

NAVEGAÇÃO HIPERTEXTUAL EM UM SISTEMA HIPERMÍDIA DE MECÂNICA BÁSICA♦

Flávia Rezende ^a [frezende@nutes.ufrj.br]

Susana de Souza Barros ^b [susana@if.ufrj.br]

^a NUTES, Universidade Federal do Rio de Janeiro

^b Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro

A capacidade dos sistemas hipermídia de armazenar uma grande quantidade de informações em uma variedade de mídias que pode ser acessada fácil e rapidamente representa um grande potencial educacional (Marchionini, 1988) mas levanta questões a serem investigadas na medida em que a navegação¹ hipertextual é função das escolhas do usuário e não segue um seqüência pré-definida pelo autor do material. Para alguns autores (como Marchionini, 1988, Stanton & Baber, 1992) uma das vantagens desses sistemas para a aprendizagem seria permitir que a base de informações nele contida se acomode às necessidades do estudante. Rouet & Levonen (1996) são mais cautelosos em relação a essa forma de apresentação da informação para fins educacionais, já que ainda se conhece pouco sobre como a navegação não-linear ou hipertextual se relaciona significativamente com a construção de conhecimento.

Sistemas hipermídia de aprendizagem estão disponíveis para o ensino-aprendizagem de ciências mas é ainda necessário uma maior conhecimento neste campo que possa contribuir para o desenho instrucional desse tipo de material. O objetivo deste trabalho é examinar como um grupo de alunos de um curso introdutório de física universitária faz uso de um sistema hipermídia que apresenta conceitos básicos de mecânica e as leis do movimento de Newton ligados não-linearmente, tentando caracterizar diferentes estratégias de utilização e entender como interagem com o conteúdo através da utilização dos recursos e mecanismos de navegação do sistema para aprender física.

NAVEGAÇÃO HIPERTEXTUAL E APRENDIZAGEM

Marchionini (1988) considera que os sistemas hipermídia de aprendizagem permitem o controle do processo de ensino-aprendizagem pelo usuário, liberando-o do fluxo linear do professor e do texto escrito, facilitando assim o envolvimento ativo com os conteúdos programados. Sua natureza interativa permitiria desse modo que diferentes alunos aprendessem segundo suas necessidades pessoais, assim como a representação do conhecimento, segundo diferentes perspectivas, atenderia aos diferentes estilos de aprendizagem.

♦ APOIO: CNPq

¹ Conjunto das unidades básicas de informação (nós) percorrido pelos estudantes durante a interação com o sistema hipermídia.

Uma das características dos sistemas hipermídia é possibilitar aos estudantes que se movam através do conhecimento de uma maneira idiossincrática (Jones & Berger, 1995). Seu controle sobre a seleção do conteúdo com o qual irá interagir, a ordem em que este será abordado e o tempo gasto em cada nó, seria, segundo Dede (1992), compatível com a concepção construtivista de educação.

Os sistemas hipermídia refletem a perspectiva construtivista na medida em que não estabelecem uma única representação do conhecimento, mas representações pessoais construídas sobre experiência própria. A base de conhecimento do indivíduo é que vai determinar a sequência *ideal* para ele. Se os estudantes têm estruturas de conhecimento próprias baseadas em suas habilidades e experiências prévias, a forma com que eles irão interrelacionar a informação contida na base de dados irá variar de estudante para estudante (Nelson & Palumbo, 1992). Dessa forma os usuários passam a ser responsáveis tanto pela estrutura quanto pelo conteúdo do material aprendido.

Autores como por exemplo Gall & Hannafin (1994), tentam estabelecer um paralelo entre a teoria dos esquemas que fornece um referencial para entender como os estudantes organizam o conhecimento de forma individual e a representação da informação em um sistema hipermídia. A aprendizagem por meio da interação com um sistema hipermídia consistiria na construção de novas estruturas através da construção de novos nós e na sua interrelação com nós existentes e entre eles. Quanto mais ligações são formadas entre o conhecimento já existente e o conhecimento novo, melhor a informação será utilizada e mais fácil será a construção do novo conhecimento.

