

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA HIPERMÍDIA  
QUE INTEGRA CONCEITOS BÁSICOS DE MECÂNICA, BIOMECÂNICA E  
ANATOMIA HUMANA**  
(Development and evaluation of a hypermedia system that integrates basic concepts of  
mechanics, biomechanics and human anatomy)

**Flavia Rezende** [frezende@nutes.ufrj.br]  
Laboratório de Tecnologias Cognitivas  
NUTES-UFRJ

CCS, Bloco A, sala 12 – Cidade Universitária - Ilha do Fundão  
CEP 21949-900 – Rio de Janeiro - RJ

**Marco Antonio Cavalcanti Garcia** [marcoacg@unisys.com.br]  
Laboratório de Biomecânica - Departamento de Biociências da Atividade Física  
Escola de Educação Física e Desportos da UFRJ  
Av. Pau-Brasil, 540

Cidade Universitária - Ilha do Fundão  
CEP 21.941-590 - Rio de Janeiro – RJ

**Cláudio dos Santos Dias Cola** [ccolla@ig.com.br]  
Universidade Estácio de Sá  
Jardim Sans Souci, s/nº, Braunes  
CEP: 28610-010 – Nova Friburgo - RJ

### **Resumo**

Este trabalho descreve a modelagem de um sistema hiperídia de aprendizagem que integra conceitos físicos, biomecânicos e anatômicos envolvidos no movimento humano (denominado de “Biomec”) e um estudo realizado a partir de sua utilização por estudantes universitários. O desenho instrucional do sistema hiperídia “Biomec” foi elaborado de maneira a aproximar suas características a um referencial teórico que articula Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) à abordagem interdisciplinar do conhecimento. O sistema foi avaliado a partir de sua utilização por estudantes das disciplinas de Biomecânica I e Cinesiologia de um curso de licenciatura em Educação Física, visando a responder as seguintes questões: (i) qual o seu impacto sobre a atitude dos alunos em relação à Física? (ii) em que medida a abordagem do conteúdo segundo a estrutura hipertextual do sistema favorece a visão interdisciplinar do movimento humano? (iii) em que medida os perfis de navegação dos alunos se adaptam a necessidades conceituais dos alunos de diferentes disciplinas do curso? Os alunos responderam a instrumentos que avaliaram aspectos afetivos e cognitivos antes e após a interação com o sistema, além de terem suas navegações registradas e analisadas. O conjunto de dados obtidos permitiu concluir que o sistema desenvolvido é um material educativo relevante, capaz de influenciar positivamente a atitude dos alunos em relação à Física e favorecer a abordagem interdisciplinar do movimento humano e que parece atender melhor aos estudantes de Biomecânica I do que os de Cinesiologia.

**Palavras-chave:** Hiperídia; Interdisciplinaridade; Física; Biomecânica; Anatomia.

### **Abstract**

This work describes the modeling of a hypermedia learning system (called “Biomec”) that integrates physical, biomechanical and anatomical concepts involved in the human motion and a study carried out with undergraduate students who interacted with the system. The instructional design of the “Biomec” hypermedia system was developed on the basis of a

theoretical framework which articulates the Cognitive Flexibility Theory and the interdisciplinary approach to knowledge. The system was evaluated based on its use by students of Biomechanics I and Kinesiology in a Pre Service Teachers Training Course of Physical Education aiming to discuss the following questions: (i) what is its impact on the students' attitude related to Physics? (ii) in what extent does the hypertextual approach to the content favor the interdisciplinary conception of human motion? (iii) in what extent do the students' navigation profiles adapt to conceptual needs of the different disciplines of the course? The students answered instruments that assessed affective and cognitive aspects before and after the interaction with the system, and had their navigation registered and analyzed. The set of data obtained allowed to conclude that the "Biomec" system is a relevant instructional material, capable of positively influence the students' attitude related to Physics, to favor the interdisciplinary approach of human motion and to attend the students enrolled in Biomechanics I better than the students enrolled in Kinesiology.

**Keywords** : hypermedia; interdisciplinarity; Physics; Biomechanics; Anatomy.

## Introdução

Para os professores da disciplina de Biomecânica, uma área de conhecimento que visa aplicar os conceitos de Mecânica no estudo do movimento humano, os estudantes apresentam, de uma maneira geral, pouco conhecimento, pouco interesse e muita resistência ao estudo destes conceitos, necessários ao estudo da disciplina. Esta opinião é compartilhada por Deprá e Brenzikofer (1999), que descreveram uma rejeição antecipada de estudantes de Educação Física às ciências exatas, o que faz com que estes tenham dificuldade em assimilar leis e conceitos físicos. Segundo estes autores, o uso de novos procedimentos didático-pedagógicos seria de fundamental importância para motivar o aprendizado e envolver o aluno ativamente no processo de aprendizagem. Neste sentido, um dos problemas enfrentados é a carência de materiais didáticos adequados no que diz respeito tanto à representação quanto à aplicação de conceitos de Mecânica ao estudo do movimento humano. A relação interdisciplinar entre a Biomecânica e a Anatomia Humana, muitas vezes desconsiderada, também pode ser vista como motivadora, na medida em que esta disciplina, em geral, desperta muito interesse nos alunos dos primeiros períodos do curso de Educação Física.

Neste contexto, a elaboração de materiais didáticos que explorem a abordagem interdisciplinar dos conceitos envolvidos no movimento humano e que, ao mesmo tempo, possam tornar a aprendizagem mais estimulante, parece ser uma contribuição relevante para o ensino-aprendizagem de Biomecânica. Assim, a motivação principal para este trabalho foi criar um material didático que permitisse ao aluno interagir com simulações dinâmicas de movimentos humanos que serão comuns na sua prática profissional, considerando aspectos fundamentais das relações conceituais que existem entre Mecânica, Anatomia Funcional e Biomecânica.

A idéia central deste trabalho é então, a de que o desenvolvimento de um sistema hipermídia de aprendizagem, que, tendo como principal característica permitir ao aluno acessar rapidamente as ligações conceituais entre conceitos e fenômenos representados por uma variedade de meios (Autor, 2000), poderia favorecer a visão interdisciplinar entre a Mecânica, a Biomecânica e a Anatomia Humana e atuar positivamente sobre a atitude dos alunos da Licenciatura em Educação Física em relação à Física.

A avaliação do sistema foi orientada pelas seguintes questões: (i) qual o impacto da utilização deste sistema hipermídia sobre a atitude dos alunos em relação à Física? (ii) em que medida a abordagem do conteúdo segundo a estrutura hipertextual favorece a visão interdisciplinar do movimento humano? (iii) em que medida os perfis de navegação dos alunos se adaptam a necessidades conceituais dos alunos de diferentes disciplinas do curso?

### **Sistemas hipermídia e aprendizagem de ciências**

Os sistemas hipermídia são sistemas computacionais que ligam, de forma interativa e não seqüencial, “nós” de informação representados por múltiplos meios (Marchionini, 1988), como textos, áudio, figuras, animações e vídeos. Dentre as perspectivas teóricas que têm servido de base para a elaboração de sistemas hipermídia de aprendizagem, a principal é a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) (Spiro *et al.*, 1992). De acordo com os autores, o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva requer múltiplas representações do conhecimento que favoreçam a transferência do conhecimento para novas situações. Para tal, é preciso que seja dada aos alunos a oportunidade de desenvolver suas próprias representações da informação e de construir conhecimento, o que pode, para os autores, ser favorecido na interação com um sistema hipermídia. 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 entre conceitos abstratos e 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.

