria mais fácil iniciar os trabalhos e coletar dados para dar início ao uso do *Tracker* na escola.

5.2.1. RELATANDO AS ATIVIDADES REALIZADAS

A primeira atividade foi realizada no laboratório de informática, com o foco em divulgar a nova ferramenta para os alunos e ensiná-los como utilizar o *Tracker*, preparando o grupo para os experimentos. Foi uma aula relativamente rápida, durando cerca de 50 minutos. Para essa primeira ocasião, foi escolhido como experimento de estreia a medição da velocidade média de um carrinho movido a fricção. Na figura 14, aparece um detalhe do *Tracker* quando usado nesta atividade.

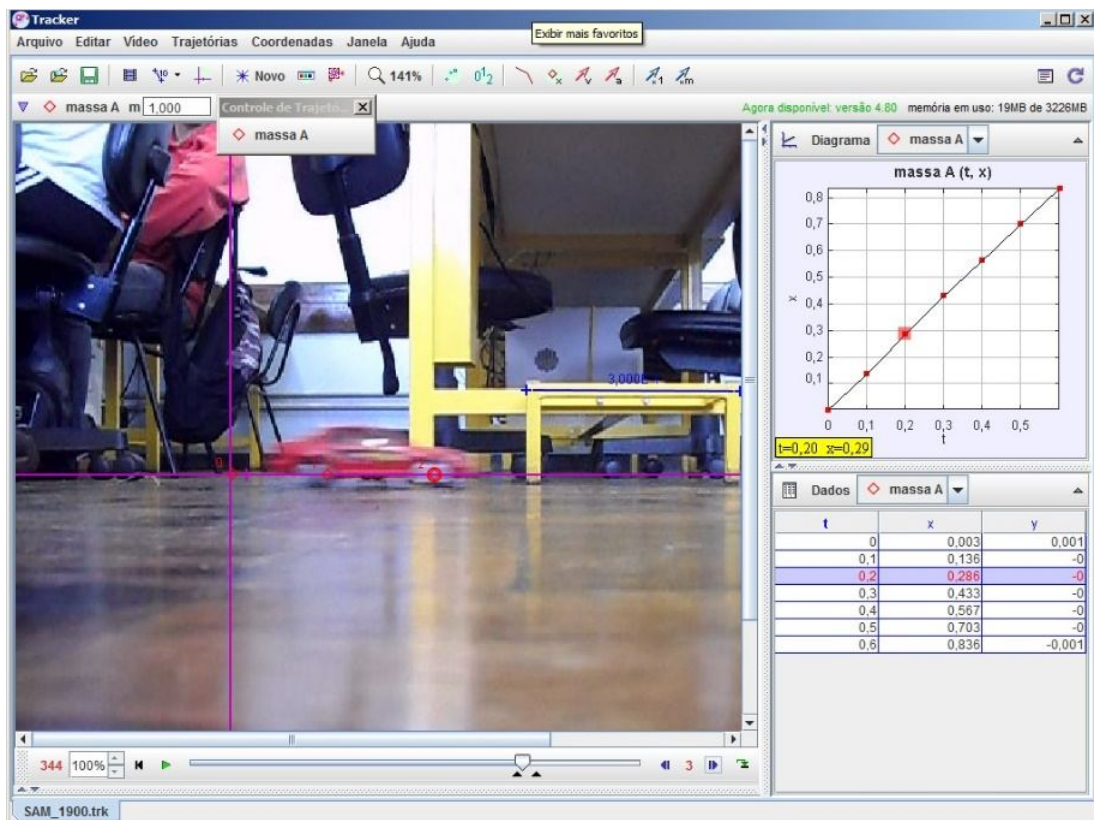


Figura 14 -Experimento medindo a velocidade média (no centro da imagem, nota-se o carrinho filmado e, à direita, observa-se o gráfico x versus t , conforme obtido com o *Tracker*). Fonte própria.

Nesse primeiro dia, ocorreu apenas a gravação do vídeo - com a participação dos alunos - a sua inserção no *Tracker* e a respectiva marcação dos pontos para mostrar o funcionamento básico do programa. Para esse procedimento foi utilizado um projetor de vídeo, de modo que os estudantes pudessem acompanhar o professor realizando as marcações com o *Tracker*.

No fim, ocorreu uma discussão sobre a qualidade da imagem, os dados coletados, o que os gráficos estavam representando e qual a razão de seu formato, que lembrava uma linha reta, característica de um movimento retilíneo uniforme.

Nesse momento, os alunos fizeram diversas colocações, das quais vale destacar:

“O gráfico é uma linha reta porque mostra que a velocidade é constante.” (J, 15 anos – 1.º ano)

“Isso lembra a função afim da matemática.” (J e V, ambos com 15 anos – 1.º ano)

Partindo da afirmação de J., nesse encontro foi feita uma ligação interessante com conteúdos de matemática que os alunos do primeiro ano tinham aprendido naquela disciplina. Neste momento, todos consideraram fácil realizar a marcação dos pontos.

Posteriormente, foi adicionado mais um gráfico à tela (vide Figura 15, à direita, no meio), da velocidade em função do tempo. Foi perguntado o que eles tinham notado que lhes chamasse a atenção. Em princípio, todos ficaram em silêncio até que um deles disse:

“Não era para ser uma reta?” (R, 15 anos – 1.º ano)

Então, por fim foi abordado o conceito de escala para enfatizar que os valores da velocidade tinham uma variação extremamente pequena, que eram décimos de m/s e, colocando o gráfico em um programa de planilhas eletrônicas, foi provado que modificando a escala do eixo das velocidades, a linha tenderia a uma reta paralela ao eixo horizontal, esta representativa de uma velocidade constante. De fato, a curva da velocidade apresentada na figura 15 não se parece com uma reta por conta da escala do gráfico. Neste sentido, foi importante despertar o interesse dos estudantes para o processo de manipulação e tratamento de dados, uma atividade fundamental no processo do pensamento científico.

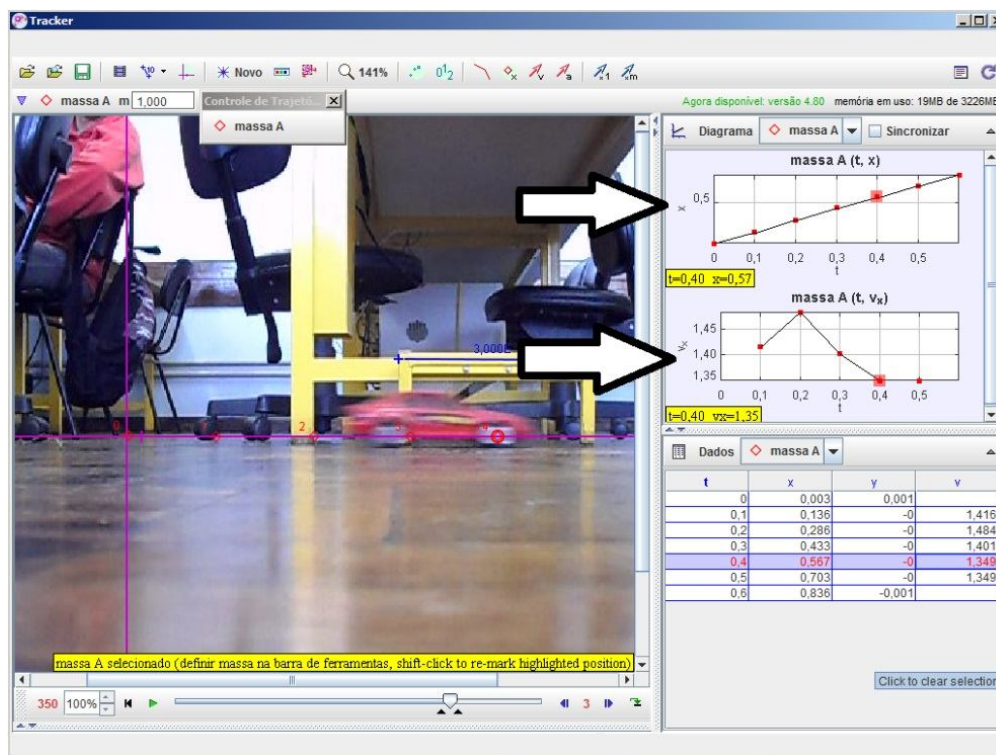


Figura 15 - Mostrando os gráficos das funções das posições e da velocidade em função do tempo. Nesta tela, a velocidade (gráfico do meio) não parece ser constante por causa da escala usada no gráfico.

Na segunda atividade, com seis alunos presentes, foi iniciado o segundo experimento, utilizando uma pista e carrinhos, daqueles comuns de se encontrar em lojas de brinquedos. Essa atividade causou certa euforia, pois seria utilizado como material de estudo algo que fez parte de suas brincadeiras de infância. A intenção do professor também era trabalhar o conceito de velocidade média. Eles se reuniram para montar a pista, achar o melhor lugar para realizar o experimento e para fazer as observações.

Na euforia do momento, todos queriam o carrinho se deslocando em alta velocidade o que, somado ao efeito do batimento com a luz da sala, gerou quadros borrados na hora de analisar o vídeo, dificultando bastante a marcação dos pontos com o *Tracker*.

Durante o terceiro dia, foi proposta uma atividade para estudar queda livre. Cronômetros, de mesma marca e modelo, foram distribuídos aos seis alunos presentes para que medissem o tempo de queda de uma bola a partir de duas alturas diferentes: dois metros e dois metros e meio.

Utilizando trena, foram feitas marcações na parede, e a bola foi abandonada apenas uma vez da altura de dois metros. Após esse procedimento, os alunos foram

questionados se foi fácil fazer as marcações. Todos disseram que foi fácil marcar, pois era apenas acionar o cronômetro após a contagem regressiva e apertar o botão para parar o tempo quando a bola batesse no chão.

Os tempos encontrados foram os seguintes:

	tempo (s)
Aluno 1	0,22
Aluno 2	0,41
Aluno 3	0,18
Aluno 4	0,34
Aluno 5	0,43
Aluno 6	0,38

Quadro 4 -Mostrando os tempos encontrados pelos alunos na medição da queda de 2m.

Após a medição, foi questionado se o tempo de queda medido deveria ser o mesmo para todos e a resposta geral foi que sim. Após esse questionamento, foi feita uma comparação dos tempos dos seis alunos, descritos na tabela 5 acima. O grupo notou que os tempos encontrados foram, de fato, diferentes.

Num momento posterior, ocorreu o seguinte diálogo:

Professor: "Se a altura era a mesma, por que o tempo de todos deu um valor diferente?"

Aluno V: "Porque é muito rápido e fica difícil de marcar."

Aluno J: "Se deixasse uma altura maior, não seria mais fácil?"

Professor: "Mas, além de ser difícil marcar por ser rápido, quais outros fatores limitam a precisão dos dados coletados?"

Ocorreu um silêncio e os alunos foram deixados com a dúvida e os questionamentos até o próximo encontro, quando foi discutido o assunto precisão de instrumentos e medidas, e erros experimentais.

Nessa última etapa de aplicação do projeto com os alunos do grupo extra-classe, todos já sabiam utilizar o *Tracker* e já sabiam também que o valor da aceleração da gravidade era constante e igual a $9,81 \text{ m/s}^2$. Então, o professor solicitou que fosse realizada a mesma experiência que havia sido feita com os cronômetros operados manualmente, mas, desta vez, com o *Tracker*.

Foi feita a gravação dos primeiros vídeos dentro do laboratório de informática. Na hora de fazer a marcação dos pontos, ocorreu uma dificuldade em razão da imagem do objeto ficar borrada em alguns quadros (efeito de batimento já explicado anteriormente).

Foi sugerido que eles variassem os locais e o grupo chegou a um consenso que do lado de fora, usando luz natural, era muito melhor para realizar o experimento. Um aluno disse o seguinte:

Aluno R: "Gravando do lado de fora pegando sol faz a imagem ficar bem mais limpa."

Na imagem abaixo (Figura 16) está um dos integrantes do grupo na filmagem em que foi obtido o valor de g com menor erro. O valor encontrado foi $10,39 \text{ m/s}^2$, portanto, um erro de aproximadamente 6%.

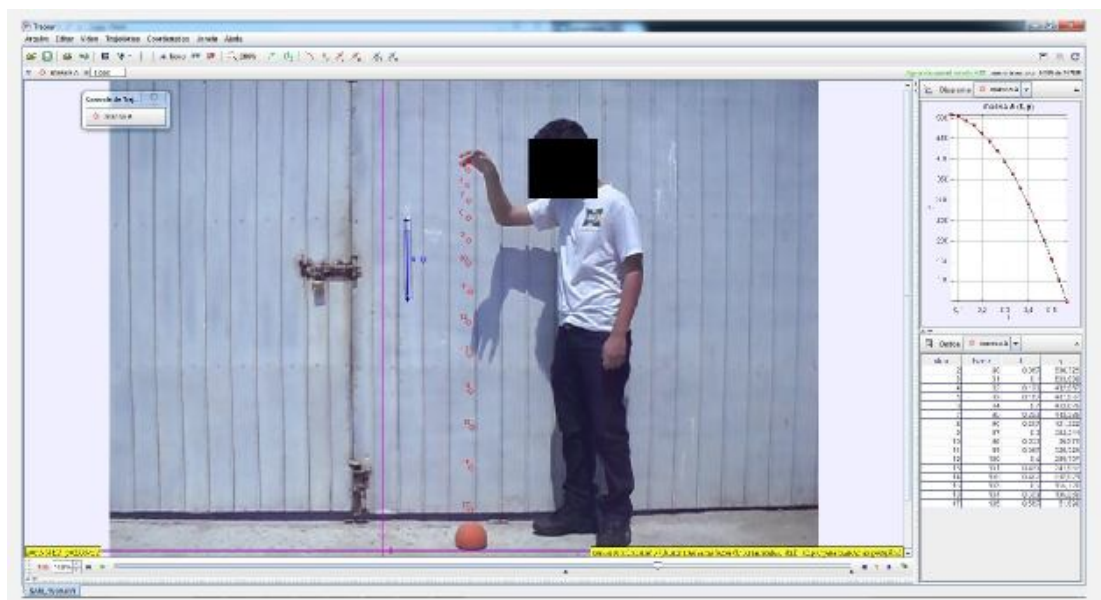


Figura 16 – Detalhe do vídeo filmado no pátio da escola pelo grupo de alunos e sendo analisado com o *Tracker*.

Nestas atividades, demonstramos a possibilidade de ensinar o uso do *Tracker* em poucas aulas e notamos que os estudantes, após uma aula de 50 minutos, foram capazes de realizar experimentos simples com o programa. Além disso, as atividades de experimentação propostas proporcionaram importantes momentos de discussão e

de reflexão que, segundo os estudantes, despertaram seu interesse pelo estudo da Física.

5.3. ALUNOS DAS TURMAS DO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO

Estes trabalhos foram realizados no ano de 2012, e envolveram 131 alunos, divididos em cinco turmas regulares do 1.º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Alfredo Parodi – EFM, em Curitiba, Paraná.

Essas turmas contam com alunos em condições socioeconômicas bem diversificadas, principalmente se forem comparados os turnos noturno e diurno. No período matutino, as turmas tinham em média 29 alunos, a maior parte deles com idades variando entre 14 e 17 anos, e a grande maioria não trabalhava. No período noturno, com duas turmas com média de 21 alunos e faixa etária bem ampla, que variava entre 14 e 31 anos, sendo que boa parte exercia alguma atividade remunerada, influenciando pesadamente no índice de faltas.

5.3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Antes de se iniciar a pesquisa, foi realizada uma conversa com a direção e a equipe pedagógica em que foi abordado como seria realizado o trabalho com os alunos e foi exposta a necessidade de se utilizar o laboratório de informática, por um tempo, de forma exclusiva. A escola não se opôs e apoiou a proposta. Mesmo assim, foi feito também um acordo com outros professores com relação às datas de uso do laboratório de informática, para que todos pudessem usufruir dos computadores, sem onerar o trabalho de ninguém, e sem prejudicar a aplicação deste projeto de mestrado profissional.

Para este trabalho, optamos por abordar o conteúdo de queda livre. Foram elaboradas aulas com enfoque interdisciplinar, abordando conteúdos de filosofia e história, sobre Antiguidade Clássica, sobre a física de Aristóteles e o Renascimento. Também discutimos a respeito do método científico, inspirados pelos trabalhos de Galileu. A ideia era despertar reflexões sobre os experimentos, pois, segundo Geraldo

(2009), um trabalho assim contextualizado possibilita a aplicação da interdisciplinaridade, além de despertar uma visão mais abrangente do processo científico. Nossa ideia era a de introduzir atividades experimentais nas aulas de Física, incluindo elementos de experimentação, utilizando a videoanálise mediada pelo *Tracker*.

Os trabalhos em sala de aula foram planejados de acordo com conteúdos programados para o 1.º ano do Ensino Médio e tendo como apoio o livro didático adotado no último Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), Física em Contextos, volume um, de Maurício Pietrocolla, editora FTD. O tópico escolhido, queda livre, encaixa-se no conteúdo estruturante de Movimento, presente nas Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE), para a disciplina de Física.

Inicialmente, levando-se em consideração o atraso já relatado na instalação do *Tracker*, foi escolhido trabalhar primeiramente a teoria do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado. Os alunos aprenderam o conceito de aceleração, que de acordo com o Diretrizes Curriculares Estaduais de Física, é a variação da velocidade no tempo.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{equação 1})$$

Além disso, também trabalhamos as equações horárias do movimento, a fim de tornar possível a realização de atividades experimentais com o *Tracker*.

5.3.2 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

Inicialmente, todas as equações do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) foram ensinadas aos alunos pelo processo mais comum, que é usando quadro, giz e realização de exercícios teóricos. O conteúdo de queda livre, que foi o escolhido para a aplicação do projeto, foi ensinado logo em seguida e os alunos tiveram conhecimento que o valor da aceleração da gravidade na Terra era aproximadamente de 9,81 m/s².

Após essa etapa, os alunos receberam uma lista de exercícios de modo que todos se preparassem para a prova escrita, cuja nota mínima para ser considerada azul corresponde a 60% da nota total. O desempenho dos alunos se manteve como de costume, conforme pode ser conferido no gráfico abaixo:

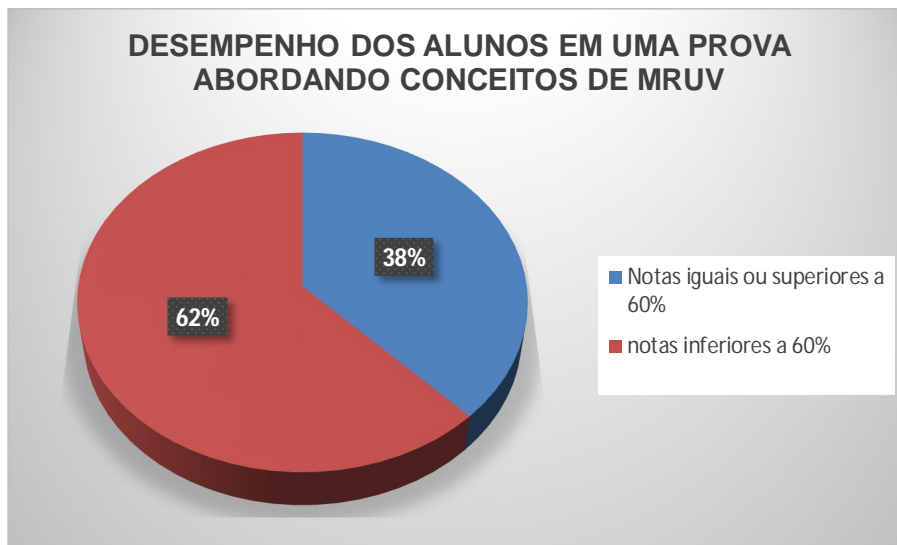


Gráfico 1 – Desempenho de alunos do 1.º ano do Ensino Médio em uma prova de física cobrando conteúdo de MRUV.

