

## **Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem**

Romero Tavares

Departamento de Física e Programa de Pós-Graduação em Educação – UFPB

[romero@fisica.ufpb.br](mailto:romero@fisica.ufpb.br)

[www.fisica.ufpb.br/~romero](http://www.fisica.ufpb.br/~romero)

**Palavras-chave:** educação a distância, aprendizagem colaborativa, representações múltiplas, mapa conceitual, animação interativa.

### **Resumo**

Um mapa conceitual pode ser entendido como uma teia de conceitos, onde fica patente a inter-relação entre eles. Podemos usar um mapa conceitual para explicitar os diversos conceitos utilizados em uma animação e desse modo, o mapa conceitual poderá atuar como estruturador global do conhecimento que está sendo focalizado com determinada abrangência.

A codificação dual possibilita um suporte teórico consistente para a utilização integrada de textos conceituais, mapa conceitual e animação interativa. A teoria codificação dual indica que quando apreendemos uma informação através das codificações verbal (mapa conceitual e texto) e visual (mapa e animação) a possibilidade de compreensão desse conteúdo torna-se maior, principalmente por podermos utilizar as potencialidades específicas de transmissão de cada canal de interação (verbal e visual). Nessas circunstâncias, ainda deve ser enfatizada a facilidade de resgate dessa informação, que pode ser mais facilmente trazida à baila por contar com diversas possibilidades de conexões cognitivas, devidas justamente à codificação dual.

A intenção desse trabalho é discutir as potencialidades dessa estratégia de ensino/aprendizagem, e apresentar um objeto digital de aprendizagem que utiliza a codificação dual.

## **Introdução**

O homem sempre usou símbolos como mediadores sua da comunicação com seus semelhantes, ou com os eventos que se colocam além de sua compreensão. Numa tentativa primitiva e inicial, uma pessoa se comunica com outras através de gestos ou palavras. Numa tentativa mais elaborada, as pinturas se configuram como mensagens comunicadas independentemente da presença do autor, e que podem perdurar através dos tempos. Numa etapa posterior surgiu a linguagem escrita, que inicialmente se inspirava em eventos da Natureza, mas posteriormente foram criadas diversas linguagens que apresentam símbolos sem conexão direta com eventos do cotidiano, e perduram até hoje como diversos alfabetos tais como o grego, romano, cirílico, sânscrito e etc.

Através destes diversos símbolos estáticos o ser humano conseguiu preservar a informação através dos tempos e ainda pode divulgá-la em todas as partes. Por meio da escrita, das pinturas e dos mapas, o acervo do conhecimento humano pode ser preservado e divulgado. Essa mobilidade dos meios que preservam o conhecimento possibilitou a aprendizagem autônoma daqueles que puderam dispor destes materiais, mesmo se essa posse aconteceu longe do autor, no tempo e no espaço.

A possibilidade de uma aprendizagem extensa e autônoma se concretizou no século XIX através dos cursos à distância, que se aproveitou da regularidade e confiabilidade dos meios de comunicação da época. A difusão do saber propicia a alfabetização científica que por sua vez facilita a construção do conhecimento adequado e evita o florescimento das concepções espontâneas, em desacordo com os paradigmas estabelecidos pela comunidade científica.

Nos tempos atuais o computador tem se configurado com um artefato que tanto armazena e manipula informações quanto promove a sua difusão através da Internet. No entanto o seu uso como ferramenta pedagógica 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 o seu conhecimento.

## **Aprendizagem significativa**

A aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados, e na concepção de 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 or-

ganizado e relacionável com o novo conteúdo; a vontade e disposição do aprendiz de relacionar o novo conhecimento com aquele já existente. Esses conceitos estáveis e relacionáveis já existentes 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 se transforma o significado lógico de determinado material em significado psicológico; na medida que o aprendiz internaliza o saber, transformando-o em um conteúdo idiossincrático. Desse modo se consuma a aprendizagem significativa, de maneira que a nova informação será incorporada na estrutura cognitiva do aprendiz, usando o seu modo peculiar 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.

Em algumas situações os subsunçores do aprendiz não são suficientemente estáveis e diferenciados para ancorar adequadamente uma nova informação, um novo conceito. Nestas circunstâncias Ausubel (2003) preconiza a utilização dos organizadores prévios; que são informações (ou conceitos) que farão a mediação entre o que o aprendiz sabe e o que ele pretende aprender caso deseje fazê-lo de maneira ativa e mais rápida. Desse modo eles funcionam como pontes cognitivas, na medida que fornecem um suporte para a incorporação e retenção estáveis de novos conceitos.