Desta forma, os sistemas hipermídia de aprendizagem têm na TFC um referencial teórico consistente: à medida que esta teoria recomenda que a apresentação conceitual precisa ser multidimensional e com uma grande variedade de situações onde não se identificam padrões puros, mas variações desses padrões, a utilização destes sistemas 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 (ou flexível) dos mesmos.

Por permitir conexões entre as várias representações e conceitos relacionados a uma informação, os sistemas hipermídia de aprendizagem facilitam a abordagem dos problemas a partir das várias áreas do conhecimento, o que pode ser de grande valia tanto para a perspectiva multidisciplinar quanto para a interdisciplinar (Autor, 2004). Assim, a hipermídia tanto poderia favorecer a justaposição de disciplinas pertencentes a uma área do conhecimento – multidisciplinaridade - quanto à estruturação de um conceito interdisciplinar a partir de um processo de intercâmbio real entre disciplinas que gera um enriquecimento mútuo para as disciplinas envolvidas (Piaget, citado por Santomé, 1998).

Os estudos sobre o uso de sistemas hipermídia na educação em ciências têm se balizado pelo enfoque cognitivista, buscando relacionar a aprendizagem a partir desses sistemas a variáveis como, por exemplo, a experiência que o aluno tem com informática, os estilos de aprendizagem e o conhecimento anterior do aluno (Fitzgerald & Semrau, 1998). Outros estudos focam as relações entre diferentes organizações da informação e os resultados da aprendizagem, utilizando hipertextos que representam a informação em diferentes níveis

de segmentação (Dee-Lucas & Larkin, 1999) e hiperdocumentos sobre o mesmo conteúdo organizado hierarquicamente e em rede (Bolacha & Amador, 2003).

Vários estudos sobre o papel da hipermídia na aprendizagem têm apontado resultados importantes, apesar de não conclusivos. Embora tenha observado que os sistemas hipermídia de aprendizagem apresentam, de forma geral, resultados favoráveis se comparados a materiais não hipertextuais, Liao (1999) ressalta que os resultados destas pesquisas costumam ser conflitantes e destaca ainda que, diferentemente do que pensam alguns pesquisadores, a simples aplicação destes sistemas não garante ganhos na aprendizagem e considera que vários fatores que influenciam seu impacto educacional precisam ser ainda esclarecidos.

Fitzgerald e Semrau (1998) não conseguiram identificar diferenças significativas entre a aprendizagem de estudantes (vista por resultados de testes, mapas conceituais e respostas a perguntas apresentadas no sistema) com os diferentes perfis dos estudantes, apesar de ser significativa a diferença em termos dos padrões de navegação e a forma idiossincrática com que os estudantes fizeram uso dos materiais. Os autores concluíram que o ambiente hipermídia de aprendizagem forneceu instrução igualmente efetiva para os aprendizes, independentemente de suas diferenças. Isso foi possível porque a hipermídia habilita os usuários à “customizar” escolhas instrucionais adequadas a preferências e estilos de aprendizagem, permitindo assim que alcancem níveis de desempenho comparáveis.

Pela sua proposta de interação entre as múltiplas abordagens e perspectivas de um determinado conceito, a TFC é recomendada para prescrever o desenho instrucional de sistemas hipermídia de aprendizagem (Spiro *et al.*, 1992, Jacobson, 1994). Estes sistemas poderiam oferecer esquemas múltiplos de organização e representação do conhecimento em um espaço multidimensional do conteúdo, onde o usuário pode navegar de forma não-linear pelas unidades de informação conceitualmente relacionadas. O espaço multidimensional do conteúdo pode ser adequadamente desenvolvido em sistemas hipermídia de aprendizagem já que, além dos mesmos, caracterizam-se pela multiplicidade de mídias, enfatizam a natureza interligada do conhecimento e encorajam a reunião do conhecimento a partir das relações conceituais.

### **Descrição do sistema hipermídia “Biomec”**

O sistema hipermídia “Biomec” foi especificado a partir da metodologia de Design de Hipermídia Orientado a Objeto (OOHDM) (Schwabe & Rossi, 1994), o que permitiu o seu desenvolvimento em quatro etapas: a modelagem do conteúdo; a modelagem da navegação; o projeto da interface; e a implementação. Estas etapas foram definidas em função do objetivo geral de integrar as áreas de Mecânica, Biomecânica e Anatomia Humana e de proporcionar aos alunos a visualização de conceitos em demonstrações dinâmicas, características que, de um modo geral, representariam um avanço para um material didático para a disciplina de Biomecânica no sentido de tornar a aprendizagem mais estimulante.

#### *A modelagem do conteúdo do sistema*

Visando à relação interdisciplinar do conteúdo das três áreas, a modelagem de conteúdo do sistema foi especificada a partir das classes Conceitos de Mecânica e Cinesiologia, sendo, a última dividida nas subclasses *Aplicações Biomecânicas* e *Aplicações Anatômicas*, como mostra a Figura 1.

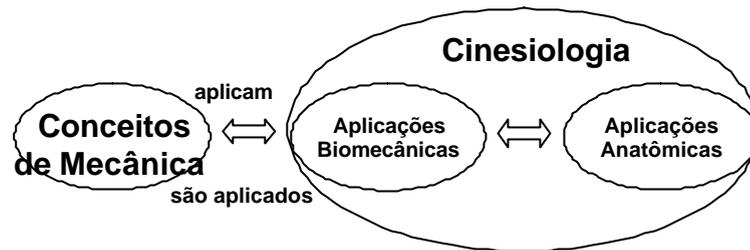


Figura 1. Modelo Conceitual do sistema hipermídia “Biomec”.

O conteúdo da classe Conceitos de Mecânica foi definido segundo o currículo da disciplina de Biomecânica, em geral seguido em cursos de Licenciatura em Educação Física, tendo sido os conceitos de Vetores, Força, Momento de uma Força, Velocidade Angular e Momento de Inércia, considerados fundamentais. 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 Articular e à Anatomia do sistema locomotor humano.

Em cada página derivada do modelo conceitual do sistema, o usuário visualiza animações ou vídeos onde estão envolvidos os conceitos enfocados e tem acesso a textos explicativos que fazem a relação entre o teórico (conceito) e o prático (movimento humano abordado). O conjunto de páginas derivado da classe Conceitos de Mecânica reúne conceitos que dão apoio à abordagem biomecânica do movimento humano, como por exemplo, as páginas referentes ao conceito de *Vetores* (Figura 2). O conceito de *força* é importante na medida em que ajuda o entendimento da força de um músculo e como esta participa da análise biomecânica do movimento. O conceito de *momento de uma força* e as grandezas relacionadas a este conceito, como o módulo da força e a distância entre a linha de ação e o centro de rotação, são abordadas por serem fundamentais para o estudo do movimento humano e dos detalhes anatômicos envolvidos. O conceito de *momento de inércia* foi abordado para facilitar o entendimento de como a distribuição da massa de um corpo se relaciona com o seu movimento. Finalmente, o conceito de *velocidade angular* foi escolhido porque, assim como na Física, é importante também para a Biomecânica, a análise da relação entre o ângulo descrito pelo corpo e o intervalo de tempo gasto por este em um movimento giratório, considerando neste processo, a participação dos aspectos anatômicos envolvidos.