Na segunda etapa das atividades, foi realizado um brevíssimo comentário a respeito do Método Científico, e uma breve introdução sobre o processo adotado por Galileu Galilei para encontrar o valor da aceleração da gravidade, baseando-se no que afirma Dias (2011):

“Foi na época de Galileu que se verificou um grande progresso nas ciências, quando foi reconhecido o valor das descrições matemáticas e das previsões. Essa foi uma grande contribuição de Galileu, e por isso, dentre os grandes cientistas da história da humanidade, ele que foi reconhecido como pai da Ciência Moderna, pois demonstrou como descrever matematicamente o movimento de objetos simples. Seus trabalhos abriram caminho não somente para que outros cientistas descrevessem movimentos mais complexos, como os planetários, mas também para iniciar uma revolução intelectual que culminou com o que hoje chamamos de método científico.” (Dias, 2011)

Foi pedido aos alunos que trouxessem cronômetros, que poderiam ser de relógios convencionais ou aparelhos de telefone celular para iniciarem a próxima etapa, que chamaremos de Procedimento 1.

PROCEDIMENTO 1 – EXPERIMENTO COM MEDIÇÃO MANUAL

Esta foi a primeira atividade experimental que os alunos realizaram na disciplina, integralmente feita em sala de aula. Para muitos deles, foi a primeira vez que realizaram um experimento de Física. O procedimento adotado foi o seguinte:

- As turmas foram divididas em equipes de três alunos, sendo que cada grupo deveria passar ao professor o *e-mail* de um dos componentes;
- Uma bola foi abandonada cinco vezes de uma altura de dois metros e cinco vezes de uma altura de dois metros e meio. Utilizando os cronômetros de acionamento manual, as equipes deveriam marcar todos os dados coletados, calcular uma média e, com esse valor, determinar o valor da aceleração da gravidade.
- Os dados deveriam ser anotados para serem utilizados posteriormente no relatório.
- Os valores deveriam ser comparados com o valor da aceleração da gravidade disponível no livro de texto, utilizando uma casa decimal, ou seja, $9,8 \text{ m/s}^2$.

O professor elaborou algumas perguntas a serem discutidas pelos estudantes, para nortear os trabalhos:

1. Um experimento é confiável se for realizado uma única vez?
2. Os mesmos experimentos devem ou não dar um mesmo resultado?
Por quê?
3. É fácil acionar e parar o cronômetro nos exatos instantes em que a bola começa a cair e em que toca o solo?

Juntamente com esses questionamentos, foi apresentado e discutido um material tendo como base o método utilizado por Galileu para o estudo do movimento acelerado (Dias, 2011). Foi destacado que a rapidez com que os objetos caem em

queda livre pode tornar impraticável sua medição manualmente. Como alternativa, Galileu optou por utilizar esferas caindo em planos inclinados, fazendo suas medições de tempo com um relógio de água. Após esse momento, houve uma comparação entre os valores de tempo encontrados para os experimentos de queda livre obtidos na atividade experimental realizada pelos diversos colegas de sala, numa atividade semelhante àquela descrita na seção 5.2.1, quando do trabalho com o grupo extra-classe.

Na terceira etapa do trabalho, o *Tracker* foi apresentado aos alunos, para a realização do que nominamos Procedimento 2. Nesse dia, o laboratório de informática estava indisponível, então, a alternativa foi mostrar o que era o *Tracker* por meio do televisor.

PROCEDIMENTO 2 – EXPERIMENTO COM O TRACKER

O *Tracker* e suas funções básicas foram apresentados enfatizando os itens básicos para sua utilização, o que pode ser resumido de acordo com a Figura 17 abaixo.

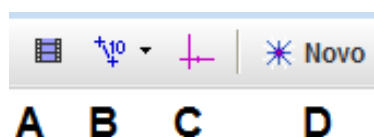


Figura 17 – ícones de comandos do *Tracker*.

Seguindo o esquema da figura acima, apresentamos uma sequência para uso do *Tracker*, na seguinte ordem:

A – delimitar no vídeo o início e o fim do fenômeno em que será feita a marcação quadro-a-quadro;

B – oferecer a referência (padrão) de medida ao programa (régua);

C – Inserir eixo de coordenadas;

D – Colocar o ponto de massa (para representar o móvel).

Como um complemento para auxiliar os alunos na utilização do *Tracker*, também foi elaborado um vídeo e disponibilizado no *youtube*¹⁰ oferecendo uma explicação sobre o programa e sobre como fazer o experimento de queda livre.

Os resultados obtidos nesta etapa serão apresentados no próximo capítulo, que tem por objetivo uma exposição mais detalhada e uma discussão mais criteriosa sobre o uso do *Tracker* em sala de aula.

5.4. TRABALHOS DE DIVULGAÇÃO ENVOLVENDO PROFESSORES

De acordo com Carvalho (2009, p. 84), a formação de professores precisa levar em conta a necessidade de pesquisar e inovar nas práticas didáticas continuamente. Para isso,

“Uma forma ágil e efetiva de proporcionar aos professores a vivência de propostas inovadoras, consiste na preparação, implementação e discussão posterior do que Carvalho (1985) denomina “minicursos”, isto é, de pequenos tópicos do programa que possam mostrar a coerência e efetividade das propostas elaboradas (em particular das orientações construtivistas). São em última instância, atividades de microensino, de comprovada eficácia na formação dos professores (Seagoe, 1961), sobretudo quando se associam com a observação (se possível mediante gravação em vídeo) e a discussão entre pares...”

Neste sentido, nosso grupo de pesquisa também elaborou e aplicou minicursos com o intuito de divulgar e popularizar o uso do *Tracker*. Dois destes cursos fizeram parte do produto elaborado como parte deste mestrado profissional. Sendo o autor deste trabalho professor da rede estadual do Paraná e tendo contato com outros professores de Física, buscou-se criar oportunidades para apresentar o *Tracker* e estimular seu uso, tendo em vista a nossa experiência profissional. Estes cursos encontram-se descritos a seguir.

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=9ZkRpgaQYFY>

5.4.1. FORMAÇÃO CONTINUADA DE 2013

Ao menos uma vez ao ano, os Núcleos Regionais de Educação (NREs) do Paraná promovem um encontro, com duração média de 8 horas, de professores agrupados por disciplina para capacitação e trocas de experiências. Geralmente, nestes encontros, está presente um professor responsável pela disciplina divulgando novas metodologias e ferramentas de trabalho, inclusive formulando experimentos. Às vezes, esse professor responsável abre espaço para que outro professor, que pode ou não ser da rede estadual, exponha alguma ideia interessante e a divulgue para os colegas de área.

Boa parte dos professores de algumas disciplinas relata que, em alguns anos, os encontros não acrescentam nada de valor à sua formação e, em outros, são muito interessantes. Particularmente, em Física, boa parte dos professores presentes sai plenamente satisfeita, pois geralmente os responsáveis pela disciplina em Curitiba, dentro de suas limitações, sempre levam novidades, além do que muitos professores colegas de oficina também levam algo novo para partilhar com os colegas.

Em seis de junho de 2013, ocorreu o encontro dos professores do Setor Cajuru, que supervisiona algumas escolas da região leste de Curitiba, Paraná. Nesse ano, o encontro da disciplina de física ocorreu no Colégio Estadual Júlio Mesquita – EFM. Estavam presentes 14 professores. Nesse ano, a novidade foi o *Tracker*. Depois de, anteriormente, terem ocorrido tentativas frustradas para montar uma oficina e divulgar essa ferramenta entre os docentes, nesta ocasião, pudemos apresentar o *Tracker* aos demais professores.

Mesmo dispondo de pouco tempo inicialmente (parte de uma manhã de trabalho), todos demonstraram muito interesse pela ferramenta e, por isso, surgiu a demanda de que o programa fosse também apresentado no período da tarde, durante um tempo de aproximadamente duas horas.

Primeiramente, ocorreu uma breve introdução sobre o conceito de software livre e a primeira explicação sobre o *Tracker*, seus objetivo e funcionalidades, pré-requisitos, como os sistemas operacionais (que poderiam ser *Linux*, *Windows* e *OS X*), as exigências mínimas de hardware, programas auxiliares, versões disponíveis, a facilidade do programa oferecer os menus em língua portuguesa, etc. Abordamos também a necessidade de alguma referência de medida (que pode ser uma régua), quais

tipos de câmeras poderiam ser utilizados e quais as condições ambientais para realizar os experimentos. Nesse momento surgiu uma breve discussão sobre o efeito de batimento que ocorre ao fazer a filmagem em locais iluminados por lâmpadas fluorescentes, pois nem todos os professores presentes eram formados em física.

Posteriormente, foi demonstrado o funcionamento do *Tracker* na prática e, como o tempo era limitado, optamos por trabalhar com a queda livre, dada a experiência que havia sido adquirida nas intervenções realizadas na escola (relatadas nas seções 5.2 e 5.3). Foi filmada a queda de uma bola de tênis, como mostrado na Figura 18, abaixo.



Figura 18 – Detalhe do experimento apresentado no encontro de área de Física de professores do Setor Cajuru, em 2013. Queda livre de uma bola de tênis.

Após realizar o procedimento anterior, foi utilizado o *Tracker* para fazer a videoanálise do movimento.

Nesse momento, foi explicada a importância de se inserir um plano cartesiano (os eixos do *Tracker*) e os professores presentes perceberam a necessidade do uso da régua. Na sequência, após a marcação dos pontos, foi mostrado aos docentes que muitos dados poderiam ser retirados diretamente do programa, e que esses dados poderiam ser analisados utilizando outras ferramentas, como uma planilha eletrônica.

Ao final, foi a vez dos professores presentes “brincarem”, utilizando o programa. Alguns gravaram o *Tracker* em seus computadores e vários filmes foram feitos, utilizando uma pista e carrinhos de brinquedo (vide Figura 19), além da bola de tênis.

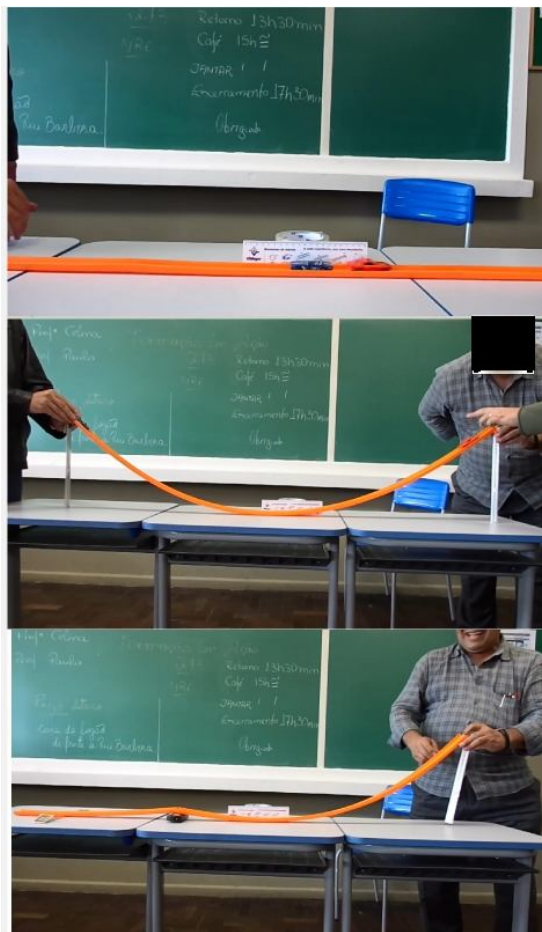


Figura 19 - Professores de Física do Setor Cajuru realizando experimentos de videoanálise a serem mediados com o uso do *Tracker*– Curitiba, 2013.

Durante a atividade, os professores improvisaram, por exemplo, ao fixar a régua junto à pista utilizando um rolo de fita adesiva. Também elaboraram seus próprios experimentos, utilizando as pistas em várias configurações e formatos diferentes, por exemplo, em linha reta, em forma parabólica e com uma lombada. Eles realizaram experimentos com um e com vários carrinhos, calcularam aceleração, velocidade média, e analisaram trocas de energia, numa demonstração clara de quão interessante e útil pode ser a videoanálise mediada pelo *Tracker*.

5.4.2.. OFICINA NO XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF)

De vinte e um a vinte e cinco de janeiro de 2013, foi realizado o vigésimo SNEF, no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP). Para este evento, foi idealizada uma oficina, ministrada nos dias vinte e dois e vinte e quatro de janeiro, com duração total de quatro horas, sobre o *software Tracker* (BEZERRA JR et al, 2013), oferecendo vinte e uma vagas, as quais foram todas preenchidas por estudantes e professores de diversos estados brasileiros, que estudam e lecionam Física nos ensinos médio, técnico e superior.

Essa oficina teve como objetivo oferecer aos participantes uma introdução ao programa *Tracker*, enfatizando o desenvolvimento de experimentos significativos em Física e atividades de laboratório de baixo custo, mas de alto valor acadêmico.

No primeiro dia, discutimos alguns aspectos e problemas do ensino de Física, como a ausência de laboratórios, e mencionamos sobre o *Tracker* como uma alternativa para oferecer aos estudantes a possibilidade de realizarem experimentos didáticos e atividades de experimentação. Posteriormente, expusemos sobre o funcionamento e uso do *Tracker* e foi realizado um experimento de queda livre, para mostrar na prática o funcionamento do programa. No último momento do dia, foram divididos grupos de três a quatro pessoas para explorar o *Tracker* sob a supervisão da equipe que ministrava a oficina.

O segundo dia de curso foi destinado para atividades de experimentação e investigativas, a critério dos participantes (Figuras 20 e 21). Os inscritos puderam escolher experimentos de seu interesse, fazer a gravação dos vídeos e sua análise com o *Tracker*, utilizando diversos recursos, tratando e discutindo os resultados, tendo em vista possíveis intervenções mediadas pelo *Tracker* em aulas de Física.



Figura 20 – Alguns inscristos da oficina realizando experimentos e analisando os dados.



Figura 21 – Participantes da Oficina sobre o *Tracker*, realizada no SNEF-2013

Realizamos, portanto, uma intervenção no sentido de difundir e popularizar o uso do *Tracker*, divulgação esta que é um dos objetivos e produtos deste mestrado profissional. Os materiais utilizados foram os manuais desenvolvidos e que se encontram no apêndice desta dissertação.

6. RESULTADOS DOS TRABALHOS PROPOSTOS

Alguns dos resultados obtidos neste trabalho foram expostos em no I Encontro de Físicos do Sul, I Efisul, realizado na cidade de Curitiba, Paraná, entre os dias vinte e quatro e vinte e seis de novembro de 2013. O Banner apresentado está disponível no apêndice C.

6.1. TRABALHOS COM OS ALUNOS

Apresentamos, agora, alguns resultados obtidos a partir da aplicação do projeto, conforme descrito na seção 5.3.

Na seção 5.3.2, descrevemos a atividade proposta e que chamamos de Procedimento 1. Naquele caso, optamos por realizar manualmente as medições de tempo no experimento de queda livre.

Também descrevemos na seção 5.3.2 a proposta de utilização do *Tracker* em sala de aula para turmas de primeiro ano do Ensino Médio, que chamamos de Procedimento 2.

As equipes de alunos tiveram que montar um relatório, seguindo um modelo simplificado que foi disponibilizado para eles via e-mail ou fotocópia (o modelo encontra-se no apêndice B). Neste relatório, além da descrição dos trabalhos realizados, também havia seis questões para serem respondidas.

Em princípio imaginamos que o projeto transcorreria de forma parecida em todas as turmas, mas cada sala de aula onde o projeto foi aplicado demonstrou algumas peculiaridades.

Alguns alunos que participam do grupo de estudos extra-classe (vide seção 5.2) tiveram uma participação fundamental, ajudando os colegas das turmas regulares a realizar e interpretar os experimentos. Além disso, eles também ajudaram na organização das aulas e na utilização dos equipamentos, bem como no cuidado e manutenção dos materiais utilizados.

6.1.1. PROCEDIMENTO 1: UTILIZANDO CRONÔMETRO DE ACIONAMENTO MANUAL

Nesse procedimento, os valores obtidos pelos alunos com relação ao valor encontrado para a aceleração gravitacional serão demonstrado por meio de tabelas separadas por turmas. O objetivo das tabelas é mostrar os valores de “g” encontrados pelos alunos nas respectivas alturas de dois metros e dois metros e meio, qual foi o erro percentual em relação ao valor de $9,8 \text{ m/s}^2$ e se eles entenderam a real dificuldade de ativar e desativar a contagem de tempo utilizando um cronômetro de acionamento manual.

A seguir, especificamos as características das turmas em que o projeto foi aplicado.

TURMA A

Alunos frequentando as aulas: 29

Alunos que entregaram os trabalhos: 19

Trabalhos em grupo: 4

Trabalhos de alunos que optaram por não entrar em grupos: 4

A turma A revelou empatia pelo *Tracker*, mas dez estudantes não fizeram os trabalhos. O restante demonstrou um interesse homogêneo e foi relativamente fácil mobilizar os alunos para a execução das atividades e, como consequência, todos os trabalhos foram feitos de acordo com as normas estabelecidas. Alguns alunos pediram para fazer o relatório manuscrito por não terem computador em casa.

Na sequência, apresentamos uma tabela (Tabela 5) em que compilamos os dados obtidos no Procedimento 1 pela Turma A.

Alturas (m) →	Valores encontrados em m/s ²		Identificaram a real dificuldade do experimento	Erro percentual do resultado em relação à 9,8 m/s ²	
	2 m	2,5 m		2 m	2,5 m
Trabalho 1	5,168	50,69	Sim	Não fez	Não fez
Trabalho 2	11,49	20	Não	17,2%	104,1%
Trabalho 3	9,52	20	Sim	Não fez	Não fez
Trabalho 4	39,55	21,41	Sim	Não fez	Não fez
Trabalho 5	15,14	33,41	Sim	54,5%	Não fez
Trabalho 6	9,52	20	Sim	2,9%	104,1%
Trabalho 7	48,9	48,9	Sim	399,0%	399,0%
Trabalho 8	13,09	13,92	Sim	33,6%	42,0%

Tabela 1 – Resultados da turma A no procedimento 1.

Dos oito trabalhos apresentados, todas as equipes notaram a diferença dos valores encontrados em relação a 9,8m/s², mas apenas duas equipes conseguiram entender a real dificuldade de se acionar o cronômetro manualmente. Boa parte dos alunos consideraram fácil a atividade porque levaram em conta apenas o fato de apertar o botão de ligar e pausar o cronômetro.

TURMA B

Alunos frequentando as aulas: 29

Alunos que entregaram os trabalhos: 19

Trabalhos em grupo: 9

Trabalhos de alunos que optaram em não entrar em grupos: 0

Foi uma turma bem apática no início, houve um pouco de dificuldade em fazer com que os alunos tivessem interesse pela atividade. Algumas equipes copiaram respostas e resultados, pois alegaram terem esquecido seus celulares em casa e que seus relógios não tinham cronômetros, mas algumas equipes levaram a atividade a sério e seus trabalhos foram feitos dentro dos critérios estabelecidos.

