

DESENVOLVIMENTO DE UM LABORATÓRIO VIRTUAL PARA ENSINO DE FÍSICA EM CURSOS DE ENGENHARIA ATRAVÉS DE PHYSLETS.

Sérgio Ricardo Xavier da Silva – srxsilva@uneb.br

Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Professor do Departamento de Ciências Exatas e da Terra I (DCET I).

Rua Silveira Martins, 2555, Cabula.

41150-000 – Salvador – Bahia

Luciano Porto Barreto – lportoba@ufba.br

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Matemática.

Professor do Departamento de Ciência da Computação (DCC) e do Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Av. Adhemar de Barros S/N, Ondina.

40170-110 – Salvador – Bahia

Resumo: *A necessidade de redução de custos, a falta de infra-estrutura e número excessivo de alunos tem dificultado a realização de atividades experimentais em laboratórios de Física. Este artigo apresenta a simulação de um laboratório real de ensino de Física em um mundo virtual através de Physlets. Neste contexto, são descritas as principais características e potencialidades da utilização dos Physlets voltados ao ensino de Física e os resultados da aplicação dessa abordagem em cursos de Engenharia.*

Palavras-chave: *Physlets, Ensino de Física, Laboratórios Virtuais, Tecnologia Educacional.*

1 INTRODUÇÃO

Uma alternativa eficaz para aproveitamento do tempo disponível e melhoria do ensino de ciências básicas, tal qual a Física, consiste no uso de ferramentas computacionais especializadas. Em particular, a possibilidade de realizar atividades experimentais em laboratórios virtuais como atividades complementares proporciona diversas vantagens econômicas e logísticas nas atividades de ensino de Física. Exemplos relevantes de laboratórios virtuais de Física com conteúdo em português podem ser encontrados facilmente através de ferramentas de busca na *Internet* (SILVA, 2011; LABVIRT, 2011).

A solução para as limitações de recursos de investimentos para laboratórios se apresenta factível por meio da implementação de laboratórios virtuais. Devido ao avanço da tecnologia atual é possível a criação deste tipo de laboratórios a partir de CD-ROM como pela Web. Este último traz as facilidades oferecidas pela possibilidade de um estudo a distância (EaD), e oferecem ao professor ferramentas que permitem a simulação ou emulação de sistemas através de

processamento de dados, sons e imagens que são acessíveis através da rede mundial Internet e habilitam interoperabilidade de dados e aplicativos. (BIANCHINI & GOMES, 2006)

O objetivo deste artigo é apresentar o uso de *Applets Java*, chamados de *Physlets*, para o ensino de Física em cursos de Engenharia simulando um laboratório virtual. Os *Physlets* permitem a criação e simulação de diversos cenários de aplicações no contexto da Física, o que proporciona uma nova gama de experimentos e simulações para o corpo docente e discente. Para avaliação dessa abordagem, foi realizada uma pesquisa de campo em duas turmas de Física 1 do curso de Engenharia Mecatrônica da Universidade Salvador (Unifacs), localizada na cidade de Salvador, Bahia.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 traça um quadro comparativo entre os laboratórios reais e virtuais de Física. A Seção 3 descreve os principais conceitos e aplicações dos *Physlets* no ensino de Física. A Seção 4 apresenta a avaliação experimental do trabalho através da análise e discussões sobre os resultados obtidos na pesquisa. Por fim, a Seção 5 conclui o artigo apresentando as considerações finais referentes a este trabalho.

2 LABORATÓRIO VIRTUAL VERSUS LABORATÓRIO REAL

Nos métodos tradicionais de Educação, as aulas práticas de Física seguem roteiros pré-determinados e as aulas teóricas são predominantemente expositivas. O professor é responsável pela aprendizagem e tudo o que é trabalhado em sala de aula é orientado por este, seguindo os conteúdos programáticos.

Neste cenário, o computador pode ser utilizado como recurso didático de diversas formas. Uma delas consiste em realizar a modelagem ou simulação, na qual os estudantes realizam atividades que simulam o mundo real com maior interatividade com o modelo físico. Dessa forma, a simulação de fenômenos físicos a partir dos modelos computacionais constitui um recurso didático no ensino de Física de enriquecimento e atualização das atividades de ensino.

