

# Atividades experimentais de física mediadas por videoanálise e o software livre *Tracker* na formação inicial de professores.

## Physics Experiments through video analysis with the free software *Tracker* in the initial stages of physics teacher's formation.

Arandi G. Bezerra Jr (arandi@utfpr.edu.br), Departamento de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Nestor C. Saavedra Filho (nestorsf@utfpr.edu.br), Departamento de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Jorge Alberto Lenz, (lenz@utfpr.edu.br) Departamento de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Leonado P. Oliveira, (leonardopoliveira@gmail.com) Universidade Tecnológica Federal do Paraná

### Resumo

Neste trabalho apresentamos resultados preliminares obtidos em pesquisa que visa a desenvolver estratégias para popularizar o uso do software livre *Tracker*, destinado a análise de vídeos de movimento quadro a quadro. Discutimos a importância da realização de experimentos significativos em aulas de Física, mediados por tecnologias educacionais livres que apresentem, ao mesmo tempo, qualidade, flexibilidade de uso e baixo custo, de modo que sejam compatíveis com a realidade educacional brasileira. Demonstramos a possibilidade de, em poucas aulas, ensinar a utilização do software *Tracker* para estudantes cursando o primeiro período do curso de licenciatura em Física. Nossos resultados indicam que mesmo usuários relativamente inexperientes no uso de tecnologias educacionais tornam-se capazes de empregar o *Tracker* na elaboração e mediação de experimentos significativos de Física.

**Palavras-chave:** software *Tracker*, vídeo análise, laboratório de Física, sistemas de aquisição de dados.

### Abstract

In this work we present preliminary results on a research project that aims at developing new strategies in order to popularize the free software *Tracker*, a frame-by-frame video analysis software. We discuss the relevance of developing significant experiments in Physics lab classes through free educational technologies. We consider experimental activities should combine quality, flexibility and low cost as part of a meaningful approach to Brazilian educational reality. We also present preliminary results on how to teach *Tracker*'s use to first semester Physics students. Our results indicate students can independently use the software after only a few classes, and most of the beginners in the field are able to conceive and perform relevant physical experiments.

**Keywords:** *Tracker* software, video analysis, Physics laboratories, data acquisition systems.

## Introdução

Ensinar - e aprender – Física por meio de atividades experimentais é importante para a formação de cientistas, de professores de Física e de cidadãos. Destacamos a Física Experimental, no contexto do Ensino de Física, porque entendemos haver uma conexão fundamental entre os aspectos fenomenológicos das ciências experimentais e a compreensão das diversas linguagens a partir das quais são construídos os conceitos científicos [1]. Neste sentido, as novas tecnologias despontam como estratégias úteis que precisam ser dominadas pelos professores e, ao mesmo tempo, devem ser acessíveis aos profissionais da educação, aos estudantes e às instituições de ensino. Atualmente, há uma série de discussões e reflexões a respeito de como se ensinar aspectos da Física Experimental e do Laboratório de Física nas aulas de Física [2, 3, 4]. No contexto brasileiro, a pesquisa e divulgação de novas tecnologias educacionais e abordagens envolvendo baixo custo e, ao mesmo tempo, alta qualidade acadêmica, despontam como importante área de pesquisa [5, 6].

Neste trabalho, apresentamos resultados preliminares obtidos em pesquisa que visa a desenvolver estratégias para popularizar o uso do software livre *Tracker* [7], destinado a análise quadro a quadro de vídeos de movimento. Demonstramos a possibilidade de, em poucas aulas, ensinar a utilização deste software para estudantes de licenciatura em Física, de modo que mesmo usuários relativamente inexperientes no que diz respeito ao uso de tecnologias educacionais tornam-se capazes de empregá-lo na realização de experimentos significativos de Física.

## Contexto

Muito embora as pesquisas na área de Ensino de Física tenham avançado significativamente nas últimas décadas, ainda há motivos para preocupação. Quando se trata da formação de professores, há muito que se fazer no sentido de prepará-los para utilizar as tecnologias modernas com autonomia, qualidade e criticidade, além disso, há que se encontrar diversas formas de bem equipar os laboratórios das instituições de ensino em todos os níveis [1, 5, 6]. No caso específico da rede pública do estado do Paraná, por exemplo, além da carga horária das aulas de Física no ensino médio ser baixa, são poucas as escolas que dispõem de laboratórios para atividades experimentais [8]. Neste sentido, é importante investigar alternativas e possibilidades educacionais que possam contribuir para a melhoria do processo educativo.