De forma a funcionar eficazmente para uma variedade de aprendizes, sendo que cada um possui uma estrutura cognitiva de algum modo idiossincrática, e a fornecer ou alterar idéias ancoradas a um nível subordinante, apresentam-se os organizadores prévios a um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem apreendidos. Por outro lado, os resumos e as visões gerais apresentam-se, geralmente, ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusão do próprio material de aprendizagem. Apenas salientam os pontos mais evidentes do material, omitindo informações menos importantes. Assim, atingem o efeito pretendido em grande parte através da repetição e da simplificação (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN - 1980; AUSUBEL - 2003).

Tendo em conta o delineamento enunciado por Ausubel, podemos dizer que o objetivo do organizador prévio é facilitar o entendimento do arcabouço conceitual ao invés de detalhes específicos de determinado conteúdo. Ele delinea como o conhecimento está estruturado e desse modo atua como esteio do conteúdo detalhado que o aprendiz se propõe a entender.

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. Segundo Ausubel (2003) *“a principal distinção entre itens abstratos e factuais é em termos de particularidade ou de proximidade com experiências empíricas concretas”*. E a animação interativa possibilita essa experiência empírica concreta. Na medida 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).

Uma animação interativa representa a evolução temporal de um modelo da realidade, aceito pela comunidade científica. Com ela 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 e SANTOS - 2003).

Quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendiz transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico, na medida que esse conteúdo se insere de modo peculiar na sua estrutura cognitiva, e cada pessoa tem um modo específico de fazer essa inserção, o que torna essa atitude um processo idiossincrático. Quando duas pessoas aprendem significativamente o mesmo conteúdo, elas partilham significados comuns sobre a essência deste conteúdo. No entanto têm opiniões pessoais

sobre outros aspectos deste material, tendo em vista a construção peculiar deste conhecimento.

A aprendizagem significativa requer um esforço do aprendiz em conectar de maneira não arbitrária e não literal o novo conhecimento com a estrutura cognitiva existente. É necessária uma atitude proativa, pois numa conexão uma determinada informação liga-se a um conhecimento de teor correspondente na estrutura cognitiva do aprendiz; e em uma conexão não literal a aprendizagem da informação não depende das palavras específicas que foram usadas na recepção da informação. Desse modo podemos ter uma aprendizagem receptiva significativa em uma sala de aula convencional, onde usamos recursos tradicionais tais como giz e quadro negro, quando existir condições do aprendiz transformar significados lógicos de determinado conteúdo potencialmente significativo, em significados psicológicos, em conhecimento construído e estruturado idiossincraticamente.

Um aprendiz que tenha conhecimentos prévios sobre as características de mamíferos terrestres, usará esses atributos quando se deparar com novas informações sobre mamíferos aquáticos. Esses conhecimentos (sangue quente, respiração através do oxigênio gasoso, gestação interna e etc.) auxiliarão a entender o comportamento dos mamíferos aquáticos, servirão como âncora na aquisição do novo conhecimento. Na interação entre o conhecimento novo e o antigo, ambos serão modificados de uma maneira específica por cada aprendiz, como conseqüência de uma estrutura cognitiva peculiar a cada pessoa. Depois do aprendizado sobre mamíferos aquáticos, o aprendiz terá uma concepção mais inclusiva sobre os mamíferos, onde antes só existiam os terrestres. E por outro lado, ao aprender as características do movimento dos mamíferos aquáticos, ele saberá que o formato do corpo desses animais obedecem as mesmas leis da hidrodinâmica, também obedecidas pelos peixes (TAVARES – 2004).

A aprendizagem mecânica ou memorística se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é muito menor, daí ele ser tão utilizado quando os alunos se preparam para exames escolares. Principalmente aqueles exames que exigem respostas literais às suas perguntas, que não exijam do aluno uma capacidade de articulação entre os tópicos do conteúdo em questão. Apesar de custar menos esforço a aprendizagem memorística é volátil, com um grau de retenção baixíssimo na aprendizagem de médio e longo prazo.

