UM JEITO DE FAZER HIPERMÍDIA PARA O ENSINO DE FÍSICA⁺*

Tatiana da Silva

Departamento de Física – UFSC

Florianópolis – SC

Resumo

Neste trabalho, apresentam-se as bases teóricas e metodológicas do processo de elaboração e de produção de materiais didáticos apoiados em recursos computacionais, tais como animações, simulações, jogos e laboratórios virtuais, para uso no ensino de física. Os materiais foram construídos com recursos de hipermídia, que une os conceitos de não linearidade, hipertexto e multimídia (animações, simulações, sons) em uma só linguagem. O conceito de hipermídia adotado é definido como um meio, uma linguagem e um produto audiovisual, e pode ser associado ao conceito de objeto de aprendizagem, o que permite a criação de materiais digitais com diferentes granularidades, que vão desde uma atividade até um curso completo. Se o material didático for criado com essa preocupação, ele pode ser utilizado em diferentes ambientes de aprendizagem, sob diferentes plataformas, e fornece uma base para que a avaliação de seu uso possa ser feita também em diferentes situações didáticas. Os temas abordados fazem parte de conteúdos discutidos no Ensino Médio e nas disciplinas de física básica do Ensino Superior. Os materiais descritos neste trabalho (animações, simulações, jogos e laboratórios virtuais) encontram-se disponíveis em página aberta na internet

⁺ One way to make hypermedia for teaching Physics

^{*} Recebido:
Aceito: agosto de 2012.

([HTTP://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/index.html](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/index.html)) e alguns deles também podem ser acessados a partir do banco de objetos educacionais do MEC.

Palavras-chave: *Objetos de aprendizagem. Hipermedia. Ensino de Física. Educação online.*

Abstract

In this paper, we present the theoretical and methodological basis of the preparation and production of teaching materials supported by computer resources such as animations, simulations, games and virtual labs, for use in teaching physics. The materials were built with hypermedia resources, joining the concepts of nonlinearity, hypertext and multimedia (animations, simulations, sound) in one language. The hypermedia concept adopted states it is a means to an end, a language and an audiovisual product enabling the association with the concept of learning object which allows the creation of digital materials with different granularities ranging from one activity to a full course. If the courseware is created with this concern, it can be used in different learning environments under different platforms, and provide a basis for the evaluation of its use in different teaching situations. The topics discussed (animations, simulations, games and virtual labs) are part of content in high school and in the disciplines of basic physics of higher education. The materials are available on an open page on the Internet ([HTTP://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/index.html](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/index.html)) and some of them can also be accessed from the MEC's database of educational objects.

Keywords: *Learning objects. Hypermedia . Physics teaching. Online education.*

I. Introdução

A elaboração de materiais didáticos apoiados no uso do computador envolve uma rede complexa de saberes e requer a adoção de uma estratégia instrucional bem definida para a sua produção. Os primeiros realizadores dessa produção

no Brasil foram, em geral, professores universitários que se envolveram com a produção de materiais didáticos para cursos de ensino na modalidade a distância (EAD) apoiados em recursos computacionais nos quais assumiram a função de professores conteudistas (CORDEIRO; ROSA; FREITAS, 2006). Ou seja, muitos não eram pesquisadores atuantes na área de ensino, mas a urgência ou a pressão para que a oferta de cursos nessa modalidade se realizasse acabou por envolver profissionais comprometidos com o ensino, mas não necessariamente pesquisadores nessa área. Não obstante, a oferta de cursos na modalidade a distância trouxe uma série de perguntas novas a serem respondidas e muito se tem aprendido com a realização de cursos nessa modalidade, abrindo um vasto campo de investigação e avaliação. O comprometimento natural com o ensino por parte de todos os envolvidos fez com que a reflexão nunca deixasse de se fazer presente. Como os envolvidos são professores, a necessidade e a preocupação inerentes de se apoiar os alunos no seu processo de aprendizagem levam a reflexões sobre quais as melhores metodologias de utilização do computador no ensino, qual o diferencial que o seu uso tem frente às metodologias tradicionais, como assegurar ou potencializar as formas de apresentação e de discussão de conteúdos para que esses materiais cumpram seus objetivos. Assim, sabemos que se trata de uma área relativamente nova, em fase de construção desse “saber fazer”, ou seja, ainda não existem respostas conclusivas para muitas perguntas e, por isso, a produção de materiais didáticos digitais já se estabelece também como uma área de investigação que se justifica *per se*.

As necessidades dos cursos a distância apoiados em recursos computacionais acabaram por antecipar a prática, o fazer aos resultados de pesquisas direcionadas à inserção das “novas tecnologias” no ambiente educacional como um instrumento de ensino-aprendizagem. Entretanto, torna-se cada vez mais claro que não é um trabalho que se realize sem envolvimento, sem busca por respaldo em trabalhos de pesquisa em ensino e que vêm contribuindo de maneira decisiva para pesquisas nesse campo de atuação. Normalmente, parte-se da premissa de que as tecnologias da informação e comunicação (TICs) podem ser aliadas porque têm um enorme potencial para enriquecer, facilitar, dinamizar, enfim, podem favorecer o processo de ensino e aprendizagem à medida que os recursos digitais trazem para o espaço educacional imagens, sons, vídeos, animações, simulações, hipertextos, possibilidades de abordagens diferentes de um dado conteúdo que atendam a estilos de aprendizagens diferentes, assim como possibilidades de interação e de colaboração presencial e a distância. Hoje, falamos, então, em uma educação *online* ou educação digital como a que possibilita que as situações didáticas ocorram sem limitação de espaço e de tempo e que se realiza nas modalidades presencial, semi-

presencial e a distância. Além disso, a educação é vista como o meio para transformação da sociedade, o que abre a oportunidade de uma exploração mais crítica e ética do uso da informação e da comunicação via rede mundial de computadores.

