
Artigo Científico

Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências¹

Interactive animations and concept maps: the visualization of scientific models as a scaffolding of meaningful learning of science

Romero Tavares

Departamento de Física, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil

Resumo

Apresentamos um modo de utilização conjugada de mapas conceituais e animações interativas. Usando-se uma teoria científica aceita pela comunidade para explicar determinado fenômeno da natureza, podemos disponibilizar uma animação interativa que simule a dinâmica da realidade considerada. Por outro lado, cada conceito de um mapa conceitual poderá ser detalhado verbalmente e explicitado visualmente através da animação conveniente. O mapa conceitual pode atuar como estruturador global do conhecimento que esteja sendo estudado com determinada abrangência e a animação interativa irá examinar cada tópico (ou conceito) do conteúdo passível de ser modelado. © Cien. Cogn. 2008; Vol. 13 (2): 99-108.

Palavras-chave: concepções prévias; modelos mentais; representação múltipla.

Abstract

We present a way to connect the use of concept map interactive animations in a twin way. Through the use scientific theory about certain phenomena we can construct an interactive animation that simulate the dynamic of this phenomena. Using a multiple representation, we show a concept map about this scientific theory, and each concept of the map can be used to construct a more specific interactive animation. The concept will be used to structure the concepts and the interactive animation will be used to visualize the dynamics of this concepts. © Cien. Cogn. 2008; Vol. 13 (2): 99-108.

Keywords: *prior knowledge; mental models; multiple representation.*

1. Introdução

Usando diversos símbolos estáticos a sociedade humana conseguiu preservar através dos tempos um enorme acervo de informações relevantes, e pode divulgá-la em todas as partes a qualquer momento. Por meio da escrita, das pinturas e dos mapas, o acervo do conhecimento humano pode ser conservado e divulgado. Essa possível mobilidade dos meios que preservam o conhecimento possibilitou a aprendizagem autônoma daqueles que puderam dispor destes materiais.

Nos tempos atuais o computador tem se configurado como um artefato que tanto armazena e manipula informações quanto promove a sua difusão numa escala mundial através da Internet. No entanto o seu uso como ferramenta instrucional ainda não se dá de maneira plenamente funcional. No sentido de incentivar a aprendizagem através do uso do computador, é necessário usar sistemas adaptados ao modo humano de construir e utilizar o conhecimento.

Uma das maneiras de construir uma visão de mundo considera o a elaboração de modelos mentais, que podem ser descritos como uma representação interna de conceitos e idéias, assim como de informações e experiências do mundo exterior. Eles são estruturas mentais que podem ser utilizadas para extrapolar além do entendimento superficial de informações apresentadas, para poder construir uma compreensão mais profunda de um domínio conceitual (Rapp, 2007).

Quando um professor de Física está analisando movimento de um pêndulo simples, ele escreve as equações diferenciais desse movimento e faz no quadro-negro o desenho de um pêndulo numa situação específica, por exemplo, o ponto mais alto de sua trajetória. Juntamente com o desenho estático, ele explicita nesse sistema quais são os vetores que representam as forças que atuam.

O processo inferencial envolvido nesse processo cognitivo envolve a execução de um modelo mental. Considerando a representação em um dado instante do tempo, o estudante deve ser capaz elaborar uma dinâmica para o modelo mental que construiu na representação do pêndulo, da variação no tempo de seus parâmetros, tais como os vetores força, aceleração e velocidade.

Entender as operações de sistemas determinísticos, tais como sistemas mecânicos ou eletrônicos, inclui a habilidade de inferir o estado de um componente de um sistema quando fornecida informações sobre os estados dos outros componentes desse sistema. Em outras palavras: a animação mental é um processo de inferência da cinemática de um sistema mecânico a partir de informações de uma configuração estática desse sistema (Hegarty, 1992).

Modelos mentais combinam nosso conhecimento construído com a nossa experiência imediata. Desse modo fica claro porque bons estudantes podem ser descritos como já possuindo modelos mentais dos conceitos que estão sendo discutidos na sala de aula. Esses estudantes podem raciocinar e resolver problemas além do material apresentado no curso (Rapp, 2007).

