

Avaliação de um sistema hipermissão para o ensino de Física Moderna

Daniel Iria Machado¹ - Roberto Nardi²

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Foz do Iguaçu
dpedm@uol.com.br

² Faculdade de Ciências. Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência – UNESP – Bauru.
r.nardi@uol.com.br

Avalia-se o potencial da hipermissão para dar suporte ao ensino e à aprendizagem da Física Moderna na escola de nível médio. A pesquisa abrangeu a produção de um software educacional fundamentado em princípios ausubelianos de ensino, em estudos relativos à inserção da Física Moderna no Ensino Médio, em debates promovidos no âmbito do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade, em considerações quanto ao papel pedagógico da História e da Filosofia da Ciência e em orientações para a implementação e avaliação de sistemas hipermissão. A proposta didática foi avaliada por pesquisadores de Ensino de Física, licenciandos de Física e estudantes do terceiro ano do Ensino Médio. Os resultados indicam que um sistema hipermissão estruturado segundo os referenciais mencionados é um recurso pedagógico capaz de motivar a aprendizagem e contribuir para a construção, de modo significativo, de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da Ciência.

Palavras-chave: construtivismo; ensino Ciência-Tecnologia-Sociedade; ensino de Física; hipermissão; Física Moderna.

The potential of hypermedia for supporting the teaching and learning of Modern Physics in high school is evaluated. The research included the production of educational software based on the ausubelian principles of teaching, on debates promoted within the ambit of the Science-Technology-Society movement, on considerations about the pedagogical role of the History and Philosophy of Science, and on orientations for the implementation and evaluation of hypermedia systems. The didactic proposal was evaluated by researchers of Physics Teaching, undergraduated students in Physics Teaching and third-year high school students. The results indicate that a hypermedia system structured according to the mentioned referentials is a pedagogical resource capable of motivating the learning process and contributing for the construction, in a meaningful way, of concepts of Modern Physics and on the nature of Science.

Keywords: constructivism; Science-Technology-Society teaching; Physics teaching; hypermedia; Modern Physics.

Introdução

Na modernização da escola, tendo em vista a realidade da sociedade contemporânea, além da atualização de currículos e da transformação de práticas pedagógicas, é relevante considerar a incorporação de tecnologias que permitam aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem.

O computador, devido ao seu potencial para o trabalho com a informação, é um recurso cuja utilização pode contribuir para o desenvolvimento de materiais instrucionais e atividades didáticas. A *hipermissão*, em par-

ticular, resultante da união de hipertexto e multimídia, é uma tecnologia da informação dotada de características que a tornam uma ferramenta eficiente para a organização e a exploração do conhecimento. Por hipertexto entende-se um conjunto de textos que podem ser lidos de forma não-linear, ou seja, na ordem desejada pelo leitor, mediante o acesso a conexões ou *links*. Multimídia significa a reunião de diferentes tipos de mídia, incluindo imagens, animações, filmes e sons.

A hipermissão viabiliza a criação de seqüências de telas ou trilhas que podem ser percorridas numa ordem predefinida pelo

professor ou exploradas conforme o aluno tenha seu interesse despertado por determinada idéia. A estrutura de um hipertexto pode ser projetada para proporcionar conexões entre os conceitos que levem à formação de significados relevantes para o estudante, segundo princípios de ensino e aprendizagem construtivistas. A utilização de imagens, animações, filmes e sons permite que a informação seja apresentada segundo múltiplas representações, reforçando as idéias contidas nos textos e ampliando as possibilidades para associações pertinentes dos conceitos na estrutura cognitiva do aluno. O emprego desses signos tende também a facultar uma aprendizagem estimulante, devido à riqueza e diversidade dos elementos de mídia, mobilizando, além de aspectos cognitivos, fatores de ordem afetiva.