Alturas (m) →	Valores encontrados em m/s ²		Identificaram a real dificuldade do experimento	Erro percentual do resultado em relação à 9,8 m/s ²	
	2 m	2,5 m		2 m	2,5 m
Trabalho 1	11,57	9,8	Sim	Não fez	Não fez
Trabalho 2	11,57	9,8	Sim	Não fez	Não fez
Trabalho 3	11,56	9,8	Sim	Não fez	Não fez
Trabalho 4	Não fez	Não fez	Não	Não fez	Não fez
Trabalho 5	11,72	44,28	Não	19,6%	351,8%
Trabalho 6	2,5	19,22	Sim	74,5%	96,1%
Trabalho 7	13,71	2,31	Não	39,9%	76,4%
Trabalho 8	56,53	34,62	Sim	476,8%	253,3%
Trabalho 9	14,23	9,91	Não	45,2%	1,1%

Tabela 2 – Resultados da turma B no procedimento 1.

Quatro das nove equipes não levaram a sério a atividade, copiaram respostas além de não calcularem os respectivos erros em relação ao real valor de “g”. Embora cinco trabalhos tenham mostrado respostas coerentes com relação à dificuldade do reflexo humano em realizar as marcações, foi constatado que apenas duas equipes entenderam a real dificuldade que esse tipo de medição apontava para gerar dados precisos.

TURMA C

Alunos frequentando as aulas: 32

Alunos que entregaram os trabalhos: 28

Trabalhos em grupo: 10

Trabalhos de alunos que optaram em não entrar em grupos: 2

Foi a turma mais participativa, todos os alunos entregaram os trabalhos via correio eletrônico.

Alturas (m) →	Valores encontrados em m/s ²		Identificaram a real dificuldade do experimento	Erro percentual do resultado em relação à 9,8 m/s ²	
	2 m	2,5 m		2 m	2,5 m
Trabalho 1	18,6	10,86	Sim	89,8%	10,8%
Trabalho 2	Não fez	Não fez	Não	Não fez	Não fez
Trabalho 3	16,9	8,25	Não	72,4%	15,8%
Trabalho 4	4,43	3,1	Não	54,8%	Não fez
Trabalho 5	11,5	9,1	Sim	17,3%	7,1%
Trabalho 6	7,33	7,23	Sim	25,2%	26,2%
Trabalho 7	39,56	18,63	Sim	303,7%	90,1%
Trabalho 8	9,52	11,9	Sim	2,9%	21,4%
Trabalho 9	13,22	8,81	Sim	34,9%	10,1%
Trabalho 10	16,52	11,27	Sim	68,6%	15,0%

Tabela 3 – Resultados da turma C no procedimento 1.

A turma C foi a que mais se destacou com relação a realização dos trabalhos. Apenas três equipes não identificaram a dificuldade que ocorre em conseguir dados precisos quando os cronômetros são operados manualmente. A turma C foi a que colaborou e mais se empenhou em fazer um trabalho bem feito e a que menos apresentou dificuldades em todo o processo.

TURMA D – NOTURNO

Alunos frequentando as aulas: 39

Alunos que entregaram os trabalhos: 28

Trabalhos em grupo: 7

Trabalhos de alunos que optaram em não entrar em grupos: 0

Alturas (m) →	Valores encontrados em m/s ²		Identificaram a real dificuldade do experimento	Erro percentual do resultado em relação à 9,8 m/s ²	
	2 m	2,5 m		2 m	2,5 m
Trabalho 1	10,41	9,02	Sim	6,2%	8,0%
Trabalho 2	6,1	34,8	Sim	37,8%	255,1%
Trabalho 3	16,9	10,04	Sim	72,4%	2,4%
Trabalho 4	5,4	8,87	Não	44,9%	9,5%
Trabalho 5	10,61	10,68	Não	8,3%	9,0%
Trabalho 6	17,8	13,05	Sim	81,6%	33,2%
Trabalho 7	10,24	11,45	Sim	4,5%	16,8%

Tabela 4 – Resultados da turma D no procedimento 1.

No período noturno a escola tem dois primeiros anos, mas como o número de alunos que realmente frequentam as aulas é reduzido, optou-se por colocar ambas as turmas no mesmo grupo, inclusive foi permitida a formação de equipes de turmas diferentes. O período noturno tem um índice de evasão grande, o que justifica o baixo número de alunos por sala. Outros problemas que atrapalharam enormemente o trabalho foi o excesso de faltas e a grande dificuldade de alguns para utilizar o computador. Todas as atividades do período noturno foram realizadas em grupos com mais de quatro pessoas. Cinco equipes conseguiram identificar o fator do reflexo humano como principal fator que dificultava para coletar dados com precisão.

No transcorrer destas atividades, o professor manteve um registro escrito das aulas ministradas, a fim de anotar percepções dos alunos durante o processo de experimentação. Na sequência, são transcritas algumas falas que consideramos importantes.

Turma A

Aluna A: É muito difícil fazer isso professor.

Aluno D: O tempo da altura maior é menor porque a bola desce mais rápido.

Aluno J: Como que na altura maior o tempo deu menor que na altura menor?

Aluno R: Professor, não tem como apertar porque as bolas caem muito rápido.

Aluno V: É muito cabuloso esse troço. Cada um dá um tempo diferente e quem tá mais alto cai mais depressa.

Professor: Como você reparou nisso?

Aluno V: A o valor da conta aqui deu mais alto na altura maior.

Turma B

Aluno L: Esse negócio dá uns números muito estranhos.

Professor: Por que?

Aluno L: É estranho porque as alturas mudam muito pouco, mas deram umas acelerações muito diferentes.

Aluna K: Professor, por que dá diferente o tempo aqui se você joga a bola da mesma altura e eu aperto certinho?

Professor: Em tudo o que a gente faz, tem como fazer duas coisas exatamente iguais tipo no vôlei dar dois saques exatamente iguais?

Aluna K: Nunca consegui, mas tem gente que consegue.

Professor: Então os bons sacadores, quando erram, fazem isso de propósito?

Turma C

Aluno G: Professor, por que tem gente que dá uns tempos bem iguais e outras dá bem diferente?

Professor: Tem como todo mundo apertar o botão sempre na mesma hora? Todo mundo tem a mesma habilidade?

Aluno G: Não né!

Aluno R: Professor, não tem como dar a mesma coisa sempre porque a gente não consegue apertar o botão sempre na mesma hora e quando você joga a bola a altura nem sempre é a mesma.

Professor: Mas não foram todas abandonadas de dois metros?

Aluno R: É, mas às vezes a mão fica um pouquinho mais levantada.

A partir das falas transcritas acima, é possível notar que, por meio da discussão organizada pelo professor, os estudantes perceberam as dificuldades inerentes à realização do experimento com a operação manual dos cronômetros. Eles perceberam que o tempo de reflexo do operador é algo que não se pode controlar com exatidão, o que acaba por conduzir aos “erros” experimentais, ou seja, aos valores de tempo bastante diferentes entre os experimentos.

Neste ponto, o professor aproveitou a percepção dos alunos de que o “método manual” seria mais suscetível a erros experimentais e, a partir desta reflexão, propôs uma nova realização do experimento mas, desta vez, utilizando a videoanálise e o *Tracker*. Assim, o professor buscou despertar nos alunos a percepção da importância e, neste caso, da necessidade da inovação tecnológica. Seria, então, o *Tracker* uma boa alternativa? O viés investigativo das atividades propostas implica na necessidade de verificar isto experimentalmente. Daí a próxima atividade: o Procedimento 2.

6.1.2. PROCEDIMENTO 2: UTILIZANDO O PROGRAMA *TRACKER*

O objetivo dessa parte do presente trabalho é mostrar quantas equipes conseguiram encontrar valores com erro máximo, que estipulado em de 10% em relação ao valor de $9,8 \text{ m/s}^2$. Para mostrar os resultados obtidos pelo procedimento utilizando o *Tracker*, serão mostradas tabelas de cada turma com os resultados das questões quatro, referente ao valor da aceleração gravitacional obtido com o programa, e a questão cinco, que pergunta o erro percentual do valor encontrado pelos estudantes em relação a $9,8 \text{ m/s}^2$. Para evitar dificuldades, foi decidido considerar apenas o valor absoluto do valor percentual dos erros encontrados em relação à aceleração gravitacional.

TURMA A

Na tabela abaixo, dos oito trabalhos recebidos, um não resolveu as questões quatro e cinco e apenas duas equipes não atingiram a meta máxima de erro, sendo seus valores marcados em amarelo na tabela abaixo (Tabela 9).

	Gravitacional em m/s^2	erro percentual em relação a "g"
Trabalho 1	10,41	-6,2%
Trabalho 2	9,1	7,1%
Trabalho 3	8,7	11,2%
Trabalho 4	8,6	12,2%
Trabalho 5	Não fez	
Trabalho 6	10,7	9,2%
Trabalho 7	8,95	8,7%
Trabalho 8	8,84	9,8%

Tabela 5 - Resultados obtidos com o *Tracker* na turma A.

A tabela acima (Tabela 9) mostra os valores da aceleração da gravidade obtidos por cada equipe utilizando o *Tracker*. Na última coluna são mostrados os erros percentuais sendo que os quadros pintados em amarelo indicam os trabalhos que ultrapassaram o limite de 10% de erro.

TURMA B

	Gravitacional em m/s ² aceleração	erro percentual em relação a "g"
Trabalho 1	9,6	2,0%
Trabalho 2	Não fez	
Trabalho 3	9,6	2,0%
Trabalho 4	Não fez	
Trabalho 5	9,51	3,0%
Trabalho 6	8,85	9,7%
Trabalho 7	Não fez	
Trabalho 8	7,96	18,8%
Trabalho 9	7,2	26,5%

Tabela 6 – Resultados obtidos com o *Tracker* na turma B.

A tabela acima (Tabela 10) mostra os resultados encontrados para a aceleração da gravidade utilizando o *Tracker*. Duas equipes não realizaram esse procedimento e outras duas equipes mostraram resultados iguais. Em amarelo estão os valores que ultrapassaram o limite de erro estabelecido para encontrar o valor de "g".

TURMA C

	Gravitacional em m/s ² aceleração	erro percentual em relação a "g"
Trabalho 1	9,99	1,9%
Trabalho 2	Não fez	
Trabalho 3	13,2	34,7%
Trabalho 4	9,91	1,1%
Trabalho 5	9,86	6,0%
Trabalho 6	8,84	9,8%
Trabalho 7	8,39	14,4%
Trabalho 8	7,72	21,2%
Trabalho 9	10,77	9,9%
Trabalho 10	10,8	10,2%

Tabela 7 - Resultados obtidos com o *Tracker* na turma C

Na turma C, como mostrado na tabela acima (Tabela 11) mostra que apenas três trabalhos não atingiram valores que foram considerados como próximos da aceleração gravitacional. Novamente em amarelo, aparecem os valores que não atingiram a meta de erro estabelecida.

TURMA D - NOTURNO

	Gravitacional em m/s ²	erro percentual em relação a "g"
Trabalho 1	7,41	24,4%
Trabalho 2	9,53	2,8%
Trabalho 3	9,4	4,1%
Trabalho 4	7,45	24,0%
Trabalho 5	8,9	9,2%
Trabalho 6	11,24	14,7%
Trabalho 7	8,9	9,2%

Tabela 8 - Resultados obtidos com o *Tracker* na turma D.

Foi a turma que apresentou mais dificuldades em utilizar o programa. Mesmo com essa limitação, nenhuma equipe deixou de entregar os relatórios, como pode ser visto na tabela acima (Tabela 12). Em amarelo estão apresentados os erros dos valores que tiveram uma variação maior que 10% em relação aos valores encontrados para "g".

6.1.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para demonstrar a taxa de sucesso das turmas nos trabalhos realizados, foram montados gráficos para se comparar a eficiência dos dois procedimentos em cada turma e outro mostrando os dados coletados em todas as turmas juntas.

Na primeira etapa, com medições feitas utilizando cronômetros de acionamento manual, os gráficos elencam os seguintes critérios:

- Quantidades de valores encontrados para "g" em m/s²;
- Quantidades de medições que atingiram tolerância máxima de 10% em relação ao valor da aceleração gravitacional de 9,8 m/s².

Para a segunda etapa, utilizando o *Tracker*, os gráficos mostram três critérios a serem destacados:

- Alunos que atingiram erro máximo de 10%, tanto para cima quanto para baixo. (Para deixar a atividade mais acessível aos alunos optou-se em considerar apenas o valor absoluto do erro);
- Alunos que ultrapassaram a taxa de erro de 10%;
- Alunos que não entregaram os trabalhos.

6.1.3.1 GRÁFICOS DOS RESULTADOS OBTIDOS POR TURMA

Turma A

Para essa turma, pelo procedimento de medição manual, apenas 6% dos trabalhos atingiram a meta máxima de erro de 10% em relação à $9,8 \text{ m/s}^2$ enquanto utilizando o *Tracker*, 62% dos trabalhos conseguiram atingir a meta estipulada de calcular o mesmo valor de "g" no erro máximo estipulado, como pode ser verificado nos dois gráficos abaixo.

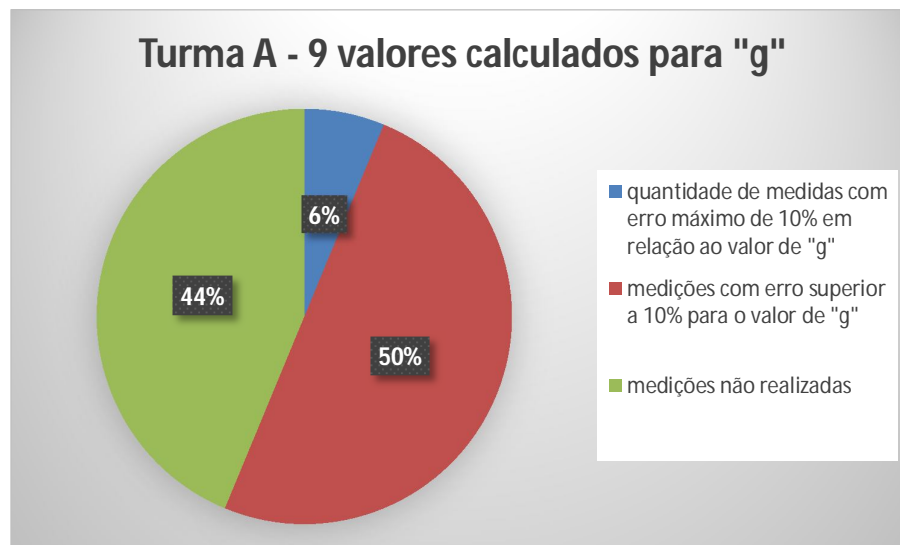


Gráfico 2 – Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro (Procedimento 1) da turma A.

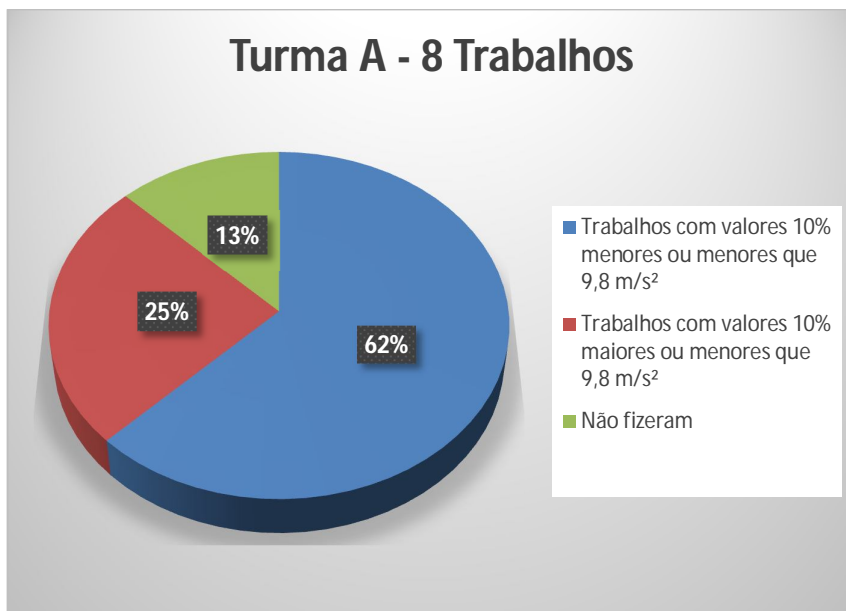


Gráfico 3 - Demonstrando a efetividade do *Tracker* (Procedimento 2) na turma A.

Turma B

Nessa turma, embora com várias dificuldades relacionadas ao interesse dos alunos pelos trabalhos, também é possível notar a diferença percentual entre os valores obtidos para "g" com um erro menor que 10% calculados com medição manual e com o uso do *Tracker*, como pode ser notado nos gráficos abaixo, que coincidentemente foi exatamente igual a turma A.

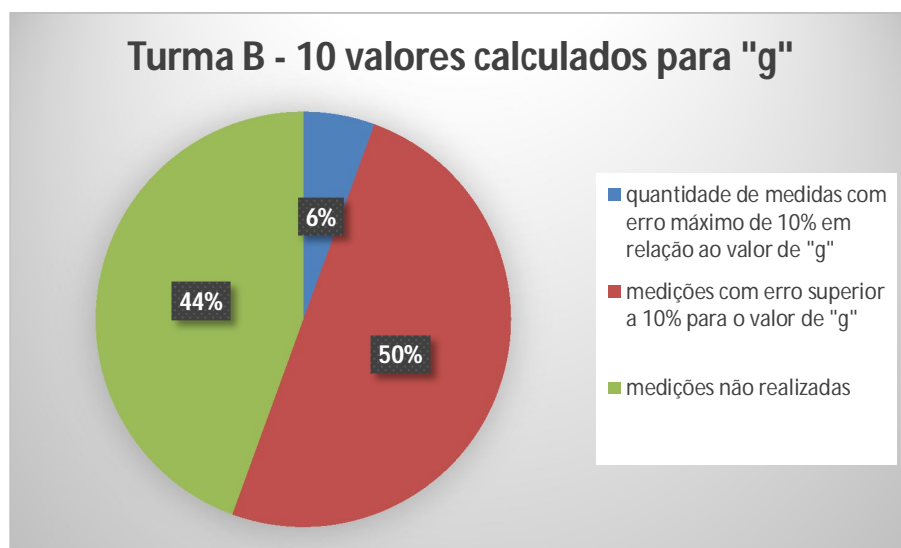


Gráfico 4 – Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro (Procedimento 1) da turma B.

