

**HIPERMÍDIA NA EDUCAÇÃO:  
FLEXIBILIDADE COGNITIVA, INTERDISCIPLINARIDADE E COMPLEXIDADE**

Flavia Rezende  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
frezende@nutes.ufrj.br

Cláudio dos Santos Dias Cola  
Universidade Estácio de Sá  
claudiocola@brasilvision.com.br

**Resumo.**

Inicialmente, define-se hipermídia a partir dos conceitos de hipertexto e multimídia. Apresenta-se, em seguida, a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), que nasce atrelada à concepção dos sistemas hipermídia de aprendizagem, investigando-se sua possível relação com os conceitos de interdisciplinaridade e complexidade. A síntese da discussão aponta para a convergência entre os conceitos de complexidade e interdisciplinaridade no âmbito da aprendizagem avançada e para a hipótese de que sistemas hipermídia também podem ser materiais educativos adequados para promover a flexibilidade cognitiva a partir da abordagem interdisciplinar de conteúdos complexos. Apresenta-se também, a descrição do desenho instrucional do sistema “Biomec” como exemplo de sistema hipermídia de aprendizagem desenvolvido a partir dos fundamentos teóricos discutidos anteriormente.

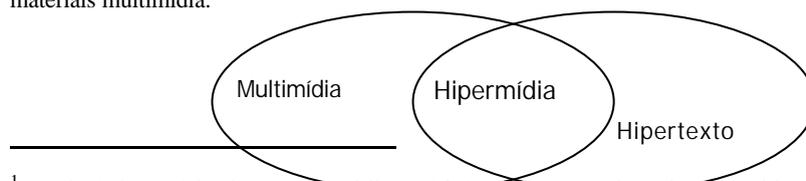
**ABSTRACT**

**Sistemas hipermídia de aprendizagem: o que são?**

O conceito de *hipermídia* está diretamente relacionado aos conceitos de hipertexto e de multimídia. *Multimídia* compreende a conjugação de múltiplos meios como, por exemplo, textos, imagens, sons, animações e vídeo para representar uma informação. Este termo pode qualificar representações de informações veiculadas por sistemas computacionais ou por outros suportes, não informatizados.

Por *hipertexto*<sup>1</sup> entende-se um sistema computacional que representa nós<sup>2</sup> de informações em geral textuais, organizados não seqüencialmente, por meio de ligações conceituais entre palavras-chave.

O conceito de *hipermídia* pode ser visto como a interseção entre os conceitos de multimídia e hipertexto (Figura 1), na medida em que se trata de sistemas computacionais que ligam informações de forma não seqüencial, como os sistemas de hipertexto e que utilizam múltiplos meios para representar a informação, como os materiais multimídia.



<sup>1</sup> Ted Nelson (citado por Conklin, 1987), precursor dos sistemas hipertextuais, definiu, em 1967, *hipertexto* como “uma combinação de texto em linguagem natural com a capacidade de se ramificar e de ser interativo ou a apresentação dinâmica de um texto não-linear que não pode ser impresso convenientemente em uma página convencional” (p. 17).

<sup>2</sup> Nós são as unidades de informação que compõem o hipertexto.

Figura 1. Relação entre hipertexto, multimídia e hipermídia.

Marchionini (1988) deixa clara a relação entre hipertexto e hipermídia quando considera que hipertexto é a representação eletrônica do texto que se apropria do acesso randômico dos computadores para interromper a seqüência linear e estática impressa no papel, enquanto hipermídia é a representação e acesso não-lineares aos vários meios de representação de informações. O autor usa o termo *hiperdocumentos* para se referir a sistemas embasados tanto em hipertexto quanto em hipermídia, por terem em comum o fluxo não-linear entre nós de informação, ligados segundo relações pré-estabelecidas pelo autor.

Assim, os sistemas hipermídia são um meio de organizar um texto que descarta o processo de leitura seqüencial nos moldes tradicionais e permitem que um conceito seja apresentado através de meios como som, imagem e vídeo, associados aos recursos que o texto confere. Nesta apresentação conceitual diferenciada, os sistemas hipermídia de aprendizagem permitem ainda que esta se faça em diferentes níveis de detalhes, que são livremente acessados pelos usuários, conforme as experiências e habilidades destes frente a um novo conceito.

