

Uso de simulações em disciplinas básicas de Mecânica em um curso de Licenciatura em Física

**Roberta Martins Miranda (robmira@if.usp.br), Vito Roberto Vanin (vanin@if.usp.br) e Maria José Bechara (bechara@if.usp.br)
Instituto de Física – Universidade de São Paulo*

Resumo: O trabalho trata da investigação da contribuição de recursos computacionais, em particular de simulações, integrados às demais atividades das disciplinas básicas de mecânica, nas duas primeiras disciplinas de física do curso de licenciatura em física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. A pesquisa sistemática de acompanhamento e intervenção se deu durante quatro semestres letivos, envolvendo um universo de cerca de 500 estudantes. São descritos o procedimento metodológico, o desenvolvimento do trabalho de pesquisa e seus resultados diretos, bem como algumas conclusões que dele decorrem.

I. Introdução

A informática está cada vez mais difundida na vida da sociedade, em particular no mundo da informação e do trabalho, o que torna a familiaridade com seu uso uma necessidade para a integração do indivíduo no mundo social, com capacidade de se informar e de produzir. Também no âmbito da educação, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas sobre as possibilidades do uso do computador como ferramenta pedagógica (Ribeiro, 1992; Mata, 1992; Registro, 1999; Mantovani, 2002), admitindo que a informática pode propiciar uma forma de ensino mais dinâmica, promovendo um aprendizado significativo e desenvolvendo a motivação do aluno pelo ensino/aprendizado.

No caso do ensino de física no Brasil, o uso de meios computacionais tem sido estudado principalmente no que diz respeito à sua utilização no ensino médio, e tais estudos tratam em geral da construção e uso de softwares, sistemas de aquisição de dados experimentais e simulações virtuais (Mantovani, 2001; Yamamoto, 2001; Moura, 2001; Medeiros, 2002).

Para além do uso de softwares, alguns pesquisadores defendem o uso da tecnologia de computadores na educação como uma nova mídia educacional, complementar a outras ferramentas pedagógicas, capaz de aperfeiçoar o processo de ensino/aprendizado.

Compartilhando essa perspectiva, introduzimos e analisamos a utilização de meios computacionais no ensino universitário, articulados com aulas presenciais e demais atividades de uma disciplina específica, visando um ensino participativo e significativo aos estudantes.

Tínhamos como pressuposto o propalado interesse dos jovens em atividades no computador, o que nos levava a crer que a disponibilização desse meio no ensino presencial teria uma adesão rápida e fácil, mudando a cultura dos estudantes no que se refere às formas de busca de conhecimento, e ao papel do professor e do aluno no ensino/aprendizado escolar. Entendemos ser esta uma mudança cultural particularmente interessante na formação de licenciados em física, futuros professores, divulgadores de ciências e produtores de material didático para esse ensino.

É bem conhecido o papel fundamental do envolvimento pessoal do aluno no processo de aprendizagem. Quanto mais ativamente uma pessoa participar da aquisição de um conhecimento, mais ela irá integrar e reter aquilo que aprender. Assim, a multimídia interativa, graças à sua dimensão reticular ou não linear, favoreceria uma atitude exploratória, ou mesmo lúdica, face ao material a ser assimilado. É, portanto, um instrumento bem adaptado a uma pedagogia ativa.

De maneira especial, dentre os vários recursos informáticos disponíveis, esse trabalho concentra sua atenção no uso de simulações, considerando-as enquanto elementos integrados aos objetivos e atividades de aprendizagem e de avaliação de uma disciplina.

O uso de simulação têm sido uma das formas mais recorrentes da inserção do computador nas atividades didáticas. Programas de simulação tornam viáveis a qualquer momento, com acesso de diferentes locais, e com agilidade, a observação de fenômenos que só seria possível em laboratórios muito bem equipados. A utilização desta tecnologia virtual pode ajudar o entendimento dos diferentes aspectos, às vezes sutis, de um sistema físico, onde o aprendiz pode, ao mudar as condições da simulação, não só responder a questões sobre o sistema físico, mas fazer perguntas sobre ele, que é a forma de se criar conhecimentos em ciências.