É importante destacar que a etimologia da palavra “tecnologia” (do grego *tekhné* = “técnica, arte, ofício” e *logia* = “estudo”) mostra que é uma palavra que representa a apropriação do conhecimento técnico e científico, das ferramentas, dos recursos e dos processos desenvolvidos, principalmente, a partir do conhecimento para manipular o espaço em que vivemos e que podemos explorar. Vivemos em um mundo tecnológico onde usamos desde ferramentas simples como uma caneta até complexas como um computador, uma sonda espacial ou um satélite. No âmbito da educação, são consideradas tecnologias os livros didáticos, os quadros negros ou brancos e a própria sala de aula. Por isso, as ditas “novas tecnologias” referem-se aos recursos digitais tais como o hipertexto, a multimídia, a rede mundial de computadores. Elas se referem às tecnologias que possibilitam a aprendizagem mediada por computadores (MANOVICH, 2001; FILATRO, 2003; GOSCIOLA, 2003).

Entretanto, ainda há muita polêmica e certo caos decorrentes da forma como esses materiais começaram a ser elaborados e porque a elaboração desses materiais parece não ter um valor do ponto de vista da pesquisa em ensino (BARROSO; BEVILAQUA; FELIPE, 2009). No entanto, os progressos alcançados pela ciência da computação e a consequente expansão da EAD tornaram esse processo de elaboração inevitável e precisamos responder a essa demanda da melhor maneira possível. Percebe-se que há consenso de que são pontos cruciais à elaboração dos materiais a não transposição direta de materiais usados no presencial para o virtual, as formas de planejamento e de utilização das tecnologias digitais voltadas para fins educacionais, o diferencial que esses recursos podem ter para que não se faça um uso banalizado e que os recursos computacionais não representem uma solução mágica para os problemas educacionais. Cada modalidade, cada forma de se fazer a educação tem sua linguagem, suas características, suas especificidades, ou seja, uma identidade, e é essa identidade que está sendo construída.

Nesse sentido, este trabalho apresenta materiais didáticos hipermídia com a intenção de evidenciar as bases teóricas e metodológicas do processo de elaboração e de produção de materiais didáticos digitais para uso no ensino de física e para possibilitar que, a partir de seu uso, possa-se, também, construir um instrumento de avaliação.

II. Formas de uso do computador e fundamentação teórica para elaboração dos materiais didáticos

O computador pode ser incorporado no ambiente educacional de formas plurais (VALENTE, 1995; MORAN, 2000; FIOLEHAIS, 2003). É a forma de usá-lo, a abordagem metodológica e as estratégias didáticas que determinarão se o computador simplesmente “substitui” o papel do professor e/ou do livro, ou seja, se é uma versão informatizada dos métodos convencionais de ensino ou se o computador é um facilitador do processo de ensino-aprendizagem. Nesse caso, ele é uma ferramenta, uma mídia que permite ao aluno assumir o papel central no seu processo de aprendizagem e, ao invés de memorizar informação, é-lhe ensinado buscar e usar a informação (VALENTE, 1995; MORAN, 2007).

As “novas tecnologias” abrem espaço para o uso do computador como uma ferramenta; elas ampliam as possibilidades educacionais do uso do computador ao propiciarem um aprendizado autônomo, criando condições para busca e seleção de informação e para a resolução de problemas. Ao se definir a forma de uso do computador, definem-se também quais e como serão os *softwares* educativos e as atividades a serem utilizadas e/ou elaboradas. Assim, pode-se varrer um amplo espectro utilizando-se abordagens pedagógicas ou andragógicas que se apoiam em teorias de aprendizagem que vão da comportamentalista à construtivista ou, segundo alguns autores, à construcionista. Contudo, muitas vezes, não é possível escolher uma única abordagem, mas utiliza-se de uma combinação delas (VALENTE, 1995; BARROSO; BEVILAQUA; FELIPE, 2009).

É nesse contexto que se inclui a elaboração dos materiais didáticos descritos neste trabalho apoiados em recursos digitais, o qual lança mão de princípios construtivistas de como as pessoas aprendem. Não obstante, no que concerne ao ensino e à aprendizagem de ciências, entende-se que é preciso levar em consideração os processos cognitivos utilizados pelos indivíduos para representar e organizar o conhecimento existente e o novo, as representações criadas, ou seja, a construção de modelos mentais coerentes. Nesse sentido, estreita-se para as teorias de mudança conceitual (ÖZDEMİR; CLARK, 2007), e mais especificamente no processo de ensino-aprendizagem em física (VOSNIADOU, 1994). No construtivismo, um novo conhecimento é construído a partir da interação dos conhecimentos existentes na mente dos aprendizes com novas experiências e ideias. A mudança conceitual entende que as concepções existentes não podem ser negligenciadas e que precisam ser incluídas no processo de instrução para que as representações alternativas às de senso comum possam ser aceitas e modificadas coerentemente para explicar os fenômenos observados de forma científica. Isso porque se acredita

que, ao se apresentarem aos estudantes representações distintas das não científicas, eles são “forçados” a um conflito cognitivo que pode levá-los a reconhecer as inconsistências entre os conhecimentos existentes em sua mente com os apresentados levando-os a substituírem os conceitos incorretos pelos cientificamente corretos. Esse processo todo faz o estudante lidar com diferentes representações, o que, somado à integração de vários recursos (textos, imagens estáticas ou não, *links*, animações, simulações), precisa levar em consideração a carga cognitiva gerada. Assim, pode lançar mão de estratégias que favoreçam o processamento da informação na memória do estudante. Por isso, um aliado nesse processo é o desenho didático ou *design* instrucional que se apoia na teoria da carga cognitiva (SWELLER; VAN MERRIENBOER; PAAS, 1998; FILATRO, 2008; JONG, 2010) para canalizar a atenção do aluno de forma eficiente e que será mais bem discutido na próxima seção.

A elaboração de materiais instrucionais digitais precisa de um conjunto de referenciais teóricos que podem ser afins ou não (ALLY, 2004), envolver conhecimento de trabalhos de pesquisa em ensino de física que discutam as dificuldades de ensino e aprendizagem nos temas estudados, linguagem, aspectos cognitivos da aprendizagem, o papel das visualizações em ciências.

Na abordagem construtivista escolhida pressupõe engajamento ativo dos estudantes, *feedback* constante com interação e retorno no próprio ambiente de aprendizagem, conexões com contextos do mundo real e ou com as ideias existentes a respeito dos conceitos tratados.

O foco dos conteúdos apresentados é o da utilização de recursos visuais que fornecem representações diferentes das de senso comum normalmente documentadas na literatura de pesquisa em ensino de física e em ensino de ciências.