Os programas de simulação são apenas modelos teóricos da realidade baseados na observação do mundo real. Dessa forma, entende-se que as simulações não podem substituir totalmente as atividades experimentais e o uso de laboratórios (reais) no ensino. Obviamente, uma simulação não é uma cópia fiel do mundo real, pois a simulação está baseada em modelos e premissas específicas, os quais apresentam grau de precisão e limite de validade. Podemos utilizar como exemplo um modelo utilizado para simular o lançamento de um projétil. Pois bem, o modelo não pode prever fatores que influenciam esse mesmo experimento no mundo real como: resistência do ar, movimento de rotação e curvatura da Terra.

[...] o investimento no desenvolvimento de laboratórios virtuais poderá permitir, para as instituições de ensino, a diminuição do custo de aquisição e manutenção dos laboratórios reais [...] o uso desse recurso permitirá a inclusão digital aos alunos ao mesmo tempo em que poderá estimular sua capacidade criativa e investigativa, bem como seu desenvolvimento pessoal. Assim, os Laboratórios Virtuais apresentam-se, não apenas como uma tendência nos dias atuais, mas também, como um forte elemento cooperador para educação, aprendizado, pesquisa e desenvolvimento científico (LIMA et al.2006, grifo nosso)

A simulação envolve a criação de modelos físicos dinâmicos e simplificados de um complicado trabalho experimental. Permite a exploração das situações fictícias ou situações de risco, o que dificilmente poderia ser realizado em um laboratório ou sala de aula por questões de segurança e custo. Esse recurso não pode nem deve substituir o trabalho no laboratório e sim complementá-lo, pois um aluno jamais aprenderá como acender um bico de *Bunsen* ou aquecer uma proveta através do computador. Portanto, a coexistência entre atividades práticas e de simulação pode alavancar a qualidade do aprendizado de Física e melhorar sobremaneira a formação de alunos dos cursos de Engenharia.

3 OS PHYSLETS E O ENSINO DE FÍSICA

Resultados de pesquisas em ensino mostram que as ferramentas computacionais mais eficientes são aquelas baseadas em métodos pedagógicos de aprendizagem ativa e colaborativa (ALMEIDA, 2001). Nesse contexto, é razoável perguntar se é possível formar (ou complementar a formação) de um Engenheiro utilizando laboratórios virtuais de Física. Diversos trabalhos utilizam-se das inesgotáveis possibilidades de apresentação de conteúdos oferecidas pelo uso dos laboratórios virtuais no ensino de Física (CAVALCANTE & TAVOLARO, 2000; CLEBSCH & MORS, 2004; DIAS *et al.*, 2002)

Os *Physlets* são *Applets Java* desenvolvidos por *Wolfgang Christian* e sua equipe de colaboradores no *Davidson College*, voltados para o ensino de Física (CHRISTIAN, 2011a). Os *Physlets* são simples, pequenos em termos de código e dedicados a abordar um fenômeno físico em particular. Por isso, ocupam pouco espaço em disco e podem ser facilmente executados em um navegador *Web* embutidos em uma página *HTML*. Geralmente *Physlets* não utilizam grandes quantidades de dados e tabelas. A Figura 1, por exemplo, ilustra um *Physlet* que simula o movimento do centro de massa de um corpo em movimento.

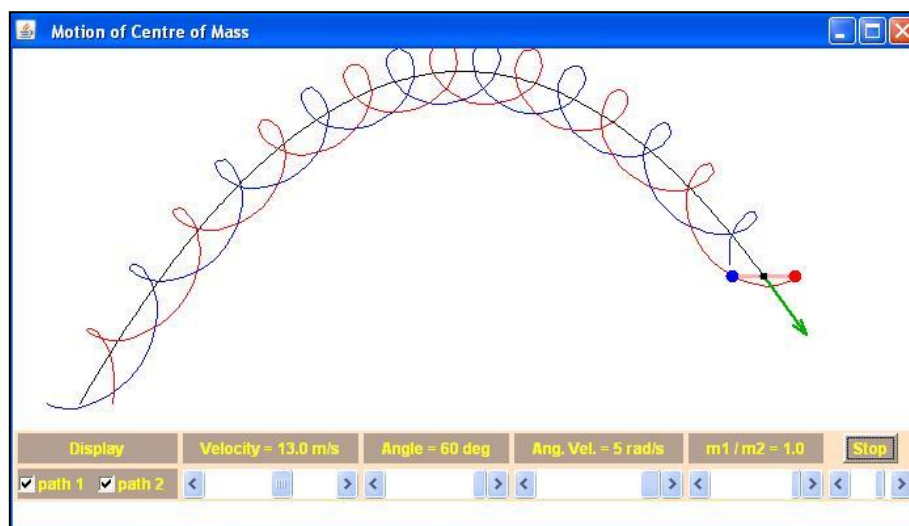


Figura 1 – *Physlet* para simulação do movimento do centro de massa de um corpo.