Jacobson (1994) especifica elementos do desenho instrucional de sistemas hipermídia utilizando prescritivamente a Teoria de Flexibilidade Cognitiva (Spiro et al., 1992). Essa teoria se dirigiu inicialmente à compreensão dos fatores que contribuem para falhas na aprendizagem de conhecimento complexo em níveis instrucionais mais avançados. O pressuposto central dessa teoria é o de que a aprendizagem avançada envolve o desenvolvimento de representações flexíveis do conhecimento que ajudam a promover a compreensão conceitual e a habilidade de usar o conhecimento em situações novas.

Os principais elementos da TFC que podem servir de base para o *design* de sistemas de hipertexto e hipermídia seriam: (i) empregar casos e exemplos relevantes; (ii) usar múltiplas formas de representação do conhecimento; (iii) ligar conceitos abstratos a exemplos; (iv) demonstrar complexidades e irregularidades conceituais; (v) enfatizar a natureza interrelacionada do conhecimento; (vi) encorajar a síntese do conhecimento a partir de fontes conceituais diferentes; e (vii) promover aprendizagem ativa.

A ligação entre conceitos pode ser uma das principais vantagens dos sistemas hipermídia, entretanto, a facilidade de pular livremente de um nó para outro e a falta de retroalimentação física sobre a localização do usuário no sistema em relação à quantidade e ao alcance do material pode fazê-lo se sentir desorientado. A desorientação também pode ser devida à pouca familiaridade do usuário com os conteúdos abordados no sistema ou ainda à falta de clareza sobre os procedimentos usados para navegação (Gall & Hannafin, 1994). Na opinião de Marchionini (1988), o problema da desorientação se traduz em um desafio aos autores de sistemas hipermídia para fins educacionais, que seria o de ajudar os estudantes a saberem quando e como se orientarem e estarem atentos a objetivos, ou seja, disciplinar a

navegação para trabalhar eficientemente em ambientes abertos, uma maneira de coadunar liberdade de aprendizagem com responsabilidade.

Não há ainda resultados definitivos que relacionem o uso de sistemas hipermídia e aprendizagem. Estudos preliminares sugerem que sistemas de hipertexto que incorporam elementos da TFC podem contribuir para a transferência de conhecimento (Jacobson, 1994). Há indícios de que a abordagem hipertextual para propósitos instrucionais pode ser melhor utilizada por estudantes motivados e maduros que têm mais habilidade para controlar seus processos de aprendizagem, ao passo que estudantes com menos habilidades podem ser beneficiados por sistemas mais diretos (Lanza & Roselli, 1991).

Stanton & Barber (1992) compararam software educacionais lineares e não-lineares e encontraram superioridade dos sistemas hipertextuais na medida em que; (i) permitem diferentes níveis de conhecimento prévio; (ii) encorajam a exploração; (iii) permitem que os usuários percebam uma sub-tarefa como parte de uma tarefa global; e (iv) permitem aos estudantes adaptarem o material às suas próprias estratégias de aprendizagem.

É desejável que este tipo de estudo seja incentivado para que os recursos desse meio possam influenciar a aprendizagem da melhor forma possível (Jones & Berger, 1995) e que os criadores desse tipo de material não se baseiem meramente em sua intuição.

QUESTÃO DO ESTUDO

Pretende-se investigar as diferentes estratégias de utilização do sistema hipermídia “F&M”, em particular, os estilos de navegação hipertextual, tomando por base as seguintes questões: (i) como se caracterizam as navegações hipertextuais de estudantes no sistema hipermídia “F&M” em termos da abordagem ao seu conteúdo? (ii) como se caracteriza a utilização dos mecanismos de navegação (índices, palavras-chave, botões Seguir e Voltar) e do recurso que fornece simulações?