Desde o final da década de 80, os sistemas hipermídia têm atraído a atenção de educadores, que vêem nesses sistemas computacionais grande potencial enquanto materiais educativos. Marchionini (1988) aponta duas características da hipermídia que são importantes para a educação: (i) o armazenamento de grande quantidade de informações representadas sob os mais diversos meios, permitindo que conteúdos extensos e variados sejam agrupados e disponibilizados aos estudantes; e (ii) o alto nível de controle do sistema pelo usuário, o que torna constante a tomada de decisões e a avaliação de progressos, permitindo o desenvolvimento de habilidades e a escolha de objetivos por parte deste.

No início dos anos 90, Spiro e colaboradores (SPIRO E JEHNG, 1990; SPIRO ET AL., 1991; 1992), estudando as dificuldades de estudantes em aprendizagens avançadas, desenvolveram pressupostos teóricos sobre a *flexibilidade cognitiva* e viram nesse tipo de sistema um material educativo ideal para promover essa habilidade.

No final da década de 90, a discussão dos conceitos de complexidade e de interdisciplinaridade passaram a ganhar destaque entre educadores, embora não na área da tecnologia educacional. Este trabalho pretende aproximar essa discussão do campo da tecnologia educacional, investigando a sua relação com o conceito de flexibilidade cognitiva, base teórica dos sistemas hipermídia de aprendizagem.

## **Flexibilidade Cognitiva**

A Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), desenvolvida por SPIRO e colaboradores (SPIRO E JEHNG, 1990; SPIRO ET AL., 1991; 1992) tem como objeto a aquisição de conhecimentos avançados em domínios complexos ou mal estruturados, como por exemplo, a medicina, a história e a arte, embora os autores considerem que todos os domínios, em determinadas circunstâncias, podem ser assim considerados. Partindo do pressuposto central de que para a aprendizagem avançada é preciso o desenvolvimento de representações flexíveis do conhecimento que promovam a compreensão conceitual e a habilidade de usar o conhecimento em situações

novas, a estruturação irregular do conteúdo foi identificada pelos autores como uma das causas dos obstáculos enfrentados pelos estudantes.

Um domínio mal estruturado do conhecimento é todo aquele que apresenta basicamente as seguintes propriedades: cada caso ou exemplo de aplicação de um conhecimento envolve tipicamente a participação interativa e simultânea das estruturas conceituais de ampla aplicação – várias perspectivas do conceito como um todo – e aquelas de aplicação específica para aquele exemplo, ou seja, envolve o conceito como um todo e a complexidade específica daquele caso; o teste padrão das interações conceituais varia substancialmente através dos casos do mesmo tipo, o que vai determinar o quanto o domínio é irregular.

Em domínios mal-estruturados, um conceito amplo deveria ser abordado através de vários casos e exemplos, analisado a partir da interação entre o conjunto de perspectivas sobre aquele conceito e as contingências específicas daquele caso ou exemplo. A análise de um caso clínico de uma patologia cardiovascular serve como exemplo para os autores demonstrarem este princípio da teoria. Neste exemplo, é necessária uma interação complexa entre diversos conceitos centrais da ciência biomédica básica (conceito amplo), e as diferentes características clínicas do caso da doença cardíaca em questão. Como para cada doença cardíaca diferente existem diferentes peculiaridades, para cada caso, a interação entre o todo e o específico apresentará uma variação.

Resultados da investigação sobre aprendizagem avançada de domínios de conhecimento com essas características levaram os autores da TFC à conclusão de que um outro aspecto comum das deficiências encontradas é o excesso de simplificação das estratégias de aprendizagem. Esse aspecto pode se manifestar quando características de entidades complexas estudadas isoladamente são mantidas ao serem reintegradas ao todo e quando elementos conceituais que atuam na realidade de maneira interdependente são tratados separadamente, deixando de fora aspectos importantes de sua interação.

A solução para essas falhas de aprendizagem de situações complexas estaria então, na chamada *flexibilidade cognitiva*, que é a capacidade de reestruturar o próprio conhecimento para responder às necessidades dessas situações, tanto em função da forma como se representa o conhecimento, como dos processos que operam nas representações mentais realizadas.