Ausubel (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN - 1980; AUSUBEL - 2003) sugere o uso da aprendizagem mecânica quando não existirem na estrutura cognitiva do a-

prendiz idéias-âncora (subsunçor) que facilite a conexão entre esta e a nova informação, quando não existirem idéias prévias que possibilitem essa ancoragem. Em uma dada circunstância nós podemos nos deparar com a tarefa de aprender uma seqüência de determinados conteúdos, sem ter tido a oportunidade de adquirir algum conhecimento próximo. Ele sugere que o conhecimento inicial seja memorizado, e a partir desse conhecimento absorvido seja paulatinamente estruturado o conhecimento sobre o tópico considerado. Ele, no entanto, criou uma nova alternativa para essa situação, ao propor a utilização de *organizadores prévios*. Eles são pontes cognitivas entre o que aprendiz já sabe e o que pretende saber. É construído com um elevado grau de abstração e inclusividade de modo a poder se apoiar nos pilares fundamentais da estrutura cognitiva do aluno e desse modo facilitar a apreensão de conhecimentos mais específicos com os quais ele está se deparando.

Na medida 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. Ela pode representar a evolução temporal de um modelo da realidade, aceito pela comunidade científica, e desse modo 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. Considerando as suas características enunciadas anteriormente, podemos identificar como organizador prévio uma animação interativa como definida neste trabalho (TAVARES E SANTOS – 2003). Através dessa identificação podemos construir animações interativas estruturadas de modo a facilitar a percepção das características mais gerais e inclusivas do tema considerado.

Ausubel (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN - 1980; AUSUBEL - 2003) indica que a maneira mais natural de aquisição de conhecimentos para o ser é através da diferenciação progressiva. É mais fácil construir o conhecimento quando se inicia de uma idéia mais geral e inclusiva e se encaminha para idéias menos inclusivas. Seria começar um estudo sobre mamíferos de modo geral, com as características que os definem. No passo seguinte seria estudado os mamíferos de acordo com o meio em que eles habitam: seja a terra (homem), a água (golfinho) ou o ar (morcego). Uma outra maneira de propiciar a aprendizagem significativa seria através da reconciliação integrativa, que foi exemplificada anteriormente na percepção de semelhanças aparentemente dissonantes entre mamíferos aquáticos e terrestres.

A essência da questão entre as aprendizagens significativa e mecânica é bem antiga, e no fundo ela se refere a escolha entre ter ou ser (FROMM - 1987). Para se ter (possuir) algo pouco se exige de energia interna ou emocional, basta se pagar o preço estipulado. Para ser de determinada maneira é necessária uma estruturação interna, uma disposição de mudança. A grande diferença entre esses dois estados é que pode se perder o que se tem, mas ninguém tira o que você é. Não existe a necessidade de mudanças internas na aprendizagem memorística. O conhecimento é absorvido literalmente, é usado nos exames, e depois é esquecido. Ele não passa a fazer parte de si, da estrutura cognitiva e da maneira de ser do aluno. Não enriquece a sua maneira de olhar o ambiente que o rodeia e os seus semelhantes.

### **Mapa conceitual**

O mapa conceitual é um estruturador do conhecimento. Os mapas conceituais foram propostos inicialmente por Novak (NOVAK E GOWIN – 1999) como uma maneira de organizar hierarquicamente os conceitos e proposições que representassem a estrutura cognitiva de estudantes e que poderiam 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 do conhecimento dos estudantes sobre temas básicos de ciências naturais, e eles encontraram 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 sobre determinado tema 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 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 (dele) facilidades e dificuldades no entendimento dos conceitos do tema em questão. A cada momento ele terá um painel 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.