Uma característica da Física que a torna de entendimento difícil para os alunos é o fato de lidar com conceitos abstratos, às vezes contra-intuitivos, exigindo uma capacidade de abstração que os estudantes, em especial os ingressantes na graduação, ainda não atingiram. As simulações podem contribuir no desenvolvimento dessa capacidade de chegar a conceitos abstratos mais gerais da Física, ao permitir que o estudante investigue a realidade do sistema observando-o diretamente, promovendo mudanças nas suas condições específicas, e observando suas conseqüências. Um outro aspecto importante no uso dessas simulações, é o fato do aluno poder atuar de forma independente na busca do entendimento da situação mostrada, fazendo ele mesmo perguntas e procurando as respostas sobre uma dada situação física, num processo de auto-reflexão, diferentemente de uma atividade automática ou meramente reprodutiva de situação semelhante já vista, como são muitas das atividades usualmente propostas aos estudantes.

O presente trabalho foi desenvolvido junto às disciplinas básicas – Fundamentos de Mecânica e Mecânica, que são ministradas no primeiro e segundo semestres, respectivamente, no curso de Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo. A utilização da informática como recurso foi viabilizada através de páginas Internet referentes à disciplina. Note-se que as condições institucionais facilitam a criação de páginas das disciplinas de graduação, disponibilizando um sistema para isso e também o acesso às páginas mesmo por aqueles estudantes que não dispõem de computadores.

As páginas nessas disciplinas vêm sendo elaboradas e disponibilizadas aos estudantes dos períodos diurno e noturno, desde o ano letivo de 2001 até o presente semestre. Elas contêm o material didático produzido para a disciplina: informações sobre a disciplina (também disponibilizadas em papel), textos sobre o conteúdo de Física produzidos por um dos professores do curso, questões para serem trabalhadas pelos estudantes, além de ferramentas próprias desse meio: simulações relativas a situações físicas disponíveis na Internet, relacionadas aos temas abordados em sala de aula, e links de interesse. Em particular, os textos têm links com um *e-curso* de cálculo diferencial básico.

Entendíamos que a disponibilização desse recurso didático, cujo material estava integrado ao andamento da disciplina em sala de aula, contribuiria para desenvolver nos alunos uma postura mais ativa no seu próprio aprendizado, principalmente no uso das simulações de situações físicas trabalhadas na disciplina.

No entanto, através do acompanhamento das visitas à página, verificamos nas duas oportunidades em que as disciplinas foram oferecidas no ano letivo de 2001, que essa página era muito pouco acessada pelos alunos, sendo de cerca de 300 acessos no primeiro semestre e de 420 no segundo semestre. Além disso, os alunos que as acessavam tinham como intuito, prioritariamente, obter informações e listas de questões propostas, ainda que esse material pudesse também ser obtido em papel. Observamos, portanto, que os estudantes não estavam utilizando as ferramentas próprias do meio computacional, as animações e os links, e não mostraram o esperado entusiasmo no uso desse meio.

Esse aparente desinteresse foi a principal motivação para o desenvolvimento de nosso trabalho. Propusemo-nos a investigar as razões de tal situação, e testar meios de transformá-la.

II. Descrição do procedimento metodológico

Para investigar as questões relativas à possível contribuição dos recursos informáticos nessas disciplinas, desenvolvemos uma pesquisa sistemática de acompanhamento e intervenção, durante quatro semestres letivos, desde o 2º semestre do ano letivo de 2002 até o 1º semestre de 2004. Nosso público alvo foi constituído pelos alunos do Curso de Licenciatura em Física, matriculados em duas turmas de Fundamentos de Mecânica (2003 e 2004) e duas turmas de Mecânica (2002 e 2003), oferecidas a cada semestre tanto no período noturno com diurno, cada uma delas com aproximadamente 60 estudantes. Essas duas disciplinas constituem-se nas primeiras disciplinas de Física a que os alunos ingressantes no curso têm acesso.

Essa pesquisa envolveu tanto o levantamento de informações referentes ao uso dos recursos informáticos por parte dos alunos, através de questionários, como a proposta, desenvolvimento e análise de atividades específicas disponibilizadas através da Internet.