Assim, a idéia de flexibilidade cognitiva se liga à necessidade de dar resposta a situações que habitualmente têm soluções muito variadas, destacando a importante participação da apresentação das informações em perspectivas diferentes e o estudo de diferentes casos que exemplifiquem as diversas possibilidades de aplicação dos conceitos. De acordo com os autores, o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva também requer múltiplas representações do conhecimento que favoreçam a transferência do conhecimento para novas situações. Para tal, é preciso que seja dada aos alunos uma oportunidade para que eles desenvolvam suas próprias representações da informação ao construírem o conhecimento.

Ao propor a superação destes obstáculos por processos construtivistas de agregação flexível das estruturas de conhecimento ajustáveis às novas situações, a TFC representa ao mesmo tempo, uma teoria de aprendizagem, de representação mental e uma proposta de instrução integrada. Como o objetivo principal é promover a flexibilidade cognitiva nos sujeitos, o fundamental então é desenvolver nestes a capacidade de, perante uma situação nova, reestruturar o conhecimento prévio necessário para solucioná-la. Para se obter êxito, deve-se fazer uma abordagem complexa da nova situação, começando por conhecer o assunto na íntegra e depois analisando-o nas suas partes constituintes. Os autores sugerem que o aluno retorne ao mesmo material em várias oportunidades, cada uma em um contexto diferente, conforme a perspectiva conceitual que se pretende aprender, para favorecer a compreensão e o uso do conhecimento em situações novas, reunindo aspectos relevantes destas diversas situações. Estes vários retornos se justificam porque, dependendo do contexto, um aspecto específico de um determinado conceito pode ganhar destaque.

Spiro e Jehng (1990) consideram que para favorecer a flexibilidade cognitiva, o assunto deve ser dividido em pequenas partes, para destacar os aspectos que poderiam se perder no todo, sendo cada uma dessas

partes analisada segundo diferentes perspectivas. Partindo desta idéia, desenvolveram um processo para representar o conteúdo que chamaram de *desconstrução de conceitos*, onde o assunto é exposto segundo vários tipos de representação e dividido em pequenas unidades, de onde se inicia a aprendizagem.

Para que os estudantes desenvolvam habilidades de processamento cognitivamente flexíveis e adquiram estruturas de conhecimento que podem apoiar esse processamento, são necessários ambientes de aprendizagem flexíveis que apresentem os mesmos itens de conhecimento em uma variedade de meios e segundo uma variedade de propósitos, de acordo com sua natureza complexa e irregular.

Nesta proposta, o assunto é dividido em mini-casos abordados a partir de diferentes perspectivas que devem ser complexas para os alunos compreenderem e aplicarem. Uma vez identificadas as perspectivas importantes para a desconstrução, redige-se um comentário para cada uma destas, demonstrando para o aluno como determinado tema geral se aplica ao mini-caso concreto, e este consegue perceber como um mesmo tema pode-se aplicar a diferentes situações ou mini-casos.

Carvalho (2000) propõe a *travessia temática orientada* para ajudar no processo de desconstrução. Este método, que também pressupõe a divisão do tema em pequenas unidades ou mini-casos, está baseado na seleção de um ou mais conceitos que irão conduzir o estudante pelos mini-casos e respectivos comentários temáticos.

Por sua característica de prover flexibilidade em termos de associar diferentes meios e informações, o computador foi considerado idealmente adequado para fomentar a flexibilidade cognitiva. Em particular, sistemas de hipertexto, não lineares e multidimensionais, se apropriadamente planejados para considerar todas as ponderações discutidas anteriormente, têm o potencial para lidar com aspectos da estruturação irregular dos domínios de conhecimento e promover aspectos da flexibilidade cognitiva. Ao oferecer esquemas múltiplos de organização e representação do conhecimento, os sistemas hipermídia podem concretizar a proposta da TFC de instrução integrada à representação do conhecimento.

A incorporação de elementos da TFC no planejamento de sistemas hipermídia de aprendizagem pode ajudar no delineamento de características relacionadas ao desenvolvimento de representações flexíveis do conhecimento e promoção da aprendizagem de conceitos complexos em níveis instrucionais avançados. Para isso, Jacobson (1994) recomenda: (i) o emprego de casos e exemplos contextualizados; (ii) o uso de múltiplas formas de representação do conhecimento; (iii) a ligação de conceitos abstratos a exemplos; (iv) a demonstração de irregularidades e complexidades conceituais; (v) a ênfase nas inter-relações e na forma de rede do conhecimento; (vi) a reunião do conhecimento a partir de fontes conceituais diferentes; (vii) aprendizagem ativa.