No entanto existem alunos que para o entendimento de determinado tema, possuem modelos mentais pobres ou fundamentados em bases conceituais equivocadas. Se ao longo de sua vida uma pessoa não foi estimulada (ou não foram oferecidas condições) a construir modelos mentais dinâmicos sobre os acontecimentos nos quais estava imerso, certamente encontrará dificuldade quando for exigido que comece a atuar de maneira mais proativa. Além da dificuldade relacionada com a mudança de atitude em si, essa pessoa tem uma lacuna cognitiva, fruto da inexistência de modelos mentais mais simples e correlatos com as informações (ou situações) com as quais estará se deparando, e essa lacuna foi criada justamente pela inexistência da atitude proativa mencionada. Ainda existe a situação de alunos que foram construindo espontaneamente modelos mentais adequados para os limites cognitivos de sua vivência cotidiana, mas equivocados cientificamente. Por exemplo, devemos considerar que os conceitos físicos construídos segundo os princípios de Aristóteles têm um forte componente empirista, ligado a experiência e vivência prática, e desse modo eles estão impregnados dos componentes de nosso cotidiano, tal como a existência do atrito. Um exemplo dessa situação é a conclusão da física aristotélica que um corpo qualquer se move apenas quando existir uma força resultante atuando nele. E essa afirmativa é perfeitamente razoável se pensarmos como fundamentais todos os ingredientes do nosso cotidiano, principalmente a existência da força

de atrito. E a consequência dessa conclusão é que a velocidade de um corpo é proporcional à força resultante que nele age. Essa conclusão tem um apelo intuitivo tão forte que a humanidade esperou muito tempo até que ela fosse contestada e mostrada como um equívoco por diversos autores na época da existência de Isaac Newton. Esse autor formalizou as suas propostas em 1687, no livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, que formou as bases da Mecânica Clássica.

Podemos considerar uma animação interativa construída a partir de um modelo acadêmico como uma etapa intermediária entre o que o aluno conhece sobre determinado tema e o conhecimento final que ele pretende alcançar. Ele funcionará como um andaime cognitivo na medida em que propicia uma etapa intermediária para que o aprendiz possa alcançar o seu objetivo de aprendizagem. Considerando o exemplo do pêndulo, mencionado anteriormente, uma animação interativa sobre esse tema poderá facilitar ao aluno a compreensão da dinâmica desse sistema físico, pois poderá evidenciar as mudanças que acontecerão com os seus parâmetros, e possibilitar uma visualização enquanto acontecem essas mudanças, de modo a acompanhar as alterações de grandezas relacionadas ao seu movimento, tais como vetores força, aceleração e velocidade.

2. Aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados, e na concepção de Ausubel (Ausubel *et al.*, 1980; Ausubel, 2003) para que ela aconteça em relação a um determinado assunto são necessárias três condições: o material instrucional com conteúdo estruturado de maneira lógica; a existência na estrutura cognitiva do aprendiz de conhecimento organizado e relacionável com o novo conteúdo; e a vontade e disposição do aprendiz de relacionar o novo conhecimento com aquele já existente. Esses conceitos estáveis e relacionáveis já existentes na estrutura cognitiva são chamados de subsunçores; ou conceitos âncora ou ainda conceitos de esteio.

O processo ensino-aprendizagem conduzido de maneira usual se apóia em livros texto. Esses livros são estruturados de modo que os seus tópicos estão encadeados numa seqüência lógica, e cada tópico tem a sua coerência interna. Esse material se diz potencialmente significativo quando o aprendiz for capaz de relacioná-lo com conhecimentos existentes em sua estrutura cognitiva. Costuma-se dizer que na aprendizagem significativa acontece a transformação do significado lógico de determinado material em significado psicológico; na medida em que o aprendiz internaliza o saber de modo peculiar, transformando-o em um conteúdo idiosincrático. Desse modo se consuma a aprendizagem significativa, de maneira que a nova informação será incorporada na estrutura cognitiva do aprendiz, usando o seu modo pessoal de fazer isso. O conhecimento anterior do aprendiz será alterado com essa incorporação, tornando-se mais inclusivo; e o novo conhecimento também se modificará pela maneira específica como se dará absorção do aprendiz.

Quando se depara com um novo corpo de informações o aprendiz pode decidir absorver esse conteúdo de maneira literal, e desse modo a sua aprendizagem será mecânica, pois ele só conseguirá simplesmente reproduzir esse conteúdo de maneira idêntica a aquela que lhe foi apresentada. Nesse caso não existiu uma compreensão da estrutura da informação que lhe foi apresentada, e o aluno não conseguirá transferir o aprendizado da estrutura dessa informação apresentada para a solução de problemas equivalentes em outros contextos (Tavares, 2008).