Para obtermos elementos sobre os conhecimentos/sentimentos dos estudantes relativos à tecnologia computacional, foram utilizados questionários, aplicados no início de cada um dos semestres letivos. Esses questionários buscavam elementos para um mapeamento do contato dos estudantes com essa tecnologia, através de questões diretas sobre o uso de computadores e da Internet pelo aluno e sobre os programas de computador que o aluno conhecia. Havia também questões abertas visando perceber a predisposição do estudante para o uso dessa tecnologia no ensino, em particular para as ferramentas da página da disciplina.

Além disso, para obtermos informações mais específicas relativas ao uso da página durante o semestre letivo, foram aplicados questionários também ao final de cada semestre. Nesses instrumentos, investigava-se a evolução dos sentimentos e dos conhecimentos dos alunos em relação à incorporação da tecnologia à sua atividade escolar, e às implicações de seu uso no aprendizado da disciplina.

Paralelamente a este processo de levantamento de informações, e em função das respostas às questões referentes ao uso da página, foram sendo introduzidas ações na disciplina. Essas ações envolveram uma maior atuação dos professores diante dos alunos em relação à utilização dos recursos disponibilizados nas páginas, reestruturações sucessivas do material disponibilizado e a criação de atividades integradas ao desenvolvimento da disciplina, especialmente simulações.

Essas simulações passaram a ser inseridas depois de criteriosa escolha na Internet, de forma organizada conforme os temas que estavam sendo trabalhados na disciplina. Algumas delas foram inseridas diretamente nos textos e nas questões propostas, porque reproduziam a situação tratada de forma teórica. Para efeito de avaliação, foi privilegiada a inserção de animações e simulações nas questões solicitadas aos estudantes, na tentativa de induzir o seu uso. A utilização dessas simulações foi analisada diretamente a partir das respostas dos alunos às questões propostas envolvendo simulações e ao desempenho geral desses alunos.

III. Desenvolvimento

Descrevemos, a seguir, as diversas ações desenvolvidas, organizadas em quatro etapas. Essas etapas coincidem com os quatro semestres em que foi realizada a investigação. Os resultados de cada etapa foram utilizados para o planejamento da etapa seguinte, estabelecendo assim um trabalho contínuo de investigação e intervenção.

Etapa 1. (1º semestre de 2002) Nessa etapa foi introduzida a apresentação da página pelo professor com a monitora da página em sala de aula, e a aplicação de um questionário de início de semestre aos estudantes. Devido a alguns problemas técnicos, neste semestre de 2002, a página foi disponibilizada com atraso de duas semanas em relação às aulas presenciais. As simulações foram organizadas na página de acordo com os tópicos abordados pela disciplina. No final do semestre foram levantados, através de questionário, o uso dos instrumentos virtuais pelos estudantes, e seus sentimentos em relação a eles no seu ensino/aprendizado.

Etapa 2. (2º semestre de 2002) Os resultados da etapa anterior sugeriram uma indução direta ao uso das ferramentas disponibilizadas pela disciplina. Ela foi feita nessa etapa pela inserção das simulações nas listas de exercícios com a intenção de que estes recursos pudessem auxiliá-los na sua compreensão, e a inserção de uma questão na página que necessariamente envolvia o uso de simulações, para ser desenvolvida como atividade extra-classe, e integrando o processo de avaliação da disciplina. .

A questão era relativa ao tema de colisões e sua observação de vários referenciais, já abordados em sala de aula. Nessa atividade os estudantes deveriam fazer uso, de forma independente, de simulação disponibilizada na página. A simulação mostrava situações de choques de dois corpos observados pelo referencial do laboratório e do centro de massa. A partir do uso das simulações, deveriam ser respondidas questões quantitativas sobre os valores dos momentos e energias dos dois corpos envolvidos na colisão, do ponto de vista do referencial do laboratório e do centro de massa do sistema, e chegar a algumas generalizações.

No final do semestre procedemos a um novo levantamento, através de questionário, com questões relativas ao uso dos recursos computacionais em geral, as razões do envolvimento ou não do estudante na questão com uso de simulações que contou na avaliação, e da avaliação do estudante em relação ao aprendizado que ela proporcionou, comparado com os outros recursos de estudo.