Na interação com o conteúdo do sistema, o usuário escolhe o seu percurso segundo o seu conhecimento anterior e suas necessidades e vai se tornando, de certa forma, autor de um novo texto (LEÃO, 2001). Ao estabelecer elos e determinar trajetos, ele redimensiona seu conhecimento ativamente, conforme a sua estrutura cognitiva, que, por sua vez, é determinada pelas suas experiências e habilidades previamente desenvolvidas.

## **Interdisciplinaridade e Complexidade**

Na década de 70, questões econômicas como a descentralização da produção e a valorização do trabalho em equipe começam a surgir e a influenciar a educação. Neste período, surgem propostas pedagógicas baseadas nos conceitos de descentralização e integração de campos de conhecimento e experiência que facilitam uma compreensão mais reflexiva e crítica da realidade. Na esteira deste processo de construção e difusão do conhecimento, surgem superespecializações de algumas áreas tradicionais do conhecimento que levam disciplinas

a compartilharem objetos de estudo ou métodos de pesquisa e se coordenarem entre si. Começam a se formar novos âmbitos de conhecimento e equipes de pesquisa visando entender e resolver problemas que requerem esforços conjuntos de várias áreas do conhecimento.

Neste contexto, tornou-se importante explicar e demonstrar como existem informações, conceitos, metodologias, procedimentos, etc., que são úteis e têm significado para várias disciplinas, o que pode ser exemplificado por resultados da ciência como a descoberta do DNA (que deve muito à conjugação de várias disciplinas como, por exemplo, a mecânica quântica e a cristalografia) ou o desenvolvimento atual das ciências médicas devido à contribuição da tecnologia. Este movimento agregador pode ser entendido como interdisciplinaridade, que para Santomé (1998) é um esforço, nunca completamente alcançado e por isso mesmo permanentemente redefinido, para corrigir os erros e a esterilidade acarretada por uma ciência excessivamente compartimentalizada.

Na estruturação de um conceito interdisciplinar, a hierarquização dos níveis de colaboração entre as disciplinas relacionadas é fundamental e tem sido alvo de muitos estudos. Piaget (citado por SANTOMÉ, 1998) identificou três patamares crescentes de colaboração: (i) a *multidisciplinaridade*, que diz respeito à busca de informações de várias disciplinas para a solução de uma questão sem que este processo as enriqueça ou transforme; (ii) a *interdisciplinaridade*, que propõe um processo de intercâmbio real entre disciplinas e gera um enriquecimento mútuo para as disciplinas envolvidas; e (iii) a *transdisciplinaridade*, que diz respeito à construção de um sistema total e sem fronteiras sólidas entre as disciplinas.

Mais conhecida e divulgada, a classificação de Jantsch (citado por SANTOMÉ, 1998) considera outros níveis de colaboração entre as disciplinas: (i) a *multidisciplinaridade*, que seria a justaposição de disciplinas sem explicitar as relações entre elas; (ii) a *pluridisciplinaridade*, que se refere à justaposição de disciplinas pertencentes a uma mesma área do conhecimento, com troca de informações e acúmulo de conhecimentos, e que fica restrita a fenômenos com uma determinada semelhança; (iii) a *disciplinaridade cruzada*, quando uma disciplina domina as demais e determina com o que as demais deverão contribuir, repassando sua metodologia de pesquisa a estas, mecanicamente; (iv) a *interdisciplinaridade*, que congrega os estudos de vários especialistas em um contexto de estudo que é resultado das modificações, redefinições e enriquecimentos sofridos pelas disciplinas envolvidas que passam a ser dependentes umas das outras; e (v) a *transdisciplinaridade*, que corresponde ao nível superior de interdisciplinaridade, caracterizado pela criação de uma macrodisciplina a partir do desaparecimento dos limites e da multiplicação das relações interdisciplinares.