No entanto, quando o aprendiz tem pela frente um novo corpo de informações e consegue fazer conexões entre esse material que lhe é apresentado e o seu conhecimento prévio em assuntos correlatos, ele estará construindo significados pessoais para essa informação,

transformando-a em conhecimentos, em significados sobre o conteúdo apresentado. Essa construção de significados não é uma apreensão literal da informação, mas é uma percepção substantiva do material apresentado, e desse modo se configura como uma aprendizagem significativa (Tavares, 2004).

Em Física os modelos da realidade são construídos usando-se equações, cujas soluções são funções que normalmente dependem da posição e do tempo. A representação clássica do movimento de um objeto pode ser obtida através das leis de Newton ou das equações de Lagrange. Em uma animação interativa apresenta-se um objeto material em movimento e simultaneamente estão sendo construídos gráficos da evolução temporal de sua posição, velocidade e aceleração. Quando um objeto se move, os nossos sentidos estão voltados para o movimento e não para as suas causas: as forças que nele estão atuando. Numa animação interativa podemos representar as forças que atuam em um objeto por vetores: setas adequadamente posicionadas sobre esse objeto. Quando esse objeto se movimenta, ele leva consigo essas setas, que irão se modificando de acordo com a alteração das forças que elas representam. Sem perda de generalidade na análise do modelo, é possível uma representação visual concreta das suas nuances abstratas. A principal distinção entre itens abstratos e factuais é em termos de particularidade ou de proximidade com experiências empíricas concretas Ausubel (Ausubel *et al.*, 1980; Ausubel, 2003). E a animação interativa possibilita essa experiência empírica concreta. Na medida em que possibilita a percepção visual de variações temporais de grandezas físicas (abstratas ou não), as animações interativas conduzem a um nível de abstração da realidade que sem ela seria alcançada apenas por poucos aprendizes (Tavares e Santos, 2003).

3. Mapa conceitual

O mapa conceitual é um estruturador do conhecimento. Os mapas conceituais foram propostos inicialmente por Novak e colaboradores (2000) como uma maneira de organizar hierarquicamente os conceitos e proposições que representassem a estrutura cognitiva que podiam ser apreendidas das entrevistas clínicas com crianças que faziam parte de um projeto educacional que ele dirigia. Novak e seu grupo de pesquisas estavam diante de inúmeras gravações de entrevistas clínicas que avaliavam a evolução conceitual do conhecimento dos estudantes sobre temas básicos de ciência natural, e encontrou no mapa uma maneira de radiografar os conceitos e as suas conexões presentes na estrutura cognitiva de determinada pessoa.

No entanto, avaliar e mapear a estrutura cognitiva de alguém é apenas uma das possíveis utilidades desta ferramenta pedagógica. Analisar um mapa conceitual de um especialista sobre determinado conteúdo é uma ótima maneira de se iniciar nesse assunto, na medida em que estão explicitadas as conexões relevantes entre os conceitos importantes, além de evidenciar uma visão global sobre o tema. Por outro lado, quando o iniciante está construindo o seu mapa, ele está ao mesmo tempo elucidando e explicitando o seu conhecimento. Este processo, per si, deixará claro as suas facilidades e suas dificuldades no entendimento dos conceitos do tema em questão. A cada momento ele terá uma radiografia de sua compreensão do assunto e poderá retornar até as fontes de informação para elucidar as dúvidas, responder as suas próprias perguntas e desse modo ir construindo o seu próprio conhecimento.

A construção de mapas conceituais na maneira proposta por Novak e Gowin (1999) considera uma estruturação hierárquica dos conceitos que serão apresentados tanto através de uma diferenciação progressiva quanto de uma reconciliação integrativa. Esses mapas hierárquicos se estruturam de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, e desse modo contribuem, de maneira mais eficiente, para a construção do conhecimento do aprendiz. Na diferenciação progressiva um determinado conceito é desdobrado em outros conceitos que estão contidos (em parte ou integralmente) em si. Por exemplo, na figura 1,

o conceito **Sistema Termodinâmico** engloba os conceitos **Câmara de combustão** e **Ciclos Termodinâmicos**, e essa espécie de bifurcação configura uma diferenciação progressiva; estaremos indo de conceitos mais globais para conceitos menos inclusivos. Na reconciliação integrativa um determinado conceito é relacionado a outro aparentemente díspar. Um mapa conceitual hierárquico se ramifica em diversos ramos de uma raiz central. Na reconciliação integrativa um conceito de um ramo da raiz é relacionado a um outro conceito de outro ramo da raiz, propiciando uma reconciliação, uma conexão entre conceitos que não era claramente perceptível (Tavares, 2007).