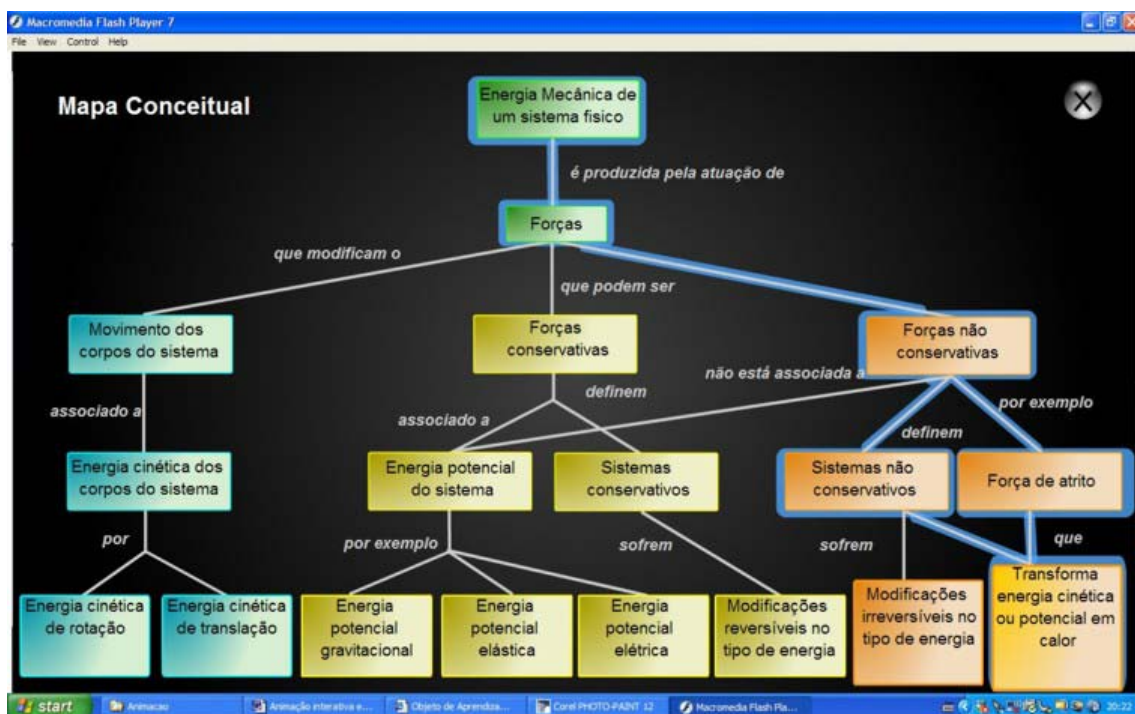


Figura 1 – Exemplo de mapa conceitual

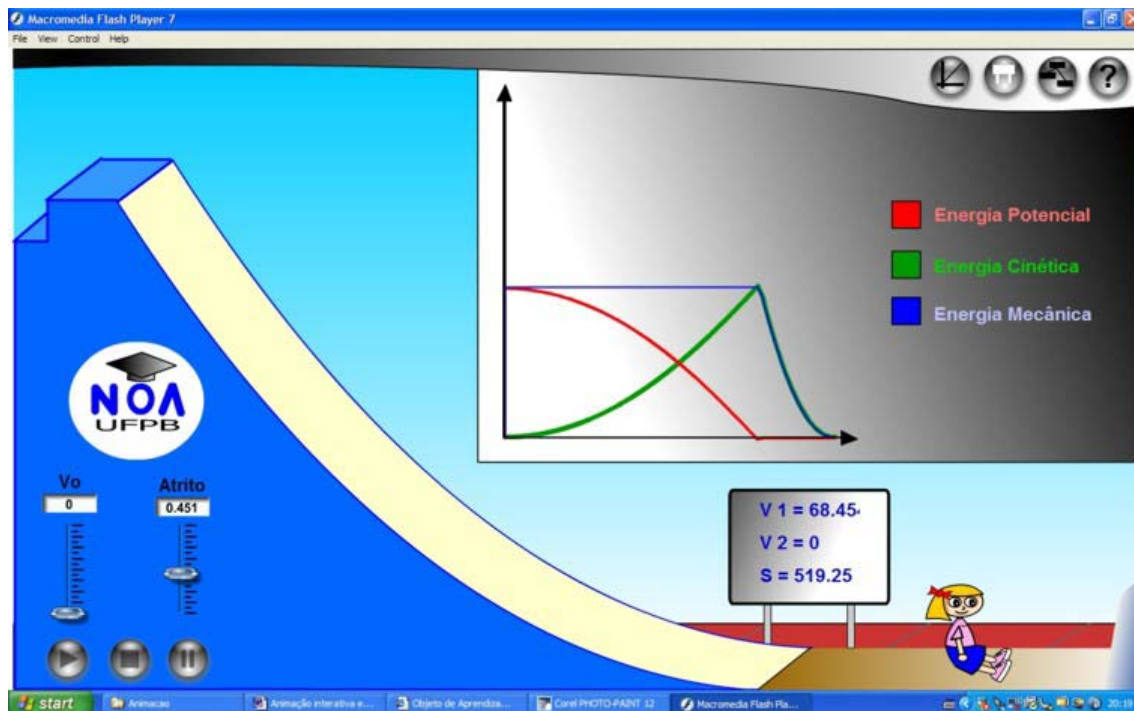
O início da construção de um mapa conceitual se dá com a escolha do conceito fundamental de determinado conteúdo, o conceito mais inclusivo. A este conceito serão conectados conceitos menos inclusivos que o primeiro, através de palavras ou expressões conectoras. Um estágio seguinte será formado com a colocação de conceitos mais específicos conectados aos anteriormente descritos. A partir do conceito inicial iremos conectando a ele conceitos menos inclusivos, construindo uma série de ramificações hierárquicas, com conceitos cada vez mais específicos.