Neste texto, discute-se a potencialidade da hipermídia para a introdução da Física Moderna no Ensino Médio. O trabalho resultou de uma pesquisa que abrangeu a produção e avaliação de um *software* fundamentado em princípios ausubelianos de ensino (Ausubel, 1976; Moreira e Masini, 2002), em propostas para a inserção da Física Moderna no Ensino Médio (Arriasecq e Greca, 2002; Eijkelhof; Kortland e Loo, 1984; Terrazzan, 1994; Watts *et al.*, 1997), em debates promovidos no âmbito do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (Fourez, 1997; Krasilchik, 2000), em considerações quanto ao papel da História e da Filosofia da Ciência (Gil Pérez *et al.*, 2001; Monk e Osborne, 1997) e em orientações para a implementação e avaliação de sistemas hipermídia (Jonassen, 1986; Langford, 1993).

A primeira etapa da investigação consistiu na elaboração de um sistema hipermídia dotado de características que pudessem favorecer a alfabetização científica e a aprendizagem significativa de conceitos de Física Moderna. A segunda etapa correspondeu à avaliação, por pesquisadores da área de Ensino de Ciências e estudantes de um curso de licenciatura em Física, do protótipo desenvolvido. A terceira etapa diz respeito à avaliação da aprendizagem com o apoio do *software* hipermídia proposto, a partir de uma situação em sala de

aula envolvendo estudantes de uma escola pública do Ensino Médio.

Características do *software* Tópicos de Física Moderna

O sistema hipermídia denominado *Tópicos de Física Moderna* constitui uma proposta de recurso didático para o Ensino Médio compatível com as práticas construtivistas. Foi preparado tendo em vista a introdução à Física Moderna com ênfase em conceitos básicos da Teoria da Relatividade e fenômenos nucleares que permitem exemplificar a idéia de equivalência entre massa e energia, abordando-se também temas tecnológicos, sociais, históricos e filosóficos.

A primeira versão desse *software* educacional foi implementada ao longo de um período de 16 meses, de janeiro de 2004 a abril de 2005. A versão final foi obtida após a realização de ajustes sugeridos por pesquisadores e licenciandos que avaliaram o programa.

Para programar o *software*, foi utilizado o sistema de autoria *Authorware*, que possibilita o desenvolvimento de ambientes hipermídia interativos e acessíveis a partir de CD-ROMs ou da *Internet*.

No projeto para a elaboração do sistema hipermídia foram definidos os tópicos a serem incluídos; as inter-relações entre os textos; os elementos de mídia para compor o ambiente virtual; o *layout* das telas.

Foram selecionados tópicos para compor o *software* objetivando-se a construção dos seguintes conceitos de Física Moderna pelos estudantes: invariância das leis da Física em referenciais inerciais; constância da velocidade da luz no vácuo; dilatação dos tempos; contração das distâncias; momento linear relativístico; energia relativística; equivalência massa-energia; princípio da equivalência; buraco negro; onda gravitacional; fissão nuclear; fusão nuclear; radioatividade; caráter provisório e descontínuo do conhecimento científico; programa de pesquisa; relações entre Ciência e Ética; relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

A escolha desses conceitos foi realizada tendo enquanto referência a lista consensual com 18 tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio elaborada por Ostermann e Moreira (1998 *apud* Ostermann e Moreira, 2000) a partir de um estudo *Delphi* que englobou a opinião de físicos, pesquisadores em Ensino de Física e professores de Física do Ensino Médio. Visando a contribuir para a compreensão quanto à natureza da Ciência e a visão da Física enquanto Cultura, também foram propostos tópicos considerando-se a História da Ciência; a Filosofia da Ciência; as inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Os textos do *software* foram redigidos a partir da pesquisa bibliográfica em diversas fontes de informação, incluindo livros técnicos e de divulgação científica, revistas especializadas e jornalísticas, e *sites* da *Internet*. Procurou-se adequar a abordagem ao terceiro ano do Ensino Médio, concentrando-se mais em aspectos conceituais e utilizando-se pouca Matemática (Terrazzan, 1994). Adotou-se a

estratégia de evidenciar os limites da Física Clássica e explicitar suas diferenças em relação à Física Moderna, com o intuito de favorecer a ligação entre conceitos clássicos familiares aos estudantes e aqueles trazidos pelas teorias atuais (Gil e Solbes, 1993).