Etapa 3. (1º semestre de 2003) Em função dos resultados obtidos da etapa 2, foi proposta uma questão para ser resolvida com uso de vários instrumentos virtuais, mas com parte dela realizada em sala de computadores, no horário de aulas, com assessoria da monitora da página. Nessa etapa a atividade era mais complexa do que a da etapa anterior. A situação física era apresentada através de uma animação: um martelo escapa da mão de uma pessoa que está sobre o teto de uma casa, escorrega sobre o teto e cai no chão, onde há outra pessoa sentada. A animação vinha acompanhada de informações quantitativas sobre a altura do martelo em relação ao teto quando cai da mão da pessoa, o espaço percorrido no telhado, a altura da casa, a posição da pessoa sentada em relação a casa, bem como as condições aproximadas do choque do martelo com o telhado e de atrito entre o martelo e o teto, e a posição com que o martelo deixava o teto para seu vôo até o chão. As questões colocadas para análise dos estudantes envolviam o tipo de movimento em cada parte do processo descrito, com a análise das forças envolvidas colocadas em gráficos e a conclusão do aluno a respeito se o martelo atingiria o pé do leitor distraído, e se em caso de estar atento, haveria tempo para deslocar o pé para não ser atingido. Também era solicitados uma análise e relato sobre o realismo das aproximações sugeridas.

O estudante era instado a obter várias informações quantitativas sobre a situação através do uso de dispositivos da página. As informações quantitativas deveriam ser obtidas através de várias simulações (forças envolvidas no sistema, cálculo da aceleração, cálculo da velocidade ao atingir o fim do telhado, lançamento oblíquo e tempo de reação), e algumas das grandezas físicas do processo deveriam ser apresentadas em gráficos posteriormente. Além disso, algumas informações específicas, como por exemplo, o tempo médio de reação de um ser humano, deveria ser obtido em página da Internet e comparados com o tempo de reação obtido para cada aluno em uma das simulações citadas acima. Havia na questão a indicação de onde encontrar os instrumentos a serem utilizados.

Na atividade em sala de aula a monitora discutia a situação apresentada e orientava os estudantes no uso dos instrumentos necessários para o desenvolvimento da questão, uma vez que a realização de toda a atividade exigia um tempo bem maior do que o da aula, e deveria ser feita em horário extra-classe, de forma independente. Os estudantes eram estimulados a se organizar em duplas, embora a redação do relatório final deveria ser individual.

No final dessa etapa procedemos ao levantamento do uso das ferramentas computacionais durante o semestre, e a opinião dos estudantes sobre o uso delas no ensino/aprendizado na disciplina, através de um questionário muito próximo ao da etapa anterior. Mas esse questionário continha, além disso, algumas questões para avaliar a incorporação de alguns aspectos do conteúdo trabalhado na atividade com simulações.

Etapa 4 (2º semestre de 2003). A análise dos resultados da etapa anterior nos levou à conclusão que para a orientação aos estudantes ser efetiva no uso das simulações disponibilizadas na página, era essencial que elas tratassem de situações claramente

relacionadas aos temas desenvolvidos em sala de aula, e que deveriam ser acompanhados de roteiros claros contendo informações sobre o seu uso e seus objetivos. Nesses roteiros deveriam estar claramente explicitados os objetivos específicos das simulações e sua relação com os objetivos da disciplina.

Alguns roteiros foram então produzidos e aplicados no segundo semestre de 2003 na disciplina de Mecânica, nos períodos diurno e noturno, como descrevemos a seguir.

Toda essa etapa, desde a criteriosa seleção na Internet das simulações, à construção de roteiros para seu uso, até o instrumento de avaliação final, foi desenvolvida por um dos professores da disciplina (VRV) e a monitora da página (RMM). As simulações foram analisadas em relação aos seguintes aspectos: o público alvo a que se destinam; o assunto abordado; os parâmetros que podem ser modificados, suas limitações e possibilidades de escolha; a veracidade das animações, ou seja, se são compatíveis com modelos físicos e/ou com os fatos experimentais; se a animação traduz os dados e cálculos de forma que os arredondamentos sejam compatíveis e as unidades físicas corretas; se a animação respeita as proporções envolvidas; e a identificação das respostas que a animação fornece.