É comum, no Ensino de Física, o professor fazer uma pequena apresentação sobre o assunto a ser estudado, usando fórmulas matemáticas e resolvendo problemas, numa abordagem que, na maioria das vezes, não vem acompanhada de atividades experimentais ou demonstrações em laboratório. Por outro lado, quando as atividades de laboratório são realizadas, há uma tendência em se utilizar roteiros fechados, o que não incentiva momentos de reflexão e o aprofundamento de discussões acerca dos conteúdos [9]. Também por isso o processo de ensino-aprendizagem faz-se desinteressante, os estudantes tornam-se “usuários de fórmulas” que não tem relação com outros campos da cultura e da sociedade, e cria-se um abismo entre o que poderia ser ensinado e o que é, de fato, aprendido. Além disso, este processo inibe o desenvolvimento criativo e a apropriação crítica dos conteúdos. Em nossas abordagens, entendemos que o Ensino de Física deve ser baseado “na busca de soluções para problemas consistentemente formulados” [10] e é nesse contexto que trabalhamos com o desenvolvimento, a divulgação, o ensino e o uso das tecnologias educacionais.

Atualmente, nosso trabalho tem por objetivo principal apresentar a acadêmicos de Licenciatura em Física o software livre *Tracker*, discutir e explorar seu uso e potencialidades e contribuir com o desenvolvimento da autonomia crítica destes mesmos estudantes.

## O *Tracker* no Ensino de Física

Há diversas situações de ensino em que somente o uso das tecnologias permite, por exemplo, a realização de medições que podem ser fundamentais no processo de aprendizagem [5, 11]. Um dos obstáculos que se coloca para a utilização destas tecnologias no ensino é o custo elevado de equipamentos de laboratório e das tecnologias proprietárias (*hardware* e *software*). Neste contexto, é importante o desenvolvimento e a difusão de tecnologias livres que apresentem, ao mesmo tempo, qualidade, flexibilidade de uso e baixo custo, de modo a que sejam compatíveis com a realidade educacional brasileira [5, 6]. Assim, optamos por explorar o software livre *Tracker* [7], ligado ao projeto *Open Source Physics* [12], este relacionado ao desenvolvimento de programas com códigos abertos destinados ao ensino de Física. O programa *Tracker* permite realizar análise de vídeos quadro a quadro, com o que é possível o estudo de diversos tipos de movimento a partir de filmes feitos com câmaras digitais ou *webcams* e computadores comuns. Entendemos que, 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.

Sendo um software livre, o *Tracker* pode ser obtido e repassado livremente e também está aberto a modificações realizadas pelo usuário. O *Tracker* é um software de fácil aprendizagem, o que torna simples seu uso na obtenção de informações relevantes em experimentos de Física [13]. Além disso, destacamos a importância do uso e da disseminação da cultura do software livre por conta de suas implicações econômicas, sociais, políticas e ideológicas. Neste sentido, nosso trabalho se insere em um contexto maior, associado à articulação de medidas de universalização ao acesso e uso da tecnologia da informação, que está em sintonia com políticas que buscam a autonomia de segmentos socialmente excluídos [14]. Entendemos que a inclusão digital dependa não apenas do acesso à formação básica em software - para o que o software livre se presta muito bem -, mas também necessite da ampliação do acesso à internet e também ao computador. No caso do trabalho aqui apresentado, destacamos que tomamos o cuidado de verificar a possibilidade da instalação do software *Tracker* mesmo em computadores ditos de baixo desempenho, aos quais o acesso pode ser muito facilitado. Assim, um projeto preliminar que deu suporte ao presente trabalho consistiu em analisar a pertinência da montagem de laboratórios didáticos baseados em computadores de baixo desempenho, mas que podem ser utilizados como base para o uso do *Tracker* [15]. Somente após termos completado esta etapa é que iniciamos a elaboração dos cursos e manuais de usuários, bem como as demais atividades aqui descritas.