DESCRIÇÃO DO ESTUDO

O sistema hipermídia “F&M”

O objetivo do desenho instrucional do sistema hipermídia “F&M” é facilitar o processo de reestruturação conceitual dos estudantes em mecânica básica a partir da utilização dos elementos da proposta teórica de desenvolvimento conceitual (diSessa, 1988) dentro da estrutura não-linear construída com base nos elementos da TFC. O conteúdo do sistema, considerado essencial para discutir as relações entre força e movimento, foi agrupado nas classes Conceitos Físicos, Situações Físicas e Leis do Movimento, interrelacionadas entre si, o que significa que as páginas derivadas de qualquer uma das três classes oferecem ligações com as demais, seja através de palavras-chave contidas nos textos ou de botões que permitem acessar seus respectivos índices. O índice de Conceitos não organiza hierarquicamente os conceitos, de forma que sua organização não entra em choque com a estrutura não-linear da

apresentação da informação no sistema. O índice das Leis do Movimento apresenta botões referentes às três leis de Newton.

Dentro da estrutura não-linear do sistema hipermídia “F&M”, as páginas derivadas da classe Situações Físicas oferecem visitas guiadas que são seqüências de páginas projetadas com base na proposta teórica diSessa (1988) com o objetivo de facilitar o desenvolvimento conceitual.

O conteúdo das páginas das classes Conceitos Físicos e Leis do Movimento é representado por textos explicativos e simulações de fenômenos físicos que são acionados por um botão denominado de Iniciar. As páginas de conceitos e leis procuram abordar aspectos fundamentais das relações entre força e movimento, como por exemplo, a relativa independência entre a força aplicada e a velocidade do corpo e a relação direta entre força aplicada e aceleração. Dezesesseis conceitos físicos (Velocidade, Aceleração, Força, Movimento, Referencial, Força de Atrito, Distância, Tempo, Posição, Deslocamento, Massa Inercial, Massa Gravitacional, Inércia, Quantidade de Movimento, Impulso, Peso e Vetores) são abordados qualitativamente nas páginas que derivam da classe Conceitos Físicos. Páginas referentes às três leis de Newton derivam da classe Leis do Movimento. O tempo mínimo para ler o texto explicativo de um conceito ou lei é em média de aproximadamente 15,5 segundos enquanto a observação da respectiva simulação pode ser estimado em aproximadamente 6,5 segundos.

Os conceitos de Velocidade, Aceleração, 1ª lei, Inércia, Força, Referencial, 2ª lei e Vetores foram tratados mais detalhadamente que os demais, sendo discutidos em pequenas visitas guiadas que discutem uma questão conceitual apresentada na primeira página da seqüência. Os conceitos de Velocidade, Aceleração, 1ª lei, Inércia e Vetores foram tratados em três páginas e os conceitos de Força, Referencial e 2ª lei em duas. Na primeira página do conceito de aceleração, por exemplo, o botão Seguir está disponível (com aparência de iluminado) na primeira página da visita guiada e indisponível na última página (Figura 1), que torna disponível os botões de índice (e o botão Seguir indisponível), tornando possível a navegação hipertextual. O botão Voltar está sempre disponível.

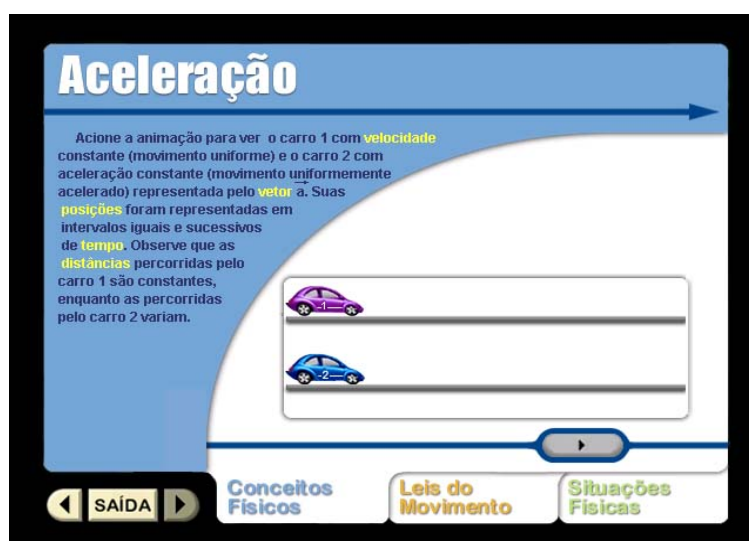


Figura 1. Última página da visita guiada do conceito de Aceleração.

