
PADRÕES DE NAVEGAÇÃO EM UM SISTEMA HIPERMÍDIA DE MECÂNICA BÁSICA^{+,*}

Flavia Rezende

NUTES – UFRJ

*João José Fernandes de Sousa*¹

Susana de Souza Barros

Instituto de Física – UFRJ

Rio de Janeiro – RJ

Resumo

Este estudo investiga a interação de licenciandos em Física com um sistema hipermídia que aborda conceitos básicos de Mecânica. Tem como objetivos estudar a relação entre conhecimento prévio e navegação hipertextual, tomando como referência os padrões de navegação propostos por Rezende e Souza Barros (2008) e verificar sua validade como critério de classificação. Pretendemos avançar na compreensão da navegação hipertextual na medida em que foram considerados tanto o desempenho dos estudantes em um pré-teste quanto a percepção sobre a interação com o sistema hipermídia através de uma entrevista com um subgrupo de alunos. Encontramos razoável correlação entre o conhecimento prévio dos estudantes e os padrões de navegação organizada, conceitual e desorientada, o que nos levou a concluir que foi possível validar os padrões anteriores. Observamos um novo padrão: a navegação induzida, na qual o estudante se guia por uma suposta ordem em que os conceitos e as leis estariam dispostos graficamente no índi-

⁺ Navigation patterns in a newtonian mechanics hypermedia system

^{*} *Recebido: agosto de 2011.
Aceito: novembro de 2011.*

¹ In memoriam.

ce. De um modo geral, as entrevistas foram um complemento útil para a interpretação da navegação por meio de gráficos, os quais representam uma “fotografia” da navegação individual. Se estas fotografias já mostram as formas diversificadas com que os alunos usam um sistema hipermídia, as entrevistas mostram a diversidade de razões que eles atribuem às suas escolhas e à configuração final de sua navegação.

Palavras-chave: Sistema hipermídia. Padrão de navegação. Conhecimento prévio. Mecânica.

Abstract

This study investigates the interaction of undergraduates in Physics with a hypermedia system that covers basic concepts of mechanics. It was undertaken to study the relationship between prior knowledge and hypertext navigation, in reference to navigation patterns proposed by Rezende e Souza Barros (2008) and it aims to assess its validity as a classification criterion. It also intends to advance in the understanding of hypertext navigation and it takes into account the students' performance in a pre-test of their previous knowledge as well as the perception of the interaction with the hypermedia system via an interview with a group of students. We found a reasonable correlation between prior knowledge and navigation patterns: Organized, Conceptual and Disoriented, which led us to believe that it was possible to validate the previous standards. We observe a new pattern: Induced navigation, in which the student is guided by the order in which the concepts and laws are presented graphically in the index. In general, the interviews were a useful addition to the interpretation of navigation using graphs, which represent a "snapshot" of the individual navigation. If the photos show the diverse ways in which students use the hypermedia system, the interviews present the diversity of reasons they give for their choices and for the final configuration of their navigation.

Keywords: Hypermedia system. Navigation pattern. Prior knowledge. Mechanics.

I. Introdução

Os sistemas hipermídia são caracterizados pela interseção entre a multimídia, que utiliza os diversos meios para representar informações (texto, imagem, áudio, animação e vídeo) e o hipertexto, no qual a informação aparece, em geral, de forma textual e não sequencialmente organizada, mediada por ligações entre palavras-chave. Sua característica interativa torna possível que o usuário escolha o que aprender, a sequência na qual o material será acessado e o tempo de permanência em cada nó de informação. Uma questão que tem sido investigada, relevante para a educação, diz respeito à compreensão de como as relações entre os diversos elementos do sistema são construídas por diferentes usuários. Alguns estudos defendem que a navegação² resultante de uma escolha idiossincrática (JONES; BERGER, 1995) dependente das aptidões individuais e da experiência anterior do usuário (NELSON; PALUMBO, 1992). Entretanto, resultados de pesquisas recentes (AZEVEDO *et al.*, 2008) indicam que os adolescentes têm dificuldades para orientar sua aprendizagem de tópicos de ciências com o uso de sistemas hipermídia quando interagem livremente com o programa (navegação autorregulada), utilizando suas próprias estratégias.

Assim, pesquisas no campo de hipermídia apontam um paradoxo, quando indicam, por um lado, que a hipermídia é um recurso educacional útil porque oferece muitas possibilidades para aprender e, por outro, que o uso inadequado desta característica pode trazer dificuldades para alguns alunos (FORD; CHEN, 2000; MITCHELL *et al.*, 2005). Diversos estudos tentam clarificar essa questão analisando a navegação hipertextual em termos das diferenças cognitivas entre os alunos (ver, por exemplo, FITZGERALD; SEMRAU, 1998; MITCHELL *et al.*, 2005). Outras características cognitivas, como estilos de aprendizagem e objetivos dos alunos, foram também investigadas (FORD; CHEN, 2000; CALCATERRA *et al.*, 2005), como fatores que influenciariam a forma de navegação em sistemas hipermídia e os resultados de aprendizagem após seu uso. Dentre esses estudos, um resultado para finalidades instrucionais que parece ser compartilhado por diversos autores admite que os aprendizes abordem os conteúdos de diferentes formas, dependendo do nível de conhecimento anterior, e que a posse de uma representação mental do domínio de conhecimento capacite o estudante a organizar naturalmente a informação procurada (MC DONALD; STEVEN, 1998).

² Termo usado na literatura para denotar o caminho resultante do conjunto de nós do sistema hipermídia percorrido pelo usuário na ordem e no tempo escolhidos livremente por ele.

Os resultados da pesquisa de Rezende e Souza Barros (2008) que investigou o uso do sistema hipermídia “Força e Movimento” (REZENDE, 2001) por licenciandos em Física apontaram uma correlação entre o nível de conhecimento anterior do estudante em mecânica e o tipo de navegação realizada, o que levou as autoras a proporem três padrões de navegação:

i. *navegação organizada* (O), na qual o estudante visita praticamente todas as páginas do sistema em intervalos de tempo semelhantes, visitas feitas em agrupamento conceitual consistente (*cluster*) (cinemática ou dinâmica);

ii. *navegação conceitual* (C), caracterizada por intervalos de tempo variáveis gastos pelo estudante em cada página, de acordo com suas necessidades conceituais; ou seja, o aluno passa mais tempo nos nós de conteúdo que ele não domina e passa rapidamente por aqueles que está só revendo;

iii. *navegação desorientada* (D), diferenciada pela presença de visitas muito rápidas, cujo tempo de permanência por página seria insuficiente para acompanhar os conteúdos apresentados ou mesmo apenas para rever conceitos já conhecidos. Esta navegação é caracterizada pelo uso frequente de palavras-chave e seria decorrente do baixo domínio dos conteúdos específicos apresentados no sistema.

Esta pesquisa permitiu identificar, também, a concomitância de dois padrões na navegação de um dos estudantes: na primeira metade da sua navegação, esta pode ser considerada conceitual e, na segunda, o aluno muda aparentemente sua navegação para um padrão do tipo desorientado. Ficou claro que, para explicar esta navegação denominada *híbrida* – e a navegação hipertextual de um modo geral –, outras informações seriam necessárias, como, por exemplo, fatores externos que poderiam ter contribuído para apressar a finalização da atividade, o nível de interesse sobre o conteúdo apresentado no sistema, a atitude em relação ao sistema ou ao uso da tecnologia no contexto educacional.

Lançando mão de novas informações não disponíveis anteriormente, que incluíram na pesquisa entrevistas com um grupo de alunos, a fim de complementar a visão sobre sua navegação no sistema e tomando como referência os resultados do estudo anterior, pretendemos avançar na compreensão da navegação hipertextual do uso dos recursos dos sistemas hipermídia e de sua relação com o conhecimento prévio dos estudantes universitários.