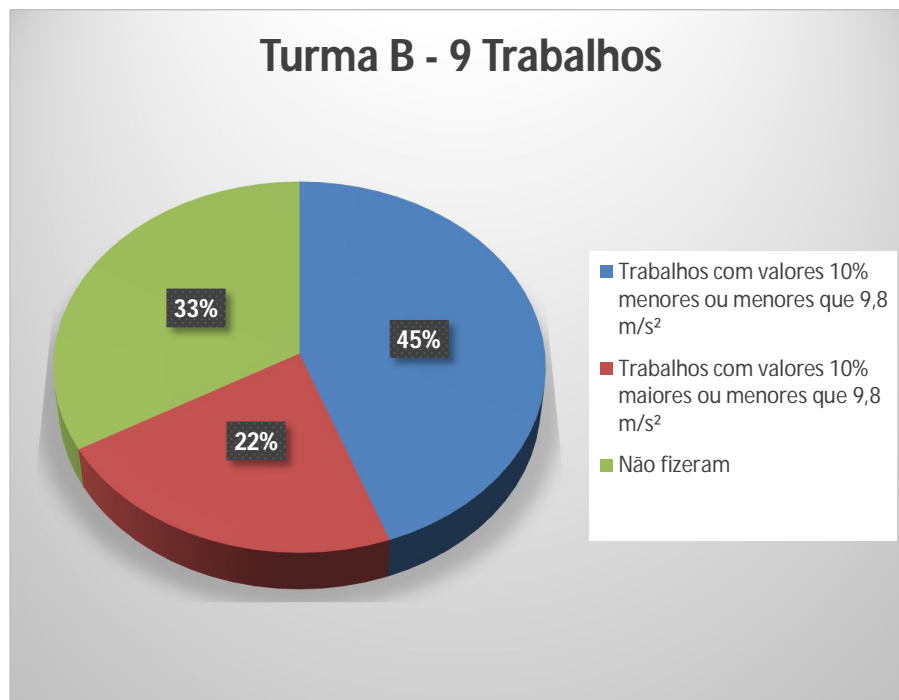


Gráfico 5 - Demonstrando a efetividade do *Tracker* (Procedimento 2) na turma B.

Turma C

Assim como nas turmas A e B, a grande maioria dos trabalhos obtiveram valores muito diferentes de 9,8 m/s² com a medição feita com um cronômetro de acionamento manual enquanto utilizando o *Tracker* a maioria dos trabalhos conseguiram mostrar valores com taxa de erro máximo de 10% como pode ser notado nos gráficos na página a seguir.

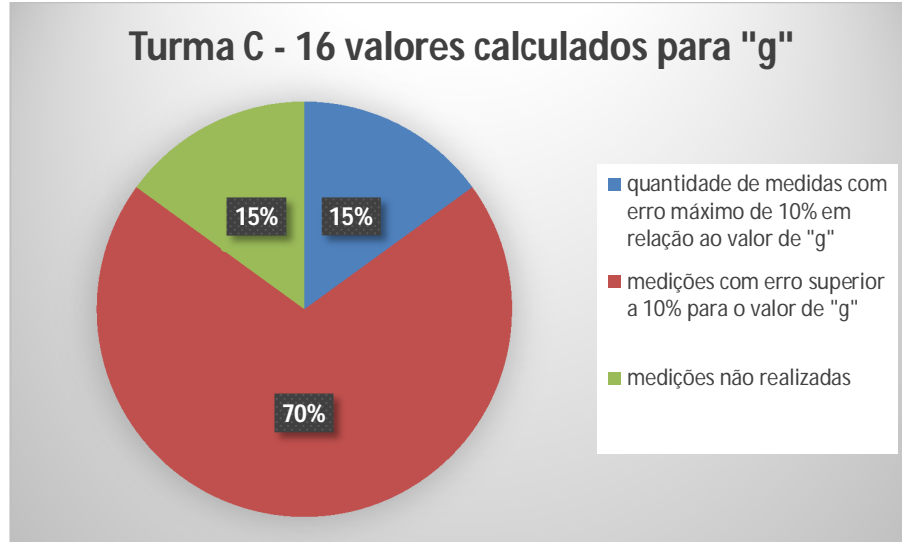


Gráfico 6 – Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro da turma C.

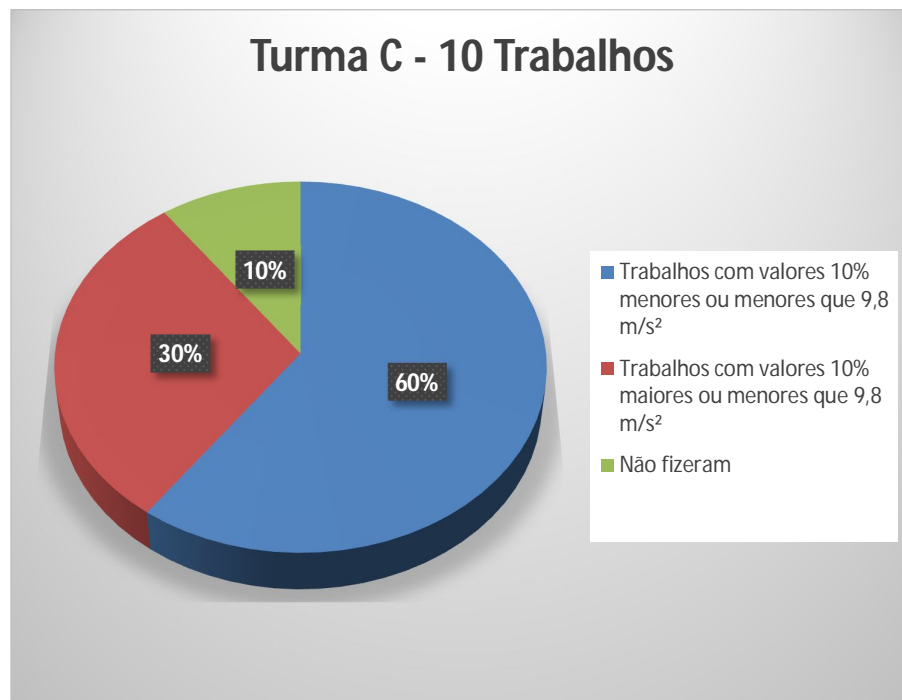


Gráfico 7 - Demonstrando a efetividade do *Tracker* na turma C.

Turma D

Nessa turma, como pode ser visto nos gráficos abaixo, nenhuma equipe deixou de entregar os trabalhos. Assim como nas turmas anteriores, pode-se notar também a superioridade da eficiência do *Tracker* em relação à uma medição realizada com um cronômetro de acionamento manual.

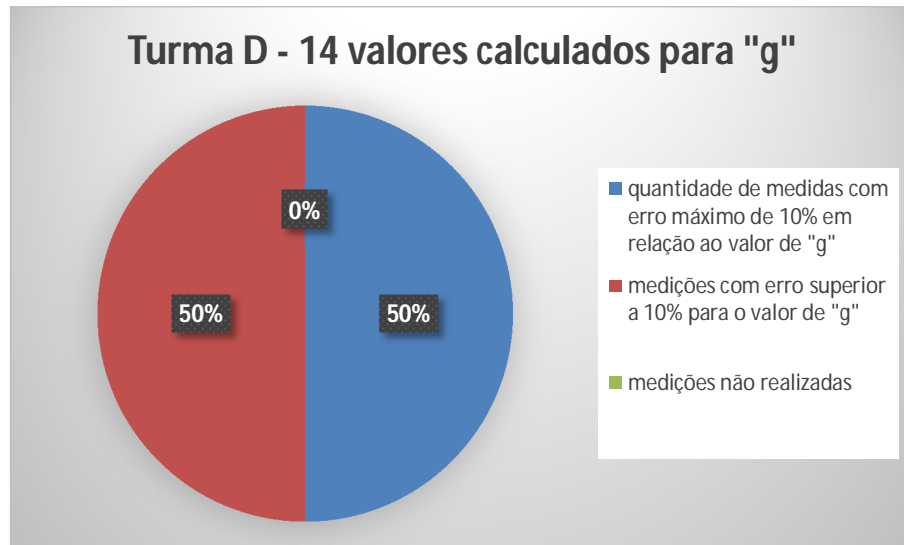


Gráfico 8 – Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro da turma D.

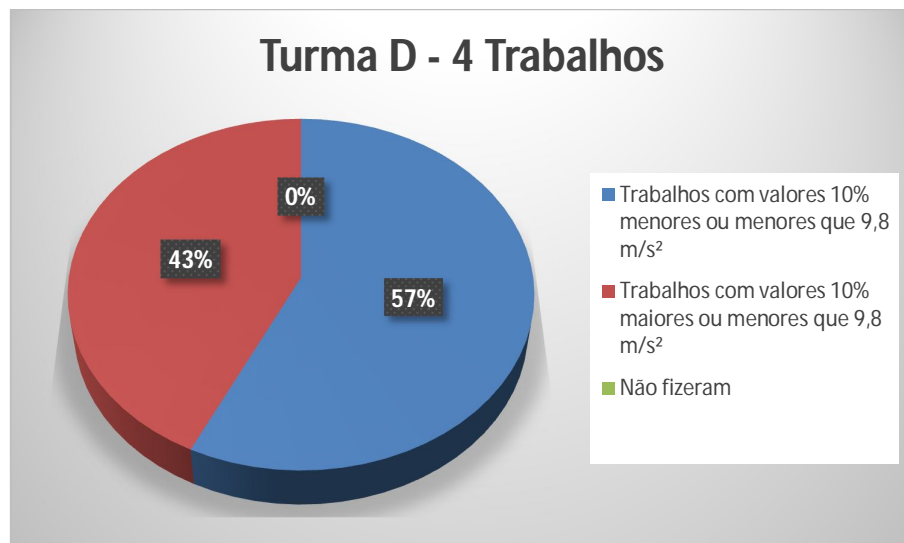


Gráfico 9 - Demonstrando a efetividade do *Tracker* na turma D.

Todas as turmas

Nos dois gráficos abaixo pode-se comprovar, assim como em cada turma individualmente, que a eficiência do processo de medição manual é inferior ao uso do *Tracker*.

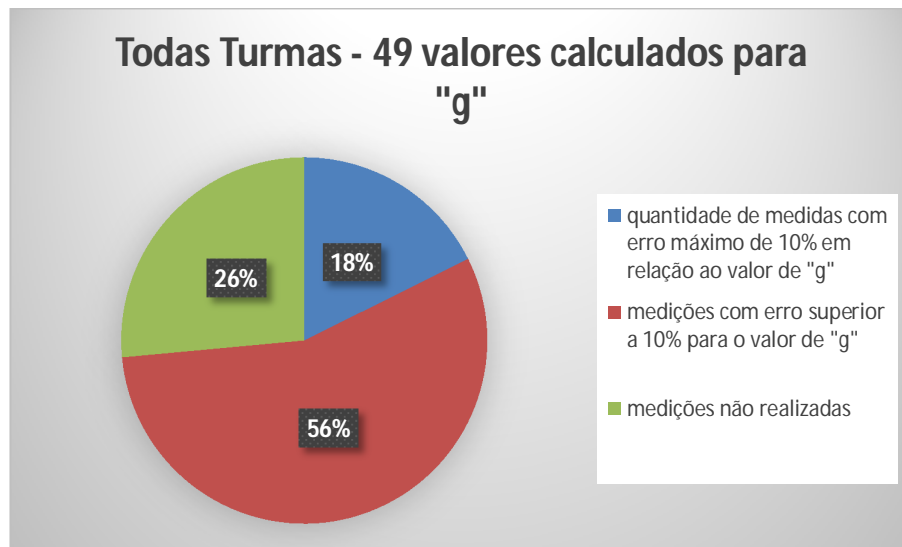


Gráfico 10 – Percentual de trabalhos que atingiram erro máximo de 10% para calcular o valor da aceleração gravitacional utilizando cronômetro de todas as turmas.

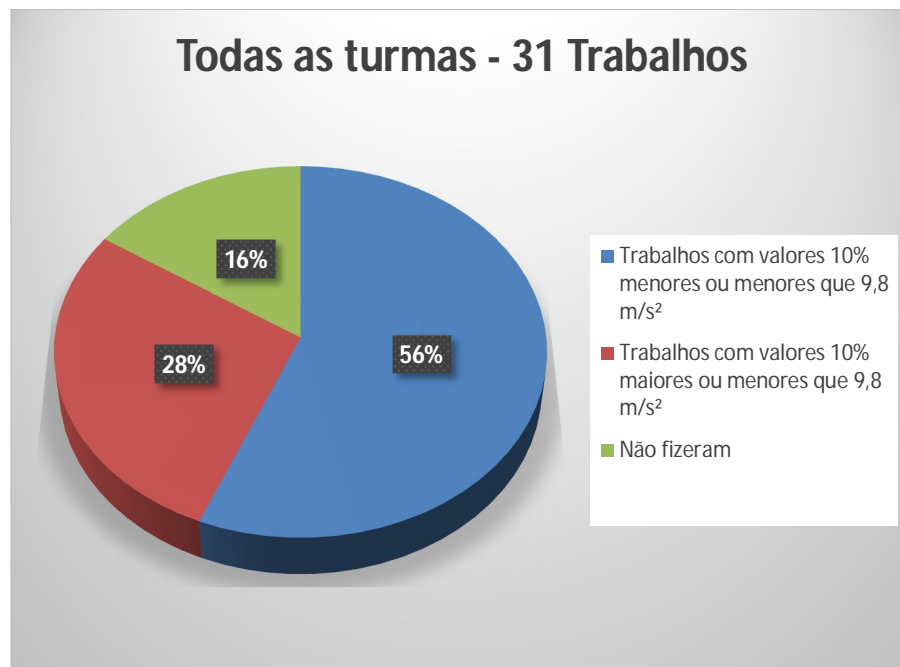


Gráfico 11 - Demonstrando a efetividade do *Tracker* em todas as turmas.

Como pode ser notado nos gráficos acima, no Procedimento 1, a medição manual se mostrou pouco eficiente, oferecendo aproximadamente apenas um terço dos valores próximos a $9,8 \text{ m/s}^2$ enquanto utilizando o *Tracker*, das quatro turmas analisadas, três obtiveram um índice de no mínimo de 60% dos trabalhos que encontraram a aceleração da gravidade dentro da margem de estipulada para ser atingida.

Esse índice pode ser considerado bom, provando a eficiência do programa quando utilizado no Ensino Médio, considerando a dificuldade de vários alunos em utilizar o computador e algumas falhas que ocorreram na filmagem ou na inserção dos vídeos no *Tracker*. No período noturno, boa parte das imagens foram gravadas em sala, borrando as imagens por causa do efeito do batimento, o que incomodou alguns alunos na marcação dos dados.

Na Figura 22, a seguir será retratada uma dessas dificuldades em que a imagem do objeto captada fica borrada, dificultando marcar sempre o mesmo ponto.

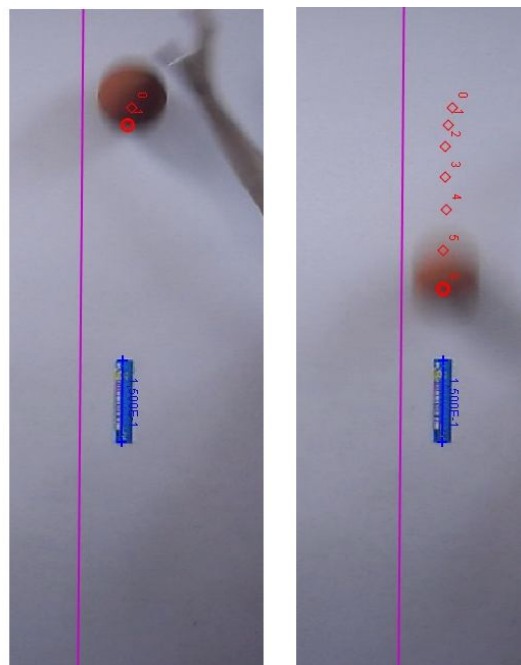


Figura 22 - Mostrando a diferença na marcação dos pontos em decorrência do efeito do batimento.

Como visto no desenho acima, no começo da marcação a aluna adotou a parte inferior da bola para fazer as marcações, alguns quadros depois quando a imagem começou a ficar borrada, a aluna não teve como marcar sempre a mesma posição. Nessa equipe o valor encontrado foi de $7,41 \text{ m/s}^2$.

Na figura abaixo está a marcação dos pontos de um aluno que teve grande dificuldade em utilizar o computador.

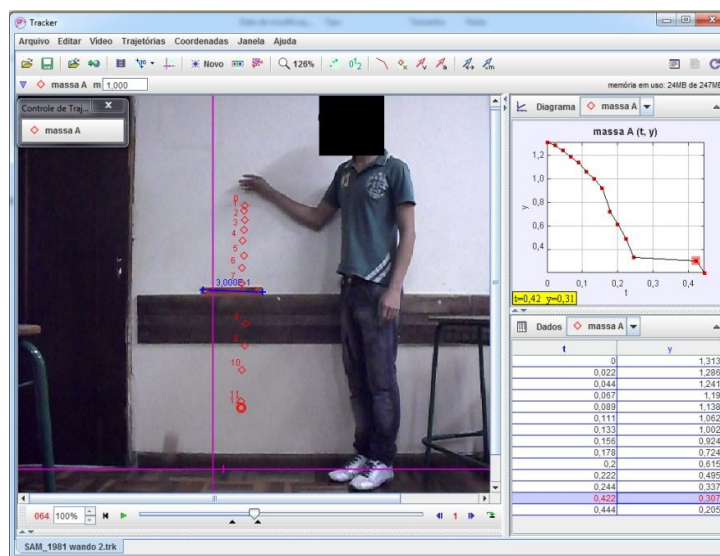


Figura 23 – Trabalho de aluno usando o *Tracker*.

6.2. ENCONTROS COM PROFESSORES

No XX SNEF, durante o curso, a interatividade entre os inscitos e ministrantes foi muito grande, diversas discussões foram geradas nos grupos sobre ideias de experimentos e como essas ideias poderiam ser aplicadas com o uso do *Tracker*, caso possível. Muitos professores de outros estados afirmaram que adotariam o programa como uma de suas ferramentas de ensino.

No encontro de professores de física da Rede Pública do Paraná ocorreu uma aceitação imediata do programa e de seu manual explicativo.

Como além do utilizar o *Tracker* para a queda livre, os trilhos e carrinhos de brinquedo fizeram sucesso e, somado à imaginação, inventaram diversos eventos para serem filmados. Nesse momento, os professores literalmente brincaram ao fazer experimentos, foi uma situação realmente divertida.

7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O uso do *Tracker* no ensino médio provocou quebras de rotina no ambiente escolar, proporcionando aos alunos aprenderem a matéria dentro do colégio sem necessariamente estarem dentro de uma sala de aula.

O fato de ser uma ferramenta livre e de não exigir o uso de computadores potentes facilita seu acesso, tanto para professores como para estudantes.

A forma de coletar e analisar os dados permite abordar desde os mais simples experimentos até os mais complexos, podendo o *Tracker* ser utilizado em atividades com alunos em diferentes níveis de escolaridade, desde o nono ano do ensino fundamental até o nível superior.

Como uma das maneiras de avaliar os resultados desta intervenção na escola, estabelecemos uma meta de erro máximo de 10% para mais ou para menos em relação ao valor da aceleração da gravidade, conforme dado pelos livros de texto, que é $9,8 \text{ m/s}^2$. Esta meta tinha por objetivo determinar se os estudantes conseguiriam utilizar o *Tracker* em um experimento significativo e que, sem o *Tracker*, não poderia ser realizado em nossa escola. Assim, a ideia de analisar os resultados numéricos obtidos pelos estudantes serviu como base para investigar se os mesmos conseguiriam obter um valor razoável para a aceleração da gravidade a fim de compará-lo com o valor comumente apresentado nos livros de texto. Importa notar que, para chegar a este valor, uma série de procedimentos precisou ser realizada pelos estudantes. Estes procedimentos experimentais, para além do simples resultado numérico obtido, constituíram elemento importante na formação dos estudantes, conforme atestado por suas opiniões expressas nos relatórios e em manifestações em sala de aula.