O CMapTools é um programa que oferece uma interface amigável, e que possibilita a construção de mapas conceituais usando o computador, e desse modo facilitar a interatividade pois com o surgimento da Internet foi possível explorar enormemente as possibilidades de construção partilhada de mapas conceituais (CAÑAS, FORD, NOVAK, HAYES, REICHERZER, and SURI - 2001). Quando elaborado por mais de uma pessoa, aquele que circunstancialmente domina melhor o conteúdo ampliará os horizontes da aprendizagem de seu companheiro, tal como postula Vygotsky quando define a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (VYGOTSKY - 2002).



### **Animação interativa**

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 animais hereditárias (as pesquisas envolveram batráquios e insetos) existe uma percepção diferenciada da velocidade, e que foi possível até descobrir na rã células especializadas à esse respeito (PIAGET - 2002).



*Figura 2 – Instantâneo de uma animação interativa*

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 se perceber como presa tanto quanto predador.

A animação usa uma linguagem visual que simula um fenômeno da Natureza, e essa linguagem tem uma decodificação imediata. Por outro lado, o texto escrito necessita uma reelaboração interna de modo a serem feitas as conexões dos conceitos na estrutura cognitiva, dos mais inclusivos aos mais específicos. De modo semelhante, para o entendimento das equações presentes em textos relacionados às ciências, necessitamos

antes de tudo, de um domínio desta linguagem matemática com os seus códigos específicos.

A animação enquanto um aparato pedagógico pode ainda potencializar mais essa tendência do ser humano de acompanhar visualmente os movimentos, se permitir a sua intervenção no movimento que se delineia. Nesse sentido o Modellus (TEODORO, VIEIRA. e CLÉRIGO - 2000) é um programa de computador adequado para esse propósito e está disponível gratuitamente na Internet. Ele é extremamente amigável e se presta adequadamente para a construção de animações por não especialistas.

As tecnologias digitais tornaram possível examinar o mundo físico numa escala excepcional, tanto no tempo quanto no espaço. Elas tornaram possível simular o mundo de uma maneira mais próxima do real, por exemplo, modelando a complexidade dos sistemas naturais tais como o clima, e podemos ver diariamente as previsões climáticas com animações que representam as variações em uma cidade, num estado, ou mesmo num país. Uma modelagem adequada de um acontecimento real se propõe a usar um modelo científico sobre o assunto, e desse modo construir uma simulação do evento real.

As animações oferecem à nossa percepção dois atributos além daqueles de eventuais visuais sorridentes: o movimento e a trajetória. Portanto, visuais animados devem ser mais efetivos quando esses dois atributos forem congruentes com as demandas das tarefas instrucionais, como se encontra freqüentemente em cursos de física (RIEBER - 1990).

Apesar da simulação não poder ocupar o espaço da experimentação real no ensino de ciências, ela pode oferecer vantagens distintas. Ela permite ao usuário controlar sistemas complexos, manipular variáveis, executar experimentos, de uma maneira que seria difícil ou impossível conseguir no mundo real.

### **Codificação dual**

Para quem uma imagem vale mais que mil palavras? Em primeiro lugar, estudantes que possuam o domínio desse conhecimento específico podem não necessitar de uma ajuda visual para o texto que lhe for apresentado, porque ele próprio criará uma representação analógica na medida que for lendo ou escutando uma explicação. No entanto, principalmente estudantes com pouca experiência, são enormemente beneficiados

quando imagens são apresentadas simultaneamente com palavras (MAYER and SIMS - 1994).