## Metodologia

### Etapa 1

Inicialmente, realizamos o estudo e o uso do *Tracker* a fim de nos familiarizarmos com esta ferramenta. Durante cerca de um ano, realizamos diversos experimentos de mecânica para explorar suas possibilidades e limitações. Avaliamos aspectos de *software* e de *hardware* (instalação do programa, máquinas fotográficas apropriadas, capacidade de

processamento dos computadores, programas auxiliares necessários) e também elementos objetivos da experimentação como condições de iluminação e o tempo didático necessário para a realização dos experimentos (incluindo montagem, coleta e tratamento de dados e discussão dos resultados). Nesta etapa, com o consentimento do desenvolvedor do software, traduzimos o programa para o português [7, 15]. É importante notar que esta tradução foi um passo decisivo para tornar o *Tracker* acessível aos professores e estudantes brasileiros.

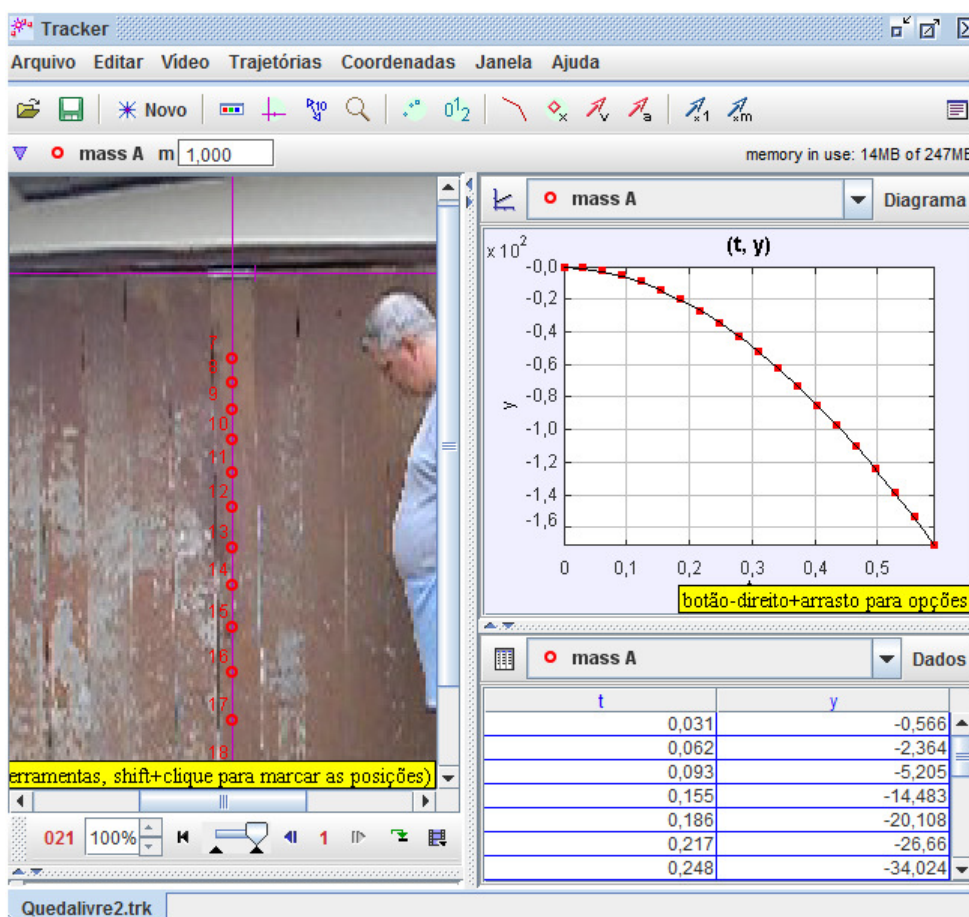
Dentre os experimentos de Física realizados, destacamos aqueles envolvendo *MRU* e *MRUV* (com e sem o trilho de ar), queda livre, *máquina de Atwood*, conservação do momento linear e movimento parabólico. Note-se que todas estas experiências envolvem a medição da posição de um móvel em função do tempo. Isto é geralmente feito com o uso de sistemas tipo *fotogate*, que demandam circuitos eletrônicos com muitos cabos e que tem a limitação de fornecer apenas alguns pares de pontos (posição e tempo) experimentais para análise. No caso em que interessa, por exemplo, demonstrar que a relação funcional entre estes pontos é uma parábola (como num experimento de queda-livre, ou de movimento parabólico), é importante haver diversos pontos experimentais. E isto é muito facilitado com o uso da vídeo análise. Neste sentido, o *Tracker* permite capturar vídeos gravados com câmeras digitais comuns em taxas da ordem de dezenas de quadros por segundo. Por exemplo, com 20 quadros por segundo, o que é um recurso presente mesmo em câmeras digitais de baixo custo, a separação temporal entre quadros será de 0,05s. Assim, após capturar o vídeo, é possível criar um mapa de movimento quadro a quadro do objeto cujo movimento está sendo estudado. Com isto, pode-se obter com relativa facilidade dezenas de pontos experimentais a serem analisados a fim de confirmar, investigar, desenvolver e explorar as teorias físicas.