Os movimentos humanos selecionados para enfatizar a aplicação dos conceitos físicos foram: a *contração muscular*, por ser possível aplicar o conceito de vetor aos aspectos anatômicos nela envolvidos e verificar como a direção, o módulo e o sentido deste se comportam durante o movimento; o *levantamento de carga*, porque, do ponto de vista biomecânico, é importante para mostrar como o peso de uma carga, a força de um músculo e as suas características anatômicas participam do movimento humano; a *flexão do cotovelo* foi escolhida para mostrar a aplicação de variáveis de natureza mecânica aos aspectos anatômicos envolvidos, isto é, como o módulo da força e a distância entre a linha de ação desta e a articulação influenciam o movimento; a *locomção* foi abordada para demonstrar como a massa de um corpo e a sua distribuição em relação ao centro de massa a influenciam, ressaltando a importância desses fatores e suas implicações anatômicas no modelo biomecânico do movimento humano; o movimento do *saque* foi escolhido para a análise da

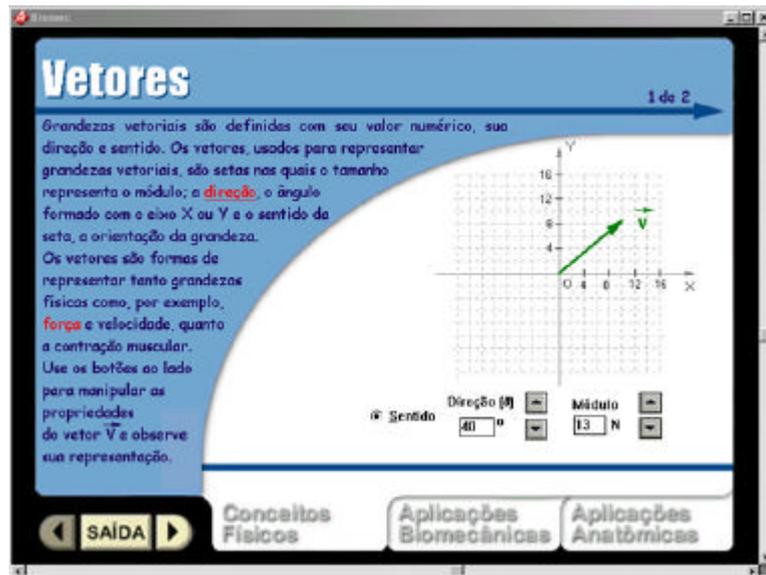


Figura 2. Páginas derivadas da subclasse Conceitos de Mecânica.

relação entre o ângulo descrito pelo braço do jogador e a velocidade inicial da bola, destacando-se nessa análise, a participação dos aspectos anatômicos. A Figura 3 mostra a página referente ao saque, como exemplo das páginas da classe *Aplicações Biomecânicas*.

No conjunto de páginas de *Aplicações Anatômicas* foram abordados movimentos dos membros superiores e inferiores que se relacionam às *Aplicações Biomecânicas* abordadas no sistema, visando estudar aquelas que desempenham tarefas críticas do cotidiano, tais como a locomoção e a interação com o ambiente através dos membros superiores. O músculo *bíceps braquial* foi escolhido porque está diretamente envolvido na flexão do cotovelo e no levantamento de carga. O *músculo deltóide* (Figura 4) foi abordado porque permite discutir os movimentos de levantamento de carga e saque. Os *músculos isquiotibiais* e *glúteo máximo* foram selecionados porque permitem apresentar analogias relacionadas ao conceito de locomoção.

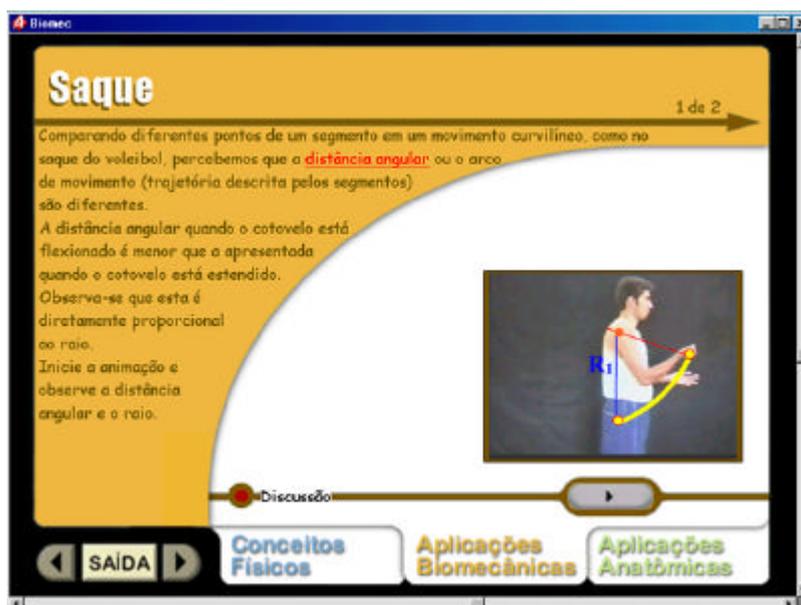


Figura 3. Página derivada da subclasse *Aplicações Biomecânicas*.

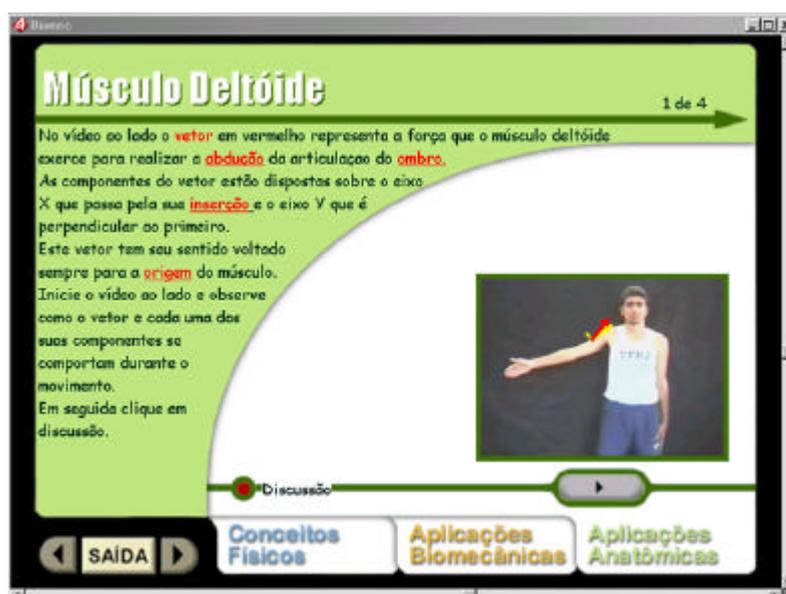


Figura 4. Página derivada da subclasse *Aplicações Anatômicas*.

*A modelagem de navegação do sistema*

A modelagem de navegação do sistema “Biomec” é derivada de sua modelagem de conteúdo, incluindo-se a definição dos tipos de meios (perspectivas) que iriam representar as informações e os objetos de navegação (âncoras) que permitem a ligação entre os conceitos, como por exemplo, as palavras-chave e os índices. Foi também nesta etapa que se especificou o desenho instrucional<sup>1</sup> do sistema visando articular idéias relacionadas à Teoria da

<sup>1</sup> Desenho instrucional de um sistema hipermídia de aprendizagem é a especificação dos pressupostos teóricos sobre os quais este será desenvolvido e a articulação destes com as características que serão exibidas por este sistema (Autor, 1996).