Pressupõe-se que, ao utilizar o *software*, os estudantes já tenham adquirido alguns conceitos básicos de Física Clássica: partícula; referencial; espaço; tempo; velocidade; massa; força; trabalho; energia; momento linear; momento angular; calor; temperatura; carga elétrica; potencial elétrico; corrente elétrica; leis de conservação; campo; onda. Embora esses tópicos geralmente façam parte dos currículos adotados no Ensino Médio, a avaliação inicial dos estudantes pode indicar a necessidade de se utilizar organizadores prévios a fim de proporcionar a formação de *subsunçores* adequados na estrutura cognitiva dos aprendizes, ou seja, conceitos mais gerais que permitam a conexão de novas idéias, apoiando o entendimento do material a ser estudado com o *software*.



Figura 1. Tela de abertura do software.

O sistema hipermídia foi organizado em seis módulos, reunindo textos por áreas afins e relacionados entre si por meio de *links*. Na figura 1, pode-se ver a tela de abertura do *software*, que contém os ícones cuja ativação conduz ao *menu* introdutório de cada módulo. Os módulos e textos do *software* estão listados a seguir:

a) **Visão Inicial:** reúne os textos Introdução ao Módulo Visão Inicial; Conceitos de Física Clássica; Conceitos de Física Moderna.

b) **Teoria da Relatividade:** reúne os textos Introdução ao Módulo Teoria da Relatividade; Postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Dilatação dos Tempos; Contração das Distâncias; Momento Linear Relativístico; Energia Relativística; Relação entre Momento Linear e Energia; Teoria da Relatividade Geral.

c) **Tecnologia & Sociedade:** reúne os textos Introdução ao Módulo Tecnologia & Sociedade; Física Nuclear; Fissão Nuclear; Fusão

Nuclear; Radioatividade; Reatores Nucleares; Acidentes Radioativos; Armas Nucleares.

d) **História da Ciência:** reúne os textos Introdução ao Módulo História da Ciência; Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade; Desenvolvimento Histórico da Mecânica Quântica; Projeto Manhattan; Biografia de Albert Einstein.

e) **Ciência & Filosofia:** reúne os textos Introdução ao Módulo Ciência & Filosofia; Metodologia dos Programas de Pesquisa; Ciência e Ética.

f) **Fronteiras da Ciência:** reúne os textos Introdução ao Módulo Fronteiras da Ciência; Buracos Negros; Ondas Gravitacionais.

Os textos encontram-se ilustrados com imagens, filmes e animações relevantes, acompanhados das respectivas legendas, visando a enriquecer o conteúdo e facilitar a formação de conexões não-arbitrárias e substanciais (não-literais) na estrutura cognitiva do estudante.

Arquivo **Créditos** **Internet** **Mapa**

Física Moderna
Fissão Nuclear

Cálculo da Energia Liberada em uma Reação de Fissão

Consideremos uma reação de fissão em que o ^{235}U absorve um nêutron e origina ^{94}Zr , ^{140}Ce e 2 nêutrons (n) como produtos finais, segundo a equação abaixo:

$$^{235}\text{U} + n \rightarrow ^{94}\text{Zr} + ^{140}\text{Ce} + 2n + \Delta E$$

É possível, conhecendo as massas atômicas dos núcleos e partículas envolvidas, calcular a energia liberada, com base na relação entre massa e energia proposta pela *Teoria da Relatividade* ($\Delta E = \Delta mc^2$).

Divisão do Núcleo Atômico | Cálculo da Energia Liberada

Fusão Nuclear
Reatores Nucleares
Projeto Manhattan
Energia Relativística

Figura 2. Tela do texto Fissão Nuclear, com links à direita e uma animação à esquerda.

A estrutura do hipertexto foi estabelecida de modo a permitir a exploração dos conceitos segundo o princípio da *diferenciação progressiva*, procurando favorecer o percurso de trilhas – seqüências de telas – em que se parte dos aspectos mais gerais para se alcançar os de maior grau de especificidade. Por exemplo, ativando-se os *links* disponíveis, pode-se iniciar a leitura sobre postulados da Teoria da Relatividade Restrita, passar ao estudo da dilatação dos tempos, seguir para o texto sobre contração das distâncias, continuar acessando informações sobre momento linear relativístico, atingir a seção sobre energia relativística, conectar-se ao material sobre fissão nuclear (figura 2) e concluir examinando dados sobre reatores nucleares.