É importante destacar que há estudos que demonstram a eficácia de materiais didáticos apoiados em recursos computacionais em facilitar o aprendizado (BODEMER; PLOETZNER, 2002; CHIEN; CHANG, 2011) e a mudança conceitual (BELL; TRUNDLE, 2008). Todavia, também, existem aqueles que chamam atenção para os problemas que podem ser exacerbados no processo de ensino e aprendizagem em decorrência do uso desses recursos. O cenário ainda não está bem definido, mas há avanços importantes que apontam para a importância da interatividade, da organização espacial da informação apresentada e da compreensão do papel da visualização no ensino de ciências (HEGARTY, 2004; BODEMER *et al*, 2004; SPANJERS, van GOG; van MERRIENBOER, 2010).

O conhecimento de todas essas questões permite a reflexão para que a construção dos materiais usem os recursos digitais de forma apropriada e de acordo com os objetivos de aprendizagem.

III. Elaboração de materiais didáticos digitais

A elaboração de materiais didáticos digitais (aplicativos, animações, simulações) envolve uma rede complexa de saberes e a adoção de uma estratégia instrucional para sua produção. Entender e optar por uma abordagem de acordo com uma teoria de aprendizagem é um desses saberes. Isso porque, além de se ter um entendimento de como as pessoas aprendem de acordo com a fase de desenvolvimento humano (infância, adolescência e adulta), e de se saber quais são as especificidades do conteúdo abordado, é preciso, também, compreender quais são as ferramentas e os recursos tecnológicos adequados aos objetivos pretendidos, a linguagem que vai tornar a comunicação efetiva e a forma de apresentação e de disponibilização do ‘produto final’, o que inclui, também, uma reflexão quanto a sua estética. Desse modo, toda essa rede ampla de saberes precisa estar em fase, em consonância com os pressupostos teóricos para criar condições de uma aprendizagem efetiva; é por isso que, com o desenvolvimento da educação a distância apoiada em recursos computacionais além das novas tecnologias, precisa-se também da formação de equipes multidisciplinares e de um desenho instrucional (*design* instrucional) ou um desenho didático; ele é responsável pela articulação entre conteúdo, sua forma e sua função para que se cumpram os objetivos educacionais pretendidos. Segundo Filatro (2003, p. 64), *design* instrucional é “a ação intencional e sistemática de ensino, que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a utilização de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas, a fim de facilitar a aprendizagem humana a partir dos princípios de aprendizagem e instrução conhecidos”. Ainda segundo Filatro (2003, p. 56), “o *design* acaba trazendo à superfície as funções internas de um produto, exprimindo-as não apenas visualmente, mas em diferentes níveis e formas, entre eles os modos sensoriais (cores, formas, texturas, sons) e modos cognitivos (linguagem, metáforas, hipertexto, mapas conceituais, realidade virtual)”.

O desenho instrucional lança mão de métodos instrucionais para canalizar a atenção do aluno a partir da compreensão de como as pessoas aprendem e se apoia na teoria da carga cognitiva (SWELLER; van MERRIENBOER; PAAS, 1998; FILATRO, 2008; JONG, 2010). Na elaboração de um material multimídia este é um ponto crucial, pois de acordo com a ciência cognitiva, a compreensão é frequentemente caracterizada como a construção de um modelo mental que representa os objetos e as relações semânticas descritas em um texto. Há processos que vão favorecer essa construção e outros que a limitarão em decorrência do esforço mental necessário a esse processo de construção. Cabe, assim, ao *design* instrucional

nal utilizar estratégias que facilitem os canais de processamento da informação pela memória. Quando há várias fontes de informação exigindo o processamento pela memória humana, é preciso adotar princípios que reduzam a carga cognitiva e que direcionem a atenção para que a memória chamada de *memória de trabalho* possa unir, realizar os processos de integração das informações visuais e auditivas e, assim, promover a integração com o conhecimento existente que está armazenado na memória denominada *memória de longo prazo*. Define-se, também, a legibilidade de um material, de um documento (PANSANATO; NUNES, 1999; FILATRO, 2008), a qual está relacionada tanto com a apresentação do texto (o tamanho da fonte, o espaçamento, a família tipográfica), que interfere na velocidade de leitura, quanto com a integração entre forma e conteúdo, a distribuição dos recursos interativos, de áreas sensibilizadas, de ícones, de organização e da apresentação da informação para minimizar os esforços com a orientação e com a navegação. Assim, o *design* instrucional atua tanto na direção de reduzir a carga cognitiva quanto no favorecimento de processos de recuperação e transferência dos conhecimentos armazenados na memória de longo prazo e, conseqüentemente, na direção de possibilitar uma aprendizagem mais efetiva. Alguns exemplos são eliminar músicas de fundo que não estejam relacionadas ao conteúdo; disponibilizar palavras, imagens e sons em uma apresentação unificada; apresentar duas modalidades sensoriais em vez de uma; posicionar um texto dentro de uma imagem e não abaixo da imagem (FILATRO, 2008). Logo, o *design* instrucional permite produzir conhecimento de acordo com os princípios e métodos mais adequados a diferentes tipos de aprendizagem, e é fundamentado em diferentes áreas de conhecimento (ciências humanas, ciências da informação, ciências da administração).

Nessa perspectiva, ele se fundamenta em uma série de princípios que são importantes para a elaboração de materiais didáticos apoiados em recursos computacionais. Pode-se inclusive concluir que a melhor maneira de possibilitar o aprendizado *online* é através da integração de mídias, mas como fazer essa integração?

A escolha feita deve ser a de elaborar materiais didáticos digitais hipermídia. O conceito de hipermídia é bastante complexo e se confunde com os conceitos de hipertexto e multimídia. Contudo, vale antecipar que a hipermídia é entendida como uma linguagem comunicacional de expressão não linear e interativa que atua de forma multimidiática, pressupõe criação de conteúdo e o encontro entre estética e conceito (BAIRON, 2011). Na próxima seção, discutem-se elementos que levam à produção de material educacional hipermídia.

IV. Interface, arquitetura e granularidade

É importante, agora, pensar na realização propriamente dita dos materiais uma vez que se tem clareza de que o cerne da elaboração dos materiais didáticos digitais está na instrução, no conteúdo, e que se pretende elaborá-los de tal forma a estimular e a potencializar os processos cognitivos que levarão a uma aprendizagem *online* efetiva.