Flexibilidade Cognitiva e à interdisciplinaridade a características da modelagem de navegação que pudessem concretizá-las (Quadro 1).

Quadro 1: Desenho instrucional do sistema hipermídia “Biomec”

Elementos teóricos	Características técnicas
? Emprego de casos e exemplos contextualizados que permitem a demonstração de conceitos abstratos; ? Uso de múltiplas formas de representação do conhecimento;  ? Ênfase nas inter-relações entre conceitos e na reunião do conhecimento a partir de fontes conceituais diferentes que demonstram as contribuições interdisciplinares.	? Uso de situações físicas, biomecânicas e anatômicas contextualizadas e relevantes; ? Situações contextualizadas representadas por textos, vídeos e animações; ? Uso de palavras-chave e índices para ligar conceitualmente informações derivadas das diferentes classes.

Assim, o modelo de navegação do sistema “Biomec” permite a navegação hipertextual entre os nós derivados das classes fundamentais, pois cada um dos conceitos derivados da classe Conceitos de Mecânica e das subclasses *Aplicações Biomecânicas* e *Anatômicas* são interligados. A especificação do desenho instrucional também levou à utilização de vídeos e animações onde são exibidos movimentos humanos (membros superiores e inferiores) em situações comuns em práticas da Educação Física e a partir destas, buscar integrar o conhecimento do aluno ao conhecimento científico relacionado àquela situação.

Em cada uma das telas, para iniciar os vídeos ou as animações, o usuário pode acionar um botão identificado por *Simulação*. Ao final, surge na tela o botão *Discussão* e permanecem disponíveis os índices referentes às classes e subclasses do conteúdo. Assim, o usuário tem a opção de clicar o botão *Discussão* e iniciar uma visita guiada ou navegar livremente acessando os índices *Conceitos de Mecânica*, *Aplicações Biomecânicas* ou *Aplicações Anatômicas*. A partir disso, foram desenvolvidas 11 seqüências pré-definidas de telas (visitas guiadas) de duas a quatro páginas com as quais o aluno pode interagir e aprofundar a discussão dos conceitos derivados da classe Conceitos de Mecânica e subclasses *Aplicações Biomecânicas* e *Anatômicas*. Ao acionar o botão *Discussão*, o programa conduzirá à página seguinte, na qual ele poderá manipular variáveis (dependendo do conceito) de uma situação simulada em cada uma das três áreas. Dentro destas seqüências, o usuário poderá retornar à página anterior através do botão *voltar* ou passar à página seguinte, acionando o botão *seguir*. Na última página de uma visita guiada, os índices *Conceitos de Mecânica*, *Aplicações Biomecânicas* e *Aplicações Anatômicas* são habilitados, oferecendo a oportunidade de navegação livre.

#### *O projeto da interface do sistema*

O projeto de interface do sistema hipermídia “Biomec”, baseado na arquitetura da interface do sistema “Força & Movimento” (Autor, 2001), caracteriza-se 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, mantendo-se a identidade entre os nós correspondentes à classe Conceitos de Mecânica e às subclasses *Aplicações Biomecânicas* e *Aplicações Anatômicas*. Um dos elementos importantes neste sentido 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. Estas características da interface podem ser observadas nas Figuras 2 e 3.

### *Implementação do sistema*

A implementação consistiu na programação do sistema a partir dos modelos definidos nas etapas anteriores, com auxílio do sistema de autoria Multimedia Toolbook II (Asymetrix, USA, versão 4.0). Foram então, implementadas 58 páginas que compõem a versão preliminar do sistema hipermídia “Biomec”.

### **Metodologia**

Devido à característica dos sistemas hipermídia de veicular a informação de forma não-linear e promover assim uma inovação na relação do usuário com o conteúdo, a avaliação da aprendizagem a partir desses materiais impõe novas metodologias e novas questões a serem investigadas. Assim, procurou-se incluir no processo de avaliação do sistema “Biomec”, diferentes instrumentos, descritos a seguir, que pudessem avaliar diferentes aspectos da aprendizagem.

#### *Instrumentos utilizados*

##### a) Mapas conceituais

Os mapas conceituais têm sido usados em pesquisas sobre o uso de programas hipermídia na aprendizagem (Bolacha & Amador, 2003), por guardarem semelhança com a representação da informação nos sistemas hipermídia de aprendizagem. Mapas conceituais representam graficamente relações entre conceitos na forma de proposições (Novak, 1990) e encontram sua fundamentação teórica na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (Ausubel et al., 1983). Segundo esta teoria, os conhecimentos são armazenados na forma de uma estrutura hierárquica de conceitos, que influencia na aprendizagem e no significado atribuído a novos conceitos. Para que ocorra a aprendizagem, o novo conceito deve se vincular a um ou mais conceitos pré-existentes (chamados de conceitos subsunçores) na estrutura cognitiva. As proposições que constituem o mapa conceitual podem consistir em dois ou mais conceitos unidos por palavras de ligação de modo a formar um sentido. Os conceitos mais gerais devem situar-se no topo do mapa enquanto os mais específicos abaixo deles. Moreira (2003) destaca que, como instrumento de avaliação da aprendizagem, estes podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aluno atribui a um dado conhecimento, a partir da análise dos significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno.

Neste estudo, o aluno foi solicitado a construir um mapa conceitual sobre o movimento de uma articulação do corpo humano que ele poderia escolher, sobre uma ficha

que continha a explicação sucinta do que é um mapa conceitual e apresentado um exemplo. A escala de pontuação adotada foi a sugerida por Novak e Gowin (1984) que, embora destaquem que qualquer pontuação para os mapas conceituais tem um certo grau de subjetividade, recomendam alguns critérios tais como considerar os elementos válidos, ou seja, “aqueles que demonstrem que o aluno sabe que tipo de objeto ou acontecimento corresponde à designação do conceito” (página 121). A partir do valor 1,0, escolhido arbitrariamente para as relações ou proposições válidas, atribuíram-se valores múltiplos para os níveis hierárquicos válidos (Tabela 1). Foi estabelecido que os mapas conceituais que tivessem, ao menos, 10 proposições válidas, 3 níveis hierárquicos e 2 ligações transversais, totalizando 100 pontos, seriam considerados de nível médio. Já aqueles que tivessem nota superior, seriam considerados de nível elevado, enquanto que aqueles com nota menor seriam considerados de nível baixo.

Tabela 1: Valores para a pontuação dos Mapas conceituais

Elemento válido do Mapa Conceitual	Pontuação
Relações ou proposições	1,0 ponto
Níveis hierárquicos	10,0 pontos
Ligações transversais entre dois segmentos	30,0 pontos

#### b) Escala de atitudes em relação à Física

Foi considerado importante avaliar a atitude dos alunos em relação à Física, na medida em que esta parece ser um possível fator de rejeição de parte do conteúdo abordado em Biomecânica. Para que se tenha uma atitude em relação a um objeto, é necessário que se tenha uma representação cognitiva desse, somado a um componente puramente afetivo, isto é, um sentimento pró ou contra este objeto (Rodrigues, 1976). A combinação desses elementos (cognitivo e afetivo) pode funcionar como um incentivador de comportamentos, dadas determinadas situações. Os componentes cognitivo, afetivo e comportamental, que integram as atitudes sociais, influenciam-se mutuamente em direção a um estado de harmonia. Quando um de seus componentes é alterado, os outros dois também se modificam e dão origem a um novo estado de harmonia. Segundo Rodrigues (1976), as atitudes desempenham papel relevante no processo de aprendizagem, o que significa que um indivíduo deve aprender mais facilmente conteúdos em relação aos quais ele apresenta atitude favorável.