II. Navegação hipertextual e conhecimento prévio

No estudo da navegação hipertextual no contexto educacional, Puntambekar e Stylianou (2005) definiram quatro padrões de navegação. No primeiro, os alunos realizaram uma navegação útil, visitando todos os conceitos relevantes dentro de um tópico, mas não procuraram aqueles conceitos que representavam diferentes perspectivas de um mesmo conteúdo. No segundo padrão, os alunos visitaram menor número de conceitos de um dado tópico, mas entraram em assuntos relacionados ao mesmo conteúdo. No terceiro, os alunos visitaram numerosos conceitos, em muitos tópicos, utilizando exaustivamente as perspectivas alternativas apresentadas. O quarto padrão mostrou uma interação aleatória com visitas a tópicos e conceitos não correlacionados com os objetivos propostos. Este padrão de navegação (desorientada) pode ser confrontado com os resultados de Yeo *et al.* (2004), no qual os estudantes interagem com partes de um sistema multimídia de forma superficial, trabalhando rapidamente, estabelecendo um padrão de busca quase automático, como se feito apenas para finalizar a tarefa.

Lawless e Kulikowich (1996) estudaram o efeito das variáveis cognitivas, do conhecimento de conteúdo, da memorização e do interesse na forma de processamento dos alunos em um documento hipertextual. Três perfis de navegação foram observados: os *exploradores de recursos* do hipertexto, os *buscadores de conhecimento* e os usuários *indiferentes* ao hipertexto. Os primeiros utilizaram mais tempo para compreender como o hipertexto funcionava e exploraram as telas com esse objetivo. Os segundos, com maior conhecimento do conteúdo, mostraram estratégias de leitura sofisticadas, visitando mais as telas de informação, assim como examinando pontos de vista contrastantes. Os usuários indiferentes ao hipertexto, com menor conhecimento do conteúdo, não mostraram interesse na exploração do hipertexto ou em conectar informação a partir dele. A causa deste comportamento foi interpretada pelos autores como devida à ausência de conteúdo que permitisse empregar estratégias que estruturassem a navegação e concluíram que os alunos têm problemas para utilizar hipertextos quando não têm conhecimento dos conceitos abordados.

Conclusões semelhantes foram elaboradas a partir da análise da navegação de 12 alunos classificados segundo o conhecimento prévio, por Last *et al.* (2001). Os alunos foram entrevistados enquanto usavam o sistema e ao finalizar a tarefa. Os dados de navegação e os comentários dos alunos sobre suas intenções e seus objetivos foram também considerados. Os alunos com conhecimento prévio pareceram guiar suas atividades utilizando seus próprios modelos cognitivos para guiar a navegação, enquanto que os alunos de baixo conhecimento prévio sofreram

desorientação frequente. Estes autores consideraram que o conhecimento prévio pode funcionar como uma espécie de *mapa do material*, permitindo que o aprendiz foque mais diretamente a informação, não se preocupando com a navegação e a compreensão de como a informação é estruturada no sistema hipermídia.

A teoria da aprendizagem significativa (NOVAK, 1998) parece adequada para refletir sobre o uso educacional de hipertexto, considerando-se a função prioritária dada ao conhecimento anterior nesta teoria. Novak (1998) afirma que o principal passo do processo de aprendizagem é a subsunção, na qual o material novo é relacionado com conceitos relevantes já existentes (subsunçores) na estrutura cognitiva. A aprendizagem ocorre quando a nova informação se liga a um conceito relevante já disponível de forma substantiva na estrutura cognitiva do aprendiz.

A ideia de associar conceitos é crucial para a teoria da aprendizagem significativa, assim como para a aprendizagem por meio da navegação hipertextual. Bolacha e Amador (2003), por exemplo, fundamentam-se nas hipóteses da teoria da aprendizagem significativa para interpretar as ligações feitas pelos alunos, quando utilizam sistemas hipermídia, enquanto que outros autores (FITZGERALD; SEMRAU, 1998; REZENDE *et al.*, 2006) tomam-na implicitamente ao utilizarem os mapas conceituais³ como instrumento para avaliar a aprendizagem a partir da navegação hipertextual.

O papel dos subsunçores ausubelianos do aluno na aprendizagem que acontece em aulas expositivas poderia ser considerado equivalente à função do conhecimento prévio, quando o aluno interage com um sistema hipermídia. De acordo com os resultados de pesquisa revistos, um maior conhecimento prévio é consistente com um melhor desempenho em navegação hipertextual, da mesma maneira que a existência de subsunçores relacionados com um certo assunto pode levar à aprendizagem significativa. Poder-se-ia entender uma navegação significativa como aquela realizada pelos *usuários-modelo* (BARAB *et al.*, 1997) ou pelos *buscadores de conhecimento* (LAWLESS; KULIKOWICH, 1996), na qual os aprendizes visitaram uma importante quantidade de informação e tiraram vantagem da navegação não-linear, no sentido de atender às suas necessidades conceituais sem apresentar sinais de desorientação.

³ Mapas conceituais são instrumentos concebidos por Novak (1998), com base na teoria da aprendizagem significativa, que se constituem em representações gráficas pessoais que indicam as relações hierárquicas entre conceitos.

III. Objetivos do estudo

Este estudo teve como objetivos investigar a relação entre conhecimento prévio e navegação hipertextual, tomando como referência os padrões de navegação propostos por Rezende e Souza Barros (2008) e verificar sua validade como critério de classificação. Pretendeu-se, também, avançar na compreensão da navegação hipertextual na medida em que foram considerados tanto o desempenho dos estudantes em um pré-teste específico de conteúdo quanto sua percepção sobre a interação com o sistema hipermídia.

IV. Metodologia

Contexto do estudo e características da amostra

Os alunos que participaram deste estudo são calouros que cursavam a disciplina de Introdução à Física do Curso de Licenciatura em Física de uma universidade pública. De uma turma de 40 calouros, 26 aceitaram participar voluntariamente, quando convidados. Eles foram informados que seu desempenho nesta tarefa não seria levado em conta na avaliação da disciplina. A interação com o sistema hipermídia “Força e Movimento” (FeM) foi realizada durante uma única sessão, na sexta semana de aulas.

Instrumentos utilizados

1. Sistema hipermídia “Força e Movimento”

O objetivo do desenho instrucional deste sistema hipermídia 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 Teoria da Flexibilidade Cognitiva (JONASSEN, 1996). O conteúdo do sistema, considerado essencial para discutir as relações entre força e movimento, foi agrupado em três classes: Conceitos Físicos, Situações Físicas e Leis do Movimento, inter-relacionadas 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 conflito 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.

O conteúdo das páginas das classes Conceitos Físicos e Leis do Movimento é representado por textos explicativos e simulações dos fenômenos físicos acionados pelo botão *Iniciar*. As páginas de conceitos e leis procuram abordar aspectos fundamentais das relações entre força e movimento, como, por exemplo, a independência entre a força resultante e a velocidade do corpo e a relação direta entre força resultante e aceleração. Dezesesseis conceitos físicos são abordados qualitativamente nas páginas que derivam da classe Conceitos Físicos. Páginas referentes às três leis de Newton derivam da classe Leis do Movimento. Os conceitos de Velocidade, Aceleração, 1ª lei, Inércia, Força, Referencial, 2ª lei e Vetores foram tratados com mais detalhe que os demais, sendo apresentados em visitas guiadas de curta duração que discutem uma questão conceitual contida na primeira página da sequência.

2. Pré-teste de mecânica: indicador de conhecimento prévio

Para obter informações acerca do conhecimento prévio dos alunos, foi utilizado o teste *Force Concept Inventory* (HESTENES *et al.*, 1992), com 30 questões de múltipla escolha (tradução dos autores), cujos itens *errados* colocam em evidência os resultados das pesquisas das concepções alternativas dos alunos. Uma questão clássica sobre queda livre (VIENNOT, 1979) foi adicionada ao teste. O desempenho dos alunos nas 31 questões do teste verifica os conceitos abordados no FeM: *Cinemática* [Posição, Deslocamento, Tempo, Distância, Velocidade e Aceleração, Referencial] e *Dinâmica* [Força, Movimento, Força de Atrito, Massa Inercial, Massa Gravitacional, Inércia, Quantidade de Movimento, Impulso, Peso, Leis de Newton e Vetores].