Na seção anterior, discutiu-se que a legibilidade de um documento eletrônico é maior ou menor, dependendo do modo de apresentação da informação (PANSANATO; NUNES, 1999; FILATRO, 2008). A união de informações verbais (palavras escritas ou faladas) e não verbais (imagens, vídeos, animações, música e sons de fundo) podem favorecer os processos mentais e tornar mais efetivo o aprendizado *online*. Pode-se, então, pensar em utilizar recursos computacionais como hipertexto, multimídia e hipermídia para promover essa união. Esses recursos têm existência fora do contexto educacional e suas definições são emprestadas de outras áreas como comunicação, jornalismo e inclusive do cinema. A definição desses recursos é importante, entretanto, ainda dependem do autor que as utiliza.

Sendo assim, as definições adotadas neste trabalho estão de acordo com as apresentadas por Gosciola (2003): o hipertexto é um texto digital composto por conjuntos de informações, blocos de conteúdos (lexias) interligados por elos associativos, chamados *links*, os quais permitem que o leitor “percorra” o texto, ou seja, que faça sua leitura na ordem que desejar. No caso do hipertexto, esses *links* normalmente são outros documentos, outros textos. A multimídia, por sua vez, é a integração em uma mesma tecnologia de informações diversas como imagens, animações, sons, vídeos, textos, entre outros, mas com pouca interatividade. Já a hipermídia é a tecnologia que reúne recursos de hipertexto e de multimídia viabilizando uma exploração de diferentes partes de um material de maneira não linear.

A hipermídia se distingue da multimídia por apresentar um nível de interatividade, de navegabilidade e de volume de documentos superior e com mais informações audiovisuais do que o hipertexto (GOSCIOLA, 2003, p. 34). Um exemplo interessante para distinguir multimídia de hipermídia é fornecido por Gosciola (2003, p. 36): “a TV que oferece possibilidades de mudar de canal, alterar o volume do som, cor e brilho é multimídia, mas a TV interativa digital que oferece programas interativos, como possibilidade de escolha entre algumas câmeras, deixa de ser multimídia e passa a ser hipermídia”. Na multimídia, os conteúdos são apresentados sem ou com poucas possibilidades de interferência na ordem da apresentação ou na expansão das informações disponíveis. Para resumir, a definição adotada se baseia em Gosciola (2003, p. 18), a partir da afirmação de que “A hi-

permídia, aqui, é vista como um meio, uma linguagem e um produto audiovisual, o que significa que a concepção da matriz hipermídia é o audiovisual e não o hipertexto, apesar de desenvolver a lógica criada nesse meio”.

A escolha da interface, ou seja, do espaço que delimita e organiza o conteúdo a ser apresentado, tem como ponto central a interatividade e a não linearidade, visto que elas também são exigências dos objetivos de aprendizagem que visam a envolver o aluno ativamente no seu processo de construção do conhecimento e facilitar que ele alcance os objetivos pretendidos pelo elaborador do material. É importante definir o conceito de interatividade como uma característica da configuração do material que se refere às opções oferecidas, às possibilidades configuradas que permitirão ao usuário interagir com o material e com outras pessoas. Assim, ela é uma condição necessária para que haja interação.

A hipermídia é a interface escolhida na elaboração dos materiais descritos neste trabalho; é através dela que se faz a integração entre forma e conteúdo, a distribuição dos recursos interativos, de áreas sensibilizadas, de ícones, de organização e apresentação da informação. Um aspecto que precisa ser destacado é que a hipermídia voltada para fins educacionais assume características distintas daquela voltada para outros fins porque há uma intenção de guiar o aluno em uma navegação por um documento voltado para um dado domínio de conhecimento. Ou seja, é importante dar possibilidades de se percorrer o material por diferentes caminhos, mas não é desejável que o aluno se perca e nem se distancie do que está sendo discutido. Assim, é preciso definir também uma arquitetura de navegação que permita uma navegação de maneira não linear, mas com o cuidado de evitar a desorientação e as explorações aleatórias na *internet*. Por isso, opta-se por usar *links* externos em uma seção à parte e, também, tornar viável o uso do material *offline*, disponibilizando-o no formato de CD ou DVD. Os *links* presentes no material remetem a informações mais detalhadas sobre o que está sendo apresentado e à realização de conexões entre unidades do próprio material. É importante destacar que o uso de *links* externos traz problemas indesejáveis, tais como a instabilidade das páginas e as mudanças de endereço e de conteúdo. Por isso, eles são pouco utilizados nos materiais aqui descritos.

Neste ponto, precisa-se fazer mais uma escolha: como serão definidas as menores unidades de forma a tornar possível uma navegação não linear, fluída, que não pareça truncada, e que permita a utilização livre sem perda de conteúdo e continuidade? E mais, de forma a adequar diferentes necessidades e contextos? A resposta é a opção por trabalhar com o conceito de “objetos de aprendizagem” ou “objetos educacionais”, cuja definição adotada é a apresentada por Wiley (2000), que restringe a definição a qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para

apoiar a aprendizagem, excluindo explicitamente recursos não digitais como livros e os não reutilizáveis. Representa, assim, quaisquer materiais que possam ser distribuídos pela *internet*, independentemente do tamanho, os quais necessariamente precisam ter os seguintes atributos: “reutilizáveis”, “digitais”, “recursos” e “aprendizagem”. Essas características exigem que as escolhas feitas no planejamento levem à elaboração de materiais que possam ser incorporados em diferentes contextos (reusabilidade), acessados de diferentes lugares, e que independam do número de usuários (acessibilidade), da plataforma utilizada e de mudanças decorrentes de alterações de versão de *softwares* ou que necessitem de atualizações (interoperabilidade e durabilidade). Essas características também são importantes para que se justifiquem os altos custos e tempo envolvidos na produção desses materiais. Assim, no que tange às menores unidades, à granularidade, opta-se por montar um tema completo que versa sobre um assunto que pode ser “quebrado” em unidades menores relacionadas aos subtemas do assunto que está sendo apresentado. Essa “quebra” ou segmentação define objetos de aprendizagem menores de conteúdo único e as opções de não linearidade, possibilitando percorrer diferentes caminhos de navegação pelo material. É importante ressaltar que essa escolha também está intimamente ligada ao contexto e ao público alvo para os quais os materiais foram elaborados. Neste trabalho, há materiais que correspondem a aulas *online* disponibilizadas na plataforma de ensino e aprendizagem para alunos de licenciatura do consórcio CEDERJ. Contudo, a característica de objeto de aprendizagem permite que sejam disponibilizados fora desse contexto e para outros públicos.