Para avaliar a atitude dos alunos, foi utilizada a escala de atitudes em relação à Física desenvolvida por Autor (1988) que é composta pelas sub-escalas Conteúdo, Professor, Aplicabilidade e Sensações, cujas afirmativas recebem valores intervalares decrescentes (de 5,0 a 1,0) para as 16 perguntas de polaridade positiva e crescentes (de 1,0 a 5,0) para as 13 de polaridade negativa. Os coeficientes de fidedignidade das quatro sub-escalas avaliados por Autor (1999) foram calculados por meio do coeficiente alpha de Cronbach tendo sido encontrados: 0,76 para a sub-escala Conteúdo; 0,87 para a sub-escala Professor; 0,67 para a sub-escala Aplicabilidade; e 0,79 para a sub-escala Sensações. Sendo valores acima de 0,70, indicativos de uma boa consistência interna (Vianna, 1982), consideramos que a escala apresenta fidedignidade satisfatória.

Para se avaliar a atitude a partir dos escores médios obtidos pelos estudantes, foram seguidos os seguintes critérios, definidos por Autor (1988): escores médios maiores que 4

representam atitude favorável em relação à Física; escores médios inferiores a 2 representam atitude desfavorável à Física; enquanto que escores médios entre estes valores representam uma atitude de indiferença ao aspecto investigado. Foi informado aos alunos que para responderem às afirmativas da sub-classe Professor deveriam tomar por base o professor(a) de Física do ensino médio, uma vez que não existe esta disciplina no currículo dos alunos envolvidos no estudo.

### c) Questão Conceitual

A questão conceitual solicitava que o aluno descrevesse os aspectos envolvidos no movimento humano realizado para levantar um peso por meio da flexão do cotovelo, podendo incluir uma imagem para isto. Foram atribuídos valores de 0 a 5,0 às respostas, levando-se em conta o grau de integração de conceitos de Mecânica, de Biomecânica e de Anatomia Humana utilizados.

### d) Registros da navegação

A navegação de cada aluno durante a interação com a versão preliminar do sistema hipermídia “Biomec” foi avaliada a partir do caminho percorrido por ele, registrado pelo Multimedia Toolbook em arquivos com formato *.txt*, onde são gravadas as seqüências das páginas e o tempo utilizado em cada uma delas. A Figura 6 apresenta um trecho da navegação de um aluno registrado em um arquivo *.txt*. A análise da navegação também incluiu a frequência absoluta dos acessos aos objetos de navegação (glossário, palavras-chave, variáveis e botão simulação).

```

NOME: 09211094  DATA: 30/3/2004  HORA: 11:29:27
NOME DA PÁGINA; HORA DE ACESSO; BOTÃO.
capa; 11:29:27;
Indice_Anatomia; 11:29:29;
Indice_Anatomia; 11:29:40; BtBiceps
BicepsBraquialNicial; 11:29:42; ppinser
BicepsBraquialNicial; 11:29:43; linwet
BicepsBraquialNicial; 11:29:50; ppcot
BicepsBraquialNicial; 11:29:58; ppinser
BicepsBraquialNicial; 11:30:05; ppinser
BicepsBraquialNicial; 11:30:10; ppinser
BicepsBraquialNicial; 11:30:13; ppinser
BicepsBraquialNicial; 11:30:28; pporig
BicepsBraquialNicial; 11:30:45; play
BicepsBraquialNicial; 11:30:59; cf
BicepsBraquialNicial; 11:31:00; Discussao
BBExercicio; 11:31:02; BBExercicio
BBExercicio; 11:32:11; vA
BBExercicio; 11:32:18; vA
BBExercicioA; 11:32:30; pgradulin
BBExercicioA; 11:33:19; play
    
```

Figura 6. Arquivo texto correspondente à navegação de um aluno.

### e) Questionário de opinião

Foi aplicado um questionário de opinião adaptado a partir do instrumento elaborado por Autor (1996) para obter dos alunos opiniões gerais e considerações específicas sobre como o sistema hipermídia “Biomec” os teria ajudado na visão interdisciplinar do movimento humano e como realizaram a navegação.

### *Descrição do estudo*

A utilização da versão preliminar do sistema “Biomec” por uma amostra de uma turma da disciplina de Biomecânica I (n = 13) do 7º período de um curso de Licenciatura em Educação Física (grupo 1) e por outra amostra de uma turma da disciplina de Cinesiologia (n = 10) do 4º período do mesmo curso (grupo 2) permitiu avaliar seu impacto sobre a atitude dos alunos em relação à Física, sobre a construção do conceito de movimento humano e estudar as características da navegação.

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: na 1ª etapa, realizada uma semana antes da interação com o sistema hipermídia “Biomec”, foi solicitado que os estudantes elaborassem os mapas conceituais, respondessem à questão conceitual e à escala de atitudes em relação à física; na 2ª etapa, os estudantes interagiram livremente com o sistema hipermídia “Biomec” e responderam ao questionário de opinião imediatamente após a interação; na 3ª etapa, realizada uma semana após a interação, os estudantes elaboraram novamente mapas conceituais, responderam novamente à questão conceitual e à escala de atitudes em relação à física.

Os alunos foram identificados pelos seus números de matrícula, utilizados como senhas para interagir com o sistema. A partir desta identificação, os alunos foram renomeados, conforme o grupo, de B1 à B13 para o grupo 1 e de C1 à C10 para o grupo 2.

As 1ª e 3ª etapas ocorreram em salas de aula convencionais, enquanto a 2ª etapa ocorreu em um Laboratório de Informática.

Com a intenção de observar se a utilização do sistema hipermídia desenvolvido influenciaria na atitude dos alunos de ambos os grupos em relação à Física, foram calculados os escores médios para cada estudante, antes e depois da utilização do sistema. Nesta análise foi realizado o teste de *Wilcoxon* onde foi adotado o nível de significância ( $\alpha$ ) igual a 0,05, e utilizado o *software* STATISTICA (Statsoft, USA - versão 5.1).

Para compreender em que medida a abordagem do conteúdo, segundo a estrutura hipertextual do sistema desenvolvido permitiria a visão interdisciplinar do movimento humano, foram comparados os mapas conceituais e as questões conceituais antes e depois da utilização do sistema pelos dois grupos.

Procurou-se observar se existiriam diferenças entre as notas obtidas na questão conceitual e, principalmente, no número de conceitos interligados e nos níveis de hierarquização entre estes, nos mapas conceituais, comparando ambos os instrumentos confeccionados pelos grupos nestas duas fases. Nesta análise também foi realizado o teste de *Wilcoxon*, tendo sido adotado o nível de significância ( $\alpha$ ) igual a 0,05, calculado pelo *software* STATISTICA (Statsoft, USA - versão 5.1).

Para estudar em que medida o sistema se adaptaria às necessidades conceituais dos alunos de Biomecânica I e de Cinesiologia, foram avaliados os registros de navegação de cada aluno paralelamente aos resultados da questão conceitual e dos mapas conceituais obtidos

antes e depois da interação com o sistema, além da consideração das informações obtidas a partir do questionário de opinião.