A interdisciplinaridade é considerada por SANTOMÉ (1998) como uma proposta acima de tudo progressista e desafiadora já que o avanço do conhecimento sempre teve estreita relação com novos questionamentos e reformulação de antigos conceitos em novas perspectivas. Além disso, o estudo interdisciplinar pode levar especialistas de uma determinada área do conhecimento a se sensibilizarem por questões nunca levantadas nos seus domínios e a se sentirem desafiados a rever seus conceitos sobre antigas questões à luz de novos conhecimentos adquiridos no intercâmbio com outras disciplinas.

Segundo Pierson e Neves (2001), pode-se perceber, atualmente, que “a demanda pelo interdisciplinar não é meramente acadêmica ou um privilégio científico, mas, acima de tudo, uma demanda social” (p.20). Para as autoras, a interdependência entre a sociedade e a interdisciplinaridade se dá pela seguinte relação: enquanto a primeira oferece seus meios de comunicação e suas redes informatizadas que entrelaçam todas as dimensões sociais e podem favorecer a interdisciplinaridade, esta se mostra fundamental para estabelecer uma política científica e técnica coerente com o desenvolvimento econômico e social alcançados.

À luz da sua relação com a sociedade, pode-se entender a importância da interdisciplinaridade no contexto atual como instrumento para abordar a complexidade da realidade a partir da integração entre elementos de um sistema e da inter-relação entre vários sistemas. Esta posição tem sido objeto do pensamento de Edgard Morin desde o final do século XX.

Em sua obra, Morin critica a ciência principalmente no que diz respeito ao pensamento unidimensional simplificador que considera obscurecedor e desintegrador da complexidade do real. No âmbito educacional, o autor acusa a simplificação de conveniente, uma vez que um assunto simplificado é mais fácil tanto para os alunos anotarem, estudarem e memorizarem, como para os professores ensinarem, avaliarem e a escreverem os manuais.

Segundo Morin (citado por COELHO, 2001), existiria hoje, uma inadequação crescente entre o saber cada vez mais fragmentado entre muitas disciplinas e os problemas com aspectos polidisciplinares e multidimensionais. A complexidade deste novo mundo em processo impõe uma nova perspectiva: a de que o novo conhecimento deve ser descoberto com métodos interdisciplinares e complexos, que priorizem não mais o saber isolado, mas sim as complexas relações deste com o contexto a que pertence. Para tal, é preciso considerar toda a trama de interações e contradições que ocorrem entre vários fenômenos com todas as incertezas e ambigüidades, estimulando a oposição da racionalização fechada à racionalidade aberta, fazendo com que racionalizar seja mais do que acreditar que, se um determinado sistema é coerente, é, portanto perfeito e por isso não precisa ser verificado.

Empenhado em relacionar seu pensamento sobre a complexidade com a educação, Morin (2004) acaba por ter que relacioná-lo às questões sobre disciplinaridade e interdisciplinaridade. Fica clara a relação da complexidade com esta última quando o autor afirma que “o retalhamento das disciplinas torna impossível apreender o que é tecido junto, isto é, o complexo” (p. 14).

Morin (2004) condena os efeitos da compartimentação dos saberes e a incapacidade de articulá-los, estendendo-os à falta de aptidão para contextualizar e integrar, que seria uma qualidade da mente humana que precisa ser desenvolvida e não atrofiada. Segundo o autor, nossa civilização privilegiou a separação em detrimento da ligação entre os saberes, e a análise em detrimento da síntese. Como a organização do conhecimento desune os objetos entre si e os isola de seu contexto natural e do conjunto do qual fazem parte, seria um imperativo da educação conceber o que os une e situá-los em seu conjunto.

Contextualizar, segundo Morin (2004) implica situar todo acontecimento, informação ou conhecimento em relação de inseparabilidade com seu meio ambiente – cultural, social, econômico, político e natural, além de incitar a percepção de como este o modifica ou explica de outra maneira. Este tipo de pensamento, torna-se um *pensamento do complexo* pois procura as relações e inter-retro-ações entre cada fenômeno e seu contexto, as relações de reciprocidade todo/partes: como uma modificação local repercute sobre o todo e como uma modificação do todo repercute sobre as partes.