Sujeitos

Participaram do estudo oito estudantes calouros do curso de Licenciatura noturna em Física da UFRJ matriculados na disciplina de Introdução à Física.

Procedimentos

Os dados foram obtidos numa única sessão de interação com o sistema “F&M” no laboratório de informática, que poderia ter a duração máxima de 50 min. Antes dos alunos começarem a interagir com o software, foi feita uma exposição (por uma das pesquisadoras) sobre a estrutura do sistema abordando conceitos básicos como o de hipertexto, palavra-chave, botões, navegação hipertextual e guiada. Foi solicitado que os alunos realizassem a navegação hipertextual entre as páginas de conceitos e leis e que não iniciassem as visitas guiadas disponíveis nas páginas de situações físicas. No início da sessão foi entregue ao alunos uma folha com uma questão a ser respondida após a conclusão da navegação.

Instrumentos

Pré-teste de mecânica

Foi utilizado um teste de múltipla escolha de mecânica baseado no *Force Concept Inventory* (Hestenes et al., 1992) cujas opções “erradas” colocam em evidência os resultados das pesquisas em concepções espontâneas, composto pelas 10 questões do teste original vinculadas mais diretamente às relações entre força e movimento.

Registros de navegação

Toda vez que é aberto, o sistema “F&M” cria um arquivo de registro tipo texto que armazena o nome do usuário, o título das páginas visitadas, instante em que foram acessadas e os dados digitados pelo estudante durante a interação com o sistema (notas escritas, respostas, vetores selecionados). Apesar de ter sido solicitado que os estudantes não iniciassem as visitas guiadas disponíveis nas páginas de situações físicas, alguns estudantes o fizeram. Os dados referentes à navegação nas visitas guiadas, objeto de outro trabalho (Rezende & Souza Barros, 2001) foram desconsiderados nesta análise. Para fins da montagem dos gráficos de navegação (Anexo 1) os índices das classes Conceitos e Leis foram considerados como um só.

Questão aberta

A questão solicitava que os estudantes resumissem por escrito suas conclusões sobre a 'relação entre força e movimento' após navegar livremente através das páginas de conceitos e leis do sistema “F&M”. Foram consideradas corretas as respostas que mencionaram aspectos

das 1ª e 2ª leis de Newton. Quando considerada apenas uma das leis a resposta foi considerada incompleta.

Análise dos Dados

A análise realizada se apoia na idéia de que o estudo das características das navegações individuais de um grupo pequeno de estudantes pode contribuir para a compreensão da natureza da interação do aluno com o sistema hipermídia “F&M”.

Para investigar a navegação hipertextual buscou-se relacioná-la ao conhecimento prévio de cada aluno avaliado através do pré-teste assim como examinar vários aspectos dos registros de navegação como por exemplo quais foram as páginas de conceitos e leis visitados pelos alunos, a ordem em que estes foram acessados, o tempo gasto por conceito e o tempo total de navegação.

RESULTADOS

Sumário geral dos resultados

O tempo de navegação dos estudantes variou entre 17'58" e 30'46". O número de conceitos ou leis visitados (contados uma única vez) variou entre 14 e o total de 20, sendo que três estudantes visitaram 20 conceitos ou leis e um estudante visitou 19. O número de eventos definidos enquanto movimentos para uma página escolhida no índice, para uma página através de uma palavra-chave ou para o índice variou entre 34 e 104.

As páginas visitadas por todos os alunos foram Força, Aceleração, Velocidade e Movimento, conceitos básicos para a compreensão das relações entre força e movimento. Para que os tempos em cada conceito ou lei pudessem ser comparados e agrupados, permitindo calcular os tempos médios que cada estudante despende em uma página de conceitos ou lei, os tempos dos conceitos ou leis desenvolvidos em visitas guiadas foram divididos pelo número de páginas que compõem as visitas. Verificamos que os tempos médios variaram 10.96 Tm

conceito ou lei foi de 26 segundos. Isto significa que da mesma forma que ocorreu em outro estudo (Jones & Berger, 1995), os estudantes não substituíram o texto pelas simulações mas as utilizaram como uma forma complementar ao texto.