Na Fig. 1, apresenta-se um exemplo da arquitetura de navegação. Nesse exemplo, pode-se ver que a arquitetura escolhida é fixa e tem por objetivo oferecer ao usuário sua localização, sua orientação dentro da hipermídia, para que, através disso, a navegação seja eficaz e discreta, a fim de evitar desorientação e de não distrair o usuário (HEGARTY, 2004). Ela mostra o conteúdo disponível e como ele está organizado permitindo ao usuário escolher o que será visto e em que sequência; ou seja, procura-se minimizar o esforço cognitivo e propiciar a interação. No exemplo, o usuário tem possibilidades de navegação pelos subtópicos listados na barra de navegação. Em cada subtópico, apresentam-se as páginas internas, fornecendo-se mais uma opção de navegação e novamente sua localização destacando-se a página que está sendo acessada. Na parte inferior, os botões de “voltar” e “avançar” permitem uma navegação linear. Ainda nesse exemplo, pode-se ver que o conteúdo é apresentado na forma de um aplicativo simples, onde o aluno deve identificar se a área sob a curva que aparece destacada em branco é positiva ou negativa. Assim, a interatividade está presente não só na navegação, mas também na resolução *online* do exercício proposto. Esse gráfico faz parte de uma aula

online, mas pode ser utilizado isoladamente como um objeto de aprendizagem independente do material.

Fig.1 – Interface gráfica de uma hipermídia sobre gráficos de movimentos (http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/movimentos/fla-aula6/1_INDICE.html).

A elaboração de uma hipermídia com todas essas características requer uma equipe de trabalho. A incorporação das “novas tecnologias” no processo educacional vem evidenciando a necessidade cada vez maior da integração de diferentes especialistas na criação de materiais para promover o aprendizado online. O ideal é a composição de uma equipe multidisciplinar que envolva profissionais de diversas áreas, desde a área de conhecimento envolvida a programadores, *webdesigners*, *designers* instrucionais, psicólogos e outros. A formação dessa equipe depende de vários fatores, dentre os quais podem-se citar o econômico, o tempo disponível e as características do material a ser elaborado. Esses materiais podem

ser simples ou extremamente complexos. No nosso caso, a equipe de elaboração foi composta basicamente pelos especialistas no conteúdo (físicos) e *webdesigners* (com formação em Desenho Industrial) e eles assumiram atribuições de *designers* instrucionais e de programadores. É a formação e a competência dos *webdesigners* que vai determinar a qualidade da interface gráfica, das animações e simulações do material produzido assim como a sua navegabilidade, arquitetura de navegação e interatividade.

Feitas todas essas escolhas, pode-se partir para a elaboração propriamente dita definindo-se uma metodologia de trabalho descrita a seguir.

V. Metodologia de elaboração de materiais digitais

A atuação de diferentes profissionais exige, também, a adoção de uma estratégia instrucional bem definida: escolhe-se o conteúdo, quais recursos didáticos serão explorados, como eles serão estruturados e, a partir da escolha dos profissionais da área de *design*, quais serão as possibilidades que poderão ser exploradas. Para isso, é preciso elaborar um roteiro, é preciso roteirizar a exemplo do que se faz no cinema ou na elaboração de qualquer obra audiovisual. Conforme afirma Gosciola (2003, p. 140): *“Para a hipermídia e para qualquer outro produto audiovisual, antes de existir um roteiro existe um argumento, baseado em uma ideia, em uma história narrada por alguém em conversas entre as pessoas”*.

O roteiro é fundamental para que cada profissional envolvido na equipe multidisciplinar possa entender o que será feito, programado, gravado e desenvolvido, garantindo-se, através disso, que a sua execução leve em conta todos os princípios discutidos até aqui. O roteirista é necessariamente o responsável pelo conteúdo. Na hipermídia, o conteúdo é o ponto central. É no roteiro que se definem conteúdos, animações, simulações, *links*, interatividade, estratégias didáticas e possibilidades de caminhos a serem percorridos pelo usuário para que haja uma plena utilização da hipermídia. Muitas vezes, é preciso fazer um levantamento de banco de imagens, animações e vídeos que sirvam de referência para o *webdesigner* ou que possam ser integradas aos materiais procurando-se respeitar os direitos autorais de quem os produziu.

Optamos por elaborar os roteiros no formato de *storyboard* usando um programa de criação de apresentação de *slides*, no qual cada tela, cada *slide* corresponde a uma tela da hipermídia. A ideia da limitação à tela é porque se procura evitar páginas longas que necessitam de barras de rolagem. Assim, é apresentado não só o conteúdo por página, mas também os *links*, os caminhos possíveis a serem percorridos ao se indicarem as formas de acesso a essa página e como ela se rela-

ciona com as demais, além de sugestões de ações, transições, imagens e animações relacionadas com o texto apresentado. Um exemplo de uma tela de um *storyboard* e a respectiva tela da hipermídia é mostrado na Fig. 2. Para efeitos de simplificação, nesse exemplo, as telas que remetem aos *links* não são mostradas. Com o roteiro pronto, o *designer* instrucional, no nosso caso, o *webdesigner*, faz a sua leitura, define sua estratégia de produção, o que será programado, quais os recursos, quais os programas que serão utilizados, quais os tipos de *links*, qual a arquitetura de navegação e a identidade visual do material. Ele faz um estudo e apresenta uma proposta ao roteirista. Após a aprovação pelo roteirista, o *webdesigner* dá início à produção propriamente dita. Essa etapa leva a muitas idas e vindas, a algumas limitações e frustrações, mas também a surpresas e a soluções interessantes, não pensadas pelo roteirista, até a finalização do material. É um processo longo de criação conjunta que exige muita paciência, correção de muitos erros de ambos os lados e muita conversa até que tudo saia conforme o desejado. É pertinente esclarecer, neste ponto, a questão da autoria de uma obra hipermídia, tanto porque ela integra diferentes profissionais quanto pela presença de inclusão de *links* a documentos, páginas e outros recursos que não são de autoria do roteirista.