Foram incluídos *links* para a apresentação de materiais propiciadores da ligação entre os conhecimentos anteriores do estudante e as novas idéias a serem expostas, possibilitando o acesso a *organizadores prévios*. Exemplo disso foi a elaboração do texto com o desenvolvimento histórico da Teoria da Relatividade, para que o estudante comece a se familiarizar com conceitos, fatos e personalidades relacionadas a essa construção científica, e perceba alguns dos problemas existentes na Física Clássica. Desse modo, buscou-se contribuir com o desenvolvimento de subsunçores para o aprofundamento dos conceitos da Teoria da Relatividade e suas correlações.

Procurou-se indicar semelhanças e diferenças entre conceitos em alguns trechos do material desenvolvido, para favorecer a *reconciliação integrativa*. Exemplo disso é a comparação entre os conceitos de energia na abordagem clássica e na relativística, apontando-se aspectos comuns e distinções.

Em diversos textos podem ser acessados, a partir de um *link* específico, questões e problemas que pretendem estimular a reflexão do estudante, voltar sua atenção para aspectos importantes do assunto e possibilitar a discussão crítica com os colegas e o professor, de modo a promover a *consolidação* dos conceitos. Existem perguntas com diversos graus de elaboração, desde as mais simples, destinadas a destacar certos pontos relevantes do texto que o aluno deve rever e verificar se assimilou

bem, até as mais problematizadoras, geradoras de debates com maior profundidade. Nessa última categoria encaixam-se as questões envolvendo informações atuais extraídas de jornais e revistas, dentre outras situações que exigem a aplicação dos conhecimentos aprendidos a novos contextos.

Os *links* no hipertexto foram inseridos para possibilitar também o acesso a idéias complementares, facultando a conexão com temas afins relacionados a determinados tópicos, segundo o interesse despertado nos estudantes. Por exemplo, o texto sobre Teoria Geral da Relatividade apresenta conexões que podem levar aos textos sobre as ondas gravitacionais, os buracos negros e a biografia de Albert Einstein.

Para auxiliar a orientação do usuário durante a *navegação* pelo sistema hipermídia, foi elaborado o mapa do *software*, acessível a partir de um *menu* na parte superior da tela. Ao se percorrer de cima para baixo a tela na qual esse mapa é exibido, encontram-se ícones que representam textos contendo conceitos cada vez mais específicos. O mapa mostra graficamente a estrutura hipertextual do programa, fornece a localização atual do usuário e possibilita que este se dirija a qualquer ponto do *software clicando* com o *mouse* sobre o ícone correspondente. Ao se posicionar o cursor sobre um ícone, são exibidos uma etiqueta com o assunto e os *links* presentes no texto associado. Esse recurso visa a facultar uma visão geral sobre o material existente no programa e as inter-relações entre as idéias tratadas.

Uma vez implementado o *software*, procedeu-se à revisão da programação, objetivando eliminar erros do sistema. O material foi utilizado por dois estudantes que fizeram o pré-teste e consideraram os textos compreensíveis e o ambiente de *navegação* adequado.

Avaliação do sistema hipermídia

Para a avaliação do *software Tópicos de Física Moderna* foi elaborada uma ficha contendo 47 itens. Esse instrumento foi proposto com base na ficha de avaliação utilizada no

Programa Nacional do Livro Didático (Brasil, 2005), na ficha de avaliação de *softwares* desenvolvida por Athayde (1996) e nos critérios de avaliação de sistemas hipermídia educacionais considerados por Campos (1994).

Na Ficha de Avaliação do *Software* Hipermídia *Tópicos de Física Moderna*, os itens 1 a 43 encontravam-se divididos em quatro grupos, abrangendo:

a) *conteúdos e aspectos teórico-metodológicos* (precisão dos conceitos; correção da linguagem; clareza e objetividade; abordagem de relações CTSA; desenvolvimento de noções sobre a natureza da Ciência; dentre outros pontos).

b) *aspectos pedagógico-metodológicos* (consideração das experiências prévias dos estudantes; presença de elementos motivacionais; ausência de estereótipos e preconceitos; facilitação da percepção das inter-relações entre os assuntos; dentre outros pontos).

c) *aspectos editoriais / visuais* (diagramação e revisão isentos de erros graves; adequação de animações, filmes, imagens e sons; dentre outros pontos).

d) *aspectos técnicos* (facilidade de uso pelos estudantes; adequação das ferramentas de navegação; operação sem interrupções; dentre outros pontos).