3. Registros e representação da navegação

Quando o estudante identifica-se, ao iniciar a interação com o sistema, é criado automaticamente um protocolo em um arquivo de registro *.txt*, onde são armazenados o nome do usuário, o título das páginas visitadas, o instante em que foram acessadas e os dados digitados pelo estudante durante a interação (notas escritas, respostas, escolha de vetores, etc.). A partir destes protocolos da navegação dos alunos, foram construídos gráficos que representam os conceitos/leis visitados em função do tempo. As grandezas físicas e leis são apresentadas no eixo das ordenadas, começando pelos conceitos básicos da cinemática (posição, referencial, movimento, distância, tempo, velocidade e aceleração), seguidos pelas grandezas fundamentais da dinâmica (massa inercial e gravitacional, força, peso, quantidade de movimento, impulso e inércia), e, finalmente, as três Leis de Newton e os veto-

res. Essa representação facilita a leitura e a interpretação do gráfico da navegação em termos da hierarquização dos conceitos físicos.

Os dados que caracterizam a navegação individual estão registrados na Tabela 1, que apresenta o número de conceitos e leis acessados (N) de um total de 20; o número de simulações (S), de entrada por índice (EI) ou por palavra-chave (PC); e o tempo médio/visita (T_m). Estão, também, registrados na Tabela 1, o desempenho no pré-teste e a classificação do tipo de navegação, de acordo com os critérios de Rezende e Souza Barros (2008).

4. Questionário de autoavaliação do estudante sobre sua navegação.

Um questionário (Anexo 1), aplicado imediatamente após o final da sessão de navegação, foi utilizado para obter informações sobre a percepção do estudante da sua navegação, o uso de palavras-chave e de sua possível desorientação durante a navegação.

5. Entrevistas

Um ano ⁴ após a coleta de dados, foram realizadas entrevistas normalizadas com uma amostra de cinco dos 26 estudantes que participaram do estudo. O roteiro utilizado (Anexo 2) visou levantar informações sobre o processo de navegação no FeM. Durante a entrevista, o sistema FeM ficou disponível na tela do computador, permitindo que o aluno abrisse algumas telas para lembrar a situação da navegação original. O gráfico de navegação também ficou à disposição, caso o aluno quisesse tomá-lo como referência para qualquer explicação ou comentário sobre sua navegação. A entrevista foi conduzida por dois coautores deste trabalho e gravada para análise posterior. Mesmo considerando o tempo que se passou entre a entrevista e a coleta de dados de navegação, consideramos que a entrevista pode dar indícios das estratégias usadas pelos estudantes.

Procedimentos de análise

Os dados da navegação foram obtidos em uma única sessão, no laboratório de informática, com duração máxima de 60 min. Antes dos alunos começarem a interagir com o sistema FeM, sua estrutura básica foi sumariamente apresentada (palavra-chave, botões, navegação hipertextual e guiada). Solicitou-se que os alunos navegassem livremente nas páginas de Conceitos e de Leis do FeM e que res-

⁴ Este intervalo deveu-se a condições de realização do estudo, não sendo, portanto, justificado pelo desenho da pesquisa.

pondessem, nos blocos de notas, às questões propostas nas visitas guiadas, registrando sua compreensão em relação aos conceitos em foco.

As visitas guiadas indicadas nas telas dos conceitos e das leis foram consideradas como um único evento. A análise da sequência de eventos contidas no protocolo e representada nos gráficos foi utilizada para caracterizar a estrutura da navegação do estudante. Esta análise considera a ordem temporal dos eventos selecionados pelo estudante e, também, o intervalo de tempo de permanência em cada evento. Como padrão comparativo do tempo, foi utilizada a estimativa feita pelos pesquisadores, sendo o intervalo mínimo para a leitura do texto explicativo apresentado na tela de um conceito ou lei da ordem de 23 segundos e o intervalo para a observação da respectiva simulação de aproximadamente 7 segundos.

A classificação da navegação individual, através da leitura dos gráficos, foi feita a partir dos padrões de navegação identificados por Rezende e Souza Barros (2008) e dos resultados do pré-teste.

V. Resultados

1. Padrões de navegação

Os padrões de navegação (Tabela 1), que obedecem aos critérios do trabalho de Rezende e Souza Barros (2008), são: *navegação organizada* (O), quando o estudante navega através de um grupamento conceitual consistente, evidenciado por *clusters* de cinemática ou dinâmica e visita a maioria das páginas do FeM em intervalos de tempo homogêneos; *navegação conceitual* (C), caracterizada por intervalos de tempo variáveis que atendem às necessidades conceituais do aluno; e *navegação desorientada* (D), caracterizada por visitas muito curtas, que não permitem acompanhar os conteúdos apresentados ou rever conceitos conhecidos. O uso frequente de palavras-chave deste grupo seria decorrente do baixo domínio dos conteúdos específicos apresentados com a conseqüente necessidade de abrir um novo conceito oferecido.

Também foi observada a *navegação híbrida* (C/D), na qual dois padrões subsequentes estão presentes: o primeiro padrão sendo classificado como conceitual e o segundo, como desorientada. A Tabela 1 apresenta os dados da navegação de todos os alunos.

Tabela 1 – Dados e classificação da navegação.

Aluno	N	S	EI	PC	T _m (s)	Pré-teste (% acerto)	Classificação
1	19	47	38	10	28	52	C/D
2	13	36	12	6	75	94	O
3	20	60	22	13	42	39	C/D
4	20	73	25	4	68	32	C
5	19	40	29	0	32	61	D
6	18	64	28	6	46	90	O
7	17	59	13	9	80	87	O
8	20	77	33	70	22	45	C/D
9	18	41	19	7	43	71	O
10	16	39	19	1	103	77	C
11	8	27	5	3	141	61	C
12	20	75	19	17	60	45	C
13	20	46	20	4	50	71	C
14	19	35	21	3	44	19	D
15	20	67	34	39	20	94	C/D
16	16	37	20	0	30	68	C
17	20	57	30	18	33	39	C/D
18	20	61	31	34	21	35	D
19	19	55	21	2	52	55	C
20	19	35	20	0	36	58	I
21	15	29	16	0	70	74	O
22	18	33	11	18	19	55	D
23	20	75	28	13	56	19	C
24	19	60	20	0	76	35	I
25	17	48	10	25	50	39	C/D
26	20	53	26	18	37	61	C

Nota: N: número de conceitos e leis visitados (de um total de 20); S: entrada em simulações. EI: entrada por índice; PC: número de palavras-chave usado; T_m: tempo médio/visita (PC+EI).

A navegação dos 26 alunos foi classificada tomando-se como referência os padrões não-híbridos definidos anteriormente. A partir dos gráficos da navegação individual, a navegação de cinco alunos foi classificada como organizada. Um exemplo deste tipo de navegação é apresentado na Fig. 1. A Fig. 2 exemplifica os nove gráficos que satisfazem os critérios da navegação conceitual e quatro gráficos representam a navegação desorientada, exemplificados na Fig. 3. Outros seis gráficos foram classificados como navegação híbrida, cujo exemplo é mostrado na Fig. 4.

A Fig. 1 mostra uma navegação organizada, na qual o estudante visita praticamente todas as páginas do sistema em intervalos de tempo semelhantes. Os intervalos maiores correspondem aos conceitos velocidade, aceleração, inércia, vetores e 1ª Lei de Newton, que apresentam maior número de telas de visita no sistema. A navegação, representada na Fig. 2, foi classificada como conceitual, devido ao fato de que os intervalos de tempo variam, nas páginas visitadas, de acordo com as necessidades conceituais do aluno. A navegação do aluno 5 (Fig. 3) foi classificada como desorientada e é caracterizada por visitas muito rápidas, cujo tempo de permanência por página seria insuficiente para entender os conteúdos apresentados, ou mesmo rever conceitos já conhecidos. A Fig. 4 é representativa da classificação híbrida, porque exibe dois padrões diferenciados, mostrando uma navegação coerente no início que passa para uma segunda etapa de desorientação, na qual o aluno navega sem correlacionar áreas conceituais.

Dois estudantes estruturaram sua navegação exclusivamente baseados na entrada por índice, utilizando a ordenação gráfica dos conceitos e das leis, como apresentados na tela inicial do FeM. Consideramos este tipo de organização como um novo padrão em relação à classificação anterior, que denominamos de *navegação induzida* (I). A Fig. 5 é um exemplo deste tipo de navegação.