Uso dos mecanismos de navegação

A análise dos gráficos de navegação dos estudantes (Anexo 1) e da Tabela 1 mostrou que os estudantes utilizaram muito mais os índices do que as palavras-chave. Apesar do índice de Conceitos não hierarquizar os conceitos, ainda assim ofereceu mais estrutura à navegação (Stanton & Barber, 1992) do que as palavras-chave. Os estudantes usaram este mecanismo de navegação como um organizador central (Jones & Berger, 1995) de sua navegação.

Tabela 1. Frequência de utilização das palavras-chave por páginas de conceitos e leis visitadas pelo menos uma vez

Aluno	Palavras-chave (PC)	Conceitos e Leis (CL)	PC/CL
Alexandre	33	19	1,7
Denise	4	15	0,3
Marcelo	16	15	1,1
Raquel	20	20	1
RDuarte	9	14	0,6
ROliveira	1	19	0,05
Silvio	20	20	1
Valdo	26	14	1,9

O botão Iniciar aciona a simulação de um fenômeno físico que tem como objetivo demonstrar ou simplesmente ajudar o aluno a visualizar o conceito ou lei ao qual ela se refere. A simulação é portanto uma perspectiva diferente do conteúdo que complementa ao texto escrito. Os dados da Tabela 2 mostram que este recurso parece ter sido importante para os estudantes na medida em que em média, eles sempre acionam uma ou mais vezes a respectiva simulação quando visitam uma página de conceito ou lei ou a revêm quando retornam àquela página.

Tabela 2. Frequência de utilização do botão Iniciar por páginas de conceitos e leis visitadas pelo menos uma vez

Aluno	Iniciar (I)	Conceitos e Leis (CL)	I/CL
Alexandre	37	19	1,9
Denise	24	15	1,6
Marcelo	48	15	3,2
Raquel	50	20	2,5
RDuarte	33	14	2,4
ROliveira	40	19	2,1
Silvio	38	20	1,9
Valdo	26	14	1,9

Caracterização da navegação hipertextual

Os gráficos de navegação dos alunos (Anexo1) permitem um olhar pormenorizado sobre a maneira individual com que os alunos visitaram os conceitos e leis. Verificou-se, por exemplo, que os gráficos de navegação de Silvio, Raquel e Alexandre apresentam alguns trechos que representam visitas curtas, da ordem de 3 a 5 segundos, que não permitiriam a leitura do texto nem a observação das simulações. Parece que nestes trechos eles privilegiaram a exploração aleatória de mecanismos de navegação, principalmente o botão Voltar. Jones & Berger (1995) qualificaram este estilo de navegação como uma evidência relacionada à geração MTV, fazendo alusão à tendência dos jovens estarem habituados a perceber muitos eventos (*videoclips*) em períodos curtos de tempo. Procedendo de forma diferente, quatro alunos (Marcelo, ROliveira, RDuarte e Valdo) parecem ter dado prioridade à exploração conceitual.

Outra interpretação para o estilo de navegação que compreende eventos sucessivos em períodos curtos de tempo seria atribuí-lo à desorientação destes alunos. Apesar do número total de páginas que compõem os conceitos e leis do sistema “F&M” ser considerado relativamente pequeno (33 páginas), e que portanto não seja provável que os estudantes se sintam desorientados, a passagem tão rápida por tantas páginas poderia, de fato, ser um sinal de desorientação, ou seja, de muita liberdade de navegação com pouca responsabilidade (Marchionini, 1988). Por outro lado, este resultado pode ter detectado uma inconsistência no desenho instrucional do sistema “F&M” na medida em que o botão Voltar não precisaria estar sempre disponível mas apenas nas visitas guiadas dos conceitos e leis (quando o botão Seguir também se torna disponível), o que obrigaria os estudantes a selecionar as páginas através dos demais mecanismos de navegação.