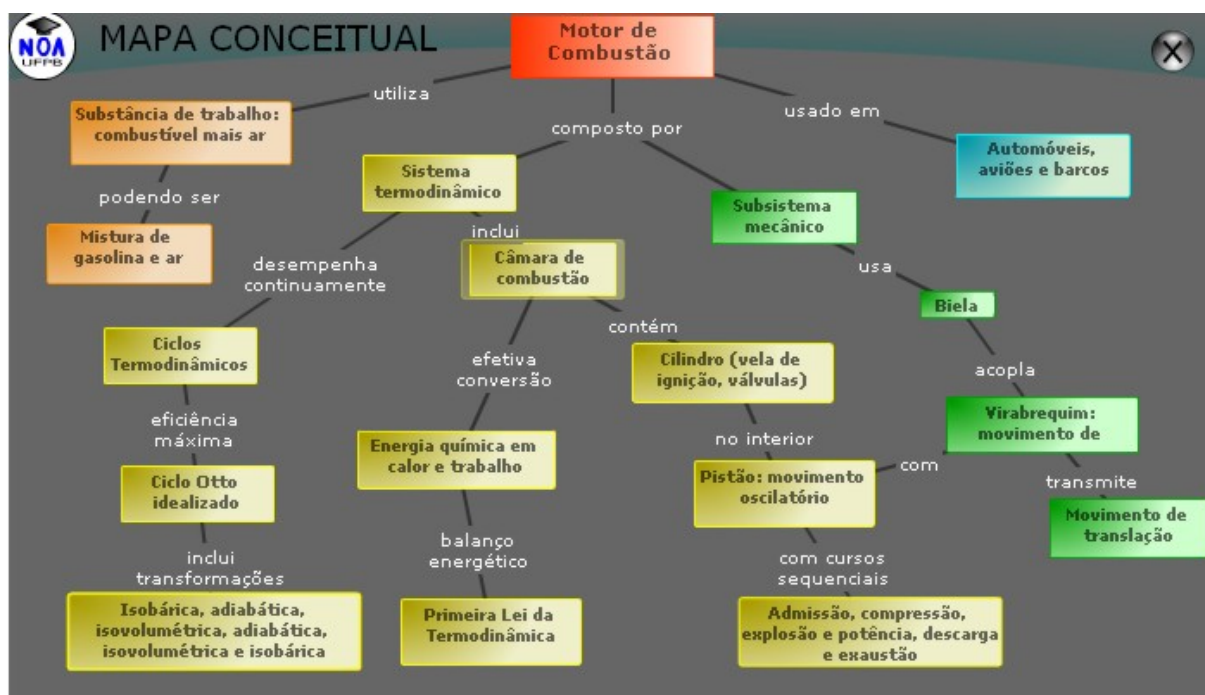


Figura 1 – Mapa conceitual – Motor de combustão.

Quando um aprendiz utiliza o mapa durante o seu processo de aprendizagem de determinado tema, vai ficando claro para si as suas dificuldades de entendimento desse tema. Um aprendiz não tem muita clareza sobre quais são os conceitos relevantes de determinado tema, e ainda mais, quais as relações sobre esses conceitos. Ao perceber com clareza e especificidade essas lacunas, ele poderá voltar a procurar subsídios (livro ou outro material instrucional) sobre suas dúvidas, e daí voltar para a construção de seu mapa. Esse ir e vir entre a construção do mapa e a procura de respostas para suas dúvidas irá facilitar a construção de significados sobre conteúdo que está sendo estudado. O aluno que desenvolver essa habilidade de construir seu mapa conceitual enquanto estuda determinado assunto, está se tornando capaz de encontrar autonomamente o seu caminho no processo de aprendizagem.