Observamos que seis dos 26 estudantes apresentaram navegação híbrida (C/D). Esse grupo ordenou sua interação começando pela navegação conceitual e mudando para a desorientada. O conhecimento prévio de cinco desses seis alunos é regular ou fraco (Tabela 2), o que sugere que eles estão procurando conceituar a física e, de alguma forma, ao longo da navegação, ficam perdidos e se desorientam.

2. Relação entre navegação hipertextual e conhecimento prévio em Mecânica

A Tabela 2 apresenta a frequência das faixas nas quais foi classificado o conhecimento prévio dos estudantes em relação aos padrões de navegação no sistema hipermídia FeM. O indicador do conhecimento prévio utilizado é o desempe-

no no pré-teste, que foi classificado, de acordo com o percentual de acertos, nas seguintes faixas: Bom (B): 70-100; Regular (R): 41-69; Fraco (F): < 40.

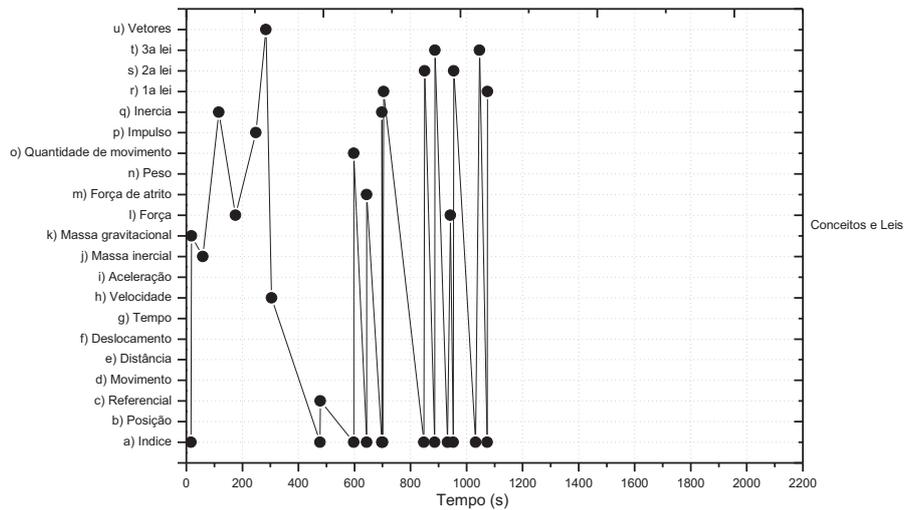


Fig. 1 – Navegação Organizada (aluno 2).

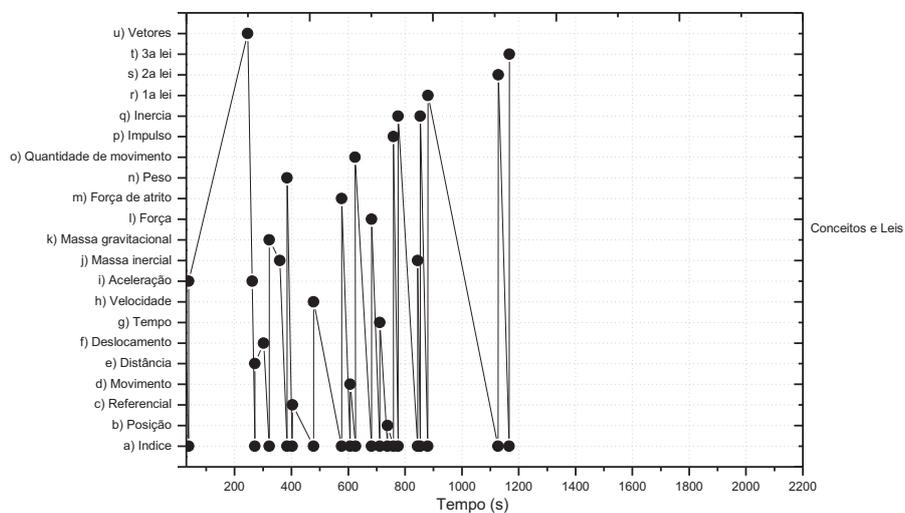


Fig. 2 – Navegação Conceitual (aluno 13).

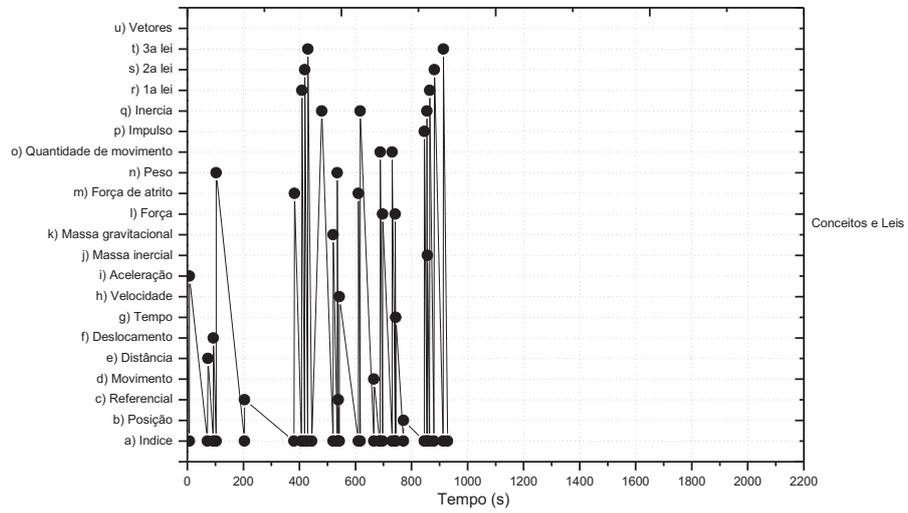


Fig. 3 – Navegação Desorientada (aluno 5).

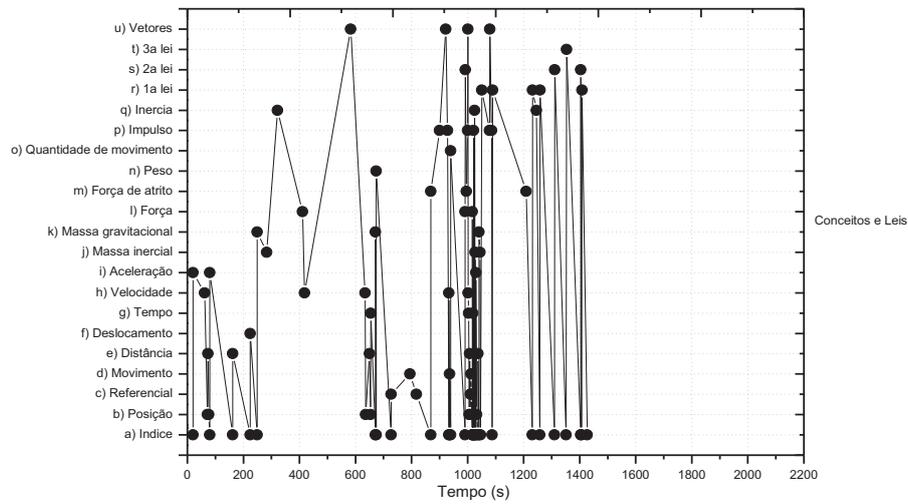


Fig. 4 – Navegação Híbrida (aluno 15).