## Etapa 2

Na sequência, elaboramos manuais em português e criamos um mini-curso sobre o *Tracker* – curso que se encontra em fase final de desenvolvimento - para que estudantes e professores de Física tenham acesso ao programa e possam utilizá-lo, com autonomia, como ferramenta auxiliar no ensino de Física. Nesta segunda etapa, apresentamos o software para estudantes cursando o primeiro período do curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Organizamos uma aula expositiva com 1 hora de duração, na qual o programa foi apresentado e dicas de uso foram dadas, juntamente com a apresentação de algumas possibilidades de uso do *Tracker* em experimentos de mecânica que desenvolvemos. Em seguida, realizamos experimentos simples (por exemplo, o experimento de queda livre) com a participação ativa dos estudantes, estes divididos em grupos de 3 ou 4 pessoas. Para estes experimentos, utilizamos diversos computadores portáteis (*laptops*) e câmeras digitais, que foram levados por nós para a sala de aula. Também foram distribuídos aos estudantes diversos CDs contendo o programa, endereços úteis e manuais de utilização. Assim, os estudantes puderam explorar o uso do software, com a nossa supervisão. Esta parte da aula teve duração de aproximadamente 1,5 horas. Portanto, a duração total desta primeira aula foi de 2,5 horas e a atividade foi incorporada ao conteúdo da disciplina de Fundamentos da Física (disciplina obrigatória para o curso de Física da UTFPR, com carga horária semanal de 6 horas), ministrada por um dos autores do presente trabalho. Ao final da atividade, sugerimos que os estudantes fizessem experiências diversas fora do ambiente da sala de aula e, para fins de avaliação, pedimos que fossem apresentados relatórios com os resultados por eles obtidos. Estes relatórios foram entregues três semanas depois da realização da aula acima descrita. Neste período, os estudantes puderam interagir com os responsáveis pelo curso, pessoalmente – em sala de aula e em horários de permanência – e através de e-mail. Assim, foi-nos possível analisar o aprendizado dos estudantes no uso do *Tracker* e também organizar informações iniciais sobre suas possibilidades quando empregado no Ensino de Física.