As simulações através de *Physlets* podem ser valiosas quando são facilmente compreensíveis pelos estudantes, pois é possível relacionar o fenômeno (e.g. movimento, força, energia) com sua representação (e.g. funções, equações, gráficos). Outra facilidade

bastante útil é executar os *Physlets* diretamente no ambiente *Moodle*¹, o qual é bastante utilizado por Instituições de Ensino Superior por ser gratuito (licença GNU)², portátil, passível de adaptação e customização.

Segundo Szpigel (2011), existem três formas de utilização para os *Physlets*: Ilustração, Exploração e Problemas; descritos a seguir. Quando o *Physlet* é utilizado como Ilustração, são utilizadas animações para introduzir novos conceitos ou apresentar simulações dinâmicas de fenômenos físicos. A utilização para Exploração enfatiza a navegabilidade, através da qual os alunos são guiados por um roteiro que os orienta a observar o efeito da mudança de variáveis e parâmetros. A partir desse ponto, podem realizar previsões que serão analisadas e comparadas com as observações. Por fim, quando a utilização do *Physlet* tem como objetivo a solução de problemas, as animações são usadas como parte integrante do processo de solução de problemas propostos, sem a orientação fornecida nos *Applets* utilizados como Ilustração e Exploração. Exemplos são expostos na Figura 2.

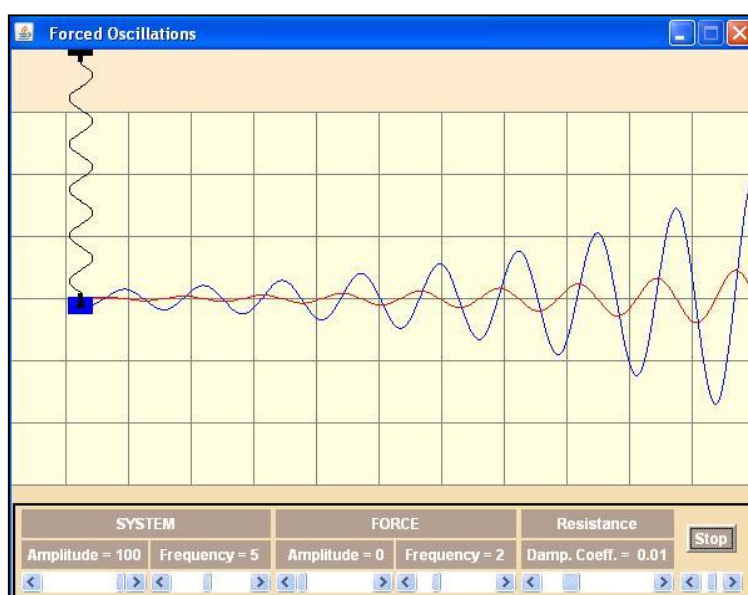


Figura 2 – *Physlet* representando Oscilações Forçadas.

Apesar das inúmeras vantagens relacionadas ao uso dos *Physlets*, a curva de aprendizagem desse ambiente tende a ser complexa para usuários inexperientes em programação. Vale ressaltar ainda que o professor sem conhecimento na área de algoritmos e linguagens de programação geralmente não dispõe de tempo para tal aprendizado. Em tempo, *sites web* disponibilizam gratuitamente inúmeros *Physlets* para download ou podem-se obter diversos *links* úteis através de ferramentas de busca na *Internet* (CHRISTIAN, 2011b).

Caso o professor deseje implementar um *Physlet*, é possível utilizar a ferramenta *Ejs*³ (*Easy Java Simulations*) desenvolvida com o objetivo de simplificar e agilizar a construção de

¹ *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment - Moodle* é um *software* livre, de apoio à aprendizagem, executado num ambiente virtual.