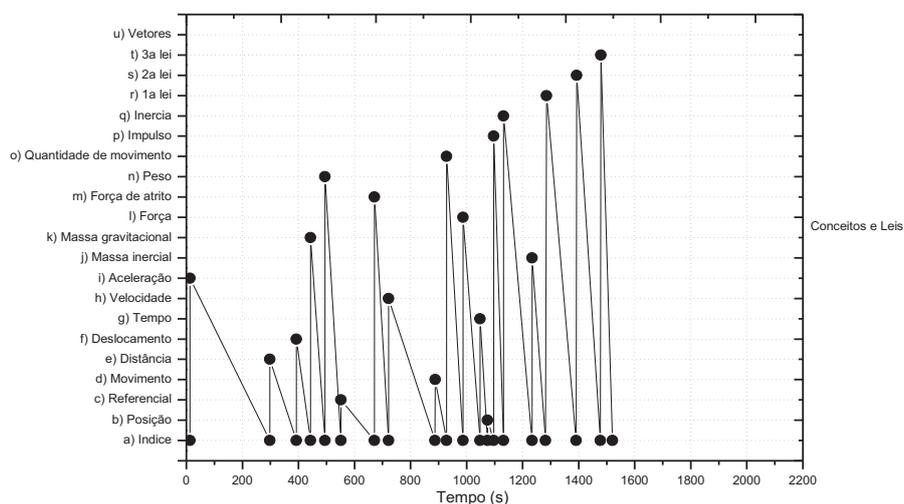


Fig. 5 – Navegação Induzida (aluno 24).

Tabela 2 – Conhecimento Prévio versus Classificação da Navegação.

Classificação	O	C	C/D	I	D
Desempenho					
Bom	5	2	1	-	-
Regular	-	5	2	1	2
Fraco	-	2	3	1	2
Media	83	56	51	46	42
Pré-teste (%)					

Padrão navegação: O: organizada; C: conceitual; D: desorientada; C/D: híbrida; I: induzida.
 Desempenho no pré-teste: Bom > 70; Regular 41-69; Fraco < 40

Dos 17 estudantes cuja navegação foi classificada em um dos três padrões não-híbridos (O, C, D), 11 apresentaram correlação direta entre padrão de navegação e conhecimento prévio, cujo indicador é o pré-teste, tal como apontado no

estudo anterior. Isto é, todos os estudantes classificados com o padrão O tiveram desempenho bom no pré-teste; cinco dos nove alunos com padrão C apresentaram desempenho regular no pré-teste, e os quatro alunos com padrão D tiveram desempenho fraco ou regular. Os alunos que seguiram uma suposta ordem do índice do sistema, percorrendo a navegação denominada de induzida (I), tiveram desempenho regular ou fraco. Este novo padrão identificado neste estudo poderia ser explicado devido à insegurança no uso do hipermídia, mas, também, poderia ter acontecido devido ao fato de o aluno não ter compreendido as instruções iniciais de procura livre dos conceitos que interessassem e, assim, facilitar sua navegação seguindo a ordem preestabelecida pelo FeM.

No grupo dos seis alunos cuja navegação foi classificada como híbrida, observou-se uma distribuição nas três faixas de desempenho B, R e F, com maior incidência no baixo desempenho (três alunos). Este grupo procurou conceitos específicos, sem coordenar os agrupamentos conceituais de *Cinemática* e *Dinâmica*, e, nesse processo, eles pareceram se desorientar.

Os dados da última linha da Tabela 2, que representam a média absoluta percentual dos acertos no pré-teste, assinalam a ordem esperada, apontada no estudo de Rezende e Souza Barros (2008), já que os alunos cuja navegação foi, no presente estudo, classificada como organizada, são aqueles que têm melhor formação conceitual e, portanto, com melhor desempenho em um teste de conteúdo específico, como indicado pelo percentual de acertos, 83%. Os percentuais dos outros grupos correspondem quantitativamente à expectativa do desempenho desses alunos, na perspectiva de sua formação anterior. O fato de que alunos cuja navegação foi classificada como híbrida tenham apresentado desempenho intermediário (51%) entre o grupo cuja navegação foi classificada como conceitual (56%) e desorientada (42%) é coerente com a contribuição das duas componentes em termos de conhecimento prévio. O desempenho regular/fraco dos dois alunos de navegação induzida poderia estar diretamente relacionado a essa classificação diferenciada, já que este padrão parece não ter sido influenciado pelo conhecimento prévio. Portanto, mesmo para uma amostra relativamente pequena, os dados apontam na direção de uma correlação razoável entre conhecimento prévio (subsúcores já estabelecidos) e classificação da navegação, o que, por sua vez, leva a acreditar que os critérios adotados para as escolhas dos padrões de navegação sejam adequados.

3. Uso de palavras-chave e padrão de navegação

Os dados que correlacionam o padrão de navegação com uso de palavras-chave são apresentados na Tabela 3. Tomou-se como critério para alta frequência do uso de palavras-chave o valor N maior que 20.

Tabela 3 – Padrão de navegação *versus* frequência no uso de palavras-chave.

Frequência Palavras-chave	Padrão				
	O	C	C/D	I	D
0	1	1	-	2	1
1-9 (baixo)	4	5	-	-	1
10-19 (média)	-	3	3	-	1
>20 (alto)	-	-	3	-	1

De acordo com a Tabela 3, os alunos cuja navegação foi classificada como organizada (O) usam baixo número de palavras-chave porque a procura conceitual traz coerência à navegação, que é mantida na formação de *clusters* conceituais. Os alunos cuja navegação foi classificada como conceitual (C) têm tendência a um maior uso de palavras-chave, porque procuram tirar dúvidas ou reforçar conceitos sobre os que têm insegurança e os alunos cuja navegação foi classificada como desorientada (D) se distribuem, sem sistemática, em todas as faixas. Os dois alunos cuja navegação foi classificada como induzida (I), pelo fato de terem seguido estritamente a disposição gráfica dos conceitos e das leis na tela inicial do FeM para navegar, não usam palavras-chave. Os seis alunos cuja navegação foi classificada como híbrida (C/D) são os que utilizam o recurso das palavras-chave com maior frequência.

4. Questionário de percepção do estudante sobre sua navegação

As respostas ao questionário fornecem informações adicionais sobre a percepção do aluno imediatamente após sua navegação. Praticamente todos os alunos, independentemente do seu desempenho no pré-teste (Tabela 1), adotado como indicador do conhecimento prévio, caracterizaram sua navegação como *revisão de conceitos*. A opção *ao acaso* foi escolhida apenas por dois alunos. A maioria (24 alunos) responde não ter ficado *desorientado*. Do mesmo modo, eles mostraram consistência nas respostas sobre o uso de palavras-chave, o que indica compreensão do seu significado. Em resumo, a maior parte dos estudantes caracte-

rizou sua navegação como *revisão conceitual ou aprofundamento, esclarecimento ou aprendizagem*, incluindo-se aqueles cujas navegações foram classificadas como híbridas. Apenas um estudante declarou-se explicitamente desorientado, em desacordo com os 10 estudantes cuja navegação foi classificada como desorientada ou híbrida (Tabela 1). Esse resultado foi importante porque sinalizou que a percepção do aluno pode ser diferente da que usamos para classificar sua navegação.

5. Entrevistas

As entrevistas revelaram uma diversidade de argumentos usados pelos estudantes para justificar suas escolhas ao longo da navegação. Segue a transcrição comentada das cinco entrevistas, mantendo as falas dos entrevistados de forma literal em itálico.

Entrevista com o aluno 11

O aluno diz ter começado por um dos índices da tela inicial do FeM e não se lembra da escolha dos conceitos. Ele diz: *... eu me lembro que eu abri, tentei ler ali, cobrindo esses assuntos aqui, li as instruções e tentei responder umas perguntas, já que tinha umas opções que tentavam prever a trajetória da bolinha quando a corda arrebentasse*. Quanto a registrar as respostas no sistema: *... eu só escolhi uma resposta*. Em relação às animações: *... eu lia as instruções e tentei fazer*. Em relação à utilidade do sistema para sua aprendizagem, afirmou: *... Achei interessante*. Como professor, utilizaria este sistema em sala de aula porque... *dá pra ver mais do que se ficar só na teoria, né? ... É, vê o movimento que no quadro negro, quando se faz o gráfico, a trajetória fica assim bem estático. ... aqui ajuda a visualizar o fenômeno*. Quando perguntado se havia usado os longos intervalos de tempo que passou nas telas, como mostra o gráfico de sua navegação (Fig. 6), para escrever respostas a perguntas apresentadas, ele afirma: *... não, eu não escrevi, foi para ler e ver a animação*.