Os itens 44 a 46 consistiam em questões abertas, relacionadas respectivamente a características positivas e negativas do *software* e à forma de utilizá-lo. O item 47 correspondia ao posicionamento final em relação à qualidade do *software*. Em cada um dos itens de 1 a 43, o avaliador deveria assinalar se os aspectos descritos estavam presentes no *software* integralmente ou parcialmente, ou se não foram verificados.

A ficha de avaliação resultante foi entregue a 22 estudantes de um curso de licenciatura em Física e a 21 pesquisadores da área de Ensino de Ciências, juntamente com o *software* proposto e um texto explicando a fundamentação deste.

Os licenciandos encontravam-se no sétimo semestre do curso, com duração de quatro anos, no período noturno. A avaliação do *software* constituiu uma atividade da disciplina *Prática de Ensino de Física*.

Das fichas de avaliação distribuídas, 17 foram preenchidas pelos licenciandos (77% dessa categoria de avaliador) e cinco pelos pesquisadores (24% dessa categoria de avaliador).

A partir das respostas ao instrumento de pesquisa, constatou-se que, segundo a maior parte dos avaliadores, de ambas as categorias, o *software* proposto atende plena ou parcialmente aos critérios de avaliação numerados de 1 a 43, englobando conteúdos e aspectos teórico-metodológicos, aspectos pedagógico-metodológicos, aspectos editoriais / visuais e aspectos técnicos. Desse modo, apesar dos pontos a serem aperfeiçoados, conforme o apontado diretamente na questão 45, o *software* em análise apresenta, na visão dos avaliadores, características capazes de contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de Física Moderna. Essa conclusão foi reforçada a partir das considerações realizadas nas questões 44 e 46, e pelo posicionamento favorável ao uso do *software* pela maioria dos avaliadores, explicitado na questão 47. A análise realizada pelos pesquisadores e licenciandos forneceu elementos para o aperfeiçoamento da versão do *software* utilizada em sala de aula.

Opinião dos estudantes sobre o uso da hipermídia no curso de Física

Para investigar o processo de ensino e aprendizagem com o apoio da hipermídia, o próprio pesquisador ministrou a estudantes do Ensino Médio um curso introdutório com a utilização do *software* *Tópicos de Física Moderna*.

Além de aspectos conceituais, foram analisados a interação dos estudantes com o sistema hipermídia e sua opinião quanto ao curso e em relação ao *software*. Procurou-se dar atenção à influência do curso e do *software* sobre a motivação dos estudantes e, ainda, a indícios de aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais.

O curso introdutório à Física Moderna realizou-se de 03/11 a 28/11/2005, com aulas ocorrendo à noite, de 19 h às 21 h. Esse horá-

rio foi escolhido pelos próprios estudantes, que também assistiam às aulas regulares do Ensino Médio no período matutino. O módulo didático teve duração de 20 horas, com a realização de 10 encontros de duas horas cada um, duas ou três vezes por semana.

A turma constituiu-se inicialmente de 10 estudantes que estavam completando o terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública. Os alunos foram incentivados a matricular-se no curso pelo professor de Física encarregado das aulas regulares, com o qual pareciam manter bom relacionamento. A participação no curso não era atividade obrigatória. Os alunos inscreveram-se movidos basicamente pelo interesse em aprofundar seus conhecimentos, pois não receberiam uma nota na disciplina regular de Física em virtude de terem tomado parte no curso de Física Moderna. Dentre os estudantes matriculados, dois compareceram a apenas uma aula e outro a somente três aulas, no início do curso. Logo, concluíram o curso sete estudantes, que serão considerados nas análises feitas neste trabalho. Segundo o docente responsável pela turma regular, esses alunos estavam entre aqueles com melhor desempenho em sua disciplina.