Muito embora a experiência de queda livre seja simples, ainda assim, sua realização foi útil como fonte de informação sobre se seria mesmo possível utilizar o *Tracker* em sala de aula. O fato é que, até então, a maior parte do trabalho de pesquisa realizado por nosso grupo dizia respeito a experimentos realizados na universidade e utilizando a infra-estrutura da universidade. Havia a ideia de que o *Tracker* poderia ser usado na escola, em especial na rede pública. Havia a ideia de que o uso do *Tracker*, de certa maneira, poderia compensar o fato de muitas escolas não disporem de laboratórios de ensino de Física funcionais. Pois bem, entendemos que no trabalho aqui desenvolvido foram abordadas diversas questões importantes, a saber:

1- como instalar o *Tracker* em uma escola estadual, para que o mesmo esteja disponível aos professores e alunos;

2- como elaborar atividades didáticas, em especial envolvendo experimentação no ensino de Física, que possam ser efetivamente realizadas em salas de aula reais;

3- como ensinar o uso do *Tracker* em turmas regulares de alunos do ensino médio da rede pública, neste caso, do estado do Paraná.

Estas questões nos permitem refletir sobre estratégias para ampliar o uso do *Tracker*, no sentido de buscar realizar mais atividades de laboratório, valendo-nos da experiência aqui apresentada.

Percebemos, então, que em mais da metade dos trabalhos analisados, os alunos conseguiram realizar medidas de g de modo efetivo. Além disso, pudemos estudar diferenças fundamentais quando da realização dos experimentos usando processo de medição manual com cronômetros – o que torna a realização experimental mais sujeita a erros – em comparação com os mesmos experimentos usando o *Tracker*. Os alunos conseguiram realizar os experimentos, usar o *Tracker* e obter resultados numéricos, desempenhando diversas atitudes significativas para o processo de aprendizagem em Física. Neste sentido, podemos afirmar que demonstramos a possibilidade de usar o *Tracker* na escola pública, que era um dos objetivos deste trabalho.

Outro dos objetivos iniciais propostos dizia respeito a despertar nos estudantes do ensino médio o interesse pela pesquisa científica e incentivar o gosto pelo estudo e pela observação da natureza com olhar crítico. É difícil dar uma resposta definitiva a esta questão, mas, ainda assim, entendemos que a utilização do *Tracker* permitiu aos estudantes o contato com atividades que até então não eram realizadas em sala de aula. Segundo os comentários presentes nos relatórios e nas falas durante as aulas, podemos afirmar que houve, sim, um maior envolvimento dos alunos com o processo de ensino-aprendizagem. Muitos deles demonstraram mais interesse pelas aulas e manifestaram contentamento e aprovação às atividades desenvolvidas. No caso da turma que realizou atividades extra-classe, pode-se dizer que o objetivo em questão foi realmente atingido, haja vista o enorme envolvimento dos estudantes nas atividades propostas e também em seu bom desempenho com respeito a participação na disciplina e mesmo em suas notas.

Outro objetivo inicialmente proposto foi investigar, estudar, por em prática e divulgar o uso de tecnologias livres e acessíveis ao Ensino de Física na Rede Pública. Quanto a isto, uma observação pertinente é que, além das intervenções em sala de aula, houve também, como produto deste mestrado, a realização de cursos de divulgação, conforme relatado nas seções 5.4.1 e 5.4.2. Nestes cursos, o envolvimento e a motivação dos professores foram notáveis e acreditamos que nossas iniciativas tenham sido importantes para que mais professores passassem a utilizar o *Tracker* em suas aulas. Isto significa que cumprimos também este objetivo.

7.1. ALGUNS PROBLEMAS E LIMITAÇÕES PERCEBIDOS

Com relação especificamente ao programa *Tracker*, apenas um problema atrapalhou na execução dos trabalhos, que foi o fato do programa, às vezes, não reconhecer alguns quadros e o objeto de estudo aparecer no quadro seguinte em uma posição diferente da qual deveria. A alternativa encontrada foi a gravação de um novo vídeo.

A enorme dificuldade dos alunos em escrever, interpretar e realizar cálculos simples de matemática é um fator que influenciou bastante na aplicação do projeto. Notamos que muitos alunos que entenderam o que estava acontecendo e souberam diferenciar as vantagens e desvantagens dos experimentos, não conseguiram articular bem suas respostas, ou se limitaram em respostas monossilábicas, mesmo sendo sempre enfatizado a necessidade de cada um justificar por escrito seu pensamento.

A maioria dos alunos tem acesso ao uso de computadores, que pode ser por *lan-houses* ou em suas próprias casas. Mesmo com esse acesso demonstraram enormes dificuldades para cumprir os objetivos das atividades, como localizar e reconhecer os aplicativos necessários, utilizando computadores instalados com o sistema operacional mais comum do mercado. Estranhamente, muitos não sabiam o que era *e-mail*. Nas atividades específicas do projeto, que era o uso do *Tracker*, alguns não sabiam selecionar os dados para inserí-los na planilha eletrônica e tinham extrema dificuldade para executar as operações matemáticas exigidas para a obtenção de dados, que eram as quatro operações básicas e um conhecimento superficial de equações do primeiro grau.

A falta de perspectiva que os alunos tem sobre o ensino também foi um fator que contribuiu na forma como as atividades foram executadas em algumas turmas.

Sendo que em um dos primeiros anos uma quantidade considerável de alunos não entregou os trabalhos ou, caso tenham feito, vieram cheios de falhas as quais alguns estudantes não se propuseram a corrigir.

Como o colégio não conta com um funcionário que tenha conhecimentos de informática e que seja responsável pelo laboratório, vários computadores apresentaram defeitos, implicando em atrasos no projeto, mas, mesmo assim, pode-se considerar o trabalho como bem sucedido.

7.2. ALGUNS COMENTÁRIOS ADICIONAIS

Mesmo com todas as dificuldades encontradas durante o processo de execução do projeto, pode-se considerar o uso do programa *Tracker* benéfico e acessível para o ensino médio, oferecendo uma forma de aprendizagem diferente do tradicional e utilizando uma ferramenta tecnológica que deveria ser presente nas vidas dos estudantes que é o computador, isto complementado pelo contato com o uso de programas como editor de textos e planilha eletrônica.

Um número pequeno mas considerável de alunos (exatamente nove) nunca teve contato com um computador, demonstrando um pouco de dificuldades nos primeiros passos. Positivamente, foi interessante proporcionar-lhes esse contato.

O envolvimento de alguns chamou muita atenção, principalmente daqueles que optaram em realizar os experimentos sozinhos, pois além de realizarem seus trabalhos, auxiliaram os outros colegas em todas as etapas do processo e contribuíram em muito para reduzir o número de erros cometidos por outras equipes em alguma etapa do processo, algo que contribuiu bastante para a pesquisa.

A gravação dos vídeos e confecção dos relatórios, mesmo com tudo explicado detalhadamente nos modelos disponibilizados, conforme disponibilizado ao fim deste presente trabalho, proporcionou a uma parte dos estudantes um exercício de autonomia e de responsabilidade quando tinham que lidar, por exemplo, com a preocupação com detalhes como: tomar o cuidado de deixar a câmera bem fixa, não esquecer de colocar a régua em uma posição que aparecesse bem nas filmagens, prestar atenção na cor do objeto a ser utilizado para que pudesse haver bom contraste com o local de filmagem, cuidar ao considerar detalhes como marca da câmera utilizada, modelo,

tamanho da régua, etc. E essas preocupações constituíram elementos que favoreceram a interação, a socialização cooperativa e o trabalho coletivo porque os colegas se ajudavam para cumprir todas as metas.

Foram coletados alguns depoimentos de alunos falando sobre o que acharam da oportunidade de utilizar o *Tracker* nas aulas de Física:

“Usar o Tracker foi muito legal porque foi possível a gente fazer algo diferente na escola, fazer experiências e ver algo diferente.” Aluno J – 15 anos.

“Foi legal mexer no Tracker principalmente depois da aula porque foi divertido, pudemos mexer com brinquedos e percebi que posso medir várias coisas.” Aluno V – 15 anos.

“Faz a aula ficar legal e faz a gente usar coisas diferentes pra deixar as aulas menos chatas.” Aluna A – 15 anos.

A escolha do *Tracker* para desenvolver um trabalho com alunos do Ensino Médio foi motivada pela grande acessibilidade que o programa oferece aos seus usuários, dentre as quais podemos mencionar principalmente a gratuidade do programa, ser de plataforma livre, exigir poucos recursos materiais e financeiros, além não ter grandes dificuldades para ser utilizado.

Na opinião do autor desse trabalho, o *Tracker* como ferramenta educacional é extremamente útil para se utilizar em sala de aula, podendo compensar parcialmente a falta de laboratório didático de ciências em algumas escolas, principalmente na Rede Pública. Não se pode afirmar com certeza, mas o programa *Tracker* em particular pode ser algo temporário, pois com a evolução da tecnologia, poderão aparecer ferramentas mais interessantes, que ofereçam uma gama de recursos mais variados e acessíveis. Mas de qualquer forma, a vídeoanálise sempre será algo útil no ensino de Física, independentemente dos novos programas que possam aparecer, sendo um nicho de pesquisa que deve ser explorado e aperfeiçoado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, Antônio J. S. **As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, p. 569-600, 2008.

AGUIAR, Carlos E; MAXIMO-PEREIRA, Marta. **O computador como cronômetro.** Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso), v. 34, 2012.

ARAÚJO, Mário 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 - Brasil, v. 25, n.2, p. 176-194, 2003.

AULER, Décio. **Alfabetização Científico-Tecnológica: Um Novo Paradigma?** Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 01-16, 2003.

BARBETA, Vagner B.; YAMAMOTO, Issao. **Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de Mecânica Clássica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 158-167, 2002.

BARBETA, Vagner. B.; YAMAMOTO, Issao. **Software para análise de vídeo digital como recurso didático para aulas de Física básica.** In: XXIX Cobenge-Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2001, Porto Alegre. Anais do XXIX Cobenge, 2001.

BEZERRA JR, Arandi G.; DE OLIVEIRA, Leonardo P.; LENZ, Jorge A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor. **Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 469-490, 2012.

BEZERRA JR, Arandi. G.; MERKLE, Luiz E.; DE SOUZA, Evandro S.; SPOLAORE, Lucas S.; RICETTI, Rodrigo; GIMENEZ-LUGO, Gustavo A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor. **Tecnologias Livres e Ensino de Física: uma Experiência na UTFPR.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF, 2009, Vitória - ES. Anais do XVIII SNEF, 2009.

BEZERRA JR, Arandi; LENZ, Jorge A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor. **Utilização de TIC Para o Estudo do Movimento Parabólico.** XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - XX SNEF, 2013, São Paulo. Anais do XX SNEF, 2013.

BEZERRA JR., Arandi; MEUCCI, Ricardo D.; OLIVEIRA, Fábio A.; GARCIA, Vinícius G.; FLORCZAK, Marcos A.; Lenz, Jorge A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor. **Uso de Videoanálise em Aulas de Física: Experimentos com o Software Tracker.** 2013. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

BEZERRA JR., Arandi; LENZ, Jorge A. ; FLORCZAK, Marcos A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor ; GARCIA, Vinícius G. **Uso de Videoanálise no Ensino de Mecânica em Cursos de Engenharia: o Software Livre Tracker.** In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - XL COBENGE, Belém. Anais do XL COBENGE, 2012.

BEZERRA, Arandi G. Jr.; LENZ, Jorge A.; OLIVEIRA, Leonardo P. **Uso de Videoanálise em Sala de Aula: Experimentos de Física com o Software Tracker**. Curso de curta duração ministrado/Extensão. 2011.

BORGES, Antônio T. **Novos Rumos do Laboratório Escolar - Publicação em volume especial**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, SC, v. 21, n. Especial, p. 01-25, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) – PCNEM**. Brasília: MEC, 2000.
BROWN, Douglas. **Video Modeling: Combining Dynamic Model Simulations with Traditional Video Analysis**. Cabrillo College. 2008.

BRYAN, J. A. **Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases**. IOPscience. Vol 45, 2010.

CALLONI, Gilberto J. **A Física dos movimentos analisada a partir de vídeos do cotidiano do aluno: Uma proposta para oitava série**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física. UFRGS. Porto Alegre 2010.

CARVALHO, Anna M. P.; PEREZ, Daniel G. **Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações**. 9. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2009. v. 26. 120p.

CASTILHO, Marcos A.; SUNYE, Marco S.; WEINGAERTNER, Daniel; BONA, Luis. C. E.; SILVA, Fabiano; DIRENE, Alexandre I.; GARCIA, Laura S.; CARVALHO, Carlos A. **Laboratórios de Informática com Software Livre para Atender Políticas Estaduais do Ensino Escolar**. In: Workshop de Informática na Escola 2007 (WIE 2007), 2007, Rio de Janeiro. Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2007. v. 1. p. 208-215.

CAVALCANTE, Marisa A.; BONIZZIA, Amanda; GOMES, Leandro C. P. **Aquisição de dados em laboratórios de Física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica**. Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso), v. 30, p. 2501-2506, 2008.

CAVALCANTE, Marisa A.; BONIZZIA, Amanda; GOMES, Leandro C. P. **O ensino e aprendizagem de física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real**. Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso), v. 31, p. 4501-1-4501-6, 2009.

Colégio Alfredo Parodi – EFM. **Projeto Político Pedagógico**. 2010.

CORVELONI, Élida P. M.; GOMES, E. S.; SAMPAIO, A. R.; MENDES, A. F.; COSTA, V. L. L.; VISCOVINI, Ronaldo C. **Utilização de máquina fotográfica digital multi-burst para aulas experimentais de cinemática - queda livre**. Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso), v. 31, p. 3504, 2009.

DIAS, Marco A.; AMORIM, Hélio S. de; BARROS, Susana S. **Produção de fotografias estroboscópicas sem lâmpada estroboscópica**. Rio de Janeiro: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.26, n.3, p. 492-513, dez, 2009.

DIAS, Marco A. **Utilização de fotografias estroboscópicas digitais para o estudo da queda dos corpos**. Dissertação de mestrado Profissional em Ensino de Física UFRJ. 2011.

FERREIRA, Sandra A. **Perspectivas e desafios na implementação do Programa Paraná Digital nas escolas da rede pública da educação básica paranaense**. IN: Congresso Nacional de Educação – EDUCERE, 9, 2009, Curitiba; ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE PSICOPEDAGOGIA, 3., 2009, Curitiba. Anais..., Curitiba: PUC PR, 2009. Disponível em: <http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2314_1851.pdf>. Acesso em: 11/07/2013.

GERALDO, Antônio C. H. **Didática de ciências naturais na perspectiva histórico-crítica**. 1. Ed. Campinas: Autores Associados. 2009.

HOHENFELD, Dielson P.; PENIDO, Maria C. M. **Laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física**. In: VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Anais do Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências. Belo Horizonte - MG: ABRAPEC, 2009.

LENZ, Jorge A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor C.; BEZERRA JR, Arandi. **Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software Tracker**, Abakós, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 24–34, maio 2014.

MEC. Programa Nacional de Informática na Educação – Diretrizes. MEC. 2007

MIQUELIN, Awdry. F.; BOZATSKI, Maurício. F. **Usuários Leigos: conhecimento, criticidade e poder**. Educação Profissional (Brasília. Impresso), v. 2, p. 27-36, 2007.

MÜTZENBERG, Luiz. A. **Trabalhos trimestrais: pequenos projetos de pesquisa no ensino de Física**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2005. v. 1. 94p.

NUSSENZVEIG, Herch M. **Curso de Física Básica – 1 Mecânica**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002, p.3-5, 4ª Ed.

OLIVEIRA, Leonardo. P.; ALESSI, Alesandro; SANTANA, Arthur. N.. **A Física pela Perspectiva de uma WebCam**. 2009. 110 f. Monografia (conclusão de graduação) - Engenharia de Computação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

OLIVEIRA, Leonardo P.; LENZ, Jorge A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor C.; BEZERRA JR, Arandi. G. **Divulgando e ensinando análise de vídeo em sala de aula: experimentos de mecânica com o software Tracker**. XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física SNEF 2011. Manaus. Anais do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física SNEF 2011, 2011.

OLIVEIRA, Leonardo P.; LENZ, Jorge A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor C.; Arandi G. BEZERRA JR. **Utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação para o Estudo de Mecânica através de Vídeoanálise: Aplicações Desenvolvidas com o Software Tracker.** In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2011, Blumenau. Anais do XXIX COBENGE, 2011.

OLIVEIRA, Leonardo P.; SAAVEDRA FILHO, Nestor; LENZ, J. L.; A. G. Bezerra-JR. **Tecnologias Livres no Ensino de Física: Vídeo-Análise em Experimentos de Mecânica.** In: I CICPG Sul Brasil - Congresso de Iniciação Científica e Pós-Graduação - Sul Brasil, Florianópolis. 2010.

OLIVEIRA, Leonardo P.; LENZ, Jorge A.; SAAVEDRA FILHO, Nestor C.; BEZERRA JR, Arandi. **Vídeo-Análise no Ensino de Física: Experiências com o Software Tracker.** In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica - SICITE 2010, 2010, 2010, Cornélio Procópio. SICITE 2010 - Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 2010.

PAIXÃO, Alexsander. C. **O A E I O U da Cinemática no Ensino Médio: A Contribuição da Fotografia Estroboscópica Digital na Sala de Aula.** Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Física). UFRJ. 2011.

PINHO-ALVES, José. **Atividades Experimentais: Do Método à Prática construtivista.** 2000. 302 f. Tese (Doutorado em Educação). 2000 – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2000.

PINHO-ALVES, José. **Regras da Transposição Didática aplicadas ao laboratório didático.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 17, n.2, p. 174-188, 2000.

PIRES, Marcelo A. **Tecnologias de Informação de Comunicação como meio de ampliar o aprendizado de Física.** 2005. 97f Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ROSA, Rafael A. S.; RAPOZO, Rodrigo R.; CARVALHO, T. Matias; SABA, Marcelo M. F. **Fotografias Estroboscópicas.** Física na Escola, v. 5, n. 1, 2004.

SAAVEDRA FILHO, Nestor; BEZERRA Jr., Arandi G.; LENZ, Jorge A.; GARCIA, Vinícius G. ; MEUCCI, Ricardo D. . **A Vídeoanálise em Sala de Aula: Estudo de Colisões unidimensionais com o Programa Tracker.** In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - XX SNEF, 2013, São Paulo. Anais do XX SNEF, 2013.

SEED, Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação da Rede Pública do Estado do Paraná – DCE.** 2008.

SÉRÉ, Marie G.; COELHO, Suzana M.; NUNES, Antônio D. **O Papel da Experimentação no Ensino da Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis-SC, v. 20, n.1, p. 30-42, 2003.

STORI, Airton. *et al.* Uma iniciativa (para nós importante) na perspectiva da melhoria das condições de ensino-aprendizagem de Física na escola pública do Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVIII, 2009, Vitória. **Anais...** Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0413-2.pdf>> Acesso em: 20 Jul. 2013.

TANURI, Leonor M. **História da formação de professores.** Revista Brasileira de Educação, Campinas-SP, v. 14, p. 61-88, 2000.