## **Flexibilidade cognitiva, interdisciplinaridade e complexidade**

### **nos sistemas hipermídia de aprendizagem**

A TFC é elaborada a partir do argumento de que os resultados insuficientes da aprendizagem de nível avançado se devem à estruturação irregular do conteúdo e às demandas de desempenho dos alunos de uma maneira falsamente simplificada e bem-estruturada. A simplificação do conhecimento também é denunciada por Morin como uma estratégia negativa no âmbito educacional, sendo sua preocupação maior o alcance restrito desta estratégia para abordar os contextos sociais, que são complexos.

O corolário da TFC é de que um material que explora contextos re-arranjados dinamicamente a partir de diferentes perspectivas conceituais é um caminho para a aquisição de conhecimento avançado, que está relacionada ao desenvolvimento de estruturas cognitivas flexíveis, ao domínio da complexidade e à preparação para transferência do conhecimento para contextos específicos.

Na medida em que os sistemas hipermídia de aprendizagem permitem a apresentação conceitual multidimensional de uma grande variedade de situações onde não se identificam padrões puros, mas variações desses padrões, sua utilização pode ser eficaz para evitar a simplificação de assuntos complexos, pois facilitam sua abordagem como um todo e aumentam a possibilidade do usuário conseguir atingir uma compreensão mais profunda dos mesmos.

A interação do estudante com o sistema hipermídia de aprendizagem mais de uma vez também pode favorecer a compreensão da complexidade do caso. Algumas das perspectivas representacionais necessárias para compreensão serão alcançadas em uma determinada exploração, enquanto outras ficarão faltando até que em explorações posteriores sejam notadas. Revisitar o sistema hipermídia segundo diferentes caminhos não é, assim, um processo simples e repetitivo somente para formar memórias mais duráveis de algo que alguém já conhece, mas a oportunidade de compor um quadro mais complexo e real dos fenômenos estudados.

A relação entre a flexibilidade cognitiva e o conceito de complexidade está dada desde os pressupostos da TFC, por serem os mesmos dirigidos à aprendizagem avançada em domínios do conhecimento que abordam conceitos e situações complexas e contextualizadas. Apesar de seus autores não terem considerado a questão da interdisciplinaridade como um dos aspectos da complexidade, as idéias de Morin não deixam dúvida de que estes conceitos estão diretamente relacionados na medida em que não há como conhecer o fenômeno complexo se as disciplinas são tratadas isoladamente.

Se cada caso ou exemplo da aplicação de um conceito complexo envolve a interação simultânea entre várias perspectivas conceituais, sejam as de ampla aplicação ou aquelas de aplicação específica para aquele exemplo, pode-se estar diante de um esforço interdisciplinar, quando estas envolverem mais de uma disciplina. Assim, a propriedade dos sistemas hipermídia de aprendizagem de conectar várias representações e conceitos relacionados a uma informação que favorece a abordagem de situações complexas a partir de várias perspectivas pode ser igualmente vantajosa à perspectiva interdisciplinar.

A discussão anterior aponta para a convergência entre os conceitos de complexidade e interdisciplinaridade no âmbito da aprendizagem avançada e para a hipótese de que sistemas hipermídia também podem ser materiais educativos adequados para promover a flexibilidade cognitiva a partir da abordagem interdisciplinar de conteúdos complexos.

### **“Biomec”: um sistema hipermídia que integra conceitos de mecânica, biomecânica e anatomia humana**

O sistema hipermídia de aprendizagem “Biomec” (COLA, 2004) aborda aspectos biomecânicos e anatômicos do movimento humano com apoio de conceitos de mecânica. A idéia é que a integração desses conteúdos leve o aluno a entender a biomecânica do movimento humano e suas relações com a mecânica e a anatomia humana, podendo assim vir a favorecer a visão interdisciplinar entre estas áreas de conhecimento e atender a necessidades conceituais de alunos dos cursos de educação física e de fisioterapia.

A estrutura hipertextual deste material foi útil para enfatizar a forma como estes conceitos se correlacionam e deixar claro que o movimento humano não é um processo que possa ser estudado por uma única disciplina, mas que envolve aspectos mecânicos e anatômicos além de biológicos.

A exploração de diferentes perspectivas conceituais enquanto um caminho para o desenvolvimento de estruturas cognitivas flexíveis e a preparação para transferência do conhecimento para contextos específicos foram as principais estratégias usadas para integrar a mecânica, a biomecânica e a anatomia

humana. Para tal, a análise dos conceitos de cada uma destas áreas procurou priorizar aqueles elementos que se mostrassem aplicáveis às demais.