As animações escolhidas para serem trabalhadas com roteiros versam sobre temas centrais da disciplina de Mecânica: torque (momento de uma força)¹, rotações (2ª Lei de Newton para Rotações)², movimento de rotação (comparações entre um movimento de rotação e um de translação)³, energia e conservação de energia (conservação de energia num sistema massa–mola)⁴ e trabalho de uma força (trabalho e variação de energia cinética)⁵.

Na escolha das animações houve a preocupação que tratassem de situações relevantes, que mostrassem processos de medidas experimentais de grandezas físicas, e que envolvessem, além da apresentação do fenômeno físico, a representação gráfica de grandezas físicas. Os roteiros foram construídos com o cuidado de trabalhar a relação entre a situação experimental e a representação quantitativa das grandezas físicas de forma gráfica.

Tais preocupações e cuidados foram ensejados pelas dificuldades dos alunos na interpretação e elaboração de gráficos de grandezas físicas, mesmo depois de exaustivamente trabalhadas da forma tradicional na primeira disciplina – Fundamentos de Mecânica. O uso conjunto das simulações de situações experimentais com a quantificação do que ocorre através de gráficos de grandezas físicas, pode facilitar aos estudantes a

¹ <http://www.ngsir.netfirms.com/applets/Torque/Torque.png>

² <http://www3.interscience.wiley.com:8100/legacy/college/halliday/0471320005/simulations6e/index.htm> -
2ª Lei de Newton para rotações

³ <http://www3.interscience.wiley.com:8100/legacy/college/halliday/0471320005/simulations6e/index.htm> -
Comparação dos movimentos de translação e rotação

⁴ <http://www3.interscience.wiley.com:8100/legacy/college/halliday/0471320005/simulations6e/index.htm> -
Conservação de energia em um sistema de massa-mola

⁵ <http://www3.interscience.wiley.com:8100/legacy/college/halliday/0471320005/simulations6e/index.htm> -
Trabalho e Energia

abstração necessária na construção das leis físicas, e no entendimento das condições de sua validade.

Tendo sido feita uma primeira versão do roteiro, as simulações foram trabalhadas em sala de aula de computadores, com orientação da monitora (RMM), nos horários de aulas da disciplina, fazendo uso dos roteiros elaborados, num dos grupos nos quais os estudantes foram divididos. As turmas de cada período, diurno e noturno, foram divididas em dois grupos para viabilizar o uso da sala de aula com computadores com dois ou no máximo três estudantes em cada computador. A observação das dificuldades no uso do roteiro, quando utilizado pela primeira turma, levou a modificações com objetivo de aperfeiçoá-lo antes da aula do próximo grupo de estudantes, chegando a uma forma bastante eficiente depois de usados nas quatro turmas (Miranda, 2003).

Depois do uso da simulação com seu roteiro em sala de aula, foi aplicada uma prova para ser feita individualmente em horário extra-classe, visando avaliar a compreensão da situação física trabalhada, as medidas tratadas nas simulações, e as conclusões e generalizações extraídas da situação física apresentada.

Também no final dessa etapa foi feito o levantamento do uso, resistências ao uso, e sentimentos dos estudantes em relação aos recursos computacionais, particularmente as simulações, através de questionário de mesma natureza que das etapas anteriores.

IV. Resultados

Os questionários de início dos semestres, que levantavam a familiaridade dos estudantes com recursos computacionais, e sua predisposição para uso deles no processo escolar, mostraram resultados bastante semelhantes em todas as etapas. Destacáramos as seguintes questões: a grande maioria dos estudantes (86% dos questionários respondidos) alegava ter alguma familiaridade com recursos computacionais. Mas na questão sobre os programas que utilizavam, parte deles ou não respondiam (30% dos questionários respondidos), ou citavam sistemas de computação e programas como se fossem a mesma coisa (50% dos questionários respondidos), o que indicava que essa familiaridade era menor do que a alegada. Outro aspecto notável é que havia uma maior crença nos recursos computacionais no processo escolar por parte dos estudantes que se diziam com pouca ou nenhuma familiaridade com eles, do que aqueles que os utilizavam com maior frequência.

Cada uma das etapas do trabalho foi motivada pelos resultados da etapa anterior, que passamos a relatar.