TONO, Cineiva C. P. **Diretrizes das Políticas Públicas de Alfabetização Digital no Estado do Paraná.** In: XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2006, Campo Grande - MS. Tecnologia da Informação e Desenvolvimento Regional. Campo Grande: Editora UFMS, 2006.

VEIT, Eliane A. **Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física?** Física na Escola, v. 6, 2005.

VICENTE, Kim. J. **Homens e Máquinas.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

VILCHES, Amparo. e GIL-PÉREZ, Daniel. “Aprender, ensinar, aprender... Um desafio coletivo de formação e ação permanentes” in O ensino das ciências como compromisso científico e social: os caminhos que percorremos”, A. F. Cachapuz, A. M. P de Carvalho, D. Gil-Pérez (orgs.) – São Paulo: Cortez, 2012.

TRACKER BRASIL, Grupo do *Tracker* da UTFPR. Disponível em <<http://www.dafis.ct.utfpr.edu.br/Tracker>> Acesso em 04: de julho de 2014.

Página do *Tracker* no Cabrillo College. Disponível em <<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/Tracker>>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

Página do OSP. Disponível em <<http://www.opensourcephysics.org/>>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

Empresa Oracle. Disponível em <<http://www.oracle.com/technetwork/Java/index.html>>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

Página da ferramenta *Java*. Disponível em <http://www.Java.com/pt_BR/about/>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

Página da ferramenta *Java*. Disponível em <http://www.Java.com/pt_BR/download/>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

CÂMARA dos Deputados Federais. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CIENCIA-E-TECNOLOGIA/141252-EDUCACAO-APROVA-EXIGENCIA-DE-LABORATORIOS-EM-ESCOLAS-PUBLICAS.html>>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

CÂMARA dos Deputados Federais. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/radio/materias/ULTIMAS-NOTICIAS/375166-PROJETO-QUE-OBRIGA-ESCOLAS-P%C3%9ABLICAS-A-MANTER-LABORAT%C3%93RIOS-FOI-APROVADO-EM-COMISS%C3%83O-%2801%2740%22%29.html>>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

PLANTÃO da Cidade, Ponta Grossa, 28 de junho de 2006. Disponível em: <<http://www.plantaodacidade.com.br/Anteriores/quarta280606/qiii.htm>>. Acesso em: 4 de julho de 2013.

Pasco. Disponível em <www.pasco.com>. Acesso em: 14 de julho de 2014.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA O ALUNO



Colégio Estadual Alfredo Parodi – EFM
Trabalho Experimental de Física – 1º ano – EM
Professor Fábio

O trabalho poderá ser feito em equipe de até três pessoas. O trabalho deverá ser impresso ou feito à mão de forma legível com cópia de todos os arquivos (vídeo, arquivo do *Tracker* e a Planilha eletrônica) entregues ao professor em sala ou enviado pelo e-mail alunodofabio@gmail.com. Entrega até o dia **25 de novembro**. Trabalhos copiados serão anulados. Isso não proíbe equipes de trocarem informações e tirar dúvidas.

O MODELO SÓ SERVE COMO UM EXEMPLO, NÃO DEVERÁ COPIAR AS INFORMAÇÕES. OS RESULTADOS E CONCLUSÕES QUE VOCÊ PODERÁ OBTER PODE SER DIFERENTE DAS QUE ESTÃO NO MODELO.

Procedimento 1

Objetivo -> Deverá descrever o que pretende fazer

Materiais e métodos -> Deverão ser descritos todos os materiais utilizados no experimento (como por exemplo se foi usado relógio ou celular, deverá também informar a marca e modelo), qual objeto foi utilizado (bola, pedra, garrafa plástica).

Nos métodos deverão ser informadas quantas medições foram feitas e todos os passos executados até encontrar o valor da aceleração.

Cálculos -> A tabela deverá ser preenchida a mão e os cálculos também feitos informando as fórmulas utilizadas e os resultados manualmente.

Conclusões -> Deverá ser dito se o procedimento demonstrou ser confiável ou não, quais fatores atrapalharam ou ajudaram a obtenção de resultados confiáveis.

Questionários -> Com base nas conclusões atingidas, responder as perguntas que estão no modelo.

Procedimento 2

Para o procedimento 2 você deverá baixar o software *Tracker*. Todas as dúvidas com relação ao uso se encontram no seguinte endereço:

<http://www.youtube.com/watch?v=9ZkRpgaQYFY>

Ou procurar no youtube pelo perfil FabioProfessoris e assistir os vídeos

Objetivo -> Idem ao procedimento 1

Materiais e métodos -> Idem ao procedimento 1

Cálculos -> A tabela poderá ser feita a mão ou impressa, já que são valores com muitas casas decimais. Você deverá copiar o eixo que mostra o tempo (eixo t) e o eixo que mostra as posições verticais (eixo y). Após isso, calcular primeiro a velocidade em cada ponto e depois a aceleração.

Conclusões -> Idem ao procedimento 1

Questionários -> Idem ao procedimento 1

APÊNDICE B – MODELO DO RELATÓRIO A SER PREENCHIDO



Colégio Estadual Alfredo Parodi – EFM
Trabalho Experimental de Física – 1º ano – EM
Professor Fábio

Experimento: Medir o valor da aceleração da gravidade em Curitiba

Nome da equipe: _____ n.º
_____ n.º
_____ n.º

Série: 1.º ano **Turma:**

Procedimento 1

Objetivo

Determinar o valor da aceleração da gravidade medindo o tempo de queda de um objeto.

Materiais e Métodos

Materiais:

Métodos:

$\Delta s = 2 \text{ m}$	
t ₁	
t ₂	
t ₃	
t ₄	
t ₅	
Soma dos tempos	
Média dos tempos	
Aceleração	m/s ²

$\Delta s = 2,5 \text{ m}$	
t ₁	
t ₂	
t ₃	
t ₄	
t ₅	
Soma dos tempos	
Média dos tempos	
Aceleração	m/s ²

Conclusões:

Questões

- 1) As duas experiências permitem obter valores próximos para g ?
- 2) Foi relativamente fácil acionar e parar o cronômetro nos exatos momentos que a bola inicia a queda e toca o solo?
- 3) Qual foi erro percentual em relação a “ g ” encontrado nesse procedimento?

Procedimento 2

Objetivo

Medir o valor da aceleração da gravidade utilizando o *Tracker*.

Materiais e Métodos

Materiais:

Métodos:

t (s)	x (m)	v (deve ser calculada)	a (deve ser calculada)
-------	-------	------------------------	------------------------

(Dados obtidos utilizando o programa *Tracker*)

Conclusões

Questões

- 3) Qual foi o valor da aceleração encontrada usando o software *Tracker*?
- 4) Os resultados encontrados usando o *Tracker* foram diferentes dos resultados encontrados no procedimento 1?
- 5) A aceleração usando o *Tracker* deu um valor próximo a $9,8\text{m/s}^2$? Qual foi o erro percentual?

APÊNDICE C – BANNER ENFISUL



UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE Tracker PARA ENRIQUECER AULAS DE FÍSICA DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO



Fábio Anastácio de Oliveira • Ufpr • Curitiba • Brasil
• faoibaf@gmail.com

Introdução

Nas escolas da rede pública, em especial no Paraná, o laboratório didático de ciências é praticamente inexistente. Com o intuito de oferecer uma pequena compensação dessa falta, e superar as situações de aulas quase que exclusivamente teóricas este trabalho mostra uma atividade baseada em vídeoanálise para o desenvolvimento de atividades experimentais. Por ter baixo custo, qualidade, flexibilidade de uso e facilitando a realização de experimentos significativos nas aulas de Física, o Tracker pode ser uma ferramenta que supra em partes a falta do laboratório. O programa faz análise de vídeos quadro a quadro oferecendo à possibilidade de acompanhar a evolução de grandezas físicas em tempo real.

Resultados

Após a coleta e análise dos dados, os alunos puderam verificar se a aceleração da gravidade na Terra realmente era $9,8\text{m/s}^2$, sendo tolerado um erro máximo de até 10% para cima ou para baixo.

Na medição utilizando apenas um cronômetro algumas equipes chegaram a encontrar valores bem discrepantes em relação ao esperado, enquanto boa parte das equipes, utilizando o Tracker, obtiveram valores dentro da margem de erro esperada.

Alguns alunos notaram que realizando as filmagens dentro de ambientes com luz fluorescente as imagens quadro-a-quadro saíam borradas por causa do efeito do batimento.

Imagens

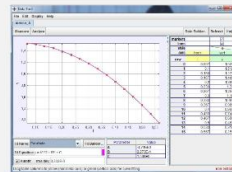


Métodos

O trabalho foi realizado em colégio da periferia de Curitiba com alunos do 1º ano do ensino médio e em possibilidade de risco social. O colégio não dispõe de um laboratório de ciências. Os alunos aprenderam a trabalhar com as equações do Movimento Variado pelo método tradicional (quadro e giz). Posteriormente foram feitos experimentos de Queda Livre em que os alunos deveriam marcar o tempo, utilizando um cronômetro, enquanto uma bola era abandonada das alturas de 2m e 2,5m e calcular a aceleração da gravidade.

No momento seguinte foi discutido se esse experimento era realmente confiável e se era fácil acionar e parar o cronômetro no momento em que a bola era abandonada e no momento que tocava o solo.

Na próxima etapa os alunos aprenderam a lidar com um software de planilhas eletrônicas juntamente com o Tracker. Eles refizeram o mesmo experimento com a ajuda do programa e por meio de um relatório detalharam seus trabalhos e compararam as medições de feitas manualmente com aquelas feitas com a ajuda do Tracker.



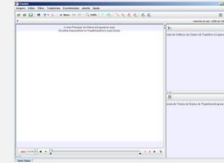
Conclusões

O uso de Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de Física aprimora a qualidade das aulas, desperta a criatividade e curiosidade dos alunos, além de remeter a um conhecimento menos fragmentado, contextualizado e a uma visão mais ampla e referenciada da ciência.

Com relação ao software Tracker, por ser um produto gratuito, por praticamente todas as escolas públicas do Paraná terem laboratórios de informática e maioria dos alunos terem algum tipo de câmera digital (como do celular), é uma ferramenta extremamente útil para auxiliar no ensino de física.

É importante também que os alunos tenham um domínio básico do uso do sistema operacional e de um programa de planilha eletrônica.

Tracker



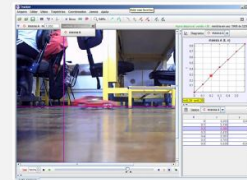
De acordo com Brown, o Tracker é um software de código aberto, em constante desenvolvimento pela parceria entre a equipe comandada pelo professor aposentado Douglas Brown, do Cabrillo College, situada na cidade de Santa Cruz, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos da América e pelo Open Source Physics - que é um projeto financiado pela National Science Foundation e pelo Davidson College, que tem como objetivo difundir o uso de ferramentas e bibliotecas de código aberto para o ensino de física baseadas em modelagem pelo uso do computador. Sua biblioteca está na linguagem de programação Java e licenciado com o GNU General Public License, que garante licenças para softwares livres, oferecendo aos seus usuários a liberdade necessária para usar, editar e compartilhar programas de computador sob sua licença.

O software Tracker permite realizar a análise de vídeos quadro a quadro de modo que lembra um fotogate, com a vantagem de não exigir um grande número de cabos e circuitos eletrônicos e poder fornecer uma quantidade maior de dados. Pode rastrear objetos fornecendo a posição, velocidade e aceleração sobrepondo gráficos e filtros de efeitos especiais, pontos de calibração, quadros de referência, perfis de linha para análise dos padrões de espectros e interferência, e modelos de partículas dinâmicas.

O Tracker é baseado em plataforma Java, que permite desenvolver aplicativos usando uma máquina virtual própria, permitindo com que os programas que utilizem essa plataforma possam ser utilizados em praticamente qualquer sistema operacional.

Sendo construído nessa plataforma, o Tracker, exige que o sistema operacional tenha a máquina virtual Java instalada. Sendo de código aberto pode, ser modificado por todos aqueles que têm interesse em melhorá-lo atualizando possíveis erros ou acrescentando novas ferramentas.

O programa Tracker pode ser baixado gratuitamente da internet diretamente na página do Cabrillo College ou da página de nosso grupo de pesquisa na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Para facilitar o uso, equipes de vários países o traduziram para sua língua vernacular, sendo que no Brasil fomos pioneiros nessa tarefa, que esteve sob responsabilidade do grupo que estuda o Tracker na UTFPR em conjunto com o desenvolvedor do aplicativo. De acordo com Oliveira (2009), o fato de se ter o programa traduzido para o português é de grande importância, pois aumenta o número de usuários aptos a utilizá-lo.



Colaboração

- Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr
- Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra
- Prof. Dr. Jorge Alberto Lenz
- Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak

Bibliografia

- BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de Mecânica Clássica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 156-167, 2002.
- BEZERRA JR, A. G.; DE OLIVEIRA, L. P.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. Vídeoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 469-490, 2012.
- BROWN, D. Video Modeling: Combining Dynamic Model Simulations with Traditional Video Analysis. Cabrillo College, 2008.
- CALLONI, G. J. A Física dos movimentos analisada a partir de vídeos do cotidiano do aluno: Uma proposta para oitava série. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, UFRGS, Porto Alegre 2010.

ANEXO A

MANUAL SIMPLIFICADO DE USO DO TRACKER VERSÃO 4.72

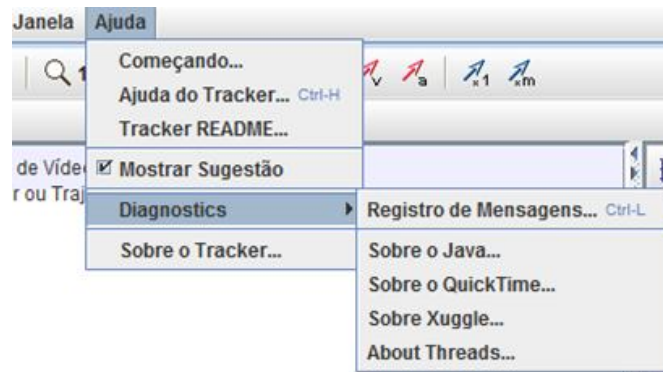
Download

<http://dafis.ct.utfpr.edu.br/Tracker/>
<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/Tracker/>

Instalação

Executar o arquivo baixado e posteriormente checar se as ferramentas auxiliares estão presentes para o programa trabalhar sem sustos.

Clicar em Ajuda → Diagnóstico e ver se estão instalados o *Java* JRE, Quick Time e Xuggle.



Caso não estiver escrito “sobre” para cada um dos três aplicativos, você terá que baixar e instalar.

- 1- Instalar o JRE do *Java* disponível no site (<http://java.sun.com>)
- 2- Instalar o Quick Time disponível no *site* (<http://www.apple.com/quicktime/download/>).
- 3- Baixar o *Tracker* disponível no site (<http://dafis.ct.utfpr.edu.br/Tracker>) ou (<http://www.cabrillo.edu/dbrown/Tracker>).
- 4 – Xuggle (<http://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=11606>).

Filmagem

- 5 - Escolher um local iluminado com um fundo uniforme, como uma parede por exemplo, preferencialmente com luz natural.
- 6 – Fixar à parede um objeto de medida conhecida, como uma régua por exemplo, para servir de referência de medida ao software.
- 7 – Escolher um objeto a ser lançado (bola de tênis por exemplo). O objeto deve contrastar bem com o fundo escolhido.
- 8 – **IMPORTANTE:** Evite editar o vídeo, pois isso pode alterar a taxa de quadros por segundo.
- 9 – Deixar a câmera em um ponto fixo durante a filmagem.
- 10 – Exportar o vídeo para o computador em uma pasta conhecida que possa ser acessada facilmente posteriormente.

Marcação do Pontos

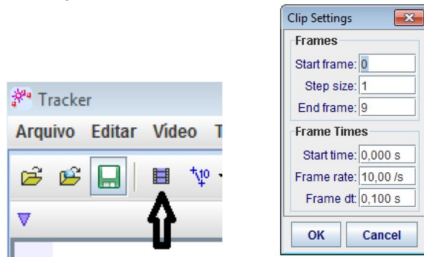
- 11 - Abra o vídeo (Arquivos – Abrir)

12 - Criar os Eixos das coordenadas

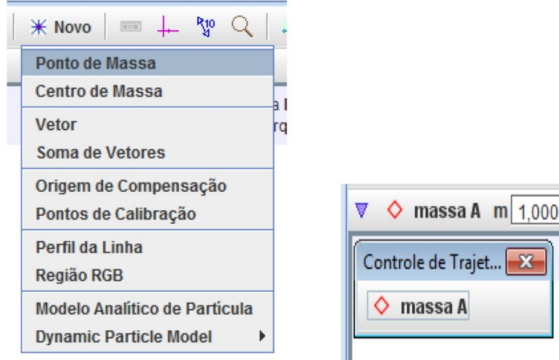


13 – Criar, utilizando a Fita métrica  a marcação da medida conhecida

14 – Opção CLIP SETTINGS definir os pontos iniciais e finais do vídeo e o “tamanhos dos passos”



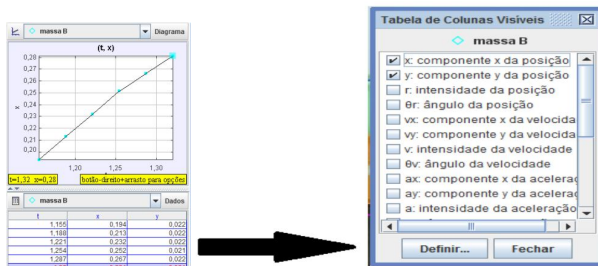
15- Criar um novo ponto de Massa pelo caminho (Novo → Ponto de Massa)



16 – Selecionar um ponto do objeto e segurando a tecla “Shift⇧”, ir clicando neste ponto frame após frame (quadro após quadro por segundo) até terminar o movimento desejado



17 – No lado direito da tela selecionar os dados desejados.

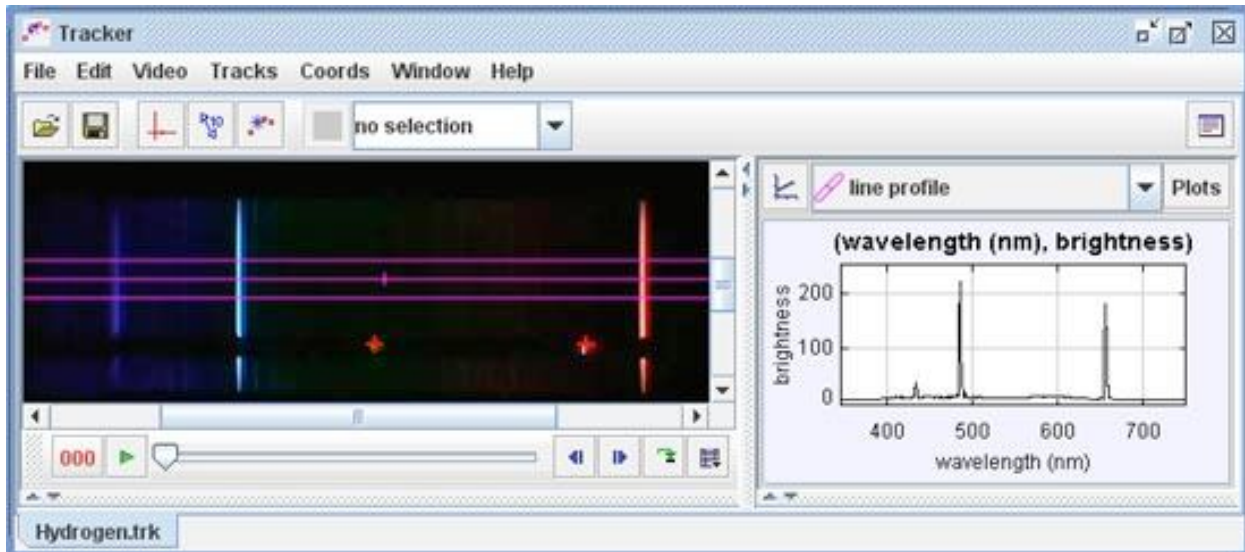


Análise dos pontos

18- Após selecionar os dados necessários Utilizar uma ferramenta que auxilie no tratamento destes dados, (Calc do Broffice é a ferramenta que utilizamos e recomendamos, por ser livre).