A construção de mapas conceituais também pode ser feita simultaneamente por mais de uma pessoa, e aquele que circunstancialmente domina melhor o conteúdo ampliará os horizontes da aprendizagem de seu companheiro, tal como indica Vygotsky quando define a Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky, 2002).

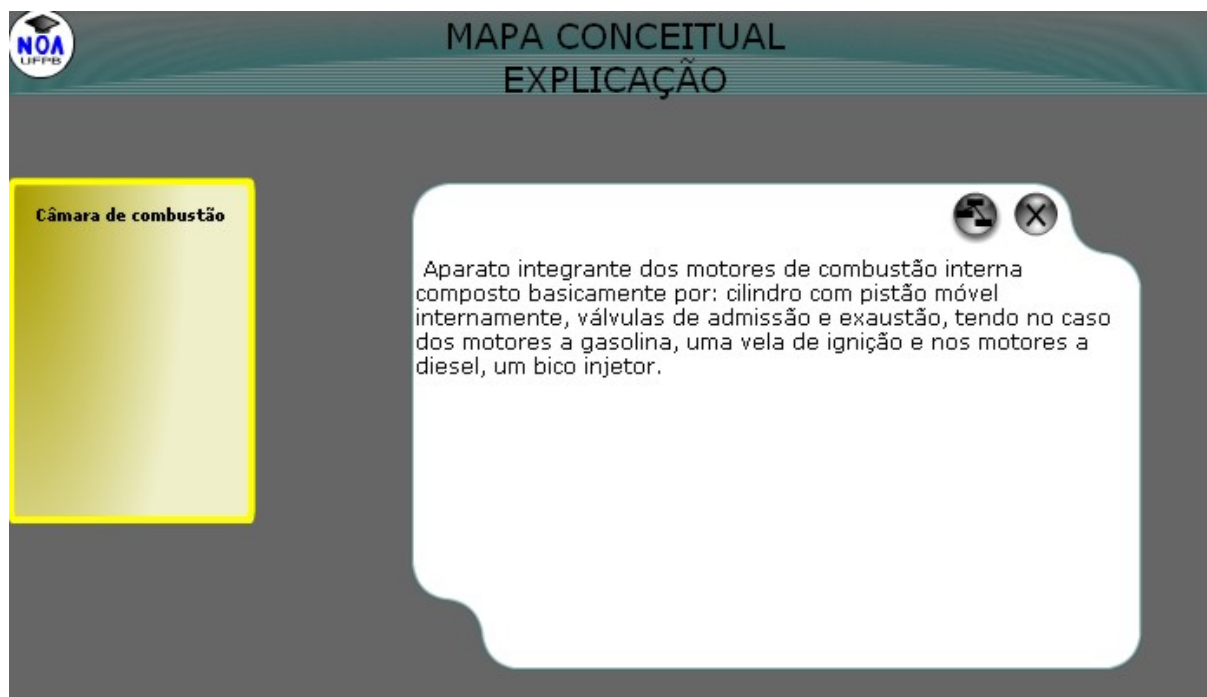


Figura 2 – Detalhamento de um conceito do mapa conceitual.

4. Animação interativa

É dito que as imagens têm propriedades analógicas enquanto as representações de linguagem não as têm. Ou seja, a imagem tem uma relação não arbitrária com objetos referenciais ou cenas, enquanto que são arbitrárias as relações das unidades de linguagem com os objetos referenciais. Uma distinção mais evidente é que as imagens variam continuamente (em forma, tamanho e outras propriedades) enquanto as unidades de linguagem são estruturalmente diferentes; e cada unidade de linguagem difere de outra através de degraus distintos (etapas discretas) (Paivio, 2007).

Dispositivos gráficos podem ser divididos basicamente em dois tipos: aqueles que relacionados com temas do tipo espacial/visual (tais como mapas, moléculas, plantas de arquitetura) e aqueles que representam temas que não são inerentemente visuais (tais como tabelas, gráficos e diagramas de fluxo). No primeiro caso existe uma correspondência natural entre a origem e a imagem. E no segundo caso, os gráficos retratam temas que não são inerentemente visuais através de metáfora espaciais, onde um tema concreto é associado com um correspondente abstrato (por exemplo; os ícones usados na informática: o objeto borracha está associado com a ação de apagar) (Tversky *et al.*, 2002).