Etapa 1. Nessa primeira etapa, em função do uso anterior da página nos semestres anteriores (1º e 2º semestres de 2001), a intervenção foi no sentido de envolver os professores na apresentação aos estudantes da relevância dos instrumentos computacionais como parte integrada às demais atividades da disciplina, e uma organização das simulações mais de acordo com o material convencional dela. Possivelmente como consequência dessa intervenção, notou-se um aumento no acesso à página, com mensurável diferença nas turmas dos professores mais atuantes na sua elaboração e na divulgação de seu uso em sala de aula, mostrando o quanto o professor continua sendo o fator mais importante na direção das atividades dos estudantes. Mas o aumento de acesso à página ainda estava relacionado

prioritariamente a visitas para saber o que ela continha, para obtenção de informações sobre a disciplina e para a impressão de textos e listas de exercícios a serem entregues, e muito pouco como ferramenta de estudo dos estudantes.

Em relação ao uso das animações não houve um aumento notável, ainda que elas tivessem sido reorganizadas de forma mais estruturada com o material didático usual, como listas de questões para serem trabalhadas e textos. Cabe notar que um link a um e.curso introdutório de cálculo diferencial e integral⁶, que passou a ser disponibilizado na página, também não era acessado pelos alunos com a esperada frequência. Tais resultados mostravam a necessidade de uma indução mais forte ao uso da tecnologia disponibilizada aos estudantes.

Etapa2. A atividade com uso de simulação introduzida nessa etapa, como parte da avaliação da disciplina, para induzir os estudantes ao uso desse instrumento, novo para eles foi realizada por uma parcela pequena dos estudantes (~ 40% dos alunos matriculados no semestre). Muitos dos alunos que a realizaram procuraram a ajuda da monitora nos horários de monitoria para usar a simulação, embora dispusessem de instruções para seu uso. O resultado da avaliação do aprendizado dos estudantes que completaram a atividade foi bastante positivo.

A análise do questionário do final da etapa que investigou as razões do pequeno envolvimento dos alunos com os instrumentos computacionais da disciplina, em particular com a atividade de avaliação da disciplina, mostrou que parte da resistência à utilização dos recursos computacionais em geral, e das simulações em particular, vinha do fato de o uso dessa tecnologia nas atividades escolares não fazer parte da cultura dos estudantes, aliado à falta de familiaridade no seu manuseio. No caso das simulações, somava-se como razão alegada de impedimento de seu uso, o fato das instruções de algumas delas serem em outra língua que não o português. Os estudantes indicavam, em suas respostas, pouca disposição para mudar de instrumentos de aprendizagem a que estavam habituados, e para vencer as resistências para obter familiaridade com os novos instrumentos, o que motivou um acompanhamento assistido no uso desses instrumentos na etapa seguinte.

Etapa 3. Nessa etapa a intervenção foi no sentido de incluir na disciplina uma atividade com uso de simulações, com parte assistida, e também fazendo parte da avaliação da disciplina. Ela se iniciava em sala de aula, com a ajuda da monitora e pode ser observado que a atenção dos estudantes ficou muito concentrada no manuseio do sistema computacional, em função do desconhecimento da maioria dos recursos apresentados. Isso dificultava que os alunos se preocupassem com a análise física da situação que estavam trabalhando. No entanto era evidente a ativa e até entusiasmada participação dos estudantes nas atividades com o computador.

Ainda que grande parte dos estudantes tenha desenvolvido a atividade em sala de aula (~80% dos alunos matriculados neste semestre), apenas 56% destes entregaram o trabalho escrito que deveria ser completado em horário extra-classe,.. Essa parte do trabalho exigia reflexão para estabelecer relações entre observações na simulação, colocá-las em gráficos e fazer algumas generalizações. Assim nos parece que o entusiasmo com a forma de abordar

⁶ E-Calculo <http://www.cepa.if.usp.br/e-calculo>

a questão não foi totalmente transferido para a indispensável etapa de reflexão e análise. A maior parte dos trabalhos apresentados, que contou na avaliação da disciplina, mostrou que a atividade cumpriu os objetivos de ensino/aprendizado pretendidos.