Assim, a modelagem de conteúdo do sistema hipermídia “Biomec” foi especificada a partir das classes Conceitos Físicos e Cinesiologia, que é dividida nas subclasses Aplicações Biomecânicas e Aplicações Anatômicas (Figura 2).

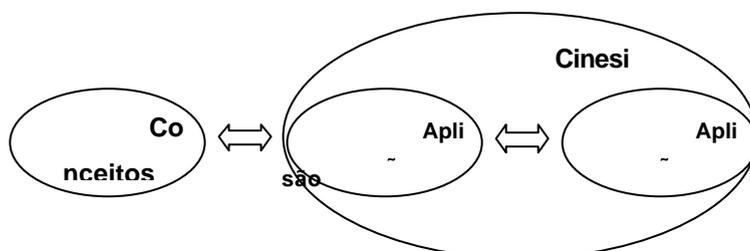


Figura 2. Modelagem de conteúdo do sistema hipermídia “Biomec”.

Na subclasse Aplicações Biomecânicas, os conceitos de mecânica são aplicados à biomecânica e na subclasse Aplicações Anatômicas, os conceitos de biomecânica são relacionados à fisiologia e anatomia do sistema locomotor humano.

Outra preocupação foi proporcionar aos alunos a construção de conhecimentos contextualizados. Esta perspectiva nos levou a utilizar vídeos e animações onde são exibidos movimentos humanos (membros superiores e inferiores) em situações do contexto habitual dos alunos, e a partir daí, buscar integrar o conhecimento do aluno ao conhecimento científico relacionado àquela situação.

A modelagem de navegação do sistema hipermídia “Biomec” é derivada de sua modelagem de conteúdo, incluindo os objetos de navegação como as âncoras, que são as palavras-chave e as estruturas de acesso, que são os índices. O modelo permite a navegação hipertextual entre os nós derivados das classes fundamentais, pois cada um dos conceitos derivados da classe Conceitos Físicos e das subclasses Aplicações Biomecânicas e Anatômicas são interligados. Isto quer dizer que o usuário escolhe as ligações entre os conceitos de acordo com seu objetivo e interesse (que poderão ser função da disciplina na qual esteja sendo usado o material).

As características das modelagens de conteúdo e navegação compõem o desenho instrucional do sistema hipermídia “Biomec” (Quadro 1), que correspondem às recomendações de Jacobson (1994).

Quadro 1

Desenho instrucional do sistema hipermídia “Biomec”

Elementos teóricos (Jacobson, 1994)	Características técnicas do sistema
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emprego de casos e exemplos ricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Texto, vídeos e animações de situações físicas, biomecânicas e anatômicas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstração dos conceitos destacando sua complexidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação de casos contextualizados e relevantes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstração da interdisciplinaridade dos conceitos dentro do espaço multidimensional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de palavras-chave e botões de ligação para ligar as informações das diferentes classes de conteúdo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natureza interligada e estrutura de rede do conhecimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunião do conhecimento a partir das ligações entre os nós do sistema</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizagem ativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto grau de controle do estudante sobre o sistema</li> </ul>
--	--

O projeto da interface do sistema hipermídia “Biomec” se baseou no sistema “Força & Movimento” (REZENDE, 2001) e se caracteriza por promover a concentração do estudante nas tarefas que está realizando e não no funcionamento do programa. Para tal, procurou-se valorizar a consistência da interface, que pode ser caracterizada pelos vários elementos que mantêm a identidade entre os nós correspondentes à classe Conceitos Físicos e às subclasses Aplicações Biomecânicas e Aplicações Anatômicas. Um destes elementos são as cores das telas, que são diferentes para cada uma das classes e subclasses e se mantêm em todas as páginas derivadas destas, permitindo assim, sua identificação pelo usuário. A localização de elementos como título, texto explicativo, quadro de simulação, índices e botões de navegação também contribuem para este fim e, conseqüentemente, são sempre representados na mesma posição em todas as telas do sistema. A título de exemplo, a Figura 3 apresenta a página “Saque”, derivada da subclasse Aplicações Biomecânicas.