A autoria em hipermídia está para o processo de geração de conteúdos – como textos, sons, imagens, vídeos, simulações assim como a autoriação em hipermídia está para o processo de edição desses conteúdos. Os programas utilizados pelo *webdesigner* ou pelo programador para produzir o material incluindo recursos interativos são, por sua vez, chamados de sistemas de autoriação (*authoring systems*). Segundo Gosciola (2003, p. 153),

o roteiro de hipermídia elabora a associação direta entre os recursos técnicos específicos para a navegabilidade não linear em ambientes hipermídia definidos pelos links e os diversos conteúdos apresentados através dos respectivos meios – ou seja, os conteúdos em forma de texto, gráfico, áudio e vídeo –, planejados por um trabalho de roteirização e organizados por um sistema de autoriação.

O material foi produzido utilizando-se o *software* de autoriação Flash MX, que fornece o produto final que atende aos requisitos discutidos acima. Ele permite que o material possa ser utilizado em qualquer navegador ou que funcione *offline*. Entretanto, vários outros programas são utilizados para a edição das diferentes mídias que compõem o material e são de escolha dos *webdesigners*.

Fig. 2 – Imagens estáticas da tela do roteiro (acima) e a respectiva tela da hipermídia CARONTE: Fases da Lua (http://www.fsc.ufsc.br/~tati/caronte/fasesdalua/portugues_aluacarasdiferentes.html) (abaixo) elaborada no âmbito do edital MCT/SECIS/CNPq 63/2008 e disponibilizada em dezembro de 2010.

VI. Materiais elaborados e suas características

Nas seções anteriores, discutiram-se os requisitos e princípios utilizados na criação dos materiais didáticos digitais hipermédia. Pretende-se, agora, apresentar alguns dos materiais elaborados e suas características. É importante ressaltar que a maior parte deles foi elaborada para disciplinas de Física Básica de um curso de licenciatura em Física na modalidade a distância do Consórcio CEDERJ de agosto de 2004 a fevereiro de 2007. Esses materiais compõem os recursos digitais disponibilizados aos alunos e permite que eles estudem *online* na plataforma de ensino a distância dessa instituição em um espaço destinado ao material “web”, nome utilizado para distingui-lo do material impresso. O conhecimento adquirido e a metodologia de trabalho desenvolvida permitiram ampliar conteúdos sobre fenômenos astronômicos inicialmente produzidos para esse curso no âmbito de um edital lançado na comemoração do Ano Internacional da Astronomia em 2008 e outros trabalhos que estão em andamento.

Pensando no conceito de objetos de aprendizagem, podem-se separar algumas “partes” em recursos digitais, tais como animações, simulações, exercícios virtuais, aplicativos, laboratórios virtuais e jogos. Alguns dos materiais se encontram disponibilizados no banco de objetos educacionais do MEC (SILVA, 2009) e em www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica e www.fsc.ufsc.br/~tati/caronte. A seguir, apresentam-se alguns exemplos.

VI.1 Animações

Uma animação é um tipo de sequência dinâmica de imagens; é um elemento gráfico animado, mas preferencialmente não contínuo, distinguindo-se, assim, do vídeo. A não continuidade se justifica porque aumenta o nível de controle do usuário, uma vez que ele controla a animação ao invés de assistir passivamente e também pelo nível de exigência do sistema cognitivo (CHANDLER, 2004; HEGARTY, 2004; LOWE, 2004).

A opção por esse tipo de recurso foi motivada pela busca por oferta de representações cuja visualização requer capacidade de abstração elevada ou para apresentar um modelo para a explicação de um dado fenômeno. Ou seja, procurou-se não fazer um uso indiscriminado desse recurso e observar o diferencial que ele pode trazer frente aos materiais tradicionais. Por exemplo, discutir a distribuição de cargas de acordo com o processo de eletrização.

Na Fig. 3, mostra-se uma imagem estática de uma animação sobre o processo de eletrização por indução, a qual é executada em etapas fornecendo o con-

trole da animação ao aluno e é iniciada no botão em amarelo “clique aqui”. A interatividade é proposta para além desse “controle” introduzindo-se, à medida que o aluno avança com a animação, perguntas e áreas ativas onde ele clica para saber o que acontece em determinados pontos do sistema tratado. Ou seja, combina-se ação com reflexão e faz-se o convite para que ele tome decisões. Há outras possibilidades de interatividade utilizadas em outras animações, tais como usar o *mouse* para atritar um pente no cabelo de um personagem e aproximá-lo de um papel para a explicação da distribuição de cargas no mesmo.

Fig. 3 – Animação para discussão do processo de eletrização por indução (http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/eletricos/icf2_mod4_aula1/eletrostatica.html – o caminho de navegação é “Eletrostática”, “Eletrização” e clique na página 3).

VI.2 Simulações

Uma simulação é um recurso que permite a apresentação de modelos simplificados de situações reais ou hipotéticas de forma dinâmica. Elas possibilitam explorar mudanças de referenciais, representações de fenômenos, fazer observações, testar hipóteses, explorar situações fictícias ou perigosas. É importante ressaltar que o modelo já vem pronto oferecendo ao aluno a possibilidade de explorar as opções fornecidas pelo elaborador do material, de avaliar os resultados apresen-

tados e de refinar conceitos. Dependendo das características, recebem nomes específicos, tais como aplicativos e laboratórios virtuais.

• Aplicativos

Um aplicativo é uma simulação que permite a escolha de parâmetros característicos de um dado sistema e a observação, em tempo real, do resultado obtido em função da alteração desses parâmetros inerentes ao sistema em estudo. Na Fig. 4, mostra-se o aplicativo para estudo do movimento circular, utilizando-se, para isso, o movimento de um satélite ao redor da Terra. Os parâmetros que podem ser alterados são o raio da órbita e as velocidades linear e angular; há opção de escolhas dos gráficos que podem ser visualizados à medida que a simulação é executada. Além disso, há opção de consulta à teoria e a um tutorial, ambos fornecidos utilizando-se *links* acessados por meio de clique em botões, através do que a informação é apresentada em uma janela que se abre à parte (*pop-up*).