² Projeto GNU, em computação, é um projeto iniciado por Richard Stallman em 1984, com o objetivo de criar um sistema operacional totalmente livre, que qualquer pessoa teria direito de usar, modificar e redistribuir, o programa, seu código fonte, desde que garantindo para todos os mesmos direitos.

³ Construído inteiramente em *Java* pelo professor e pesquisador Francisco Esquembre, pode ser encontrado gratuitamente para download no endereço: <http://fem.um.es/Ejs/>. O *Easy Java Simulations* é parte do projeto *Open-Source Physics Education* e, portanto, utiliza um conjunto de bibliotecas com código aberto.

Applets (ESQUEMBRE, 2011). Nesta ferramenta, através do simples uso do *mouse*, o professor pode facilmente modelar problemas físicos envolvendo superfícies tridimensionais e gráficos; além de dispor de algoritmos específicos para a solução de equações diferenciais de primeira ordem.

4 AVALIAÇÃO DO USO DE PHYSLETS NO APRENDIZADO DE FÍSICA

O objetivo central deste trabalho consiste na avaliação do uso da tecnologia de *Physlets* no ensino de Física em turmas de graduação do curso de Engenharia Mecatrônica. Nesse âmbito, os principais questionamentos que norteiam a realização desse trabalho são:

- Os resultados obtidos nos “laboratórios virtuais” são comparáveis aos obtidos nos “laboratórios presenciais reais”?
- Efetuar o ensino de uso de um equipamento, ferramenta ou instrumento como um paquímetro, por exemplo, prepara, de forma eficiente, o aluno para sua utilização no mundo real?

Nossa abordagem considerou o uso de *Physlets* para simular um laboratório de Física no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) mantido pela própria Instituição. Duas turmas (A e B) foram selecionadas e tiveram, em uma das turmas em estudo, que identificamos como Turma A, a utilização do laboratório virtual; a outra turma denominada Turma B teve aulas experimentais normais no laboratório de Física Geral e Experimental (real) da Instituição, mantendo o mesmo conteúdo trabalhado na Turma A.

Foram realizados dez (10) experimentos em cada turma, sendo que os alunos tiveram que entregar após cinco dias da realização de cada experimento, um relatório de atividade experimental que foi avaliado de zero a dez pontos. Os dez experimentos propostos para as duas turmas foram: movimento unidimensional uniforme, movimento unidimensional uniformemente variado, movimento bi e tridimensional, Leis de *Newton*, máquinas simples, Lei de *Hooke*, determinação dos coeficientes de atrito estático e dinâmico entre duas superfícies a partir de um plano inclinado, conservação da energia mecânica, determinação das coordenadas do centro de massa de um corpo rígido e colisões, todos nessa ordem. É importante também salientar que cada uma das duas turmas possui vinte alunos, que é o limite máximo determinado pela Instituição para o uso do laboratório.

Também foram analisados os resultados dos questionários aplicados aos alunos da turma A, a respeito das aulas experimentais.

A utilização de simulações de experiências na introdução ou aprofundamento de um determinado conceito físico possibilita uma melhor visualização do conteúdo abordado. A possibilidade de parar a execução da simulação a qualquer momento, de rapidamente mudar parâmetros como variáveis e constantes, e verificar a consequência nos fenômenos estudados, que uma simulação computacional proporciona, incentiva os estudantes a querer conhecer o comportamento dos sistemas físicos nas mais diversas situações.

Por exemplo, durante a aula experimental de movimento bi e tridimensional; a Turma B utilizou o Aparelho Rotacional com Setas Projetáveis (Figura 3) do laboratório de Física Experimental, ao passo que a Turma A utilizou o *Physlet Circle Plus* desenvolvido por *B. Surendranath Reddy* e disponível no portal *General Physics Java Applets* (REDDY, 2011). Durante a execução do experimento realizado pela Turma B apenas a variável (velocidade angular) pôde ser alterada, enquanto que a Turma A alterou além da velocidade angular, o raio na direção do eixo cartesiano y , e as velocidades lineares nas direções dos eixos

cartesianos x e z , simulando efetivamente um movimento tridimensional, descrito na Figura 4; o que não ocorreu com a Turma B devido às limitações do equipamento.



Figura 3 – Aparelho Rotacional com Setas Projetáveis (real).