ANEXO B

Manual Tracker



O Tracker é um pacote para análise de vídeos desenvolvido pelo **Open Source Physics** (OSP) Java framework. Alguns dos atributos inclusos são posição, velocidade, aceleração sobrepostas e gráficos, filtros de efeito especial, referência à múltiplos quadros, calibração de pontoa, perfil de linhas para análises e modelos de partículas dinâmicas. Foi desenvolvido para ser usado como introdução para classes e laboratórios do curso superior de Física.

Para começar o uso do Tracker, veja *Começando*.

Começando


Quando o Tracker for aberto pela primeira vez, ele terá a mesma aparência da figura abaixo. Alguns passos para iniciar sua análise de vídeo:

1. **Abra um vídeo ou arquivo com extensão tracker (trk).**
2. **Identifique como desejar os quadros (video clip) para sua análise.**
3. **Calibre sua escala de vídeo.**
4. **Defina o quadro de referência e seu ângulo.**
5. **Marque os objetos de seu interesse com o mouse.**
6. **Plote e analise os objetos previamente marcados.**
7. **Salve seu trabalho como um arquivo tracker (trk).**
8. **Exporte os dados obtidos no Tracker para uma planilha.**
9. **Imprima ou copie/cole as imagens obtidas.**



Para mais informações sobre o uso da interface do Tracker, incluindo sua customização, veja *user interface* no manual em inglês.

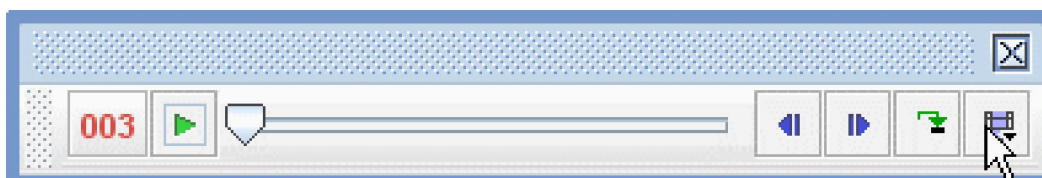
1. Abra um vídeo ou arquivo com extensão tracker (trk)

Clique no botão **Abrir**  ou no menu **Arquivo** ► **Abrir** e selecione um vídeo do QuickTime (.mov) ou arquivo tracker (.trk) para abrir. Outros vídeos poderão ser usados apenas se puderem ser abertos pelo QuickTime. Você poderá também abrir imagens

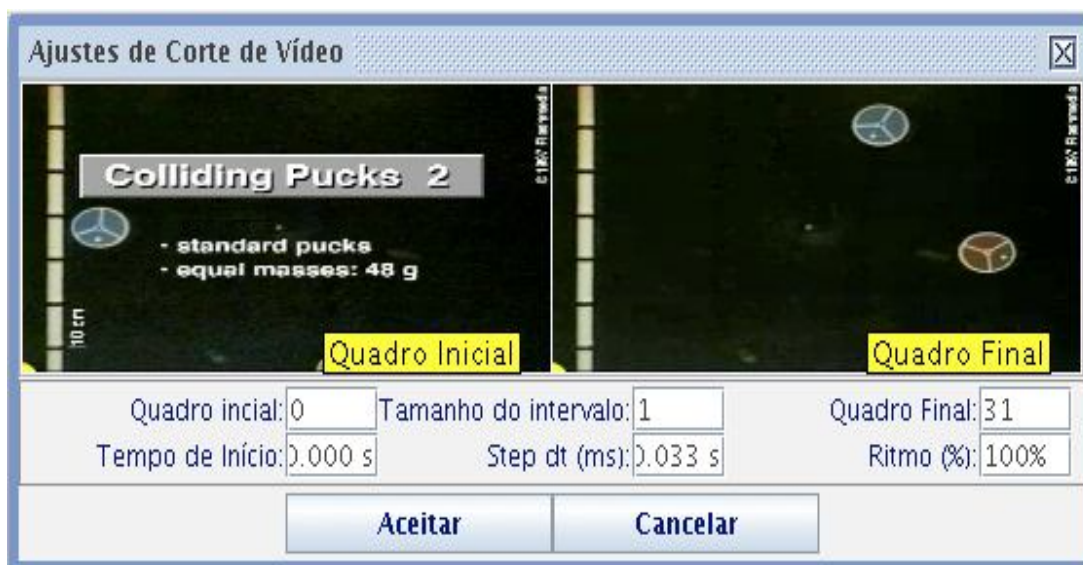
(.jpg, .gif, .png) ou colar uma imagem do clipboard. Para mais informações veja *see videos*.

2. Identifique como desejar os quadros (video clip) para sua análise

Exiba o Ajustes de Corte de Vídeo clicando no botão **Ajustes de Corte de Vídeo** localizado no lado direito inferior do player, assim como mostra a figura.



Na caixa de Ajustes de Corte de Vídeo, defina o quadro inicial e final de sua análise. Você pode arrastar o player's slider para scanear o vídeo e rapidamente localizar os quadros de seu interesse. Caso o vídeo possua muitos quadros para análise (mais de 20, poderá ser tedioso), aumente o quantidade de quadros que você desejar pular automaticamente (**Tamanho do Intervalo**). Para mais informações veja *video clips*.



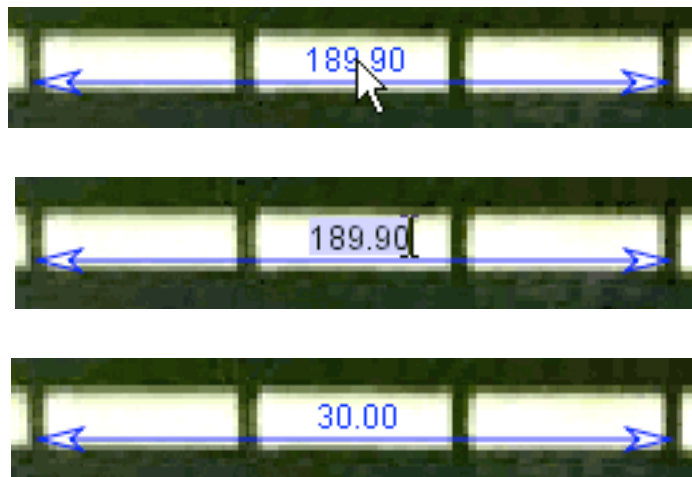
3. Calibre sua escala de vídeo

Clique no botão **Fita Métrica**  para mostrar a fita métrica.


Arraste as duas pontas da flecha para a posição que você já saiba previamente o valor da medida. Então clique na fita métrica e entre com o valor da medida conhecida. Por



exemplo, na figura abaixo a escala usado é a do centímetros (cm) e cada retângulo branco vale 10 cm.




4. Defina o quadro de referência e seu ângulo

Clique no botão **Eixos**  para mostrar as coordenadas em x e y. Arraste o original e/ou coordenada x para definir o quadro de referência e ângulo. Um posição confortável seria a posição inicial do objeto de interesse. Para mais informações sobre coordenadas , ou formas alternativas para definir o quadro inicial e/ou o ângulo veja axes.



A escala de vídeo e quadro/ângulo de referência definem as coordenadas do sistema usados para converter as posições dos pixels da imagem em coordenadas do sistema universal. Em alguns vídeos as propriedades do sistemas das coordenadas hpodem variar de quadro para quadro (por exemplo: o zoom da câmera poderá mudar, ou o vídeo com a imagem distorcida. O Tracker torna muito fácil o manuseio de alguns vídeos. Para mais informações veja *coordinate system*.

5. Marque os objetos de seu interesse com o mouse.

Clique no botão **Controle de Trajetória** . Então clique no botão **Novo** e selecione o tipo de marcação que você deseja. A maioria dos objetos em movimentos são marcados usando a opção **Ponto de Massa** ou modelados usando a opção **Dynamic Particle Model**.



Para marcação do objeto, pressione a tecla **SHIFT** e selecione a posição desejada. Você deverá executar o mesmo procedimento para todos os quadros. Ao clicar sobre a posição desejada, o vídeo automaticamente irá para o quadro seguinte.

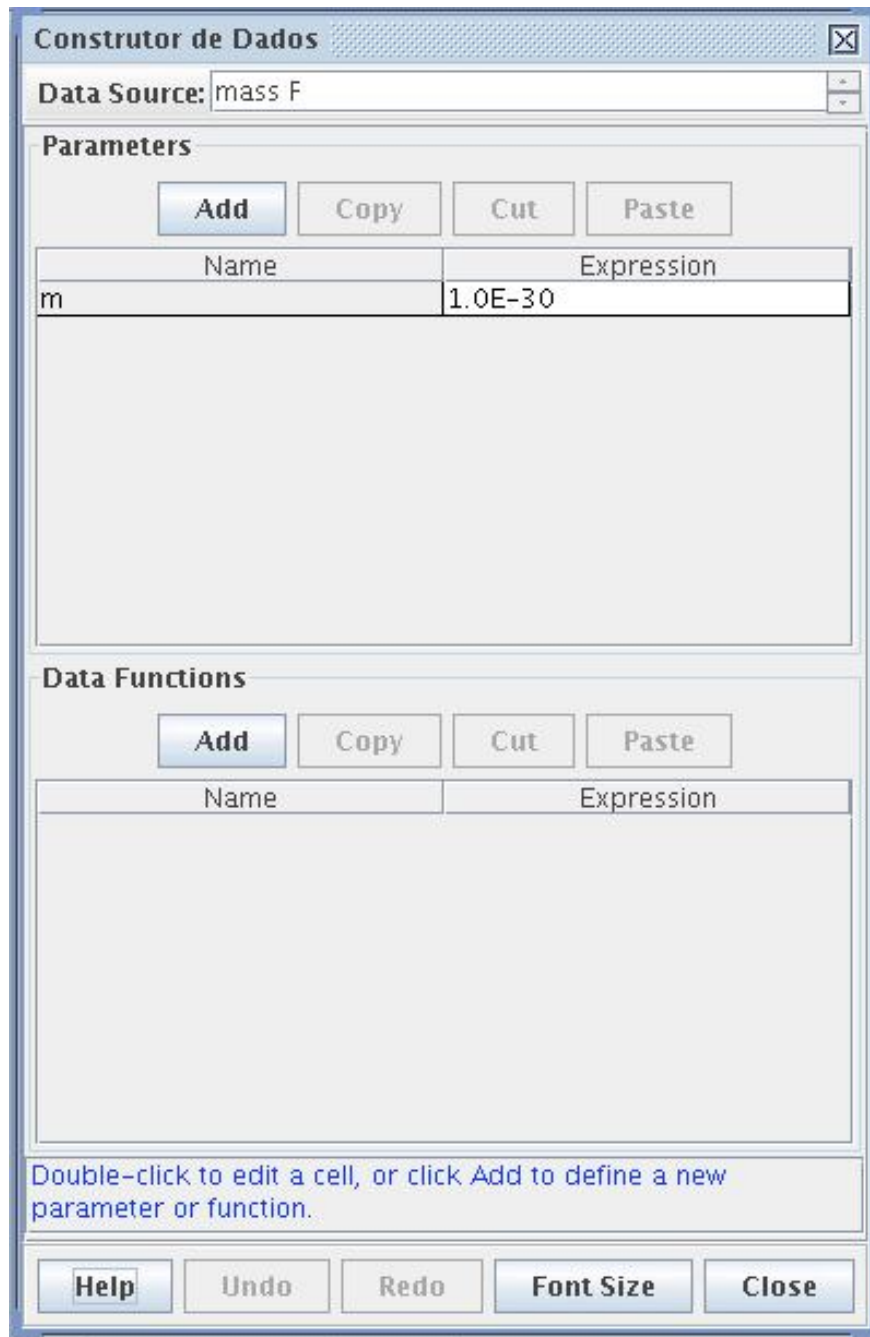
Nota: não pule quadros - se você fizer isso, as velocidades e acelerações não poderão ser determinadas.

Você poderá sempre ajustar a posição marcada arrastando-a com o mouse e selecionando uma nova posição. O botão direito poderá ser acionado para aumentar o zoom da imagem e maior precisão na marcação da imagem.

Caso queira modela um objeto, entre com os valores e expressões em **Construtor de Dados** como mostra a figura abaixo. A partícula irá automaticamente desenhada quando o vídeo for executado.



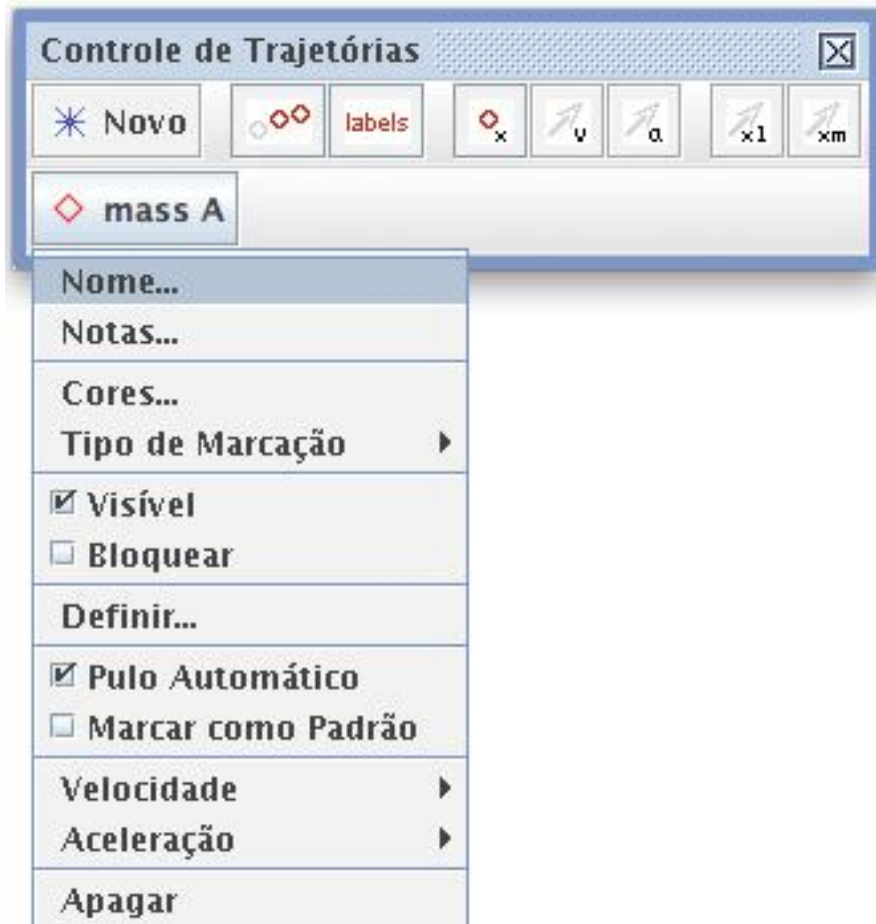
Você poderá mudar o nome ou a aparência da marcação clicando nela na caixa Controle de Trajetória. Outras funções como camadas, velocidades vetoriais e acelerações estão disponíveis na barra, podendo estas ser ativadas ou não.



Para mais informações veja *tracks*. Para informações detalhadas sobre funções específicas da caixa Controle de Trajetória veja *point mass*, *center of mass*, *vector*, *vector sum*, *offset origin*, *calibration point pair*, *line profile*, *rgb region*, *analytic particle model* or *dynamic particle model*.

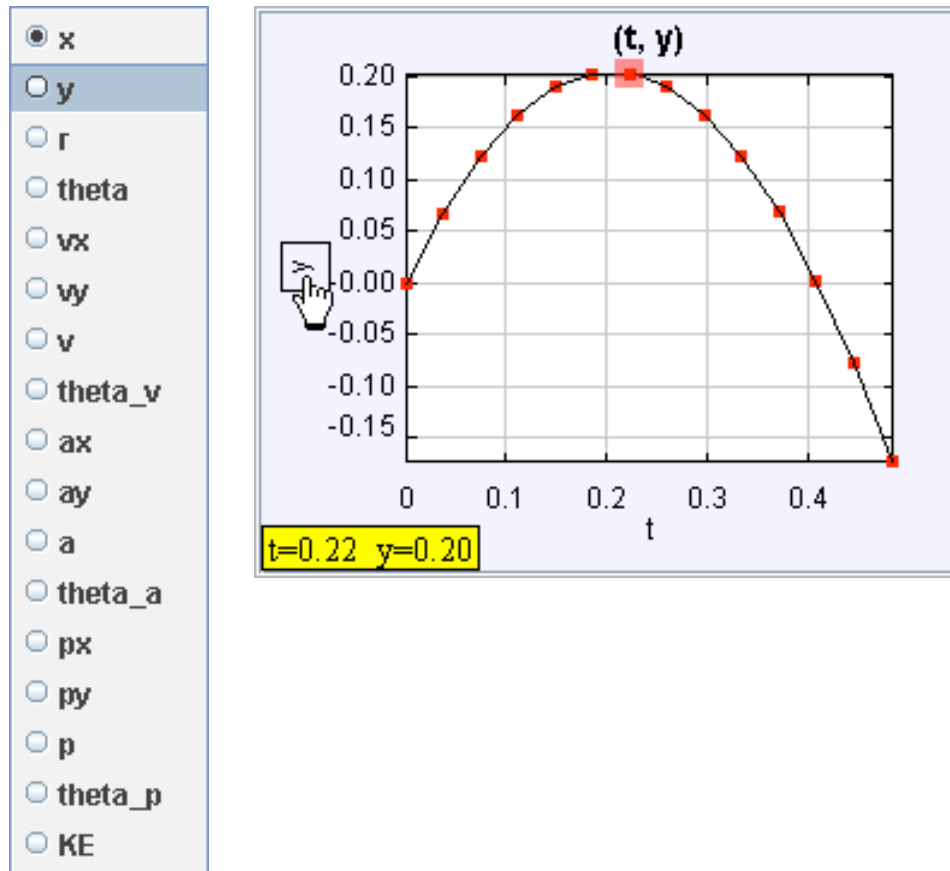
6. Plote e analise objetos previamente marcados.

A opção **Janela de Gráficos** mostram gráficos à partir dos dados obtidos. Clique no x- ou y- coordenada para alterar as variáveis que serão plotadas. Para plotar múltiplos gráficos, clique no botão **Plotar** e selecione o número desejado. Clicando com o botão direito em plotar, você poderá acessar a caixa de opções para análises.