Objetivando facultar a construção de conceitos e possibilitar aos estudantes a explicitação do entendimento que estavam adquirindo, as demais aulas foram desenvolvidas de acordo com a seguinte seqüência didática:

- a) Explicação inicial do professor.
- b) Estudo do texto proposto.
- c) Debate das questões propostas no *software* em dupla e com o professor.
- d) Debate das questões envolvendo toda a turma.
- e) Resposta individual às questões e entrega do material ao professor.

A disposição dos estudantes na sala de aula foi feita de modo a existirem duas pessoas por computador. Tal orientação teve o objetivo de favorecer o trabalho conjunto e a troca de idéias entre os estudantes durante as atividades, procurando contemplar aspectos motivacionais e de aprendizagem. Com a desistência de três alunos, um dos estudantes acabou ficando sozinho em um computador, embora

eventualmente dialogasse com colegas próximos.

Alguns textos existentes no *software* não foram abordados devido à limitação de tempo imposta na realização do curso introdutório.

Logo, após a conclusão do curso realizado com o *software* *Tópicos de Física Moderna*, os participantes preencheram o *Questionário de Opinião dos Estudantes sobre o uso da Hipermídia no Curso de Física*. Esse instrumento de pesquisa foi adaptado dos trabalhos de Athayde (1996) e de Machado e Santos (2004). A constatação de que duas questões não estavam bem formuladas levou à eliminação posterior de dois itens desse instrumento de pesquisa. Os 32 itens efetivamente considerados neste trabalho foram os seguintes:

01. O visual do *software* de Física não é muito bom.
02. Os exemplos mostrados no *software* de Física ajudam-me a raciocinar.
03. Usar o computador para aprender Física é motivador.
04. Não me lembro de nada do que vejo nas aulas de Física no computador.
05. É fácil *navegar* pelo *software* de Física.
06. Nas aulas de Física com computador não se aprende nada.
07. As aulas de Física no computador são monótonas.
08. O conteúdo não está bem explicado no *software* de Física.
09. O *software* de Física ajuda-me a descobrir o significado dos fenômenos.
10. As questões do final dos textos do *software* de Física não têm importância alguma.
11. O *software* permite-me desenvolver uma visão de como a Ciência evolui com o tempo.
12. Ter aulas de Física no computador é uma boa maneira de se aprender.
13. As informações disponíveis no *software* de Física ampliam meu conhecimento sobre a Física.
14. As aulas de Física no computador despertam minha atenção.
15. Posso aprender sozinho tudo o que preciso utilizando o *software* de Física.
16. Não compreendo os textos do *software* de Física.

17. O *software* não relaciona as idéias da Física com aplicações tecnológicas e o contexto social.

18. Saio das aulas de Física no computador do mesmo jeito que entrei.

19. O *software* leva-me a pensar sobre a importância da Ética no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia.

20. As aulas de Física no computador contribuem para que eu aprenda a raciocinar.

21. As ligações existentes entre os assuntos no *software* de Física não são relevantes.

22. Ver as imagens, as animações e os filmes no *software* de Física facilita a aprendizagem.

23. Não entendo nada das aulas de Física no computador.

24. Poder estudar o conteúdo no computador torna as aulas de Física interessantes.

25. O excesso de informação do *software* de Física faz com que eu me perca.

26. O *software* de Física auxilia-me a ver a ligação entre os assuntos estudados.

27. É difícil encontrar o local em que está um assunto que desejo estudar no *software* de Física.

28. Os assuntos do *software* permitem que eu veja a relação da Física com a Tecnologia e a Sociedade.

29. O *software* mostra que as idéias da Física não mudam com o tempo.

30. As questões propostas ao final dos textos do *software* de Física contribuem para a reflexão sobre os conceitos apresentados.

31. O uso do *software* não me fez avaliar a necessidade de se utilizar Ciência e Tecnologia de modo ético.

32. A presença do professor é importante para o entendimento do conteúdo apresentado no *software* de Física.

Para cada item, levou-se em conta o número de alunos (N) que assinalou cada uma das opções: *Concordo*, *Sou Indiferente* ou *Discordo*, ou que não respondeu à questão, incluindo as respectivas porcentagens (%).