Fig. 4 – Aplicativo com várias opções de alteração de parâmetros do movimento circular

(<http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/movimentos/fla-aula11/indice.html>).

• Laboratórios Virtuais

O laboratório virtual é uma simulação que permite a realização de maneira virtual de um experimento real. Normalmente, destacam-se ou justificam-se sua relevância para situações que representam risco, como manipulação de substâncias nocivas à saúde ou que são impossíveis de serem obtidas; de experimentos complexos, caros ou cujo tempo real para se processarem não se adéqua ao tempo real disponível para o estudo, logo é preciso “acelerar” o fenômeno para que todas as suas características possam ser exploradas. Os laboratórios criados, entretanto, visam oferecer outras possibilidades de exploração. A ideia é poder explorar a discussão virtualmente para que se possa entender microscopicamente um fenômeno, apresentar a relação entre representações real e esquemática, possibilitar a exploração do funcionamento de um instrumento sem correr o risco de queimá-lo durante o aprendizado. Para isso, a interatividade é programada a fim de fazer com que a manipulação aconteça utilizando-se atalhos do teclado como as setas (para cima, para baixo, direita e esquerda) e o *mouse*. Alguns dos laboratórios virtuais elaborados foram eletroscópio, potenciômetro, multímetro e montagem de circuitos elétricos simples. Imagens estáticas de alguns desses exemplos são apresentadas na Fig. 5.

VI.3 Vídeos

Os vídeos podem ser gravações de fenômenos reais ou serem elaborados a partir de animações ou outras modelagens computacionais. Nesse recurso, a interatividade não vai além dos botões de iniciar, pausar e parar. Optamos por utilizar esse recurso para “resumir” uma discussão. Um exemplo é do vídeo (<http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/sis-solar/movterra.htm>) que parte de uma analogia com o cotidiano, nesse caso, um vídeo sobre dois movimentos da Terra (translação e rotação), a partir de um balé (Fig. 6).

VI.4 Exercícios virtuais

Os exercícios virtuais são atividades realizadas no próprio ambiente virtual, e constituem um recurso que possibilita realizar um diálogo com o usuário, permitindo que tal recurso possa avaliar a sua compreensão a partir de *feedback* imediato e de interagir com o conteúdo. Essa interação vem sendo apontada como um elemento importante para a eficácia de recursos computacionais na melhoria da aprendizagem (Lowe, 2004). Algumas atividades criadas foram: perguntas de múltipla escolha, verdadeiro ou falso, *quiz* e jogos conforme ilustra a Fig. .

Fig. 5 – Imagens estáticas de laboratórios virtuais: um eletroscópio de folhas (parte de cima) e montagem de circuitos elétricos simples com possibilidades de observação do circuito esquemático e do “real” concomitantemente (parte de baixo).

Fig. 6 – Imagem da abertura de um vídeo sobre a descrição dos movimentos de translação e rotação da Terra a partir da execução de um balé.

O uso de *quiz* (um exemplo é o Responda Rápido, disponível em <http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/sis-solar/responderapido.htm>) e jogos (um exemplo é Fases da Lua: o jogo – <http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/sis-solar/faseslunares.htm>) abre espaço para uma aprendizagem lúdica mais divertida e motivada pelo desafio. Entretanto, a competição e a busca por vencer, pela resposta que dá “certo” podem desviar a atenção e distanciar do conceito que está sendo discutido. Assim, a estratégia didática utilizada pelo professor é extremamente importante para manter o foco na aprendizagem, motivando discussões e a reflexão conceitual.

Fig. 7 – Imagens estáticas de exercícios virtuais: Na parte de cima da figura, a identificação dos elementos de uma lâmpada incandescente (http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/eletricos/icf2_mod4_aula1/exercicios.html) e na parte de baixo, uma questão de múltipla escolha sobre fases lunares (http://www.fsc.ufsc.br/~tati/caronte/fasesdalua/portugues_aluacarasdiferentes.html).

VII. Prós, contras e desdobramentos

A elaboração e a produção de materiais didáticos hipermedia apresentam-se como uma forma interessante e promissora para o desenvolvimento de materiais didáticos para o ensino de física e de ciências. O intuito é o de viabilizar uma educação *online* que propicie uma aprendizagem efetiva e que procure valorizar diferentes formas de apresentação dos conteúdos. Trata-se, portanto, de um processo complexo que envolve a formação de equipes multidisciplinares, alto investimento de tempo e recursos. Entretanto, após a sua produção e disponibilização, podem ser utilizados em diferentes contextos, em diferentes sistemas operacionais, por muitas pessoas ao mesmo tempo. Exigem muita reflexão, coerência e clareza sobre os objetivos de aprendizagem, sobre as opções de interatividade e a relevância da visualização no ensino.

A hipermedia tem como característica a busca por disponibilizar informação no menor tempo e com a maior clareza possível (GOSCIOLA, 2003, p. 221). A partir de sua disponibilização e de seu uso, essas informações viabilizam, também, pesquisas sobre sua eficácia na aprendizagem, as quais têm se mostrado bastante complexas, multidisciplinares e com alguns resultados controversos.

Neste trabalho, apresentaram-se as bases teóricas e a metodologia dos processos de elaboração, produção e disponibilização dos materiais descritos. Eles se encontram disponíveis em páginas abertas, para uso livre. Dentre os materiais elaborados, o que vem sendo bastante utilizado e com relatos de uso em espaços formais e não formais de ensino é o que trata de fenômenos astronômicos básicos (SILVA, 2009; SILVA; CHITOLINA, 2011; SILVA; BARROSO, 2011).