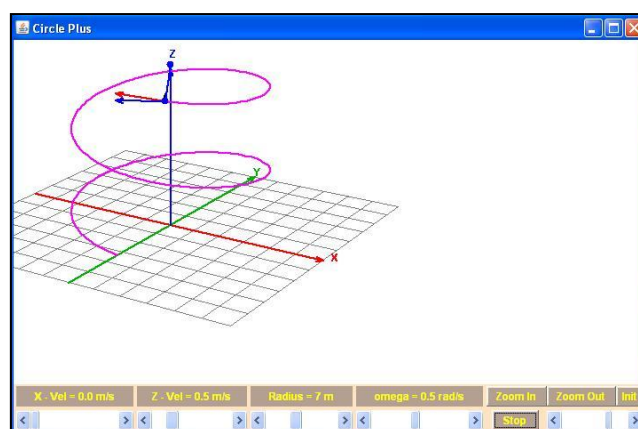


Figura 4 – *Physlet Circle Plus* simulando um movimento tridimensional referente ao Aparelho Rotacional da Figura 3.

4.1 Grau de interesse dos alunos

Com o intuito de mensurar o grau de interesse demonstrado pelos estudantes no uso deste tipo de ferramenta, aplicamos um questionário sobre o uso dos *Physlets* como complemento às aulas teóricas. Considerando a Turma A, 70% responderam que as simulações auxiliaram bastante; 25% disseram que auxiliaram razoavelmente e 5% consideraram que elas não auxiliaram no entendimento do assunto. Quanto à frequência de emprego de simulações demonstrativas nas aulas teóricas, 60% responderam que elas deveriam ocorrer “na maior parte das vezes”, 35% “algumas vezes” e 5% “nunca”. Pediu-se ainda que os alunos informassem se preferiam as aulas de teoria com ou sem simulação e as respostas foram que 65% preferem aulas com simulação, 15% preferem as aulas sem simulação, e 20% consideraram indiferente. Quanto às simulações das experiências nas aulas de laboratório, 85% foram de opinião de que elas “auxiliaram bastante” no entendimento do assunto, 10% de que elas “auxiliaram razoavelmente” e 5% de que elas “não trouxeram contribuição”.

As aulas nos laboratórios reais são feitas em grupos de até cinco componentes, ao passo que as do laboratório simulado são individuais (i.e., um aluno por computador). Questionados

sobre esse aspecto, 80% preferem as aulas com simulações, 5% preferem as aulas no laboratório real, e para 15% é indiferente.

Os resultados indicam que uma parcela significativa dos alunos entende que as diversas atividades teoria/simulação/prática desenvolvidas foram capazes de auxiliar no aprendizado dos conceitos físicos abordados. Houve, inclusive, relatos que mencionaram sua importância até mesmo para as avaliações escritas solicitadas na parte teórica da disciplina, pois, algumas das questões referiam-se a situações semelhantes àquelas observadas nas práticas de laboratório. As atividades experimentais propostas permitiram alcançar satisfatoriamente um de seus objetivos básicos, qual seja a realização de atividades individuais ou em grupo que promovam a interação como assuntos abordados. Isto deveria ocorrer igualmente fora do laboratório durante as etapas de análise dos dados e preparação do relatório final do experimento. Durante a correção dos relatórios entregues observou-se uma falta de um tratamento estatístico dos dados obtidos, isso representa um ponto negativo na utilização dos laboratórios virtuais, justamente pela exatidão dos resultados obtidos e pela ausência de erros comumente encontrados nos laboratórios reais como erros de paralaxe⁴.

4.2 Rendimento das turmas

De forma a avaliar quantitativamente a aplicação das atividades, destacamos as notas obtidas nos relatórios das atividades desenvolvidas na disciplina. A Figura 5 mostra os rendimentos das Turmas A e B. Em síntese, podemos observar que os alunos da turma A obtiveram desempenho um pouco superior do que os alunos da turma B. De fato, esses dados sugerem que o uso dos laboratórios virtuais não resolverá completamente os problemas das aulas práticas de Física, mas evidenciam a necessidade de considerar fortemente o emprego dessa ferramenta.