## Resultados

### *Atitude dos alunos em relação à Física*

A Tabela 2 apresenta as médias obtidas pelos alunos de Biomecânica I (grupo 1, n=13) em cada sub-escala da escala de atitudes em relação à Física na 1ª etapa e na 3ª etapa do estudo. O grupo apresentou, antes da interação com o sistema, uma atitude com tendência a favorável nas sub-escalas Conteúdo e Sensações e atitude favorável no que diz respeito à Aplicabilidade da Física. A média total classifica o grupo 1 como indiferente em relação à Física com tendência à atitude favorável, antes da interação com o “Biomec”.

Tabela 2: Variação das médias nas sub-escalas da escala de atitudes em relação à Física obtidas pelo grupo 1

Sub-escala	Média 1ª etapa	D. P.	Média 3ª etapa	D. P.	p
Conteúdo	3,96	0,46	4,11	0,46	0,442
Professor	3,50	0,67	4,12	0,68	0,064
Aplicabilidade	4,05	0,80	4,14	0,44	0,678
Sensações	3,80	0,84	4,04	0,79	0,423
Média	3,82	1,82	4,11	1,50	0,121

A média total obtida pelo grupo 1 na 3ª etapa indicou que o grupo passou a apresentar atitude favorável em relação à Física. Entretanto, as diferenças entre as médias em cada sub-escala e a média total não foram estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

Os resultados obtidos da aplicação da escala de atitudes aos alunos de Cinesiologia (grupo 2, n=10) são apresentados na Tabela 3. As médias das sub-escalas antes da interação com o sistema indicaram uma posição indiferente em relação à Física, exceto para a sub-escala Aplicabilidade. Nesta etapa, a média total da escala classifica o grupo como indiferente em relação à Física. As médias das sub-escalas obtidas pelo grupo 2 após a interação com o “Biomec” indicaram um discreto aumento em relação à 1ª etapa, que não altera a classificação da atitude do grupo, exceto a média da sub-escala Professor, que diminuiu. O Teste de *Wilcoxon* indicou que as diferenças tanto vistas pela média total, como para as sub-escalas, individualmente, não foram estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabela 3: Variação das médias nas sub-escalas da escala de atitudes em relação à Física obtidas pelo Grupo 2

Sub-escala	Média 1ª etapa	D. P.	Média 3ª etapa	D. P.	P
Conteúdo	3,72	0,33	3,88	0,31	0,138
Professor	2,63	0,68	2,49	0,47	0,540
Aplicabilidade	4,03	0,68	4,25	0,60	0,477
Sensações	3,14	0,89	3,33	0,81	0,313
Média	3,38	2,00	3,48	1,77	0,121

*Visão interdisciplinar do movimento humano*

A questão sobre a visão interdisciplinar foi respondida pela associação dos resultados dos mapas conceituais, da questão conceitual e da questão sobre interdisciplinaridade do questionário de opinião. Os valores obtidos pelos alunos de ambos os grupos nos mapas conceituais antes e após o uso do “Biomec” são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Variação das médias obtidas pelos grupos 1 e 2 nos Mapas Conceituais nas 1ª e 3ª etapas do estudo

Mapas Conceituais	Média (1ª etapa)	D.P.	Média (3ª etapa)	D. P.	p
Grupo 1 (n=13)	67,53	51,60	158,53	47,36	0,001*
Grupo 2 (n=10)	79,20	51,15	110,30	72,13	0,386

\* significativo para  $p < 0,05$ .

Os resultados mostram que as notas dos dois grupos nos mapas conceituais aumentaram após a utilização do sistema hipermédia “Biomec”, sendo que a variação das médias do grupo 1 foi estatisticamente significativa ( $p = 0,001$ ).

As Figuras 5 e 6 mostram mapas conceituais elaborados por um aluno do grupo 1. É possível observar o aumento do número de proposições e níveis de hierarquização e segmentação após a interação com o sistema.

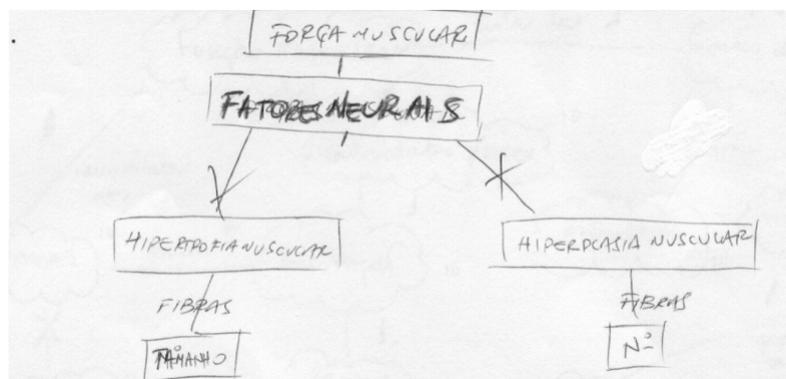


Figura 5. Mapa Conceitual sobre Força Muscular elaborado pelo aluno B5 do grupo 1 na 1ª etapa do estudo.



Figura 6. Mapa Conceitual sobre Força Muscular elaborado pelo aluno B5 do grupo 1 na 3ª etapa do estudo.

Os resultados obtidos pelos grupos 1 e 2 na questão conceitual na 1ª e 3ª etapas são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Médias da Questão Conceitual obtidas pelos Grupos 1 e 2 na 1ª e 3ª etapas do estudo

Questão Conceitual	Média (1ª etapa)	D. P.	Média (3ª etapa)	D. P.	p
Grupo 1 (n= 16)	1,30	0,75	3,53	0,87	0,001*
Grupo 2 (n=10)	2,30	1,15	2,80	0,78	0,115

\* significativo para  $p < 0,05$ .

De modo semelhante ao observado em relação aos mapas conceituais, houve uma variação positiva das médias obtidas por ambos os grupos na questão conceitual, considerando as duas etapas do estudo, sendo que a variação das médias obtidas pelo grupo 1 foi estatisticamente significativa ( $p = 0,001$ ).

Foi observado que cerca de metade das respostas dadas à Questão Conceitual por ambos os grupos, na 3ª etapa, continham desenhos explicativos, sendo estes semelhantes às animações utilizadas para demonstrar a flexão do cotovelo nas situações abordadas no sistema.

#### Opinião em relação ao sistema

No questionário de opinião, os alunos do grupo 1 se referiram ao programa com expressões como “inovador”, “facilitador”, “didático” e “interessante”. A maioria (10 estudantes) deste grupo respondeu que conseguiu perceber aspectos interdisciplinares do movimento humano e destacaram que a interação com o sistema melhorou a compreensão da relação entre Anatomia e Biomecânica. Os alunos avaliaram o seu grau de concentração entre médio e alto, e consideraram que a ligação entre conceitos foi buscada no sentido do aprofundamento pessoal do conteúdo. Apenas três alunos do grupo 1 responderam que se perderam, mas relataram que conseguiram se reencontrar no decorrer da navegação.

A análise dos questionários do grupo 2 demonstrou também uma posição favorável em relação ao sistema, comprovada por adjetivos como “prático”, “esclarecedor” e “dinâmico”. Quase todos os alunos deste grupo confirmaram que o sistema ajudou a compreender a interdisciplinaridade de conceitos que existe no movimento humano, com destaque para a percepção entre Física e Anatomia. Os alunos consideraram seu nível de concentração alto, o que pode explicar por que a maioria (10 estudantes) respondeu que não se perdeu durante a navegação.