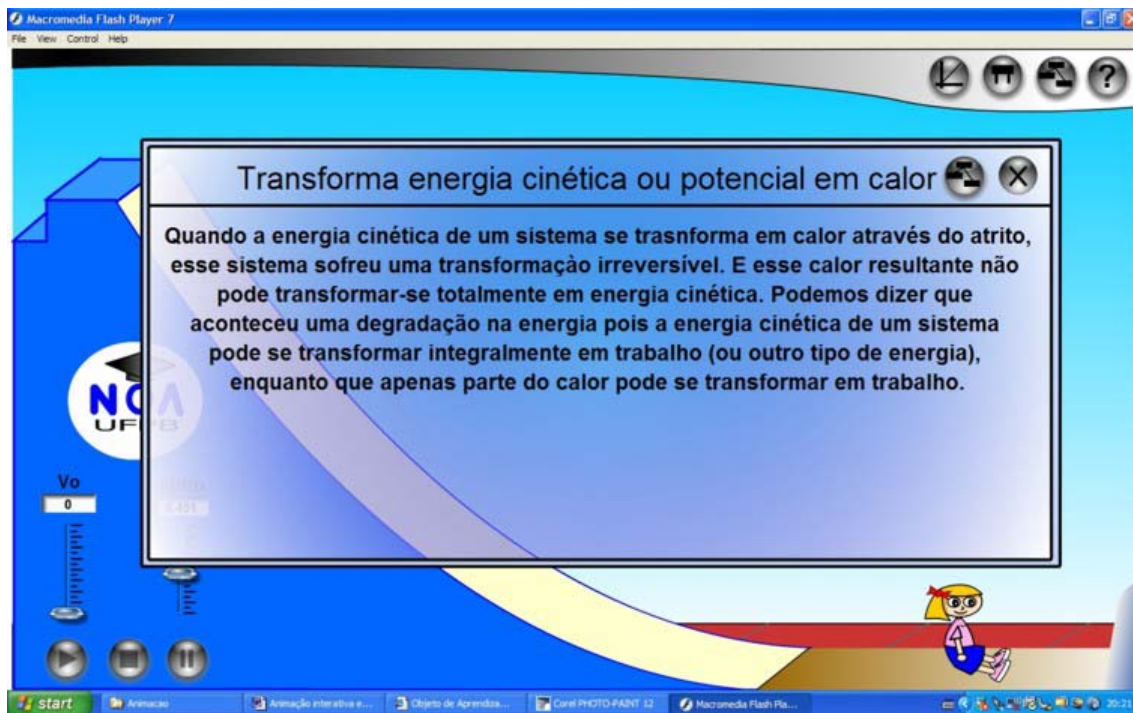
A teoria da codificação dual de Allan Paivio (MAYER - 2003) estabelece que a transmissão de informações que a transmissão de informações acontece de maneira mais efetiva quando são usados os canais verbal e auditivo. Uma determinada idéia (ou conceito) pode ser percebida através de diversas nuances que definem as suas características. O canal visual pode ser mais conveniente para transmitir certas nuances enquanto o canal verbal pode ser mais adequado para transmitir outras nuances.

Quando usamos esse tipo de representação múltipla todas as nuances de determinada idéia (ou conceito) serão transmitidas através dos dois canais, o que potencializa a capacidade dessa transmissão por um lado e facilita a possibilidade de recuperação da informação por outro lado (TAVARES, 2004; TAVARES, 2005). Na medida que o aprendiz recebe uma informação com várias nuances, a construção de seu conhecimento será mais rica, mais inclusiva. Ademais, como a informação é recebida de maneira associada através dos dois canais, a sua recuperação em um momento posterior é facilitada.

O mapa conceitual apresenta a um só momento uma informação visual estática e uma informação verbal. Os conceitos são apresentados através de uma rede hierárquica onde fica explícita a visualização da posição relativa de cada conceito dentro do elenco de conceitos que estabelece o tema que está sendo analisado e mapeado.

A animação interativa possibilita ao aprendiz uma simulação do evento físico, utilizando conceitos (e as respectivas equações) aceitos pela comunidade científica. Usando um aparato desse tipo é possível visualizar situações que dificilmente seriam acessíveis em laboratórios didáticos.

Como mostrado na figura 2, podemos relacionar a variação da energia cinética e a energia potencial na medida que a garota se move descendo a rampa, mas ainda nessa etapa a soma desses dois tipos de energia permanece constante, como será detalhado adiante. No entanto, quando alcança a parte horizontal de sua trajetória, a garota passa a mover-se numa região onde existe atrito, e desse modo a sua energia mecânica começa a diminuir, até que ela pára. Na medida que esse evento está acontecendo, o estudante pode visualizar um gráfico da variação das energias mencionadas, como está indicado na figura 2, e desse modo ele pode fazer as conexões entre conceitos novos e a sua concepção da realidade cotidiana. Na figura 1 encontra-se o mapa conceitual sobre o tema, e na figura 3, encontra-se um exemplo da explicitação disponível para o usuário



*Figura 3 – Texto conceitual explicitando um conceito do mapa*

A informação verbal será considerada através de textos correspondentes a cada um dos conceitos do mapa, onde serão apresentadas informações mais específicas. Por outro lado estão presentes textos que mostrarão a inserção no cotidiano dos temas discutidos pelo objeto de aprendizagem

### **Utilização dos textos, mapas e animações**

O texto convencional escrito é a maneira usada pela humanidade para transmitir informações desde que a escrita foi estruturada. A animação interativa explicita os modelos específicos de cada conceito, ou o modelo científico aceito atualmente para aquele conceito. A animação interativa ilustra visualmente o mapa conceitual correspondente.