Entrevista com o aluno 12

O estudante afirma ter entrado aleatoriamente nos conceitos: *... foi sem pensar mesmo e observava ...nem me preocupava com a leitura*. Quanto ao tempo diferenciado, dedicado à leitura das telas, conforme mostra o gráfico de sua navegação (Fig. 7), diz: *...isso iria depender se iria me chamar atenção*, e continua dizendo que não houve leitura e que apenas observava as animações. À pergunta sobre o uso muito frequente de palavras-chave, respondeu: *... estavam em amarelo*

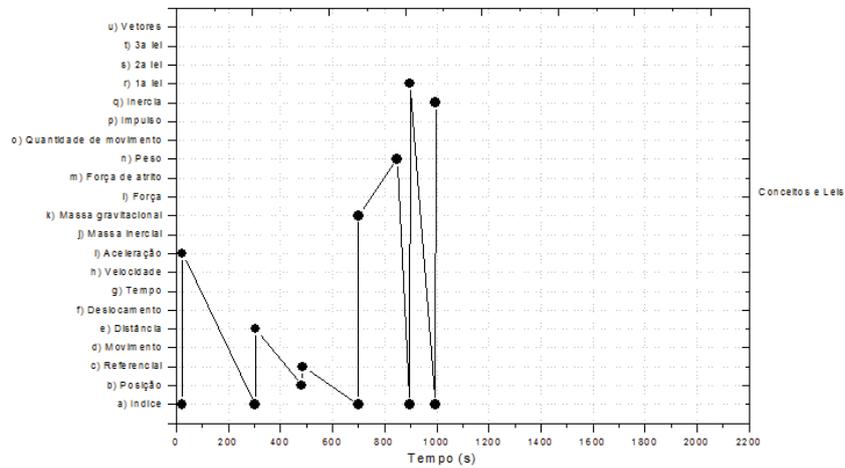


Fig. 6 – Navegação do aluno 11.

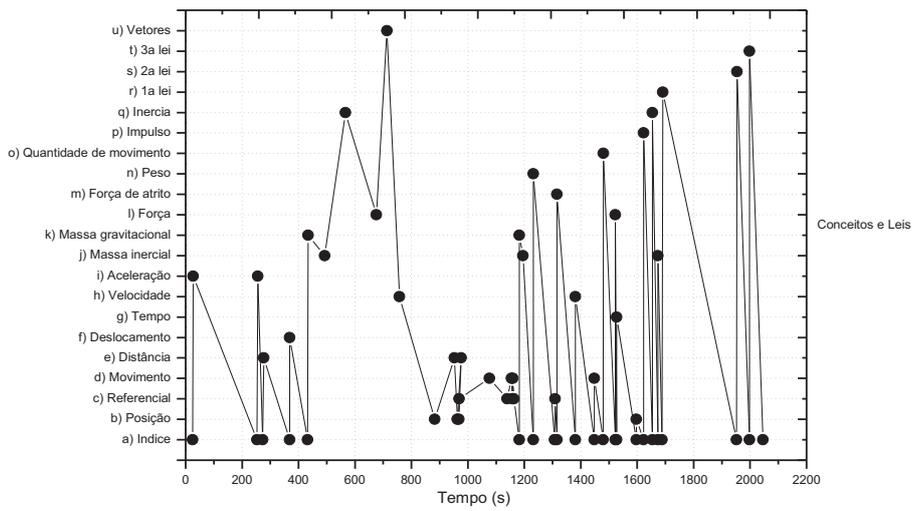


Fig. 7 – Navegação do aluno 12.

e chamavam atenção. Quando solicitado a emitir uma opinião sobre o FeM, ele afirmou que: ... *eu nem lembro do que aprendi disso daí, eu acho que se aprende mais no livro. Eu não consigo absorver nada desse tipo de atividade.* Porém, quando perguntado sobre a possibilidade de usar o recurso para dar aula, afirmou que o utilizaria.

Entrevista com o aluno 15

O aluno diz lembrar que entrou no FeM e justificou sua navegação: ... *fui seguindo a sequência e a escolha dos índices foi feita porque ... achei que o índice estava numa sequência lógica de aprendizado, por isso que eu fui entrando.* Quando perguntado sobre o uso de palavras-chave, ele disse que voltava para o índice na sequência original ... *para essas palavras destacadas eu entrei por curiosidade de ver o que estava ali. Para ver o conceito, verificar se ele batia com o que eu tinha.* Quanto à utilidade da atividade para a sua aprendizagem, ele respondeu: ... *eu achei, pois vendo uma animação na tela é muito mais fácil.* Quanto às diferenças nos intervalos de tempo gastos em cada tela, conforme mostra a Fig. 4, disse: ... *o tempo suficiente para ler o conteúdo e ver a animação e volta ao mesmo conceito para ... verificar se havia uma nova configuração e ainda diz que foi e voltou rapidamente porque ... provavelmente por telas que eu já havia visto.* Quando perguntado sobre se utilizaria este material para dar aula, ele respondeu afirmativamente... *Sim, é muito mais fácil para o aluno quando ele interage com a máquina e ele vê na tela um conceito do que ele imaginar a partir de um quadro ou de um livro estático o que está acontecendo.* O gráfico deste aluno encontra-se representado na Fig. 4, na exemplificação dos padrões.

Entrevista com o aluno 17

O aluno lembrou sua interação com o FeM e disse: *eu fui fazendo um por um, não fui assim no certo.* Em relação aos intervalos de tempo longos, ele justificou: ... *tempo de leitura, tinha alguma coisa para ler, eu ficava lendo lá.* Quanto a abrir e fechar os conceitos ele reconheceu: ... *por que é interessante, de repente para saber o que é massa inercial mas agora já lembrei, tem uma demonstração no livro que mostra que são iguais...é sim e também por que tem animação e ficava olhando ...* Em relação ao uso de palavras-chave, disse que usou pouco ... *ou porque eu não sabia ou por que falaram para explorar.* Quando indagado sobre a volta à mesma tela de conceitos ele disse ... *isso aqui é interessante eu vou ler, ou se eu não conhecia.* Em relação à procura de conceitos que poderia agrupar em

cinemática e/ou da dinâmica, o aluno disse ... *não, eu nem classificava assim, não fazia diferença*. Quanto aos tempos curtos que permaneceu em cada tela, conforme pode ser observado em seu gráfico de navegação (Fig. 8), ele justificou ... *eu devia estar procurando coisas novas, que eu não tinha visto,... ah já vi, esse já vi também. Antes de fechar, deixa ver se tem alguma coisa nova aqui*. Sobre a utilidade da atividade ele disse: *Para ensinar, se tem um computador... esses aplicativos servem para visualizar melhor, eu não, eu vejo a partir de uma figura do livro*.

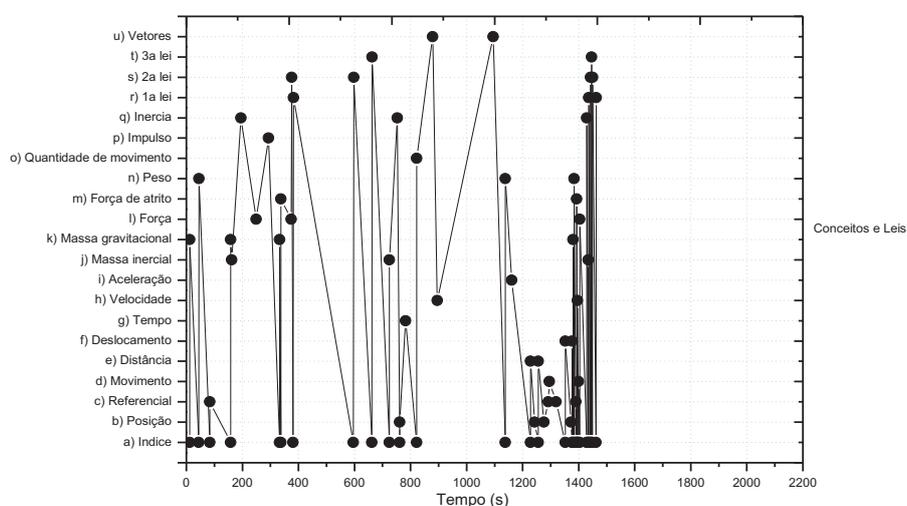


Fig. 8 – Navegação do aluno 17.