Finalmente, verificou-se que os alunos de ambos os grupos acrescentaram sugestões espontaneamente ao final dos questionários, dentre as quais destacamos a inclusão de “mais músculos” e de “questões objetivas”. A primeira sugestão demonstra de certa forma que os estudantes reconheceram a importância dos conceitos anatômicos para a análise adequada do movimento humano, uma vez que esta versão preliminar inclui apenas uma amostra de 24 músculos, o que foi razoável para testar o sistema, mas que é insuficiente para uma abordagem adequada.

#### *Navegação no sistema hipermídia “Biomec”*

##### a) Perfil de navegação do grupo 1

A frequência de páginas visitadas (contadas uma única vez) variou entre o mínimo de 25 e o máximo de 38 (do total de 55), mostrando que o sistema não foi completamente explorado por nenhum estudante. As páginas mais visitadas por todos os alunos foram Vetores, Decomposição de Vetores, Levantamento de Carga, Contração Muscular, Músculo Bíceps Braquial e Músculo Glúteo Máximo.

A página Vetores foi a que recebeu o maior número de acessos. Não foram verificados acessos sucessivos em curtos espaços de tempo às páginas, o que poderia significar desorientação por parte dos alunos. Este fato coincide com as declarações dos alunos nos questionários de opinião sobre o “Biomec” (veja seção anterior), onde apenas três alunos consideraram terem se perdido, apenas temporariamente.

Em relação ao número de páginas (contadas uma única vez) visitadas por classes e subclasses, verificou-se que os alunos do grupo 1 apresentaram um intervalo de acesso que variou entre o mínimo de 4 e o máximo de 12 páginas na subclasse *Aplicações Biomecânicas*, enquanto que na subclasse *Aplicações Anatômicas* este intervalo foi de 6 a 24 páginas, e de 2 a 4 páginas na classe Conceitos de Mecânica.

##### b) Perfil de navegação do grupo 2

A frequência de páginas visitadas (contadas uma única vez) variou entre 13 e 29. As páginas mais visitadas por todos os alunos foram Força, Levantamento de Carga, Contração Muscular, Músculo Bíceps Braquial e Músculos Isquiotibiais. Igualmente ao grupo 1, o maior número de acessos a uma única página se verificou na página Vetores. Não foram verificados

sucessivos acessos a páginas em curtos espaços de tempo, padrão de navegação que poderia significar desorientação por parte dos alunos.

*O número de páginas (contadas uma única vez) visitadas por classe e subclasse foi maior na subclasse Aplicações Biomecânicas, onde o intervalo variou entre 6 e 14. Já a subclasse Aplicações Anatômicas apresentou um intervalo de 5 a 18, enquanto que o da classe Conceitos de Mecânica variou entre 1 e 2.*

O intervalo de número de acessos a palavras-chave neste grupo ficou entre 1 e 3 e ao Glossário, entre 1 e 5. Os intervalos de acessos às variáveis e às simulações variaram entre 2 a 42 e 1 a 45.

## **Discussão**

### *Atitude em relação à Física*

Os resultados da escala de atitudes não apresentaram diferenças estatisticamente significativas e, portanto, serão analisados em termos de tendências. Os alunos do grupo 1 apresentaram tendência de mudança de atitude em relação à Física passando de uma atitude inicialmente indiferente (ou favorável) para um posicionamento favorável (ou mais favorável), quando comparados os escores de cada sub-escala, ou a média total.

A análise dos resultados obtidos pelo grupo 2 mostrou que o aumento das médias das subclasses Conteúdo, Aplicabilidade e Sensações, como também da média total da escala não foi suficiente para mudar a atitude inicial do grupo em relação à Física, considerando-se os critérios de avaliação utilizados.

A mudança da atitude em relação à Física dos estudantes do grupo 1 após a interação com o “Biomec” pode ter sido facilitada por um componente cognitivo somado ao componente afetivo na medida em que os alunos de Biomecânica I já teriam flexibilizado, no contato com conceitos físicos na disciplina de Cinesiologia, sua atitude negativa inicial em relação à Física, mostrando-se agora menos resistentes em mudá-la em função da interação com o sistema. A diferença entre os grupos poderia ser explicada pelo fato da disciplina de Cinesiologia anteceder a de Biomecânica I no currículo da Licenciatura em Educação Física. Desta forma, os alunos da disciplina de Cinesiologia, que estão tendo o primeiro contato com conceitos de Física desde o ensino médio, manteriam ainda reforçada sua atitude em relação à disciplina trazida do ensino médio e, por isso, teriam se mostrado menos flexíveis em alterá-la quando apresentados ao sistema. Assim, não havendo ganho cognitivo a partir da interação do grupo 2 com o sistema, a experiência teria sido incapaz de provocar uma atitude mais favorável em relação à Física. Uma possível interpretação para este fato estaria na visão, implícita na disciplina, de que existe uma rejeição antecipada dos estudantes do Curso de Educação Física às ciências exatas e de que muitos estudantes não gostam da disciplina (Depra & Brenzikofer, 1999). Além disso, como os alunos de Biomecânica estão no ciclo de aprofundamento profissional, já se mostrariam mais conscientes da importância dos conceitos de Mecânica na sua atividade futura.

Pode-se dizer, assim, que o sistema hipermídia “Biomec” poderia potencialmente influenciar a atitude em relação à Física dos estudantes do curso de Licenciatura em Educação Física, preferencialmente quando utilizado na disciplina de Biomecânica I. A comparação dos

resultados da escala de atitudes com a análise de navegação individual mostrou também que os alunos que demonstraram maior mudança na atitude em relação à Física apresentaram uma navegação caracterizada pelo maior número de acessos (a páginas, ao glossário, à discussão e ao botão simulação) e vice-versa.

#### *Visão interdisciplinar do movimento humano*

A relação entre a estrutura hipertextual do sistema “Biomec” e a visão interdisciplinar do movimento humano foi observada a partir das características da navegação paralelamente à elaboração dos mapas conceituais, os resultados da questão conceitual e as respostas às perguntas sobre interdisciplinaridade dadas pelos alunos no questionário de opinião.

Observou-se que, tanto em relação ao desempenho nos mapas conceituais quanto na questão conceitual, a variação de graus apresentada pelos alunos de ambos os grupos indicou melhora em termos da inter-relação entre conceitos, sendo as variações dos graus apresentados pelos alunos do grupo 1, estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

Ao se compararem os resultados dos dois grupos com a análise da navegação individual, pode-se estabelecer uma relação entre a navegação mais abrangente (caracterizada pelo maior acesso a páginas, ao glossário, às visitas guiadas e botão simulação) e a mudança significativa das médias obtidas tanto nos mapas conceituais como na questão conceitual.

Além disso, ambos os grupos responderam que o sistema permitiu a compreensão dos aspectos interdisciplinares dos conceitos envolvidos no movimento humano, ressaltando que a interação com o *software* melhorou esta compreensão, principalmente com a demonstração da relação entre conceitos físicos, biomecânicos e anatômicos.

Com base nesses resultados, considerou-se que o sistema hipermídia “Biomec” favoreceu a visão interdisciplinar do movimento humano.