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 de 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 têm a intenção de facilitar a aprendizagem autônoma do estudante. O 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 animações.

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. Pode ser sugerida 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 estudantes contíguos geograficamente, ou através de programas de computador que possibilitem essa conexão através da Internet.

### **Objeto de aprendizagem**

Define-se objeto de aprendizagem como um recurso (ou ferramenta cognitiva) autoconsistente do processo ensino aprendizagem, isto é, não depende de outros objetos para fazer sentido. Governos de diversos países estão investindo largas somas de dinheiro para desenvolver grandes repositórios de objetos de aprendizagem (RENNIE and MASON – 2004). Os repositórios dos objetos de aprendizagem prometem suprir os professores do ensino médio e ensino universitário, com recursos de alta qualidade, que poderão ser identificados e reutilizados nas suas atividades em sala de aula ou em cursos online. Qual a razão de criarmos uma aula específica se alguém, talvez um especialista

renomado, já executou esse mesmo trabalho anteriormente. Porque não partilhar com outras pessoas o trabalho que eu já tenha feito? Na medida que os professores deixarem de ser produtores de conteúdo, eles se dedicar mais a serem facilitadores da aprendizagem, partícipes da construção do conhecimento de seus alunos.

A intenção do objeto de aprendizagem proposto neste trabalho é proporcionar o primeiro encontro do estudante com o conteúdo a que ele se refere. Por um lado o mapa conceitual propicia a percepção verbal e visual das relações hierárquicas entre os principais conceitos do tema considerado, e por outro lado a animação possibilita a visualização do fenômeno como ele se apresenta na Natureza, de acordo com a teoria científica que tenta explicá-lo.

Essa conjunção de estratégias de exposição, visuais e verbais, das características mais gerais e inclusivas do evento que se está estudando, dá suporte para análises mais específicas que seguirão a essa primeira etapa do processo ensino aprendizagem.

Esse objeto de aprendizagem se configura como um organizador prévio (TAVARES e SANTOS – 2003), como uma ponte cognitiva, facilitando a aprendizagem mais específica que se inicia com um entendimento consistente dos conceitos mais inclusivos do tema considerado. Além dos mapas e animações, existem textos com um detalhamento (em princípio sem equações) dos conceitos mais inclusivos, iniciando sempre próximo à experiência concreta, utilizando uma contextualização que evoca a vivência do cotidiano. A intenção principal é criar uma ligação sólida entre aquilo que se conhece e o que se pretende aprender.

Podemos exemplificar a estruturação mencionada anteriormente através de uma das facetas do objeto de aprendizagem "*Energia – uma propriedade dos sistemas*", que trata da degradação da energia. Esse significado específico de degradação, que é um conceito pouco claro para não especialistas, é introduzido após a discussão sobre sistemas conservativos, que são aqueles onde existe uma transformação completa de energia do tipo cinética (relacionada a movimento) para a energia do tipo potencial (relacionada com a possibilidade de ação de forças conservativas), e a possibilidade de uma transformação inversa integral. Em outras palavras: pode-se ter de maneira indefinida uma transformação de energia potencial em energia cinética. O pêndulo de um relógio de parede é composto por uma haste com uma massa presa em uma de suas extremidades, e a outra extremidade está presa em um eixo, colocado na parte superior. Se não existisse atrito entre a haste e o eixo, o pêndulo oscilaria indefinidamente, mesmo na ausência do mecanismo do relógio impulsionando o movimento.

O movimento do pêndulo descrito anteriormente é periódico, num vai e vem onde a massa descreve uma trajetória circular. Na realidade ela percorre um arco de círculo, que pode ser maior ou menor, dependendo da energia comunicada a esse sistema.

A energia cinética da massa do pêndulo é máxima quando ela passa pela parte inferior da trajetória, e essa energia cinética é nula quando a massa atinge a parte mais alta da trajetória. Nesse ponto mais alto a energia cinética foi integralmente transformada em energia potencial, e quando a massa retornar ao ponto mais baixo da sua trajetória, a energia cinética foi recuperada integralmente. Com estamos considerando que não existe atrito entre a haste e o eixo, esse sistema ficará num ir e vir ininterrupto, transformando energia cinética em energia potencial e vice-versa. Esse é o que chamamos de sistema conservativo: a soma das energias cinética e potencial é uma constante, e essa soma é chamada energia mecânica.