## Resultados e Discussão

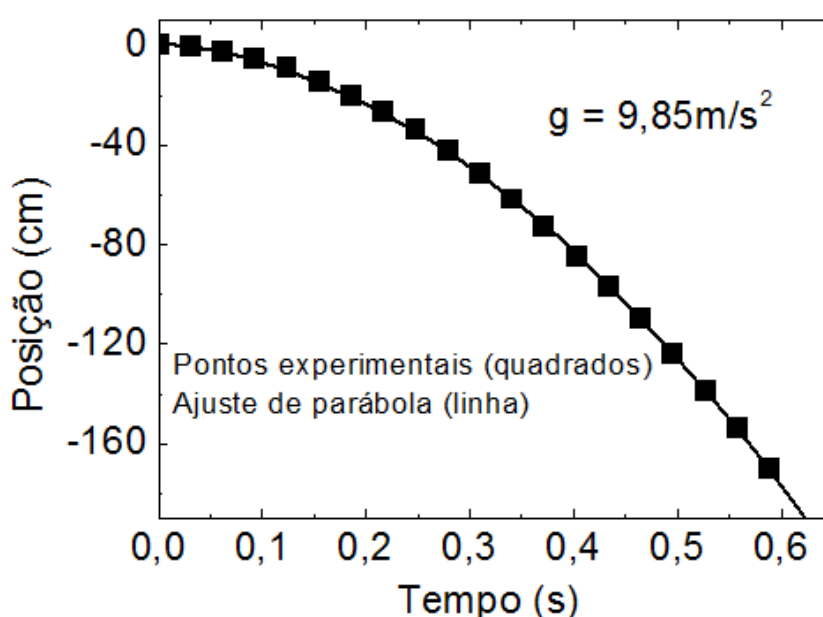
Na figura 1, apresentamos uma tela típica do *Tracker*, referente a um experimento de queda livre. Na parte esquerda da tela, aparece recorte da filmagem realizada pelos estudantes com uma câmera comum e notam-se os círculos que representam o movimento da massa em queda, quadro a quadro (note-se que o experimento foi realizado na casa de um deles, que aparece de perfil, tendo ao fundo a porta da garagem). À direita, é possível observar uma tabela com os dados de posição em relação ao tempo (abaixo) e também um gráfico destes valores (acima). Em nossos trabalhos, geralmente exportamos os dados de posição e tempo para outro programa, por exemplo, o *BrOffice* (<http://www.broffice.org/>), a fim de fazermos a análise gráfica (ajuste de curvas através do método dos mínimos quadrados, linearização, etc.). Na figura 2, mostramos resultados obtidos em um dos experimentos de queda livre feitos por estudantes do primeiro período do curso de Licenciatura em Física da UTFPR, contidos no relatório entregue 3 semanas após a aula inicial sobre o *Tracker*. A análise destes dados conduz ao valor  $9,85\text{m/s}^2$  para a aceleração da gravidade local, com erro experimental menor que 1%, um resultado bastante significativo. A propósito, destacamos que mais de 90% dos estudantes foi capaz de utilizar corretamente o software (vide Tabela 1).



**Figura 1:** *Tracker* e a experiência de queda-livre. À esquerda, os círculos representam quadros sucessivos do movimento. À direita, é apresentada uma tabela com os dados de posição e tempo (abaixo) e o gráfico respectivo (acima). Note-se que os comandos do programa estão em Português.

Importante dizer que, para a análise de dados de um experimento típico, um vídeo de queda livre tem duração de aproximadamente 1 segundo e é possível captar cerca de duas dezenas de dados de posição em função do tempo (de fato, esses números dependem das

condições do experimento e das configurações da câmera), o que é uma vantagem significativa em relação aos sistemas baseados em *fotogates*. Além disso, dado que a filmagem acontece rapidamente e que não são necessários circuitos eletrônicos (como no caso dos *fotogates*), o tempo utilizado na realização do experimento e na coleta de dados é relativamente curto, o que implica em os experimentos realizados com o *Tracker* serem compatíveis com o tempo didático das aulas de Física, mesmo aquelas referentes ao ensino médio. Desta forma, é possível ao professor dar ênfase ao tratamento dos dados e à interpretação da situação física. Além disso, nossa experiência mostra que os experimentos mediados pelo *Tracker* favorecem abordagens baseadas em atividades abertas e investigativas que, por sua vez, são mais interessantes e desafiadoras para os estudantes. Entendemos que, desta forma, aumenta a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências fundamentais para o fazer e entender a Ciência [9].



**Figura 2:** Dados de experimento de queda-livre mediado pelo uso do software *Tracker*. Estudantes cursando o primeiro período do curso de Licenciatura em Física da UTFPR obtiveram estes resultados três semanas após o primeiro contato com o software.

Na Tabela 1, apresentamos dados referentes ao número de estudantes que, após o curso sobre o *Tracker*, apresentaram relatório sobre o experimento de queda livre. Dentre os 17 alunos do primeiro período do curso de Física da UTFPR que utilizaram o *Tracker* para determinar a aceleração da gravidade local no segundo semestre de 2009, 14 alunos (82% do total) conseguiram utilizar muito bem o software e apresentaram resultados em que os erros experimentais foram menores que 5%. Na segunda versão do curso, realizada no primeiro semestre de 2010, analisamos os relatórios apresentados por 18 estudantes e todos foram capazes de utilizar o software (100% do total), sendo que, destes, 13 (72% do total) mediram a aceleração da gravidade com erro experimental menor que 5%. Interpretamos estas estatísticas como indício de que o *Tracker* é uma tecnologia acessível e de fácil aprendizado. Entendemos, ainda, que o curso por nós organizado serviu de importante ponto de partida para que os estudantes tivessem um primeiro contato com esta tecnologia.