Entrevista com o aluno 23

Quando solicitado para falar da forma como entrou no FeM, o aluno disse: ... *eu escolhi a ordem de aprendizado, a ordem que eu acho que é a mais certa: distância, deslocamento, velocidade, aceleração, peso, força. Por que na Mecânica, você tem a força, mas vem primeiro a aceleração. Dá o conceito antes primeiro. Eu comecei com a distância, o tempo, disso deu a velocidade, estudei a aceleração, a massa, a força porque tudo no final acaba se encaixando*. Disse ter interesse nas leis porque ... *para ensinar é complicado e com o programa ele ajuda*. Quanto ao tempo que passava em cada índice, como indica o gráfico de sua navegação (Fig. 9), ele disse: *os conceitos que eu já dominava eu ia mais rápido, já os*

conceitos com dúvida que não fechava eu levava mais tempo. Afirmou ter lido os textos para saber ... em que parte do complemento ela, a palavra-chave, está. Quanto à razão de procura de conceitos nos índices, ele explicou que... a ordem sai de como tinha aprendido no EM. Primeiro a distância... eu tomei a ordem que eu já conhecia. Quando questionado sobre o motivo de seu interesse no sistema para o ensino, ele respondeu: ... é legal exemplificar para o aluno em exemplos que não podem ser aplicados em sala.

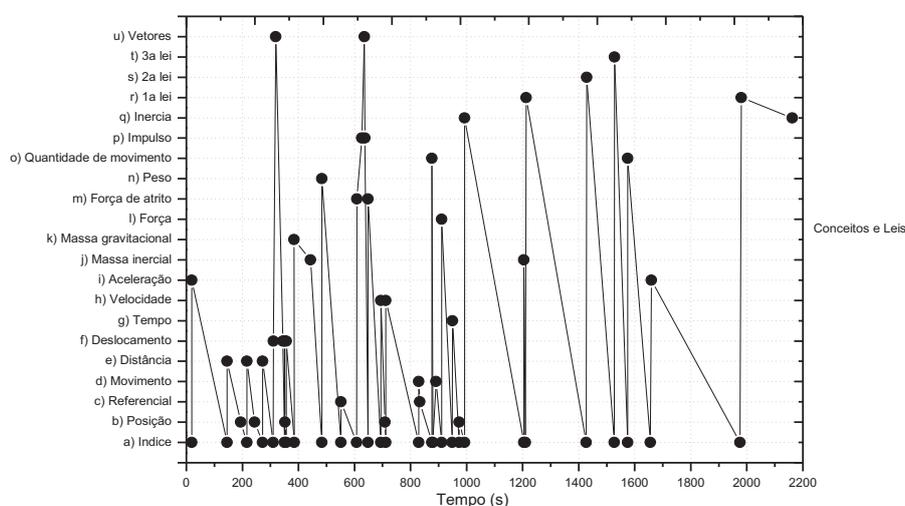


Fig. 9 – Navegação do aluno 23.

VI. Discussão e conclusões

Os resultados obtidos referentes à correlação entre os padrões não-híbridos de navegação e o conhecimento prévio dos *estudantes* (Tabela 2) nos levam a considerar que foi possível validar os padrões propostos por Rezende e Souza Barros (2008).

No presente estudo, observamos o uso expressivo do recurso mais característico dos sistemas hipermídia: as palavras-chave. A comparação deste resultado com o baixo índice encontrado no estudo anterior (referente a dados coletados em 2000) pode estar relacionada ao possível efeito da disseminação do uso do computador e de sistemas hipertextuais, sendo a própria *Internet* um exemplo marcante

desses novos hábitos. Apesar disso, os alunos cuja navegação foi classificada como organizada, com desempenho bom (83%, Tabela 2), demonstraram objetividade na seleção conceitual associada ao baixo uso de palavras-chave (Tabela 3).

Os alunos cuja navegação foi classificada como conceitual tiveram, predominantemente, desempenho regular (Tabela 2) e média de acertos no pré-teste 56%. Esse grupo usa maior número de palavras-chave, como mostra a Tabela 3, o que está de acordo com os critérios usados para classificar a navegação como Conceitual. Os alunos justificaram a longa permanência em um dado conceito, como observados nos seus gráficos, devido à visualização de animações e para responder a perguntas, embora suas respostas não tenham sido registradas no sistema. Pela entrevista com o aluno 11, não foi possível compreender como ele agrupou os conceitos em cinemática e dinâmica. A informação do aluno 12 de que acionava as palavras-chave somente pela cor diferenciada e que, portanto, não havia nenhuma razão conceitual para escolhê-las, não pareceu coerente com o padrão de navegação conceitual. A afirmação “*Eu não consigo absorver nada desse tipo de atividade*” também trouxe informação não consistente com a classificação de navegação conceitual, na qual supomos que o estudante se interessaria por buscar os conceitos que sentisse necessidade de esclarecer ou de aprender. Essas informações, obtidas por meio da entrevista e inacessíveis através dos gráficos de navegação, mostraram o oposto: que o aluno não se interessou e nem se engajou na atividade.

A entrevista do aluno 23 é muito mais consistente com a classificação de sua navegação como conceitual e, também, da relação entre navegação e conhecimento prévio. Ele disse que agrupa os conceitos de acordo com o que já sabia, com a ordem em que foram apresentados no Ensino Médio. Os intervalos irregulares da navegação também estão de acordo com este padrão de navegação, explicados por seu interesse conceitual.

Os alunos, cuja navegação foi classificada como desorientada, tiveram desempenho R e F (Tabela 2) e média de 42% de acertos no pré-teste. Este grupo se distribui no uso de palavras-chave, como mostra a Tabela 3, sustentando o critério da navegação desorientada.

Foi possível estabelecer o padrão de navegação híbrida com melhor estatística, já que, no estudo anterior, foi interpretado a partir de um único elemento. Esses estudantes apresentaram conhecimento prévio distribuído nas três faixas de desempenho (Tabela 2), com uma média de acertos no pré-teste de 51%, o que evidencia a contribuição das duas navegações, conceitual e desorientada. O aluno navegou preferencialmente por palavras-chave (Tabela 3), o que também está de acordo com a classificação híbrida. Este padrão caracterizou-se pela passagem de uma busca conceitual para a desorientação, marcada pelo alto uso de palavras-

chave após um dado momento. Os alunos 15 e 17 justificaram o uso frequente de palavras-chave pela curiosidade e para verificar a consistência dos conceitos que eles possuíam com aqueles que o FeM apresenta. O aluno 15 navegou utilizando tanto os índices como as palavras-chave. É interessante perceber que o aluno transfere para o sistema a tarefa de ordenar os conceitos, quando afirmou que presumiu que estivessem organizados logicamente. Apesar de fazer uso intenso de palavras-chave em intervalos curtos de tempo, o que levou parte de sua navegação a ser classificada como desorientada, ele justificou esta rapidez apenas pelo fato de que já teria visto tais conceitos e não por algum outro motivo para além do conteúdo.

O aluno 17 acrescentou que não seguiu ordem conceitual específica, agrupando, por exemplo, conceitos da cinemática e da dinâmica, mas que preferiu seguir “um a um”. Esta informação é esclarecedora, pois, pelo gráfico, seria impossível interpretar que suas escolhas teriam a intenção de agrupar os conceitos de dinâmica. O aluno justificou a segunda parte da navegação, quando usou palavras-chave intensamente, mudando de páginas em intervalos de tempo curtos, pela própria procura: se havia algo novo, permanecia na página, se já tinha visto, continuava a navegação.

Uma nova informação obtida neste estudo foi o padrão de navegação induzida, representado por dois alunos que selecionaram os conceitos de acordo com a ordem em que os conceitos estavam dispostos graficamente nos índices do sistema. O conhecimento prévio deles é regular, com média de acertos no pré-teste de 46%. Este novo padrão pode decorrer da insegurança no uso do hipermídia, mas poderia, também, ter sido gerado pelo fato de o aluno não ter compreendido a instrução de procura livre dos conceitos que lhe interessassem. Desse modo, o aluno optou por navegar seguindo estritamente a ordem da disposição gráfica dos conceitos nos índices do FeM e não usou palavras-chave.