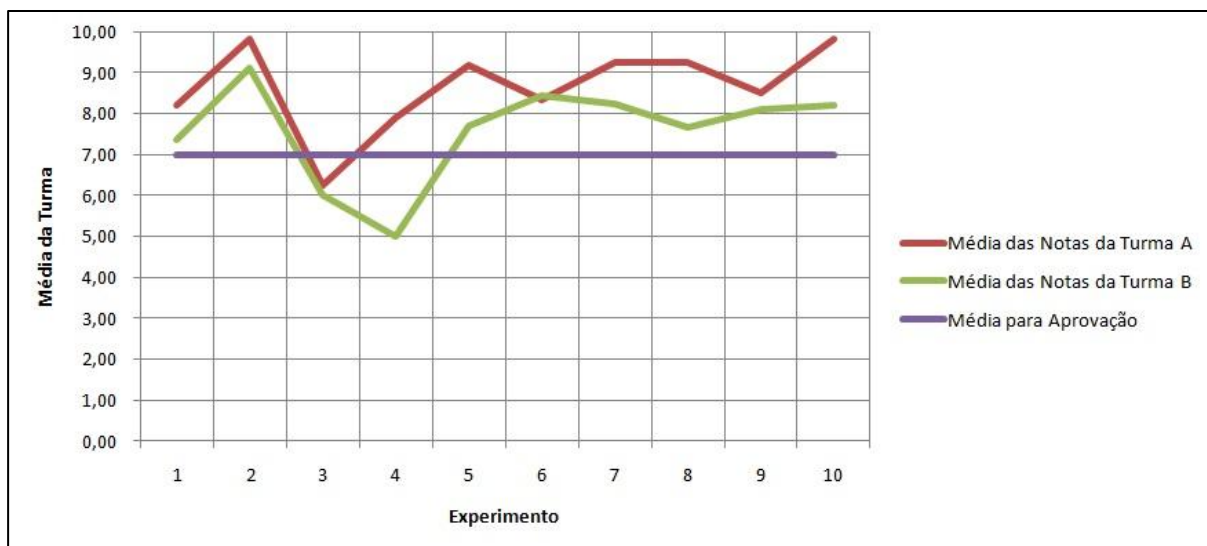


Figura 5 – Média das notas dos relatórios dos alunos das Turmas A e B.

⁴ Erro de paralaxe é um erro que ocorre pela observação errada na escala de graduação causada por um desvio óptico causado pelo ângulo de visão do observador.

4.3 Avaliação qualitativa dos experimentos

A avaliação qualitativa das atividades realizadas foi efetuada através da aplicação de questionários opinativos. A análise das respostas desses questionários nos permitiu verificar os principais pontos positivos e negativos acerca do emprego dos laboratórios virtuais de Física. A Tabela 1 sumariza as principais argumentações resultantes da análise dos questionários preenchidos.

Tabela 1 – Avaliação Qualitativa do Uso dos Laboratórios Virtuais de Física.

Pontos Positivos	Pontos Negativos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Possibilidade de repetição do experimento alterando variáveis e constantes como: resistência do ar, e constantes dependentes do meio. ➤ Poder realizar o experimento fora do ambiente de estudo, ou seja, as simulações podem rodar em qualquer máquina, como no computador pessoal do aluno por exemplo. ➤ Realização de experimentos impossíveis de serem feitos num laboratório real devido ao alto custo e/ou alto risco. ➤ Possibilidade de construir um relatório mais completo, devido a todos os pontos citados anteriormente. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Falta de garantia de se realizar o mesmo experimento no mundo real obtendo os mesmos resultados encontrados no laboratório virtual. ➤ Impossibilidade de dar um tratamento estatístico adequado aos resultados obtidos, visto que erros de paralaxe e truncamento não existem.

A respeito da constatação de pontos negativos elencados na Tabela 1, atestamos que os laboratórios virtuais são mais vantajosos na apreciação global dos alunos. Todavia, deve-se ponderar no processo de aprendizagem as diferenças entre a realidade física e realidade virtual representada através de recursos computacionais. Nesse contexto particular, nos parece mais adequado diversificar as experiências de ensino com este recurso.

Em linhas gerais, os resultados das atividades experimentais propostas nos permitem verificar a adequação do uso das ferramentas e simulações aos conteúdos principais dos tópicos abordados na disciplina de Física apresentada. Tal preocupação é igualmente similar ao emprego de laboratórios reais, os quais visam aproximar o aluno da teoria à prática. Em suma, a utilização do Laboratório Virtual motiva os alunos e torna a atividade de ensino mais dinâmica e atraente, permitindo o enriquecimento e aprimoramento dos conteúdos abordados na parte teórica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de novas tecnologias e metodologias de aprendizagem pode facilitar o aprendizado de determinadas disciplinas e possibilitar a demonstração de situações complexas e dispendiosas em ambientes virtuais simulados. Este artigo propôs uma avaliação prática do uso de *Physlets* – simulações computacionais em *Java* especializadas no contexto da Física - no ensino em nível universitário.