#### *Necessidades conceituais dos alunos de diferentes disciplinas*

Considerando os resultados da análise da navegação de ambos os grupos e os resultados obtidos através dos mapas conceituais e a questão conceitual, observa-se que os grupos apresentaram padrões diferenciados em relação a aspectos importantes como o tempo total, número de páginas acessadas e frequência absoluta de acesso aos objetos de navegação.

Os alunos do grupo 1 apresentaram um perfil de navegação caracterizado por maior número de páginas visitadas e intervalos maiores de frequência absoluta dos acessos aos objetos de navegação e uma tendência mais exploratória do conteúdo do sistema, caracterizada por interações mais longas que priorizaram o aprofundamento conceitual, com destaque para o maior número de páginas visitadas e o uso das discussões e botões simulação.

Os alunos do grupo 2 apresentaram um perfil de navegação caracterizado por um menor número de páginas visitadas e intervalos menores de frequência absoluta dos acessos aos objetos de navegação. Estes aspectos apontam para uma abordagem mais seletiva do conteúdo do sistema, realizando interações mais objetivas que priorizaram as necessidades individuais dos usuários mais do que o aprofundamento conceitual geral.

Pode-se interpretar que o grupo 1 explorou mais o conteúdo do sistema e participou mais ativamente da construção do conhecimento viabilizada pela interação, na medida em que possuíam os subsunçores necessários para a compreensão do conteúdo. Por outro lado, os alunos da disciplina de Cinesiologia, por não estarem familiarizados com o conteúdo do sistema foram levados a fazer a opção por uma navegação mais seletiva e pessoal, provavelmente, orientada por algumas curiosidades e dificuldades conceituais remanescentes do ensino médio.

A diferença entre as condições iniciais dos grupos em termos do conhecimento anterior à interação com o sistema parece estar diretamente relacionada aos perfis de navegação observados, igualmente como foi sugerido pelo estudo de Fitzgerald & Semrau (1998). Porém, no presente estudo, essas condições também influenciaram a aprendizagem a partir da utilização do sistema hipermídia “Biomec”, vista pelos resultados dos mapas conceituais e da questão conceitual.

## **Conclusões**

É possível concluir que os resultados obtidos respondem às questões de estudo e que a versão preliminar do sistema hipermídia “Biomec” atendeu aos objetivos inicialmente propostos, mostrando-se um material educativo relevante para o público-alvo para o qual foi desenvolvido. A elaboração do seu desenho instrucional com base em pressupostos da TFC articulados ao conceito de Interdisciplinaridade podem ter sido fatores importantes para o alcance dos resultados favoráveis.

Reconhece-se que os resultados obtidos sobre a relação entre o uso do sistema hipermídia “Biomec” e a visão interdisciplinar do movimento humano precisam de maior refinamento, esclarecendo como o sistema favorece essa compreensão e como é essa compreensão. Recomenda-se, assim, o aprofundamento da pesquisa por meio de outras propostas metodológicas a fim de se alcançar a compreensão da relação entre esse tipo de material educativo e o conhecimento interdisciplinar proporcionado.

Os resultados deste trabalho podem contribuir para suprir a carência de materiais educativos voltados para o ensino de Biomecânica, Cinesiologia e Anatomia Humana usados nos cursos de Educação Física, Fisioterapia, Enfermagem e Medicina. Entretanto, reconhece-se que o material educativo desenvolvido não pode resolver, isoladamente, problemas pedagógicos das disciplinas de Biomecânica, Cinesiologia e Anatomia, sendo este estudo um indicador de que este quadro geral pode ser transformado a partir de iniciativas e pesquisa voltadas objetivamente para encontrar soluções adequadas.

Comparados os diferentes perfis de navegação com os resultados obtidos com todos os instrumentos de pesquisa, percebeu-se que, de uma forma geral, o sistema atendeu melhor às necessidades do grupo 1 do que as do grupo 2. Esses resultados indicam que o “Biomec” pode proporcionar melhor desempenho aos alunos de Biomecânica I do que aos alunos de Cinesiologia, provavelmente porque estes apresentam condições afetivas e cognitivas mais propícias.

A diferença em termos do conhecimento anterior de dois grupos de estudantes que interagiram com o sistema hipermídia “Biomec” pode ter implicado variação dos perfis de navegação observados, mas, ao contrário do que concluíram Fitzgerald e Semrau (1998),

essas condições também parecem ter influenciado a aprendizagem. Os resultados deixam em aberto a consideração feita por Fitzgerald e Semrau (1998) de que os sistemas hipermídia seriam ambientes de aprendizagem igualmente efetivos para os estudantes independentemente de suas diferenças.

A análise da navegação considerou que quanto mais abrangente em temas de conteúdo e mais aprofundada em termos do aproveitamento de recursos como as visitas guiadas e os glossários, maior o impacto do sistema "Biomec" sobre a aprendizagem. Já que os resultados do estudo revelaram que o sistema foi pouco explorado por ambos os grupos de estudantes, (embora o grupo 1 tenha explorado mais), a questão passa a ser então, como adequar o sistema aos interesses cognitivos e afetivos do estudante de modo que ele seja melhor explorado e assim, tenha mais impacto sobre sua construção de conhecimentos.

## Referências

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.
- 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>.
- Cola, C. S. D. (2004) Biomec: um sistema hipermídia que integra conceitos básicos de mecânica, biomecânica e Anatomia Humana. (Dissertação de Mestrado). NUTES-UFRJ.
- Deprá, P., Brenzikofer, R. (1999) Desenvolvimento de um laboratório básico para o ensino de Biomecânica. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica*, Maio, Florianópolis, 333-338.
- Dee-Lucas, D., Larkin, J. H. (1999) Hypertext Segmentation and goal compatibility: effects on study strategies and learning, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 8(3), 279-313.
- 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.
- Imbiriba, L. A., Rezende, F. (1999) Atitude dos Estudantes em relação à Física – Podemos afirmar que é desfavorável? *Anais do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Valinhos, SP.
- 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.
- Liao, Y. C. (1999) Effects of Hypermedia on students' achievement: a meta-analysis, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 8, 3, 255-277.

- Marchionini, G. (1988) Hypermedia and learning: freedom and chaos, *Educational Technology*, 28(11), 8-12.
- Moreira, M A. (2003) Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Instituto de Física. UFRGS. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/moreira/mapasport.pdf>. Acessado em novembro de 2003.
- Novak, J. (1990) Concept mapping: a useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27.
- Novak, J. D., Gowin, B. (1984) *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Rezende, F. (1988). *Avaliação de um currículo inovador de Física implementado com auxílio de microcomputador*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Educação, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Rezende, F. (1996). *A hipermídia no ensino da física facilitando a construção de conceitos de mecânica básica*. (Tese de Doutorado). Departamento de Educação, PUC/Rio, Rio de Janeiro.
- Rezende, F. (2000). As Novas Tecnologias na Prática Pedagógica sob a Perspectiva Construtivista. *Revista Ensaio–Pesquisa em Educação em Ciências*, Vol. 2(1).
- 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.
- Rodrigues, A. (1976) *Psicologia Social*. Rio de Janeiro, Vozes.
- Santomé, J. (1998) *Globalização e Interdisciplinaridade – O Currículo Integrado*. Porto Alegre: Editora Artmed.
- Schwabe, D., Rossi, G. (1994) From models to hypermedia application: an object-oriented approach. *Relatório técnico MCC*. (memo) Departamento de Informática. PUC-Rio.
- 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.
- Vianna, H. M. (1982). *Testes em Educação*. São Paulo: Ibrasa, 4ª Edição.