De um modo geral, as entrevistas são um complemento útil para a interpretação da navegação por meio dos gráficos, os quais representam uma “fotografia” da navegação individual. Se estas fotografias já mostram as formas diversificadas com que os alunos usam um sistema hipermídia, as entrevistas mostram a diversidade de razões que eles atribuem às suas escolhas e à configuração final de sua navegação. Alguns alunos justificaram suas escolhas em termos de ‘necessidades conceituais’; outros, pelo que atraía sua atenção na representação da tela; ainda há aqueles que reconhecem ter escolhido os conceitos de forma puramente aleatória. Para alguns, a animação constitui, de fato, uma importante ferramenta de visualização do fenômeno, enquanto para outros esta não é diferente das imagens apresentadas nos livros-texto. Alguns estudantes explicaram que foi a curiosidade que os levou a acessar algumas palavras-chave, tanto para saber como estavam

representados os conceitos como apenas para verificar o que sabiam sobre determinado assunto. As entrevistas deixam claro que a rapidez com que os alunos realizaram parte da interação estava relacionada a uma ação de verificação, se havia algo ainda a ser explorado ou se já havia sido visto e, portanto, não de desorientação. Este resultado sugere a realização de entrevistas com alunos cuja navegação seja classificada inteiramente como desorientada para melhor compreensão deste padrão.

Assim, consideramos que as entrevistas realizadas enriqueceram nosso olhar para a navegação hipertextual. Respostas dos estudantes não consistentes com a classificação que estabelecemos nos levaram a reconhecer que nossa interpretação pode supervalorizar aspectos conceituais e cognitivos, quando a navegação livre em um sistema hipermídia de aprendizagem também pode ser influenciada por motivos mais superficiais, como a simples curiosidade, que nem sempre caracterizaria uma busca conceitual, ou a verificação rápida, que nem sempre significaria desorientação.

A confirmação do resultado anterior sobre a relação entre o conhecimento prévio e a navegação, isto é, quanto maior o conhecimento prévio, mais organizada seria a navegação, deixa uma preocupação no que diz respeito ao uso individual de sistemas hipermídia de aprendizagem. Justamente os alunos que precisam de mais ajuda usufruem menos da interação livre. Nesse sentido, recomendamos o uso colaborativo de sistemas hipermídia por duplas de estudantes. Resultados de estudos com outro sistema hipermídia (DUARTE; REZENDE, 2008; REZENDE; TRINDADE, 2011) mostraram que o benefício da tripla interação (Sistema-Aluno1-Aluno2) é compartilhado por ambos os participantes. Este tipo de interação beneficiaria, assim, o aluno com pouco conhecimento prévio. Azevedo *et al* (2008) também defendem a necessidade de regulação externa da navegação hipertextual representada, no caso, pela ajuda do professor, para estudantes com pouco conhecimento prévio do assunto apresentado no sistema.

Referências

AZEVEDO, R.; MOOS, D. C.; GREENE, J. A.; WINTERS, F. I.; CROMLEY, J. G. Why is externally-facilitated regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia? **Education Tech Research e Dev**, v. 56, n.1, p. 45-72, 2008.

BARAB, S. A.; BOWDISH, B. E.; LAWLESS, K. A. Hypermedia navigation: profiles of hypermedia users. **Educational Technology Research and Development**, v. 45, n. 2, p. 23-41, 1997.

BOLACHA, E.; AMADOR, F. Organização do conhecimento, construção de hiperdocumentos e ensino de ciências da Terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 31-52, 2003.

CALCATERRA, A.; ANTONIETTI, A.; UNDERWOOD, J. Cognitive style, hypermedia navigation and learning. **Computers e Education**, v. 44, n. 4, p. 441-457, 2005.

DISESSA, A. Knowledge in pieces. In: FORMAN; G; PUFALL, P. (Eds.). **Constructivism in the Computer Age**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc., 1988. p. 49-70.

DUARTE, M. S.; REZENDE, F. Construção discursiva na interação colaborativa de estudantes com um sistema hipermedia de Biomecânica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, p. 399-419, 2008.

FITZGERALD, G.; SEMRAU, L. The effects of learner differences on usage patterns and learning outcomes with hypermedia case studies. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 7, n.4, p. 309-331, 1998.

FORD, N.; CHEN, S. Y. Individual differences, hypermedia navigation and learning: an empirical study. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 9, n. 4, p. 281-311, 2000.

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

JONASSEN, D. O uso da novas tecnologias na educação a distância e a aprendizagem construtiva. **Em Aberto**, Brasília, v. 16, n. 70, p. 70-88, abr./jun., 1996.

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.

LAST, D. A.; O' DONNELL, A. M.; KELLY, A. E. The effects of prior knowledge and goal strength on the use of hypertext. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 10, n. 1, p. 3-25, 2001.

LAWLESS, K. A.; KULIKOWICH, J. M. Understanding hypertext navigation through cluster analysis. **Journal of Educational Computing Research**, v. 14, n. 4, p. 385-399, 1996.

MITCHELL, T. J. F.; CHEN, S. Y.; MACREDIA, R. D. Learning and prior knowledge: domain expertise vs. system expertise. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 21, n. 1, p. 53-64, 2005.

MC DONALD, S.; STEVENSON, R. J. The effects of text structure and prior knowledge of the learner on navigation in hypertext. **Human Factors**, v. 40, p. 18-27, 1998.

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

NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. New York: Lawrence Erlbaum, 1998.

PUNTAMBEKAR, S.; STYLIANOU, A. Designing navigation support in hypertext systems based on navigation patterns. **Instructional Science**, v. 33, n. 5-6, p. 451-481, 2005.

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

REZENDE F.; GARCIA M. A. C.; COLA C. Desenvolvimento e avaliação de um sistema hiperídia que integra conceitos básicos de mecânica, biomecânica e anatomia humana. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 239-259, 2006.

REZENDE, F.; SOUZA BARROS, S. de; Students' navigation patterns in the interaction with a mechanics hypermedia program. **Computers & Education**, v. 50, p. 1370-1382, 2008.

REZENDE, F.; TRINDADE, M. Jogos de linguagem e mudança discursiva na interação compartilhada de estudantes com sistema hiperídia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2011. (Aceito, aguardando publicação).

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 11, p. 205-221, 1979.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YEO, S.; LOSS, R.; ZADNIK, M.; HARRISON, A.; TREAGUST, D. What students really learn from interactive multimedia? A physics case study. **American Journal of Physics**, v. 72, n. 10, p. 1351-1358, 2004.

Anexo 1

Questionário da percepção do aluno sobre sua navegação

Nome _____ Senha utilizada _____

Responda as seguintes perguntas:

1. Como você melhor caracterizaria sua navegação no FeM? (uma única escolha):
 - a. ao acaso
 - b. aprofundamento de conceitos
 - c. revisão de conceitos
 - d. procura de conceitos sobre os quais tenho dúvidas
 - e. a procura de conceitos de forma estruturada
 - f. para aprender conceitosJustifique sua escolha.
2. Você utilizou as palavras-chave dos textos para navegar? Sim _____ Não _____
3. Durante sua navegação você se sentiu perdido em algum momento? Quando?

Anexo 2

Protocolo da entrevista

Perguntas iniciais

- O que você se lembra de sua interação com o sistema hipermídia FeM?
- Como começou sua navegação?

Perguntas específicas sobre a navegação do aluno a partir de sua observação do gráfico.

1. Como você usava o tempo num dado conceito ou lei: tempos longos ou curtos?
2. Fale sobre como foi sua navegação.
3. Ficou curioso em algum momento e abriu e fechou índices?
4. Como fez a escolha de índices?
5. O que guiou a ordem de suas escolhas?
6. Quais conceitos lhe interessaram mais?
7. Por que volta ao mesmo conceito?
8. De que forma usou as palavras-chave?
9. O que o levou a procurar conceitos?
 - Curiosidade
 - Insegurança
 - Ver como foram apresentados
10. Por que ficava mais tempo num conceito ou pulava de um para outro índice rapidamente?
11. Acha que o FeM foi útil para sua aprendizagem?
12. Você utilizaria este recurso para dar aula?
13. Quer dizer mais alguma coisa sobre o FeM?