A experiência presencial e os dados obtidos em nossa avaliação indicam que as aulas no Laboratório Virtual de Física incrementaram o interesse dos alunos pela disciplina, na busca da compreensão dos experimentos, conceitos, interpretação gráfica, mudança de variáveis, levantamento de hipóteses e estímulo à pesquisa. Em resumo, os resultados da pesquisa mostram que o uso dos *Physlets* como ferramenta mediadora do ensino de Física Experimental, obteve uma relevante aceitação entre os alunos pesquisados.

Perspectivas futuras desse trabalho incluem a aplicação dessa metodologia em outras turmas a fim de aprimorar os resultados obtidos e analisar casos particulares. É igualmente importante incentivar e propor atividades de desenvolvimento de conteúdo (e programas) nesse ambiente. Assim, os alunos transporiam a barreira de agentes passivos (usuários somente) para agentes ativos (produtores e disseminadores de conteúdo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fernando José. **Educação a Distância Formação de Professores em Ambientes Virtuais**. 1. ed. São Paulo: PUC/MCT/IBM, 2001. v. 1. 182 p, il.

BIANCHINE, David; GOMES, Francisco de Salles Cintra. O Ensino de Engenharia por meio de Laboratórios Virtuais de Eletrônica: Uma Reflexão entre a Montagem no Protoboard e a Simulação. **Anais: XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Passo Fundo: RS, 2006.

CAVALCANTE, M. A., TAVOLARO, C. R. C. Projete Você Mesmo Experimentos Assistidos por Computador: Construindo Sensores e Analisando Dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.22, p. 421-425, 2000.

CHRISTIAN, Wolfgang. **Open-Source Physics Education**. Disponível em: <<http://www.opensourcephysics.org/>>. Acesso em: maio de 2011.

CHRISTIAN, Wolfgang. **Physics Applets**. Disponível em: <<http://webphysics.davidson.edu/Applets/>>. Acesso em: fevereiro de 2011.

CLEBSCH, A. B., MORS, P. M. Explorando Recursos Simples de Informática e Audiovisuais: Uma experiência no ensino de Fluidos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.26, p. 323-333, 2004.

DIAS, N. L., PINHEIRO, A. G., BARROSO, G. C. Laboratório Virtual de Física Nuclear. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.24, p. 232-236, 2002.

ESQUEMBRE, Francisco. **Página Pessoal**. Disponível em: <<http://fem.um.es/fem/>>. Acesso em: maio de 2011.

LABVIRT. **Laboratório Didático Virtual**. Disponível em: <<http://www.labvirt.fe.usp.br/>>. Acesso em: maio de 2011.

LIMA, Joselice Ferreira; NETO, João da R. Medrado; MARTINS, Victor E. de O.; PEREIRA, Sérgio G. A.; MARTINS, Carlos A. P. S. LVCE: Laboratório Virtual de Circuitos

Elétricos. **Anais:** XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Passo Fundo: RS, 2006.

REDDY, B. Surendranath. **General Physics Java Applets.** Disponível em: <<http://www.schulphysik.de/suren/Applets.html>>. Acesso em: junho de 2011.

SILVA, Nelson Cansian. **Laboratório Virtual de Física.** Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/~ccf/parcerias/ntnujava/index-port.html>>. Acesso em: maio de 2011.

SZPIGEL, Sérgio; MUSTARO, Pollyana. **Ensino e Aprendizagem de Física no Ciberespaço.** Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/051-TC-B2.htm>>. Acesso em: maio de 2011.

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL LABORATORY TO TEACH PHYSICS IN ENGINEERING COURSES WITH PHYSLETS.

Abstract: *The need to reduce costs, poor infra-structure and too many students per class has made it difficult to develop experimental activities in Physics laboratories classes. This article presents a simulation of a real laboratory for teaching Physics in a virtual world through Physlets. In this context, the main features and capabilities regarding the use of Physlets to teach Physics are described and the results of this approach in engineering courses are presented.*

Key-words: *Physlets, Physics Teaching, Virtual Labs, Educational Technology.*