Quando algo se movimenta em nosso campo de visão, a nossa atenção é despertada por esse evento e intuitivamente analisamos do que se trata esse acontecimento. Tal tipo de comportamento não existe apenas entre humanos. É interessante constatar que no domínio das percepções hereditárias (as pesquisas envolveram batráquios e insetos) existe uma percepção diferenciada da velocidade, e foi possível descobrir na rã células especializadas a esse respeito (Piaget, 2002).

Poder-se-ia justificar o alerta e a percepção acurada de movimentos como uma necessidade de sobrevivência entre os animais, de modo a poder propiciar uma fuga de seus predadores. E se considerarmos a óptica dos predadores, existe uma necessidade de poder avaliar as possibilidades de captura de suas possíveis presas. O ser humano ainda mantém comportamentos atávicos, herdados de uma época onde ele podia ser tanto a presa quanto o predador.

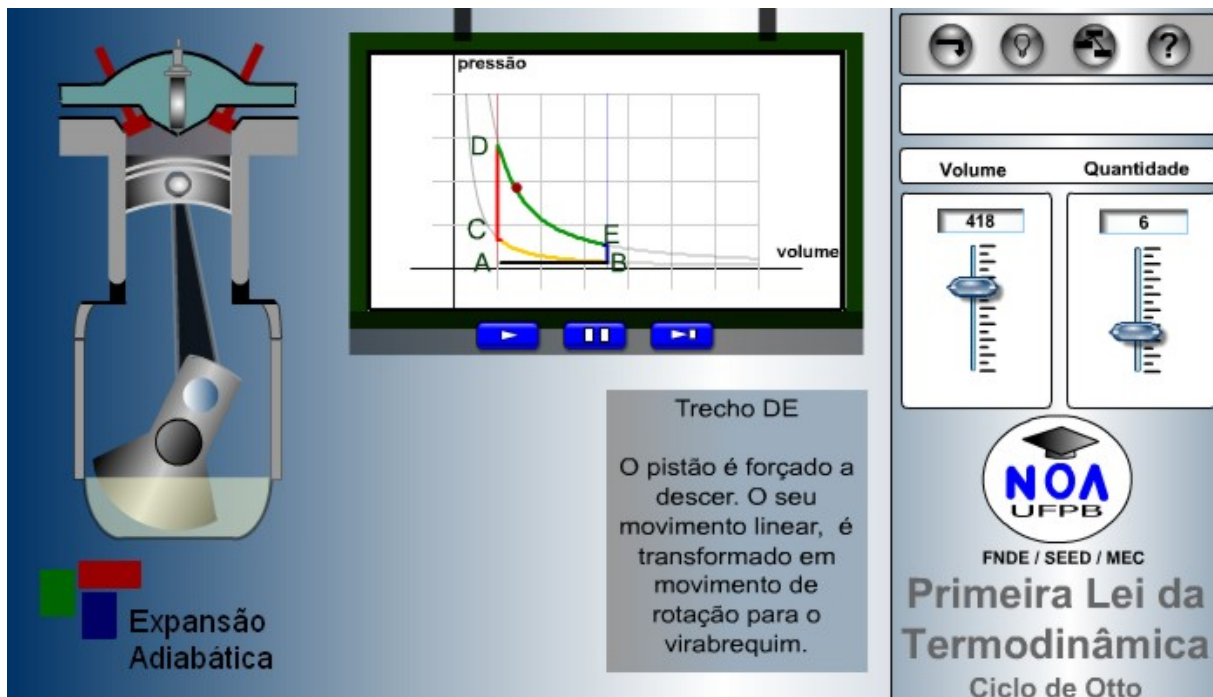


Figura 3 – Animação interativa – Ciclo de Otto.

Uma animação interativa representa a evolução temporal de um modelo da realidade, aceito e utilizado pela comunidade científica. Torna-se possível a exibição da evolução temporal de objetos abstratos em sua representação concreta. Ela é inclusiva e genérica quando abre a possibilidade de reunir em uma exibição todos os casos de uma determinada categoria (Tavares, 2008).

Para estudantes com limitações na habilidade espacial, quando considerarmos sistemas complexos, nem sempre eles serão capazes de animar mentalmente como funciona um sistema a partir de uma série de diagramas estáticos. As animações podem também serem mais efetivas quando são utilizadas para visualizar processos que não são visíveis no mundo real, tal como o movimento do ar em torno de sistemas de pressões, ou como funciona um algoritmo em um programa de computador (Mayer *et al.*, 2005).