No entanto, na presença de atrito, a energia mecânica diminui e um sistema desse tipo é chamado dissipativo. Quando a energia cinética se transforma em calor (energia térmica) através do atrito, não é possível que essa energia térmica se transforme integralmente de volta em energia cinética, como acontece num sistema conservativo descrito anteriormente.

Num sistema conservativo a energia cinética pode se transformar em energia mecânica, e vice-versa, indefinidamente, mas sempre mantendo constante a energia mecânica; que é a soma das energias cinética e potencial. Por outro lado, num sistema dissipativo, a energia mecânica, aquela energia possível de ser transformada integralmente em outro tipo de energia, vai diminuindo, e se transformando em outro tipo de energia pouco intercambiável como a energia térmica. Existe nesse sentido uma degradação da energia, que passa de uma forma facilmente intercambiável (energia mecânica) para outra forma de energia pouco intercambiável, que não é possível vir a ser transformada integralmente em energia mecânica. Essa forma pouco intercambiável de energia aparece normalmente em um sistema como feito secundário, depois do ser humano ter executado a ação principal, como por exemplo o aquecimento da engrenagem de um motor em funcionamento. Nesse sentido de uma transformação energética indesejável, ou em referência a uma forma final de energia pouco útil, aplica-se a noção de degradação da energia.

## **Conclusões**

Os professores podem encorajar a aprendizagem significativa usando tarefas que possam engajar ativamente os estudantes na sua busca por relações entre os seus conhecimentos prévios e as novas informações apresentadas. Não é possível para o aprendiz alcançar altos níveis de aprendizagem significativa antes que as estruturas cognitivas adequadas sejam construídas, e assim o processo de aprendizagem deve ser interativo ao longo do tempo, para que se possa alcançar o domínio do conhecimento ao nível de um especialista no assunto (NOVAK - 2003).

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.

A distância transacional (MOORE – 1991) pode ser definida como mais que uma separação geográfica entre estudantes e professores. Ela é uma distância de entendimentos e percepções, causada em parte através da distância geográfica que deve ser superada por professores, estudantes e instituições educacionais, se quisermos que aconteça uma aprendizagem efetiva.

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

## **Bibliografia**

- AUSUBEL, D P - 2003 **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva** Porto – Portugal: Editora Plátano
- AUSUBEL, D P; NOVAK, J D e HANESIAN, H – 1980 **Psicologia Educacional** Rio de Janeiro: Editora Interamericana



- CAÑAS, A J, FORD, K M, NOVAK, J D, HAYES, P, REICHERZER, T R, SURIN – 2001 **Online concept maps: Enhancing collaborative learning by using technology with concept maps** Science and Teaching vol68, p49
- FROMM, E – 1987 **Ter ou Ser?** Rio de Janeiro - Editora Guanabara
- MAYER, R E – 1999 **Multimedia aids to problem-solving transfer** International Journal of Educational Research Vol31 p611
- MAYER, R E AND SIMS, V K – 1994 **For whom is a picture worth a thousand words?** Journal of Educational Psychology vol86, p389
- MOORE, M G – 1991 **Distance Education Theory** The American Journal of Distance Education, vol5, N3
- NOVAK, J D E GOWIN, B – 1999 **Aprender a aprender** Lisboa – Portugal: Plátano
- NOVAK, J D – 2003 **The Promise of New Ideas and New Technology for Improving Teaching and Learning** Cell Biology Education Vol2, p122
- PIAGET, J – 2002 **Epistemologia Genética** São Paulo: Martins Fontes
- RENNIE, F and MASON, R – 2004 **The connection – Learning for the connected generation** USA: Information Age Publishing Co
- RIEBER, L P. – 1990 **Using Computer Animated Graphics in Science Instruction With Children** Journal of Educational Psychology, vol82, p135
- TAVARES, R E SANTOS, J N - 2003 **Advance organizer and interactive animation IV** Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa - Maragogi
- TAVARES, R - 2004 **Aprendizagem Significativa** Revista Conceitos N55 Página10
- TAVARES, R – 2005 **Animações interativas e mapas conceituais XVI** Simpósio Nacional de Ensino de Física – Rio de Janeiro
- TEODORO, V D, VIEIRA, J P, D. e CLÉRIGO, F C – 2000 **Modellus 2.01: interactive modelling with mathematics** Monte Caparica: Faculdade de Ciência e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa
- VYGOTSKY, L S – 2002 **A Formação Social da Mente** São Paulo: Martins Fontes