Do ponto de vista da pesquisa, esse tema fornece um referencial rico para a investigação a respeito da visualização no ensino de ciências e da aprendizagem, a partir do uso de recursos digitais. Uma avaliação preliminar (SILVA; BARROSO, 2008) feita em momentos semipresenciais de uma disciplina presencial com estudantes do curso de Licenciatura em Física do IF/UFRJ¹, que envolveu aspectos de avaliação de conteúdo e de percepção em relação ao sistema hipermedia, os estudantes manifestaram facilidade no uso dos aplicativos, e houve uma ligeira correlação entre as manifestações positivas a respeito desse uso e o desempenho no teste de avaliação de aprendizagem. Foi apresentado, também, aos estudantes do curso de licenciatura a distância, um questionário similar ao aplicado a essa turma, disponibilizado dentro da própria plataforma de EAD e sem obrigatoriedade de

¹ Pesquisa que está em andamento no âmbito de um projeto do Observatório da Educação (UFRJ-PEF-PEM – edital 038/2010/CAPES/INEP/SECAD).

resposta. A receptividade para o uso dessa hipermídia na discussão do tema, considerado pelos alunos como difícil, foi similar às obtidas no trabalho com a turma do curso presencial.

Agradecimentos

Aos *webdesigners* e programadores que integraram a *Web Física* do consórcio CEDERJ e à Professora Marta Feijó Barroso (IF/UFRJ). Os materiais elaborados foram financiados pelo Consórcio CEDERJ e pelo CNPq (CARONTE).

Referências Bibliográficas

ARANTES, M. J. C. **A escrita do hipertexto: produção textual no ciberespaço.** *Estudos Linguísticos*. São Paulo, p. 1385-1395. v. 35. Disponível em: <www.gel.org.br/estudoslinguisticos/edicoesanteriores/4-publica-estudos-2006/sistema06/54.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2011.

ALLY, M. Foundations of educational theory for online learning. In: ANDERSON, T.; ELLOUMI, F. **Theory and Practice of Online Learning**. Canadá, 2004.

BARROSO, M. F.; BEVILAQUA, D.; FELIPE, G. Visualização e interatividade no ensino de física e a produção de aplicativos computacionais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVIII, 2009, Vitória, Espírito Santo. **Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, jan. 2009.

BELL, R. L.; TRUNDLE, K. C. The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, n. 3, p. 346-372, 2008.

BODEMER, D.; PLOETZNER R. Encouraging the active integration of information during learning with multiple and interactive representations. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON DYNAMIC VISUALIZATIONS AND LEARNING, 2002, Tübingen, Germany. **Atas do International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning**, Tübingen, Germany, 2002. Disponível em: <www.iwm-kmrc.de/workshops/visualization/bodemer.pdf>. Acesso em 24 de ago.de 2012.

BODEMER, D.; PLOETZNER R.; FEUERLEIN, I.; SPADA, H. The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualizations. **Learning and Instruction**, v. 14, p. 325-341, 2004.

CHANDLER, P. The crucial role of cognitive processes in the design of dynamic visualizations. **Learning and Instruction**, v. 14, 2004, p. 353-357.

CHIEN, Y.-T.; CHANG, C.-Y. Comparison of different instructional multimedia designs for improving student science-process skill learning. **J. Sci. Educ. Technol**, versão online. DOI 10.1007/s10956-011-9286-3.

CORDEIRO, B. M. P.; ROSA, C.; FREITAS, M. Educação a distância e o conteudista: uma relação dialógica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: APOIO AO ALUNO PARA SUCESSO DA APRENDIZAGEM, 4, 2006, Brasília – DF. Disponível em: <www.abed.org.br/seminario2006/pdf/tc034.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2012.

FILATRO, A. **Design instrucional contextualizado: educação e tecnologia**. São Paulo: Editora Senac, 2003.

_____. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, n. 3, p. 259-272, setembro 2003.

GOSCIOLA, V. **Roteiro para as novas mídias: do cinema às mídias interativas**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2003.

HEGARTY, M. Dynamic visualizations and learning: getting to the difficult questions. **Learning and Instruction**, v. 14, p. 343-351, 2004.

JONG, T. Cognitive load theory, educational research and instructional design: some food for thought. **Instr. Sci.**, v. 38, p. 105-134, 2010.

LOWE, R. Interrogation of a dynamic visualization during learning. **Learning and Instruction**, v. 14, p. 257-274, 2004.

MANOVICH, L. **The Language of New Media**. MIT Press, 2001. 394 p.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias. **Informática na Educação: Teoria & Prática**. Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 137-144, setembro 2000.

_____. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 5. ed. Campinas: Papirus, 2011.

ÖZDEMİR, G.; CLARK, D. B. An overview of conceptual change theories. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 3, n. 4, p. 351-361, 2007.

PANSANATO, L. T. E.; NUNES, M. G. V. Autoria de aplicações hipermídia para ensino. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, n. 5, 1999.

SILVA, T. Ensino a distância e tecnologias na educação: o estudo de fenômenos astronômicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, p. 533-546, 2009.

SILVA, T.; BARROSO, M. F. Fenômenos astronômicos e ensino a distância: produção e avaliação de materiais didáticos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI, 2008, Curitiba. **Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008.

SILVA, T.; CHITOLINA, D. Lunar Phases and its multiple faces. In: REUNIÃO BIENAL DA REDPOP, XII, 2011, Campinas. **Caderno de Resumos da XII Reunião Bienal da Redpop**, Campinas: UNICAMP, 2011, p. 435. Disponível em: <www.mc.unicamp.br/redpop2011/trabalhos/cadernoderesumos.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2012.

_____. Popularização da Ciência e a produção de materiais didáticos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XIII, 2011, Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2011/sys/resumos/T1652-1.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2012.

SILVA, T.; BARROSO, M. F. Computer based educational material for teaching and learning lunar phases. In: ESERA, 2011, Lyon, França. **Caderno de Resumos da Conferência ESERA**. Lyon: ESERA, 2011, p. 291.

SPANJERS, I. A. E.; van GOG, T.; van MERRIËNBOER, J. J. G. A theoretical analysis of how segmentation of dynamic visualizations optimizes students' learning. **Educational Psychology Review**, v. 22, p. 411-423, 2010.

SWELLER, J.; van MERRIENBOER, J. J.G.; PASS, F. G. W. C. Cognitive Architecture and Instructional Design. **Educational Psychology Review**, v. 10, n. 3, p. 251-296, 1998.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. Campinas, SP: UNICAMP/NIED. Disponível em:

<http://pan.nied.unicamp.br/publicacoes/publicacao_detalhes.php?id=50>. Acesso em: 30 dez. 2011.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, v. 4, p. 45-69, 1994.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In: WILEY, D. A. (Ed.). The instructional use of learning objects: online version. Disponível em:

<<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 28 dez. 2011.