Claramente, a interatividade é um fator que facilita a aprendizagem, pois pode ajudar a superar as dificuldades de percepção e compreensão. Iniciar, parar e re-iniciar uma animação pode permitir uma reinspeção com foco em uma parte específica do tema. As animações que permitam um olhar detalhado, uma ampliação, perspectivas alternativas, e o controle da velocidade de avanço são mais propícias para facilitar a compreensão (Tversky *et al.*, 2002).

Um aparato pedagógico construído com essas características pode ainda potencializar essa tendência do ser humano de acompanhar visualmente os movimentos, se permitir a sua intervenção no movimento que se delineia. O aluno que tenha o controle do fluxo das informações veiculadas por uma animação pode calibrar a velocidade do passo mais adequado às suas características pessoais. Na medida em que ele pode intervir no cenário (alterando as perspectivas ou as condições iniciais da animação ele pode encontrar uma maneira mais adequada para a sua percepção do fenômeno que está representado na animação. Em outras palavras, o aluno pode adequar a ferramenta instrucional ao seu estilo de aprendizagem e sua estrutura cognitiva.

Para quem uma figura é melhor que mil palavras? Os estudantes que já tenham o mínimo do conhecimento específico de determinado conteúdo podem não ter a necessidade de

ajuda visual, pois eles já criaram a sua própria representação analógica tal como lerão ou escutarão em um sistema didático explicativo. Entretanto, grande parte dos alunos de ciências é inexperiente, como aqueles que encontramos em nossas experiências, e esses alunos serão beneficiados com essa ferramenta pedagógica (Mayer e Sims, 1994).

5. Textos, mapas e animações: representação múltipla

Um dado conteúdo didático pode ser estruturado através de diversas estratégias pedagógicas, explorando os potenciais de cada enfoque escolhido. A mídia escrita ainda é aquela que continua sendo a mais utilizada quando desejamos expor em profundidade e com detalhes determinado conteúdo, e por isso permanece sendo escolhida para a divulgação de livros texto. No entanto, um formato de texto escrito utilizado eletronicamente não deve ser extenso, pois por razões culturais e talvez ergonômicas, ainda não foi popularizado o uso de monitores para a leitura de textos extensos.

A tríade texto, mapa conceitual e animação interativa tem a intenção de facilitar a aprendizagem autônoma do estudante. Parte do material pedagógico será composto por mapas conceituais e animações interativas elaboradas por especialistas. Ele escolherá se o seu primeiro contato com o conteúdo de dará através do mapa conceitual ou do texto escrito. A partir de palavras chave do texto escrito ele poderá executar a animação interativa relacionada com aquele conceito (ou conceitos). De maneira equivalente, se escolher iniciar o estudo através do mapa conceitual, ele poderá executar animação interativa pertinente aquele conceito.

O mapa conceitual pode atuar como estruturador global do conhecimento que esteja sendo estudado com determinada abrangência e a animação interativa irá examinar cada tópico (ou conceito) do conteúdo passível de ser modelado. Desse modo teremos uma estruturação transversal do conhecimento através do mapa e um aprofundamento do conteúdo propiciado pelas animação.

Num primeiro momento o estudante terá contato com um material pedagógico elaborado por especialistas, ou seja: o texto, os mapas e as animações interativas. Num segundo momento o estudante fará seus próprios mapas e animações interativas. Podem ser sugeridos a elaboração de mapas que indiquem um novo olhar sobre o tema considerado, ou ainda mapas que aprofundem a compreensão dos conceitos do mapa do especialista. E em cada alternativa pode-se indicar a elaboração de uma animação interativa que use a teoria científica que dá suporte aos conceitos utilizados. A construção desse conhecimento pode também se dar de maneira compartilhada com outros estudante contíguos geograficamente, ou através de programas de computador que possibilitem essa conexão através da Internet.

6. Palavras finais

Professores podem encorajar a aprendizagem significativa usando tarefas que irão engajar o estudante na busca de conexões entre o seu conhecimento prévio e o novo conhecimento, usando estratégias de avaliação que premiam a aprendizagem significativa. Não é possível ao estudante alcançar altos níveis de aprendizagem significativa até que uma estrutura de conhecimentos relevantes seja construída. Neste estágio a aprendizagem passa a ser um processo interativo ao longo do tempo até se atingir a proficiência na área deste conhecimento (Novak, 2003).