Um aspecto a ser destacado é a relação entre a estratégia usada pelos alunos, na navegação hipertextual, em relação aos conceitos e leis visitados e o tempo gasto nas páginas. A navegação do aluno ROliveira se destaca nesse sentido, porque é possível verificar que sua navegação foi guiada por um planejamento prévio que incluiu visitas a 19 dos 20 conceitos e leis, despendendo em média o mesmo tempo em todas as páginas e sempre voltando ao índice para escolher a próxima.

Com relação à seleção do conteúdo, foi possível identificar uma estrutura lógica na organização usada por ROliveira e Marcelo: ambos agruparam as páginas relacionadas à Dinâmica e as relacionadas à Cinemática, visitando os conjuntos resultantes separadamente. Os outros estudantes cruzaram alternadamente as páginas referentes às sub-áreas da mecânica.

Tanto a estratégia de agregar conjuntos de conteúdo segundo um critério individual, quanto cruzar conhecimentos de diferentes sub-áreas do conteúdo são importantes características que diferenciam a navegação hipertextual dos alunos no “F&M”. Estas estratégias provavelmente se relacionam às suas estratégias de aprendizagem do conteúdo, embora não seja possível dizer de que forma, no contexto deste estudo.

Navegação hipertextual no sistema “F&M” e aprendizagem de Mecânica

Embora não tenha sido objetivo principal deste estudo encontrar relações entre a navegação hipertextual no sistema F&M e a aprendizagem de mecânica (etapa a ser realizada futuramente), foram analisados alguns dados que podem sugerir indícios relacionados a essa questão.

Foi difícil relacionar o desempenho dos alunos no pré-teste (Tabela 3) à análise da navegação hipertextual dos alunos. Poder-se-ia arriscar a relação entre características de ROliveira, na qual é possível perceber um planejamento prévio pelos intervalos de tempo semelhantes dedicados às páginas, que, seu objetivo, por ter um bom domínio do conteúdo (nota máxima no pré-teste) tenha sido exploratório ou no máximo de revisão do conteúdo. Os demais estudantes, que usaram intervalos de tempo diferentes para cada página de conceito ou lei, pareciam estar atendendo às suas necessidades conceituais, provavelmente gastando mais tempo naqueles conceitos que precisavam entender melhor.

Tabela 3. Desempenho dos alunos no pré-teste e na questão aberta

Aluno	Pré-teste	Questão aberta
Alexandre	3,0	Incompleta
Denise	3,0	Corrreta
Marcelo	6,0	Incompleta
Raquel	3,0	Incompleta
RDuarte	5,0	Errado
ROliveira	10,0	Incompleta
Silvio	7,0	Incompleta
Valdo	6,0	incompleta

A maior parte dos alunos deu respostas consideradas incompletas à questão respondida logo após a navegação, em geral mencionando apenas que é necessária uma força para colocar um corpo em movimento. Denise explicou como força e movimento se relacionam mencionando a 1ª e 2ª leis de Newton. A relação entre o desempenho do grupo na questão aberta e os estilos de navegação foi igualmente difícil, o que pode indicar uma inadequação da pergunta para esses alunos, seja pela dificuldade em se expressar na forma escrita ou por ter sido difícil entender o que seria mais importante responder.

CONCLUSÕES

Foi possível verificar que a navegação hipertextual variou muito entre os grupos, quantitativa e qualitativamente. A estrutura hipertextual do sistema “F&M” permitiu que a interação com o programa fosse adaptada aos interesses de cada aluno, seja pelo conteúdo selecionado, o tempo gasto em cada página ou pela ordem em que as leis e conceitos foram visitados. Ficou claro que, quando o estudante pode controlar alguns aspectos do conteúdo, como por exemplo a ordem segundo a qual ele é apresentado, a organização resultante pode ser diferente daquela que pareceria a mais plausível para um professor. Sempre se discute se a apresentação da mecânica newtoniana deveria ser iniciada pelos conceitos básicos e

cinemática e em seguida a dinâmica do movimento ou vice-versa. Neste caso, o próprio aluno vai ser responsável por essa escolha.