Em uma análise das respostas, excluindo-se os itens 15 e 32, que não são favoráveis nem desfavoráveis ao *software*, constatou-se que nos 30 itens restantes mais da metade dos estudantes registrou respostas favoráveis ao

programa. Em 28 itens, mais de 86% dos estudantes apresentaram um posicionamento favorável ao *software*. No item 20, 71% dos estudantes expressaram opinião favorável ao *software*.

A questão 7, contendo a afirmação de que as aulas de Física no computador são monótonas, foi a que registrou menor percentual de estudantes favoráveis ao programa, com um índice de 57%. Dois estudantes mostraram-se indiferentes em relação ao teor dessa pergunta. Um aluno concordou com a asserção. Isso evidencia que nem todos os estudantes sentiram-se motivados somente pelo fato de utilizar o computador para estudar Física. Porém, é preciso comparar esse resultado com o índice de concordância de 86% alcançado na questão 3, na qual se afirmava que usar o computador para aprender Física é motivador. Essa discrepância nas respostas parece indicar que alguns estudantes interpretaram de maneira distinta esses itens, diferenciando a forma de o professor conduzir as aulas do modo como se sentiam em relação à possibilidade de usar o computador para aprender.

A questão 15 continha a idéia de que seria possível aprender sozinho os conteúdos do *software*. Somente um estudante concordou com essa afirmação. Dois discordaram e quatro mostraram-se indiferentes. Entretanto, conforme foi assinalado na questão 32, todos os estudantes consideraram importante a presença do professor para o entendimento do conteúdo apresentado no *software* de Física. Desse modo, na opinião dos alunos, o *software* é um recurso didático melhor aproveitado quando há um professor para orientar as atividades e esclarecer dúvidas.

A análise de fatores favoráveis e desfavoráveis do *software* envolveu três categorias distintas, nas quais podem ser agrupados os itens do instrumento de pesquisa:

1) Possibilidade de aprendizagem com apoio do *software*. A essa categoria relacionam-se os itens: 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 28, 29, 30 e 31.

2) Aspectos motivacionais do *software*. A essa categoria relacionam-se os itens: 3, 7, 12, 14 e 24.

3) Aspectos técnicos do *software*, relacio-

nados à sua estrutura e ao seu funcionamento. A essa categoria relacionam-se os itens: 1, 5, 21, 25, 26 e 27.

De acordo com a tabela 12, os alunos expuseram, de modo geral, opinião favorável sobre as possibilidades de aprendizagem com o *software* empregado e também em relação a seus aspectos motivacionais e técnicos. Portanto, na avaliação da maior parte dos estudantes:

a) o *software* possui textos compreensíveis, com conteúdos bem explicados; possibilita ampliar o conhecimento sobre a Física; contribui para se aprender a raciocinar; favorece a assimilação dos conceitos; apresenta questões relevantes ao final dos textos, que estimulam a reflexão; permite desenvolver uma visão de como a Ciência evolui, mostrando que as idéias da Física mudam com o tempo; permite ver a relação da Física com a Tecnologia e a Sociedade; leva a pensar sobre a importância da Ética no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia; exibe imagens, animações e filmes que facilitam a aprendizagem.

b) o *software* constitui recurso motivador; ter aulas no computador não é monótono, trata-se de uma boa maneira de aprender e desperta a atenção; poder estudar o conteúdo no computador torna as aulas de Física interessantes.

c) o *software* possui bom projeto gráfico; permite fácil *navegação* por seu conteúdo; possui *links* pertinentes; não causa problemas significativos de desorientação; auxilia a ver as relações entre os conceitos; possibilita localizar os assuntos sem dificuldade.

As respostas predominantemente favoráveis dos estudantes nesta análise permitem concluir que o uso da hiperMídia foi considerado relevante para a aprendizagem de Física Moderna.

Considerações finais

Além de o sistema hiperMídia *Tópicos de Física Moderna* ter sido avaliado de modo positivo pela maior parte dos pesquisadores, licenciandos e estudantes que interagiram com o *software*, foram encontradas evidências de

que sua utilização em conformidade com as diretrizes descritas neste trabalho trouxe benefícios para a aprendizagem de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da Ciência.