**Tabela 01:** Estatísticas de estudantes que utilizaram o *Tracker*, após a aula introdutória.

Turma	Número de	Utilizaram	Calcularam $g$ com erro
-------	-----------	------------	-------------------------

(semestre/ano)	estudantes que utilizaram o <i>Tracker</i>	corretamente o software	experimental menor que 5%
2 <sup>o</sup> / 2009	17	14 (82%)	14 (82%)
1 <sup>o</sup> /2010	18	18 (100%)	13 (72%)

Destacamos também que, na sequência do curso, à medida que iniciaram os trabalhos com o *Tracker*, pudemos perceber um maior interesse dos estudantes nas aulas e no estudo da disciplina de Fundamentos da Física. Muitos estudantes utilizaram o software para realizar experimentos diversos na universidade, fora da sala de aula, e mesmo fora da universidade, sem que fossem requisitados a isso. Além do experimento inicialmente proposto, a maioria dos grupos realizou também outros experimentos (envolvendo, por exemplo, as leis de conservação de momento, de energia, e a análise de sistemas tipo pêndulo e massa-mola). Acreditamos que este processo se deveu a uma maior autonomia que o uso do *Tracker* permite aos estudantes de eles mesmos sugerirem - e realizarem - os experimentos de acordo com sua curiosidade e interesse científico. Esta é uma importante contribuição na boa formação de cientistas e de professores.

## Estágio Atual: Questionário no LimeSurvey

Além dos dados mostrados na sessão anterior, o trabalho atual encontra-se no estágio de aplicação de um questionário para os estudantes que tem feito uso do *Tracker* em suas aulas regulares de laboratórios de Física na UTFPR. Estes estudantes estão divididos em dois segmentos: i) os alunos do curso de Licenciatura em Física; ii) os estudantes de engenharia que cursam as disciplinas de Física básica nos dois anos iniciais dos seus respectivos cursos. O objetivo aqui é identificar diferentes aspectos entre estes dois grupos. O aspecto principal, comum a ambos, é entender como a utilização do *Tracker* pode influenciar o processo de aprendizagem. Um segundo passo é identificar comportamentos distintos entre aqueles que, em princípio, seriam apenas usuários desta tecnologia, sem interagir diretamente em sua concepção (os estudantes de engenharia) e aqueles que, podem ter uma interação mais direta com o *Tracker* (os professores em formação), porque não deveriam tornar-se apenas “usuários-clientes”. Assim, interessa também investigar como esses usuários podem, a partir de sua prática didática, propor inovações e conceber aulas e atividades de laboratório potencializadores de ganhos significativos de aprendizagem. O questionário está hospedado no servidor da UTFPR via *LimeSurvey* [16] um aplicativo também baseado em tecnologias livres, capaz de hospedar e colaborar no tratamento de dados referentes a um questionário aplicado. Este semestre será o segundo de aplicação do questionário, quando teremos um universo maior para a sua análise, assim, por ocasião do VIII ENPEC, estes dados serão apresentados e discutidos com a comunidade de Ensino de Ciências presente ao evento.

## Conclusão

Este trabalho está inserido num projeto 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.

Nossa experiência, até o momento, compreende duas etapas [17]: 1- o estudo e uso do *Tracker*, sua tradução para o Português e o desenvolvimento detalhado de experimentos significativos mediados por esta tecnologia; 2- a elaboração e o aperfeiçoamento de um curso e de material didático sobre o *Tracker*, com o objetivo de divulgar e tornar esta tecnologia acessível a estudantes e professores de Física. Assim, entendemos que o uso do *Tracker* no Ensino de Física 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. Além disso, 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. Neste sentido, o uso desta tecnologia surge como uma importante alternativa a ser usada tanto na formação inicial quanto na formação continuada de professores de Física, bem como nos diversos níveis de ensino, como forma de incrementar as aulas de Física nas escolas e universidades brasileiras. O prosseguimento do trabalho está focado no aprofundamento do uso crítico da tecnologia e na busca efetiva da sua implementação nos diversos ambientes escolares.