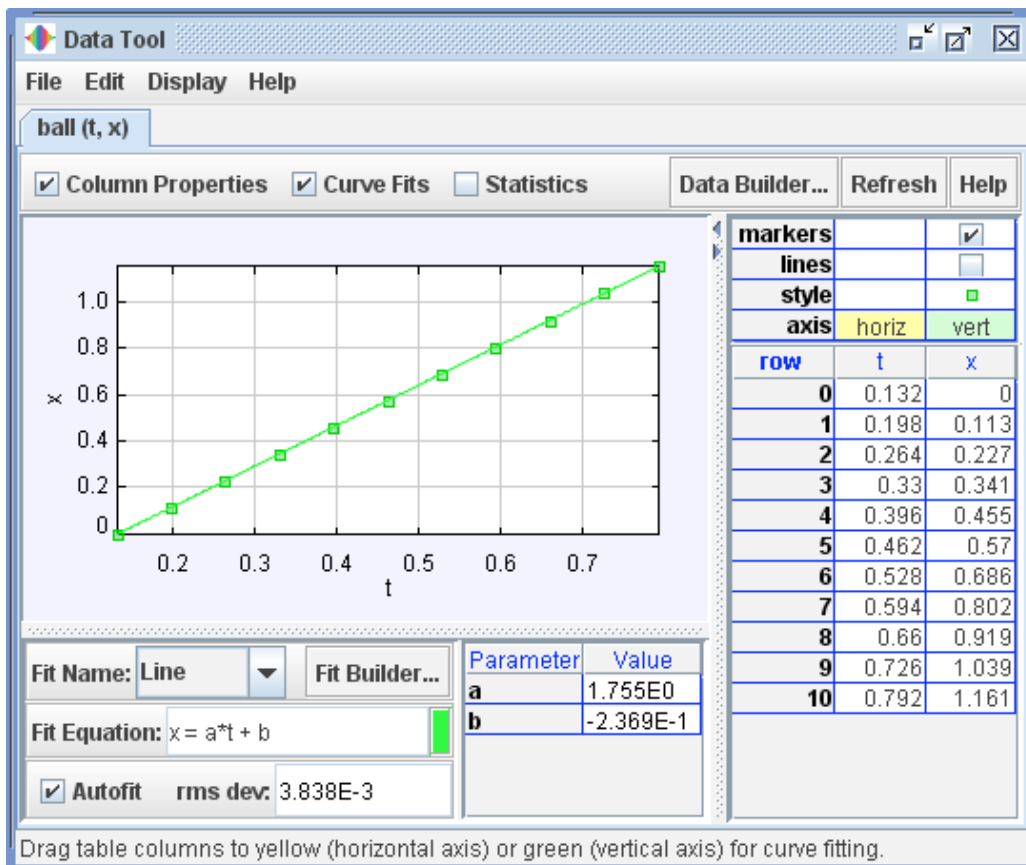


Duas das mais poderosas opções de análise disponíveis no menu são **Definir...** e **Analisar...**


- Definir... mostra o **Construtor de Dados** com o qual você poderá definir suas próprias variáveis para plotagem e tabela de dados. Variáveis personalizadas podem ser virtualmente embutidas em qualquer função e previamente definidas como variáveis padrão. Para solicitar ajuda ao usar o Data Builder, abra o Data Builder e clique no botão Ajuda.



- Analisar... mostra o **Ferramentas de Dados** com estatísticas, curvas e outras possíveis análises. Para solicitar ajuda ao usar Ferramentas de dados, abra Ferramentas de Dados e clique no botão Ajuda.




7. Salve seu trabalho como um arquivo tracker (trk).

Clique no botão **Salvar**  ou na barra de ferramentas clique na opção **Arquivo** ► **Salvar Como...** para salvar seu trabalho como arquivo tracker, extensão “trk”. Quando um arquivo salvo do tracker é aberto, o Tracker carrega o vídeo, define os quadros e as propriedades das coordenadas do sistema e reconstrói todas as marcações, variáveis padrões e vistas. Para mais informações veja *tracker files*.

8. Exporte os dados obtidos no Tracker para uma planilha.

A **Tabela de Colunas Visíveis** no Tracker, mostra uma tabela de dados. Para trocar as variáveis desta tabela, clique no botão **Dados** e selecione uma nova variável. Dados podem ser facilmente exportados desta tabela, bastando apenas copiá-los e colá-los em uma planilha ou em outro aplicativo. Para copiar, selecione os dados desejados da tabela, então clique com o botão direito do mouse e selecione **Copiar Dados** no menu. Para mais informações veja *datatable view*.

t	x	y	θ_r
0	4.178	-21.597	-1.38
0.132	7.998	-15.935	-1.106
0.264	11.869	-10.387	-0.719
0.396	15.748	-4.902	-0.302
0.528	20.092	-7.337	-0.35
0.66	24.481	-10.499	-0.405
0.792	28.832	-13.538	-0.438
0.924	33.166	-16.655	-0.465



- Copy Data
- Copy Image
- Define...
- Analyze...
- Print...
- Help...

9. Imprima ou copie/cole as imagens obtidas.

Você poderá imprimir ou copiar um imagem inteira do quadro do Tracker ou ainda qualquer tabela (ex: plotagem ou tabela de dados). para imprimir a imagem do quadro todo, selecione o menu **Arquivo** ► **Imprimir** Para imprimir um quadro individual ou vista, clique com o botão direito e escolha a opção **Imprimir...** do menu. Para copiar um imagem, escolha a vista desejada e selecione o menu **Editar** ► **Copiar Imagem** ou clique com o botão direito e escolha a opção **Copiar Imagem**.

ANEXO C

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DAFIS - DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA

ARANDI GINANE BEZERRA JUNIOR
JORGE ALBERTO LENZ
LEONARDO PRESOTO DE OLIVEIRA
NESTOR CORTEZ SAAVEDRA FILHO

**MANUAL PARA USUÁRIOS INICIANTE NO SOFTWARE
TRACKER**

CURITIBA

2011

RESUMO

BEZERRA-Jr., A. G.¹; LENZ, J. A.²; OLIVEIRA, L. P.³; SAAVEDRA, N.⁴. Manual para Usuários Iniciantes no Software Tracker. i f. – , Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

Este manual foi projetado com o intuito de auxiliar um usuário iniciante a usar o Tracker, desde a instalação até o tratamento dos dados.

Palavras-chave: software Tracker, vídeo-análise, sistemas de aquisição de dados, TICs no Ensino de Física.

¹arandi@utfpr.edu.br

²lenz@utfpr.edu.br

³leonardopoliveira@hotmail.com

⁴nestorsf@utfpr.edu.br

Sumário

1	Licenciamento	3
2	Introdução	4
2.1	Tracker	4
2.2	Java	4
2.3	Quick Time	5
2.4	Requisitos da Câmera de Filmagem e do Computador	5
2.4.1	Câmera de Filmagem	5
2.4.2	Computador	5
3	Preparação	6
3.1	Filmagem	6
3.1.1	Local	6
3.1.2	Marcação	6
3.1.3	Como Manusear a Câmera	6
3.2	Exportando para o Computador	6
4	Uso	7
4.1	Iniciando o Tracker	7
4.2	Análise dos dados	8
5	Considerações Finais	8

1 Licenciamento

Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição Uso Não-Comercial-Compartilhamento pela mesma Licença 2.5 Brasil. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/br/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA

2 Introdução

2.1 Tracker

O Tracker é um software livre destinado à análise quadro a quadro de vídeos (vídeo análise) que permite o estudo de diversos tipos de movimento a partir de filmes feitos com câmaras digitais ou webcams e computadores comuns. Através do uso desta tecnologia, professores e estudantes de Física tem condições objetivas de desenvolver experimentos significativos e atividades de laboratório de baixo custo, mas alta qualidade acadêmica. Por ser um software livre, o Tracker pode ser obtido e repassado livremente e também está aberto a modificações realizadas pelo usuário. Além disso, é um software de fácil aprendizagem, o que torna relativamente simples seu uso na obtenção de informações relevantes em experimentos de Física.

O Tracker foi criado em parceria com o Open Source Physics (OSP)¹. O OSP é uma comunidade de âmbito mundial que contribui com a oferta de recursos gratuitos para o ensino de Física e de modelagem computacional. A ideia é oferecer a professores e estudantes ferramentas computacionais que possibilitem modos diferentes de descrever, explicar, prever e entender fenômenos físicos. Para tal são utilizadas bibliotecas em linguagem Java, que permitem executar os aplicativos em qualquer sistema operacional. O Tracker foi projetado por Douglas Brown, professor da faculdade Cabrillo College, situada na Califórnia, EUA. O software pode ser obtido a partir do endereço: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/Tracker/>. Originalmente, o programa foi desenvolvido em inglês, mas a versão em português, incluindo manual, também está disponível na página oficial. A tradução para o português é parte do trabalho que visa à divulgação e à popularização do uso do Tracker realizado pelo grupo da UTFPR responsável pela oficina “Uso de Vídeo-Análise em sala de aula: experimentos de Física com o software Tracker” ministrada no XIX SNEF, realizado entre 30 de janeiro e 04 de fevereiro de 2011, em Manaus. Além da oficina, o referido grupo também é autor do trabalho “Divulgando e ensinando análise de vídeo em sala de aula: experimentos de mecânica com o software Tracker” (T0094-1), apresentado na seção CO36-07 (Tecnologia da informação, difusão tecnológica e o Ensino de Física) do XIX SNEF.

2.2 Java

Java é a linguagem de programação na qual o Tracker é baseado. Uma das características que marca a utilização da linguagem Java é a portabilidade, uma vez que esta linguagem pode funcionar em qualquer sistema operacional, bastando apenas que o usuário tenha instalada em seu computador uma máquina virtual que é responsável por interpretar os códigos digitados pelo programador e transformá-los no programa em si. Esta máquina virtual é de extrema importância para o usuário já que, sem ela, o computador não reconhecerá o programa Tracker. A máquina virtual chamada JRE pode ser baixada gratuitamente no site da SUN², que é a desenvolvedora da linguagem.

Caso o sistema operacional seja o Windows, o site do Tracker oferece um programa executável (.exe) que dispensa o uso do Java.

¹<http://www.opensourcephysics.org/>

²<http://Java.sun.com>

2.3 Quick Time

O Quick Time é uma estrutura de suporte multimídia capaz de manipular formatos de vídeo digital, como videoclipes e outros, que é utilizada pelo software Tracker para a execução dos vídeos dos experimentos realizados pelos usuários. Portanto, é pré-requisito que ele esteja instalado no computador. Esta instalação pode ser realizada gratuitamente a partir do endereço da Apple³, a desenvolvedora do Quick Time.

2.4 Requisitos da Câmera de Filmagem e do Computador

2.4.1 Câmera de Filmagem

A qualidade dos resultados obtidos está ligada diretamente à qualidade da câmera. Assim, quanto melhor a resolução da câmera, melhor será a qualidade de imagem para marcar as posições do objeto de estudo, além disso, quanto mais quadros por segundo forem gravados, melhor será a resolução temporal dos experimentos. Após diversos testes, consideramos que é possível obter bons resultados mesmo com câmeras de 3 Megapixels e 15 quadros por segundo.

Outro ponto importante a ser destacado é que o vídeo a ser gravado com a câmera deva ser compatível com o Quick Time. Quando outros tipos de extensão de arquivo são utilizados, é necessário efetuar uma conversão dos vídeos, conversão esta que pode implicar em falhas na execução do Tracker.

2.4.2 Computador

Em nossos testes, conseguimos utilizar o Tracker para a realização de diversos experimentos significativos de mecânica a partir de computadores com baixa capacidade de processamento como, por exemplo: processador de 333 MHz, 64 MB de memória RAM e placa de vídeo de 8 MB integrada. Isto significa que, mesmo em instituições com poucos recursos computacionais, ainda assim, é possível empregar o Tracker como recurso auxiliar às aulas de Física. Atualmente, o recurso a computadores portáteis do tipo notebooks e netbooks torna o uso do Tracker ainda mais promissor no sentido de possibilitar a professores e estudantes estabelecer “laboratórios móveis” de baixo custo, mas com recursos de alto nível. Daí a importância de se explorar e divulgar as potencialidades de uso desta tecnologia.

³<http://www.apple.com/quicktime/download/>

3 Preparação

3.1 Filmagem

3.1.1 Local

O local para a filmagem é muito importante e três fatores principais devem ser levados em conta: a iluminação, o plano de fundo e a cor do objeto a ser filmado. É necessário que o ambiente apresente uma iluminação razoável (uma sala de aula iluminada por lâmpadas fluorescentes é suficiente) para facilitar a marcação dos quadros no software. Preferencialmente, o plano de fundo deve ser uma parede de cor uniforme, ou mesmo o quadro de giz. Também é importante que haja um bom contraste entre o objeto móvel (que pode ser uma bolinha ou um carrinho em miniatura, por exemplo) e o plano de fundo, já que a divisão do filme quadro a quadro pode “deformar” a imagem do objeto, dificultando assim a visualização deste. Assim, uma bolinha amarela em movimento contra um plano de fundo branco, por exemplo, permite a realização de filmagens de boa qualidade para o uso do Tracker.

3.1.2 Marcação

AxS análises realizadas com o Tracker tem como base dimensões espaciais (comprimentos, alturas, etc.) relativas e, para tal, é necessária a colocação de um padrão de tamanho conhecido na cena de filmagem, que pode ser uma régua, por exemplo. Ao rodar o programa, a visualização e marcação de um comprimento padrão se fazem necessárias e este corresponderá a certa quantidade de pixels no filme; deste modo, o Tracker pode estabelecer distâncias reais (em escala de centímetros, ou de metros, por exemplo) entre pontos. Mais a frente este assunto será mais bem esclarecido.

3.1.3 Como Manusear a Câmera

Durante a filmagem, recomenda-se que a câmera fique imóvel e com campo de visão amplo, lembrando que é possível filmar todo o movimento do objeto em estudo ou apenas as partes que interessem ao experimento em questão.

3.2 Exportando para o Computador

Ao executar o programa, o usuário irá se deparar com a tela abaixo (Figura 1). Para utilizar o software, um arquivo de vídeo referente a algum experimento deverá ter sido gravado previamente. Na sequência, será exposto um procedimento passo a passo para o uso do programa.

4 Uso

4.1 Iniciando o Tracker

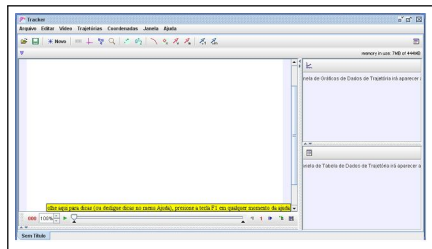


Figura 1: Tela do Tracker

1) A Figura 1 mostra a tela inicial do Tracker. Para estudar o vídeo do movimento filmado, basta ir em ARQUIVO, ABRIR e escolher o vídeo a ser aberto;

2) Na sequência, é necessário criar Eixos. Para isto, clique no ícone “Eixos” (em rosa na barra de ferramentas). É aconselhável que o ponto inicial do movimento coincida com a origem dos eixos. Assim, após clicar no ícone, basta mover os eixos até o ponto de interesse;

3) Ao lado direito do ícone dos Eixos, encontra-se o ícone “Fita Métrica” (em azul). Para estabelecer o padrão de distâncias, deve-se clicar na fita métrica e arrastar as duas pontas da fita que surgirá na tela para as extremidades do padrão de medida utilizado na filmagem (por exemplo, uma régua colocada no plano de fundo);

4) Em seguida, deve-se ir ao ícone NOVO e criar um novo PONTO DE MASSA. Isto permitirá marcar as posições consecutivas do objeto em estudo;

5) Na parte inferior da tela inicial, na extrema direita, encontra-se um ícone denominado CLIP SETTINGS, que serve para escolher o ponto inicial e final do vídeo a ser analisado e o “tamanho do passo” dos frames (esta opção é importante caso a memória RAM do computador seja pequena). Note-se que o intervalo temporal entre dois eventos depende do número de frames por segundo da máquina utilizada para as filmagens. Ao clicar em CLIP SETTINGS, pode-se selecionar os quadros inicial (start frame) e final (end frame), do movimento;

6) Após demarcado o intervalo de tempo e os quadros a serem analisados, deve-se marcar cada ponto do vídeo. Para isto, é preciso, a partir do início do movimento selecionado, segurar a tecla Shift e clicar no ponto desejado. Este primeiro clique irá selecionar a posição inicial. Assim, será criado o primeiro par de pontos (posição e tempo). Em seguida, o próximo quadro será mostrado e deve-se clicar (mantendo pressionada a tecla Shift) no objeto a fim de marcar o segundo ponto. Este procedimento deve ser repetido para cada frame, até o fim do movimento. Cada marcação irá produzir um par de pontos (posição e tempo). O conjunto destes pontos será armazenado pelo programa, o que tornará possível a análise do movimento;

7) Caso seja necessário, o botão direito do mouse dá acesso a um comando de Zoom que pode auxiliar na visualização do objeto, tornando a marcação dos pontos mais precisa;

8) Ao fim da marcação o Tracker gera, à direita da tela, uma tabela e um gráfico com os dados. Estes dados

poderão ser analisados com auxílio do próprio programa ou poderão ser exportados para outros aplicativos.

4.2 Análise dos dados

Clicando com o botão direito do mouse sobre a tabela de dados gerada, tem-se acesso ao comando “Analisar”, do Tracker. Este comando permite ao usuário realizar um tratamento dos dados experimentais, por exemplo, encontrar a curva matemática que melhor se adapta aos pontos experimentais. Por outro lado, os dados gerados pelo software também podem ser analisados separadamente, para o que recomendamos o uso do programa CALC (BROFFICE: <http://www.broffice.org/download>), que também é um software livre, em português. Além deste, outro programa livre, em inglês, que apresenta diversos recursos é o Scidavis ⁴. A análise dos resultados é parte fundamental dos experimentos, daí a importância de se criar e exportar tabelas e manipular os dados livremente. Note-se que, em experimentos de mecânica, o conhecimento dos dados experimentais da posição em função do tempo é a base para a obtenção de outras grandezas relevantes como velocidade, aceleração, força, energia, momento linear, etc.

5 Considerações Finais

Uma vez conhecidos os comandos básicos do Tracker, pode-se explorar outras possibilidades mais avançadas. Nossa sugestão, como introdução ao uso do programa, é que seja realizado um experimento de queda livre. A partir deste simples experimento, tem-se uma boa iniciação ao uso do Tracker.

Nosso grupo tem concebido, elaborado e testado diversos experimentos, tendo em vista o uso do Tracker em aulas de Física compatíveis com realidades educacionais brasileiras, considerando aspectos como currículos, condições materiais das instituições, tempo didático das aulas e níveis de ensino.

Este trabalho está inserido num projeto mais amplo de pesquisa e extensão que tem como objetivo o uso, o desenvolvimento e a difusão de tecnologias educacionais livres e de artefatos de baixo custo, mas alta relevância acadêmica, no Ensino de Física. Entendemos que o uso do Tracker é promissor por conta de seu baixo custo, de sua versatilidade e do interesse que desperta nos estudantes, tendo em vista a dinâmica de aulas que permite. Nossos resultados preliminares sugerem a possibilidade de ensinar a utilização deste software em poucas aulas e que, após algumas semanas, mesmo usuários relativamente inexperientes são capazes de empregá-lo na realização de experimentos significativos de Física.

⁴<http://scidavis.sourceforge.net/>