As respostas aos questionários que investigavam os motivos da resistência de alguns e a origem das dificuldades de outros no uso de simulações, mesmo com acompanhamento e fazendo parte das atividades programadas para avaliação na disciplina, mostraram uma certa contradição: os alunos que responderam que não utilizaram os recursos computacionais, eram os que tinham expectativas positivas em relação às vantagens de seu uso. Esse tipo de contradição já havia sido constatado nas respostas aos questionários de início do semestre, nos quais os estudantes que se declaravam nada conhecer sobre recursos computacionais, eram os que se mostravam mais crentes nas vantagens desses recursos no ensino/aprendizado.

Etapa 4. Os resultados da etapa anterior indicavam a necessidade de instrumentos que integrassem de forma mais clara o uso dos recursos disponibilizados, em particular, de simulações às demais atividades da disciplina, com orientação específica no manuseio delas, e à colocação explícita da relação entre os objetivos específicos da atividade e os objetivos mais gerais do tema em questão. E que também pudessem ser utilizados com assistência, dentro do horário de aulas da disciplina. O desenvolvimento desse instrumento, e sua aplicação foram a intervenção nessa etapa. Passamos a relatar os resultados encontrados.

No desenvolvimento da atividade de uso de simulações com roteiros criteriosamente elaborados, os alunos mostraram grande motivação e foram extremamente participativos, mesmo diante de dificuldades no manuseio do sistema computacional, e de algumas animações. Porém tais dificuldades não impediram, desta vez, que eles também focassem sua atenção na situação física tratada. Para citar um exemplo, no caso da animação de conservação de energia no sistema mola-massa na vertical, os alunos passaram pelas dificuldades no manuseio da simulação, e centraram suas preocupações na análise das forças envolvidas na situação de equilíbrio, e no entendimento das condições iniciais que delimitavam o movimento e seus respectivos gráficos de velocidade, posição e energias cinética e potencial em função do tempo. Mas, diferentemente da situação usual na qual se analisa uma situação específica, os alunos puderam mudar os parâmetros e repetir a observação do movimento com o desenho dos gráficos das grandezas que o descreviam, o que permitiu que superassem as grandes dificuldades no entendimento da física da questão, que mostraram no início da atividade.

Outro aspecto importante, que se evidenciou nessa atividade, é que cada grupo dupla de alunos avançou e recuou de acordo com suas necessidades de ensino/aprendizado, e o tempos dos diversos grupos para chegar aos seus objetivos foram bastante diferentes. Foi importante para os alunos tomarem consciência de que são individuais as necessidades e ritmos para se incorporar um dado conhecimento.

Notou-se também que as últimas turmas a trabalharem com a animação e seu roteiro, já vinham com menos dificuldades que as primeiras no manuseio do equipamento, e também em relação a alguns aspectos físicos da situação, possivelmente em função de trocas de informações com os colegas das turmas anteriores. Entendemos que a atividade

permitiu que a origem do conhecimento se deslocasse do professor para o diálogo com os colegas.

A análise da provinha individual de avaliação aplicada após a atividade desta etapa, mostrou evidências não apenas de que houve entendimento da situação específica apresentada, mas também da incorporação do conhecimento de forma mais ampla, com extensão para situações correlatas.

Nessa etapa houve um envolvimento da maior parte dos estudantes até o final da atividade, e o sentimento positivo dos alunos, em relação ao uso das simulações como instrumento de aprendizado, ficou evidente nas respostas ao questionário no final da etapa.

V. Conclusões

A investigação e acompanhamento ativo do uso de recursos de informática em curso universitário presencial, ao longo de quatro semestres letivos, envolvendo quase 500 estudantes no total, mostrou que a tecnologia de computadores não é em si altamente atraente aos estudantes ingressantes na Universidade. Há de fato uma resistência à incorporação dessa nova tecnologia nas atividades escolares, como possivelmente, a qualquer outra, apesar de um discurso inicial dos estudantes positivo em relação à perspectiva de utilização do meio em seu processo escolar. Em particular, o professor continua sendo quase o único foco dos alunos, havendo resistências na busca do conhecimento fora das aulas expositivas, e dos textos e listas de questões sugeridas pelo professor, elementos que já se habituaram a manusear ao longo de sua vida escolar. É importante que se tenha em mente que em nossa experiência, a nova tecnologia era parte do material disponibilizado na disciplina, aspecto que em princípio facilitaria a adesão dos estudantes a ela. Uma das observações mais claras que se faz nas atividades que utilizam as simulações em computador, é que os alunos, de maneira geral, têm mais entusiasmo e se tornam mais participativos. Os estudantes mostraram entusiasmo por terem uma atividade no qual eles estabeleciam o ritmo do trabalho, de acordo com suas necessidades e interesses.