Figura 3. Página derivada da subclasse Aplicações Biomecânicas.

Com base nas modelagens de conteúdo e navegação e no projeto da interface, foram implementadas as 58 páginas que compõem a versão preliminar do sistema hipermídia “Biomec”.

### Considerações Finais

Pesquisas que têm como objeto de estudo a interação de estudantes com sistemas hipermídia de aprendizagem podem avaliar a promoção da flexibilidade cognitiva (BOLACHA; AMADOR, 2003), a percepção da interdisciplinaridade entre conceitos abordados no sistema (COLA, 2004) e o efeito da utilização do sistema

sobre diferentes tipos de usuários (FITZGERALD; SEMRAU, 1998). As metodologias de pesquisa em geral envolvem a análise da navegação, testes de conteúdo e elaboração de mapas conceituais antes e após a interação.

Estes estudos vão permitir que os recursos da hipermídia possam influenciar a aprendizagem da melhor forma possível (JONES; BERGER, 1995) e que elaboradores desse tipo de material não se baseiem meramente em sua intuição. Neste sentido, quanto maior clareza existir com respeito aos pressupostos teóricos utilizados no desenho instrucional do sistema, maior compreensão será possível atingir sobre a relação entre a interação dos estudantes com o mesmo e seus objetivos educacionais, sejam eles relacionados à flexibilidade cognitiva, à interdisciplinaridade ou à complexidade.

### Referências Bibliográficas

- BOLACHA, E.; AMADOR, F. (2003). Organização do Conhecimento, Construção de Hiperdocumentos e Ensino das Ciências da Terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, 8(1). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- COELHO, N. (2001). **Edgar Morin: A Ótica da Complexidade e a Articulação dos Saberes**. Núcleo de Estudos da Complexidade. Disponível em <http://www.pluriversu.org>. Acessado em Outubro de 2003.
- COLA, C. S. D. (2004). **Biomec: um sistema hipermídia que integra conceitos de mecânica, biomecânica e anatomia humana**. (Dissertação de mestrado). NUTES-UFRJ.
- CONKLIN, J. (1987). Hypertext: an introduction and survey. **Computer**, September, 17-41.
- FITZGERALD, G.; SEMRAU, L. (1998). The effects of learner differences on usage patterns and learning outcomes with hypermedia case studies. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, 7(4), 309-331.
- JACOBSON, M. (1994). Issues in hypertext and hypermedia research: toward a framework for linking theory-to-design. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, 3(2), 141-154.
- JONES, T.; BERGER, C. (1995). Student's use of multimedia science instruction: designing for the MTV Generation? **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, 4(4), 305-320.
- LEÃO, I. (2001). **O Labirinto da hipermídia**. São Paulo, Editora Iluminárias.
- MARCHIONINI, G. (1988). Hypermedia and learning: freedom and chaos, **Educational Technology**, 28(11), 8-12, November.
- MORIN, E. (2004). **A cabeça bem-feita**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- PIERSON, A.; NEVES, M. (2001). Interdisciplinaridade na formação de professores de ciências: conhecendo obstáculos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, 1(2), ABRAPEC, Maio/Agosto.
- REZENDE, F. (2001). Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia para facilitar a reestruturação conceitual em mecânica básica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, 18(2), 197-213.
- SANTOMÉ, J. (1998). **Globalização e Interdisciplinaridade – O Currículo Integrado**. Porto Alegre: Editora Artmed.
- SPIRO, R. J.; JEHNG, E. J-C. (1990). Cognitive Flexibility and Hypertext: theory And technology for the nonlinear and multidimensional traversal of Complex subject matter. In Don Nix e R. Spiro (Eds.) **Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology**, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 163-205.
- SPIRO, R. J.; FELTOVICH, P. J.; JACOBSON, M. J.; COULSON, R. L. (1991). Cognitive Flexibility, constructivism and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-structured Domains. **Educational Technology**, May, 24-33.

SPIRO, R. J.; FELTOVICH, P. J.; JACOBSON, M. J.; COULSON, R. L. (1992). Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In T. M. Duffy; D. H. Jonassen (Eds.) **Constructivism and the technology of instruction: A conversation**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

DATA DE RECEBIMENTO: 15/04/04

DATA DE APROVAÇÃO: 30/05/05