Por um lado as animações interativas facilitam a compreensão na medida em que possibilita ao estudante visualizar a representação matemática de um modelo da Natureza: é a transformação de uma equação em uma imagem da Natureza, e através da possível interação transformar o conteúdo lógico em conteúdo psicológico. Na medida em que interage com a

informação, o estudante está construindo seu conhecimento, ele faz conexões importantes entre significados e desse modo possibilita a sua aprendizagem significativa.

Por outro lado as animações interativas potencializam a eficácia da utilização dos mapas conceituais como estruturador do conhecimento, ao se inserir como um componente lúdico do processo de aprendizagem e se agregar como uma ferramenta adequada para o aprofundamento conceitual dos itens de um mapa.


E nesse sentido, um evento educacional que inclua as animações interativas e os mapas conceituais se configuram potencialmente como aquele de uma pequena distância transacional.

7. Referências bibliográficas

- Ausubel, D.P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano.
- Ausubel, D.P.; Novak, J.D. e Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana.
- Hegarty, M. (1992). Mental animation: Inferring motion from static displays mechanical systems. *J. Exp. Psychol.*, 18, 1084-1102.
- Mayer, R.E. e Sims, V.K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? *J. Educational Psychol.*, 86, 389-401.
- Mayer, R.E.; Hegarty, M.; Mayer, S. e Campbell, J. (2005). When Static Media Promote Active Learning: Annotated Illustrations Versus Narrated Animations in Multimedia Instruction *J. Exp. Psychol.*, 11, 256-265.
- Novak, J.D. e Gowin, D. (1999). *Aprender a aprender*. Lisboa: Editora Plátano.
- Novak, J.D.; Mintzes, J.J. e Wandersee, J.H. (2000). *Ensinando Ciência para a Compreensão*. Lisboa: Editora Plátano.
- Novak, J.D. (2003). The Promise of New Ideas and New Technology for Improving Teaching and Learning. *Cell Biol. Ed.*, 2, 122-132.
- Paivio, A. (2007). *Mind and its evolution – A dual coding approach*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Piaget, J. (2002). *Epistemologia Genética*. São Paulo: Martins Fontes.
- Rapp, D. (2007). *Mental models: theoretical issues for visualization in science education*. Em: Gilbert, J.K. (Ed.) *Visualization in Science education*. Netherland: Springer – Dordrecht.
- Tavares, R. e Santos, J. N. (2003). *Advance organizer and interactive animation*. Trabalho apresentado no IV Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa. Maragogi – AL.
- Tavares, R. (2004). Aprendizagem Significativa. *Rev. Conceitos*, 10, 55-60.
- Tavares, R. (2007). Construindo mapas conceituais. *Cienc. Cogn.*, 12, 72-85. Disponível na *World Wide Web*: <http://www.cienciasecognicao.org>.
- Tavares, R. (2008). Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. *Cienc. Cogn.*, 13, 94-100. Disponível na *World Wide Web*: <http://www.cienciasecognicao.org>.
- Tversky, B.; Morrisony, J.B. e Betrancourt, M. (2002) Animation: can it facilitate? *Intl. J. Human-Computer Studies*, 57, 247-262.
- Vygotsky, L.S. (2002). *A Formação Social da Mente*. São Paulo: Martins Fontes.

Notas

(1) A versão prévia desse trabalho foi apresentada no XVI SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado entre os dias 24 a 28 de janeiro de 2005 no Rio de Janeiro – RJ; com o título “Animações interativas e mapas conceituais”.

 - **R. Tavares** é Bacharel em Física (Universidade Federal de Pernambuco, UFPE), Mestre em Astronomia (Universidade de São Paulo, USP) e Doutor em Física (USP). Atualmente é Professor Associado I do Departamento de Física (UFPB) e atua na Área de Educação no PPGE/CE/UFPB onde faz pesquisas e orienta alunos na Pós-Graduação. Desenvolve projetos sobre os temas: “Aprendizagem significativa e o ensino de Ciências”, “Codificação dual, esforço cognitivo e aprendizagem multimídia”, “Mapa conceitual como estruturador do conhecimento”. Página pessoal: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/>. *E-mail* para correspondência: romero@fisica.ufpb.br.