A possibilidade de mudar os parâmetros da situação física estudada, e rapidamente verificar as conseqüências nos movimentos, incita-os a querer conhecer o comportamento dos sistemas físicos nas mais diversas situações, e a fazer novas hipóteses e testá-las. Este tipo de atividade pode tornar o processo de ensino mais eficiente e significativo, levando-os a se colocarem questões sobre o que estudam, numa postura mais ativa diante do seu próprio aprendizado.

No entanto, a utilização das ferramentas da página só se mostrou eficaz quando houve um envolvimento mais direto do professor cuidando da integração dela às outras atividades da disciplina, quando o seu uso foi também atividade em sala de aula com instrumentos específicos desenvolvidos para seu uso, e quando foram parte da avaliação da disciplina. Esta observação nos leva a crer que não vale em todas as situações a idéia difundida que os alunos têm um natural interesse em novas tecnologias nos processos escolares. São necessários passos intermediários, ainda com a intervenção do professor, para que se efetive a mudança cultural nos alunos para que uma nova ferramenta seja incorporada como mais um material de estudo. A desejada autonomia na busca do conhecimento, tirando o foco do professor como único detentor desse conhecimento, pode ser melhor desenvolvida

quando o aluno consegue dominar os meios nos quais ele pode interagir. Atingir esse domínio também exige ações e instrumentos específicos.

Os instrumentos que utilizamos não dão elementos que confirmem ou não objetivamente se o ensino/aprendizado foi melhor sucedido quando os alunos utilizaram as simulações como ferramenta didática. Também ainda não dispomos de elementos para saber se os estudantes que foram levados ao seu uso na disciplina passaram a fazê-lo de forma autônoma posteriormente. Mas as indicações parecem positivas, ainda que haja muito que se investigar sobre o uso do computador como nova mídia no ensino universitário.

O conhecimento de como o uso deste tipo de recurso interfere no ensino/aprendizado só será possível com o aperfeiçoamento constante dos profissionais da área de ensino na forma de utilização do recurso, e a investigação de suas conseqüências.

VI. Referências

MANTOVANI, K. SCHIEL, D. **Internet e Linguagem LOGO no ensino de Física Experimental na Educação de jovens e Adultos**. XIV Simpósio Nacional de Ensino de Física: 02 a 06 de julho de 2001 – Natal(RN).

MATA, M.L. **Informática na Educação: Realismo e Utopia**. Tecnologia da Educação. Rio de Janeiro, V.21, n.105/106, mar./jun. 1992.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física**. Recife (PE), Revista Brasileira de Ensino de Física vol. 24 nº 2. junho 2002.

MIRANDA, Roberta M. **Exemplos de Roteiros para Utilização de Simulações de Mecânica Clássica**, Monografia de final de curso de licenciatura em física, USP (2003).

MOURA, Ana Maria Mielniczuk; AZEVEDO, Ana Maria Ponzio e EHLECKE, Querte. **As teorias de Aprendizagem e os Recursos da Internet Auxiliando o Professor na Construção do Conhecimento**. Rio Grande do Sul (RS), Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, nº 2. junho 2001.

REGISTRO, E.L. **A inserção da Internet no Ensino médio de Escolas Públicas** (dissertação de mestrado – USP), 1999.

RIBEIRO, V.M.B. **Educação, Trabalho e Tecnologia**. Tecnologia Educacional, v.21(108), set./out. 1992.

YAMAMOTO, Issao; BARBETA, Vagner Bernal. **Simulações de Experiências como Ferramenta de Demonstração Virtual em Aulas de Teoria de Física**. S.B.Campo(SP), Revista Brasileira de Ensino de Física, vol 23, nº 2. junho 2001.

Agradecimentos.

Agradecemos os comentários críticos e as sugestões da Profa. Maria Regina Kawamura, que no entanto, não é responsável pelas eventuais fraquezas do trabalho.