A análise das concepções expressadas em questionários idênticos aplicados antes e depois do curso e em debates promovidos ao longo das aulas possibilitou constatar que a proposta didática discutida neste trabalho favoreceu a evolução das concepções da maior parte dos estudantes quanto ao conceito de equivalência massa-energia e suas implicações; as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, incluindo aspectos ambientais e políticos; o papel da Ética no desenvolvimento e aplicação dos conhecimentos científicos; o progresso da Ciência ao longo do tempo.

A experiência de modo geral bem sucedida com a proposta didática examinada neste trabalho torna possível recomendar que se invista no desenvolvimento e a avaliação de novos materiais em formato hiperMídia estruturados segundo princípios similares, incluindo-se orientações para seu uso didático, com o aprofundamento de tópicos de Física Moderna e outros assuntos. Esses produtos pedagógicos poderiam ser arquitetados para uso em aulas presenciais ou, ainda, para atender a cursos de educação à distância, intermediados pela *Internet*. A consecução de tal desiderato seria favorecida por equipes interdisciplinares englobando pesquisadores, professores do Ensino Médio, programadores e especialistas em *design*.

O aperfeiçoamento de instrumentos para a avaliação de sistemas hiperMídia voltados ao ensino de Ciências é também um ponto que merece maior atenção por parte dos pesquisadores. Tais ferramentas facultam uma visão mais acurada das características desses *softwares* didáticos, fornecendo subsídios para o seu aprimoramento e para os docentes que estudam a possibilidade de utilizá-los em suas classes.

Para que recursos pedagógicos de natureza semelhante ao programa discutido neste trabalho sejam efetivamente incorporados às salas de aulas do Ensino Médio, é essencial fomentar uma cultura que propicie sua apreciação e utilização crítica pelos docentes. Pro-

mover análises de sistemas hiperídia educacionais e de práticas didáticas com apoio destes em cursos de formação de professores é um modo de contribuir para o entendimento do

potencial de tais materiais e preparar os docentes para utilizá-los em seus próprios planejamentos de ensino.

Referências

- Arriasecq, I. e Greca, I. M. (2002). Algunas consideraciones históricas, epistemológicas y didácticas para el abordaje de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio y polimodal. *Ciência & Educação*, 8(1), pp. 55-69.
- Athayde, M. I. (1990). *Desenvolvimento, aplicação e avaliação de coursewares de física para o 2º grau: uma experiência piloto*. Dissertação (Mestrado em Educação). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Ausubel, D. P. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.
- Brasil (2005). *Ciências: volume 4, guia de livros didáticos 2005, 5ª a 8ª séries*. Brasília: Ministério da Educação.
- Campos, F. C. A. (1994). *Hiperídia na educação: paradigmas e avaliação da qualidade*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Eijkelhof, H.; Kortland, K. e Loo, F. van der (1984). Nuclear weapons – a suitable topic for the classroom? *Physics Education*, 19, pp. 11-15.
- Fourez, G. (1997). “Alfabetizar” científica y técnicamente. En: Fourez, G. *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- Gil, D. e Solbes, J. (1993). The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*, 15(3), pp. 255-260.
- Gil Pérez, D. et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), pp. 125-153.
- Jonassen, D. H. (1986). Hypertext principles for text and courseware design. *Educational Psychologist*, 21(4), pp. 269-292.
- Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, 14(1), pp. 85-93.
- Langford, D. (1993). Evaluating a hypertext document. *Aslib Proceedings*, 45(9), pp. 221-226.
- Machado, D. I. e Santos, P. L. V. A. da C. (2004). Avaliação da hiperídia no processo de ensino e aprendizagem da física: o caso da gravitação. *Ciência & Educação*, 10(1), pp. 75-99.
- Monk, M. e Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), pp. 405-424.
- Moreira, M. A. e Masini, E. F. S. (2002). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro.
- Ostermann, F. e Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm>. Acesso em: 10 jan. 2003.
- Terrazan, E. A. (1994). *Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média*. Tese (Doutorado em Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Watts, M. et al. (1997). ‘Event-centred-learning’: an approach to teaching science technology and societal issues in two countries. *International Journal of Science Education*, 19(3), pp. 341-351.