## Agradecimentos

Agradecemos aos professores L. E. Merkle e G. A. Giménez-Lugo, do Departamento Acadêmico de Informática da UTFPR, pelas importantes e esclarecedoras discussões sobre tecnologias livres e pela oportunidade que nos deram de explorar o uso do software *Tracker* na disciplina de Oficinas de Integração 1 do curso de Engenharia de Computação da UTFPR. Agradecemos também a todos os estudantes dos cursos de Licenciatura em Física e de Engenharia de Computação da UTFPR que têm se envolvido neste projeto de pesquisa e extensão desde que o mesmo teve início em 2009.

## Referências

- [1] CHAVES, A.; SHELLARD, R. C., editores. **Física para o Brasil: Pensando o Futuro**. Sociedade Brasileira de Física – SBF: São Paulo, 2005.
- [2] GALVEZ, E.; SINGH, C. Introduction to the Theme Issue on Experiments and Laboratories in Physics Education. **American Journal of Physics**, v. 78, n. 5, p. 453-454, May 2010.
- [3] ETKINA, E.; VAN HEUVELEN, A.; BROOKES, D. T.; MILLS, D. Role of Experiments in Physics Instruction - A Process Approach, **THE PHYSICS TEACHER**, v. 40, p. 351-355, September 2002.
- [4] CHAGAS, S. M. A.; MARTINS, I. O Laboratório Didático nos Discursos de Professores de Física: Heterogeneidade e Intertextualidade, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 625-649, dez. 2009.

- [5] CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L. 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**, v. 31, n. 4, p. 4501, dez. 2009.
- [6] BEZERRA-JR, A. G.; MERKLE, L. E.; SOUZA, E. S.; SPOLAORE, L. S.; RICETTI, R.; GIMÉNEZ-LUGO, G. A.; SAAVEDRA FILHO, N. C. Tecnologias Livres e Ensino de Física: uma Experiência na UTFPR. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física , 2009, Vitória. **Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF, Vitória, 2009**. Disponível em <[http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/programa/lista\\_trabalho.asp?sesId=26](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/programa/lista_trabalho.asp?sesId=26)> Acesso em: 09 ago. 2010.
- [7] BROWN, D. **Free Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education**. Disponível em: <<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>>. Acesso em: 08 jun. 2010.
- [8] STORI, A.; BEZERRA-JR, A. G.; FRANZONI, G.; ORLANDINI, G.; SPESSATO, J. A.; CALDAS, M. A. S.; FLORCZAK, M. A.; SILVA, M. J. K.; LOPES, M. M. M.; MENDONCA, M. K.; PEREIRA, S. J.; RESQUETTI, S. O.; ALBUQUERQUE, T. A. S.; GROCH, T. M. Uma Iniciativa (Para Nós Importante) Na Perspectiva Da Melhoria Das Condições De Ensino-Aprendizagem De Física Na Escola Pública Do Paraná. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória. **Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF, Vitória, 2009**. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0413-2.pdf> > Acesso em: 08 jun. 2010.
- [9] ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.
- [10] DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física**. Florianópolis: UFSC, 2005. p. 125-150.
- [11] VEIT, A. E. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de Física? **Física na Escola**, v. 6, n.1, p. 69-74, 2005.
- [12] OPEN SOURCE PHYSICS. **OSP**. Disponível em: <<http://www.compadre.org/osp/>>. Acesso em: 18 jun. 2010.
- [13] BROWN, D., COX, A. J. Innovative Uses of Video Analysis. **The Physics Teacher**, v. 47, p. 145-150, March 2009.
- [14] SILVEIRA, S. A. Inclusão digital, software livre e globalização contra-hegemônica. In: Silveira, S. A.; Cassino, J. (Org.). **Software Livre e Inclusão Digital**. 1 ed. São Paulo: Conrad Editora do Brasil, p. 17-47, 2003.
- [15] OLIVEIRA, L. P.; ALESSI, A.; SANTANA, A. N. **A Física pela perspectiva de uma WebCam**. Trabalho de Conclusão da Disciplina de Oficinas de Integração 1 do Curso de Engenharia de Computação, Curitiba: UTFPR, 2009.
- [16] LIMESURVEY. Documentação e referências disponíveis em <<http://www.limesurvey.org/pt/sobre-limesurvey/referencias>>. Acesso em 12/07/2011.
- [17] TRACKER BRASIL. Disponível em: <<http://dafis.ct.utfpr.edu.br/Tracker/>>. Acesso em: 14/10/2011.