Neste estudo, parece que alguns alunos conseguiram organizar o conhecimento consistentemente e tirar proveito da estrutura não-linear - estes seriam, provavelmente, segundo Lanza & Roselli, 1991, os mais maduros - enquanto outros - os da geração MTV (Jones & Berger, 1995) ou desorientados (Marchionini, 1988) talvez fossem mais beneficiados de materiais que apresentassem o conhecimento organizado linearmente. Esta questão deverá subsidiar nossos estudos futuros nesta área.

A análise da utilização dos mecanismos de navegação do sistema “F&M” mostrou que os estudantes usaram o índice como um organizador central (Jones & Berger, 1995) da navegação. Isso parece validar o desenho instrucional de sistemas hipermídia de aprendizagem que incluem índices, mesmo que estes sejam estruturados em forma de teia de aranha, mapas conceituais ou qualquer outra forma que não implique hierarquização linear do conteúdo. Esta análise também permitiu detectar uma possível inconsistência do desenho instrucional do sistema, relacionada à disponibilidade permanente do botão Voltar em todas as páginas de conceitos e leis, o que pode ter prejudicado a organização da navegação dos estudantes. O oferecimento deste recurso apenas nas visitas guiadas pode ajudar os estudantes a abordarem o conteúdo com mais responsabilidade. Todos esses resultados mostraram como esse tipo de estudo é necessário para embasar as decisões sobre o desenho instrucional de sistemas hipermídia de aprendizagem.

Embora ainda não seja possível chegar a conclusões sobre como os alunos aprendem utilizando o sistema “F&M”, o estudo dos estilos de navegação hipertextual parece ter oferecido um *insight* sobre as diferenças individuais de estratégias de aprendizagem desses alunos e forneceu evidências de que o sistema foi capaz de se adaptar às diferentes estratégias, atendendo às suas necessidades. Espera-se, sobretudo, que esta discussão possa contribuir para iniciativas criteriosas de desenvolvimento de sistemas hipermídia de aprendizagem de física, em geral movidas mais pela necessidade de consumo indiscriminado de tecnologias “educacionais” e por um mercado ávido deste tipo de material do que por resultados de pesquisa.

REFERÊNCIAS

DEDE, C. J. - The future of multimedia: bringing to virtual worlds. **Educational Technology**, v. 32, n. 5, 54-60, 1992.

DISESSA, A. Knowledge in pieces. In G. Forman; P. Pufall (Eds.), **Constructivism in the Computer Age**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1988.

GALL, J. E; HANNAFIN, M. J. - A framework for the study of hypertext. **Instructional Science**, v. 22, 207-232, 1994.

JACOBSON, M. J. - Issues in hypertext and hypermedia research: toward a framework for linking theory-to-design. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 3, n. 2, 141-154, 1994.

HESTENES, D., WELLS, M.; SWACKHAMER, G. - Force concept inventory. **The Physics Teacher**, v.30, 141-158, 1992.

JONES, T.; BERGER, C. - Student's use of multimedia science instruction: designing for the MTV Generation? **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 4, n. 4, 305-320, 1995.

LANZA, A.; ROSELLI, T. - Effects of the hypertextual approach versus the structured approach on student's achievement. **Journal of Computer-Based Instruction**, V 18(2), 48-50, 1991.

MARCHIONINI, G. - Hypermedia and learning: freedom and chaos, **Educational Technology**, v. 28, n.11, 8-12, 1988.

NELSON, W. A.; PALUMBO, D. B. - Learning, instruction and hypermedia. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 1, 287-299, 1992.

REZENDE, F.; Souza Barros, S. - Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hipermídia "Força&Movimento". **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n.2, 2001.

REZENDE, F. - Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia para facilitar a reestruturação conceitual em mecânica básica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 2, 197-213, 2001.

ROUET, J.; LEVONEN, J. Studying and learning with hypertext: empirical studies and their application. In C. McKnight, A. Dillon, & J. Richardson (Eds.) **Hypertext and Cognition**. NJ: Lawrence Erlbaum Assoc. Publ., 1996.

SPIRO, R. et al. 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**, NJ, Lawrence Erlbaum,1992.

STANTON, N.; BABER C. - An investigation of styles and strategies in self-directed learning. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 1, 147-167, 1992.

ANEXO 1

GRÁFICOS DE NAVEGAÇÃO DOS ESTUDANTES

