

DISCUSSÃO E REESTRUTURAÇÃO CONCEITUAL ATRAVÉS DA INTERAÇÃO DE ESTUDANTES COM AS VISITAS GUIADAS DO SISTEMA HIPERMÍDIA “FORÇA&MOVIMENTO”

(Discussion and conceptual restructuration through the interaction of students with guided tours of the “Force & Motion” hypermedia system)

Flávia Rezende

Laboratório de Tecnologias Cognitivas
NUTES/UFRJ
frezende@nutes.ufrj.br

Susana de Souza Barros

Instituto de Física – UFRJ
susana@if.ufrj.br

Resumo

Pesquisas realizadas ao longo de mais de duas décadas mostram que a instrução convencional em física, que prioriza o formalismo matemático, não facilita aos alunos a compreensão qualitativa dos conceitos. Contrariamente ao esperado, foi também observado que os alunos têm dificuldades para extrair informações relevantes de situações experimentais. Desta forma, a simulação de fenômenos físicos no computador, que leva em conta as concepções dos alunos, apresenta-se como uma alternativa, que tanto pode facilitar a identificação dos conceitos e relações entre eles como também ajudar à compreensão conceitual a partir do controle de variáveis e da discussão. Aproveitando o potencial educacional da hipermídia, um sistema denominado “Força & Movimento” (“F&M”, Rezende, 1996) foi desenvolvido a partir de um levantamento das dificuldades conceituais em mecânica de calouros universitários. Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa que investigou a interação de um grupo de calouros com as visitas guiadas do sistema “F&M”. São discutidas algumas das dificuldades conceituais dos alunos já identificadas na literatura, que reaparecem na interação, assim como a possibilidade do sistema contribuir para sua superação. Os resultados apontam para a mudança de pontos de vista na maioria dos estudantes. E, mesmo que esta não possa ser considerada como o equivalente à reestruturação conceitual, mostram que há um componente na direção do desenvolvimento conceitual, que é mais lento e gradual, (diSessa, 1988) do que apenas a comparação entre o teste e a entrevista poderia evidenciar. O fato de existirem mudanças de ponto de vista dos alunos indicou que as visitas guiadas do sistema “F&M” podem facilitar a reestruturação conceitual, servindo principalmente como um espaço de reflexão e integração de suas concepções ao conhecimento científico.

Abstract

Research performed along the last two decades shows that conventional instruction in physics prioritizing mathematical formalism does not facilitate conceptual qualitative comprehension. Contrary to what is to be expected, it was also observed that the students have difficulties in obtaining relevant information from experimental situations. Thus, simulating physical situations in the computer appears as an efficient strategy that may help the students to identify concepts and their relationships, being also useful as a point of departure of variable control and discussion, when the students' conceptions are considered. Taking advantage of a hypermedia systems' educational potential, a software, “Force and Motion” (“F&M”), was developed, using as a reference the results of the conceptual difficulties in basic mechanics of an equivalent group of students. This paper discusses the results of research that correlates the interaction of the students in guided tours of the “F&M” software and the conceptual difficulties previously detected, using the

software to help overcome them. The results point towards a shift in the points of view of the students. This change cannot be yet considered as a complete conceptual restructuring, but constitutes an important component of conceptual development, that is slow and gradual (diSessa, 1988). The fact that the students changed their previous ideas indicates that the guided tours can help, mainly as an important space of reflection that will allow the integration of students' concepts into the scientific framework.

Introdução

Pesquisas realizadas ao longo de mais de duas décadas, em diversos países de todos os continentes indicam que apesar da escolarização persistem as dificuldades conceituais dos alunos na aprendizagem da mecânica introdutória dos cursos de física. Esse fato sugere que elas não são facilmente superadas pelo ensino tradicional e que precisam ser mais explicitamente trabalhadas durante a instrução, como sugerem McDermott (1984) e Mazur (1997). Além dos conceitos básicos serem difíceis de ensinar e aprender, a instrução convencional em física, que em geral prioriza o formalismo matemático, não facilita aos alunos a compreensão qualitativa dos conceitos.

Observa-se também que os alunos têm dificuldades para extrair informações relevantes de situações experimentais (Lunetta, 1998, Collinvaux & Barros, 2000). A simulação de fenômenos físicos no computador vem se mostrando como uma alternativa que tanto pode facilitar ao estudante a identificação dos conceitos e relações mais importantes entre eles como também a compreensão conceitual a partir do controle de variáveis e da discussão quando se levam em conta suas concepções sobre os mesmos.

Sistemas multimídia e hipermídia, que conjugam várias formas de representação da informação como textos, gráficos, imagens, áudio, animações, vídeos, podem incluir simulações de fenômenos físicos e assim serem utilizados para facilitar a aprendizagem de Física. Assim, aproveitando esse potencial educacional dos sistemas hipermídia para atuar significativamente frente às dificuldades conceituais em Mecânica básica, foi desenvolvido um sistema hipermídia denominado de “Força & Movimento” (“F&M”) (Rezende, 1996) a partir de um levantamento de dificuldades conceituais de calouros universitários.

Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa que investigou a interação de um grupo de calouros com as visitas guiadas do sistema “F&M”. São discutidas algumas das dificuldades conceituais dos alunos já identificadas na literatura que reaparecem na interação, assim como a possibilidade do sistema contribuir para sua superação.

As visitas guiadas do sistema hipermídia “Força & Movimento”

Sistemas hipermídia têm como característica principal a organização não-linear da informação em função das ligações entre os conceitos que o usuário decide seguir, mas podem comportar seqüências de informações definidas previamente. Esses conjuntos de informações se parecem com visitas guiadas (Schwabe & Rossi, 1994) ao estabelecerem um sentido e ordem à navegação. No caso do sistema ser utilizado como instrumento de pesquisa, os critérios para definir a seqüência de telas que compõem a visita guiada são estabelecidos pelo investigador.

O sistema hipermídia “F&M” é composto por um conjunto de telas, representadas essencialmente por simulações de fenômenos físicos e textos explicativos, selecionado para discutir as relações entre força e movimento, que deriva de três classes fundamentais: “Situações Físicas”, “Leis do Movimento” e “Conceitos Físicos”. A estrutura de navegação do sistema “F&M” é a de um hipertexto, no qual o aluno pode navegar pelas telas de conceitos, leis e situações seja através de palavras-chave ou dos índices das demais classes de acordo com o seus interesses. As visitas guiadas do sistema oferecem contextos nos quais o aluno expõe suas concepções, participando de uma “discussão” que as leva em conta.

Da classe Conceitos derivam as telas Velocidade, Aceleração, Força, Movimento, Referencial, Força de Atrito, Distância, Tempo, Posição, Deslocamento, Massa Inercial, Massa Gravitacional, Inércia, Quantidade de Movimento, Impulso, Peso e Vetores. A classe Leis apresenta as leis de Newton. A classe Situações Físicas mostra as seis situações escolhidas: Queda Livre, Lançamento Vertical, Lançamento Horizontal, Lançamento Oblíquo, Força impulsiva perpendicular à velocidade e Força constante perpendicular à velocidade. Essas situações foram identificadas a partir do resultado de um teste objetivo de mecânica (baseado no *Force Concept Inventory* desenvolvido por Hestenes et al., (1992) que foi aplicado a 135 calouros da UFRJ. As situações foram escolhidas para oferecer contextos nos quais os estudantes possam expressar as concepções que na situação de aprendizagem se apresentam como “dificuldades conceituais”.

Nas telas de situações físicas o aluno pode acessar uma visita guiada, na qual percorrerá uma seqüência de telas pré-definida, modelada em função dos elementos de uma proposta teórica de desenvolvimento conceitual¹ (diSessa, 1988) dos conceitos físicos, que simula uma discussão sobre a situação a partir de uma tarefa solicitada. A seqüência de telas, idêntica para as seis situações, simula um conjunto de argumentos que varia em função da escolha, pelo aluno, de vetores diferentes em módulo, direção e sentido para indicar as forças resultantes que estão atuando sobre um objeto, em pontos de sua trajetória. Dependendo da força selecionada, o programa define quais serão as telas dos argumentos apresentadas para o aluno que irão compor a discussão.

O aluno que acessa a visita guiada referente à Queda livre, por exemplo, é levado a uma tela que apresenta uma tarefa (Figura 1) na qual é solicitado a indicar a força resultante (módulo, direção e sentido) que age sobre a bolinha em três pontos da trajetória. Se o aluno seleciona as forças resultantes iguais à força gravitacional, a visita o leva para a tela *Modelo Científico*, que apresenta a simulação da situação acrescida do vetor Peso atuando sobre o objeto nos pontos da trajetória.

Se o estudante seleciona a força na direção da velocidade, é levado à tela *Integração* onde observa a simulação da situação física idêntica à inicial, acrescida da representação do vetor Quantidade de Movimento do objeto, que é semelhante ao vetor que ele selecionou. A seguir, a tela *Confrontação*, apresenta a simulação do movimento que o objeto adquiriria se a força resultante selecionada obedecesse às leis de Newton. Nessa tela, o estudante pode abrir um campo que permite fazer anotações sobre o que está sendo observado. O estudante é levado, então, à tela *Modelo Científico*. Após essa tela, telas de argumentos especificamente relacionados ao modelo científico da situação são apresentadas, incluindo a força impulsiva como um elemento importante a ser considerado.

Se o estudante seleciona forças não previstas pelo sistema, ele é diretamente remetido à tela *Modelo Científico*.

Qualquer que seja a visita percorrida, a última tela permite que o estudante retorne à navegação não-linear, por meio dos botões que levam aos índices das classes e das palavras-chave.

¹ DiSessa (1988) sugere que os alunos começam a aprender Física com um conjunto de fragmentos conceituais (que não apresentam consistência) mas que de alguma forma estarão envolvidos na compreensão da física formal. O desafio do professor seria o de encontrar contextos nos quais esses fragmentos teriam um papel produtivo e se integrassem ao conhecimento científico.

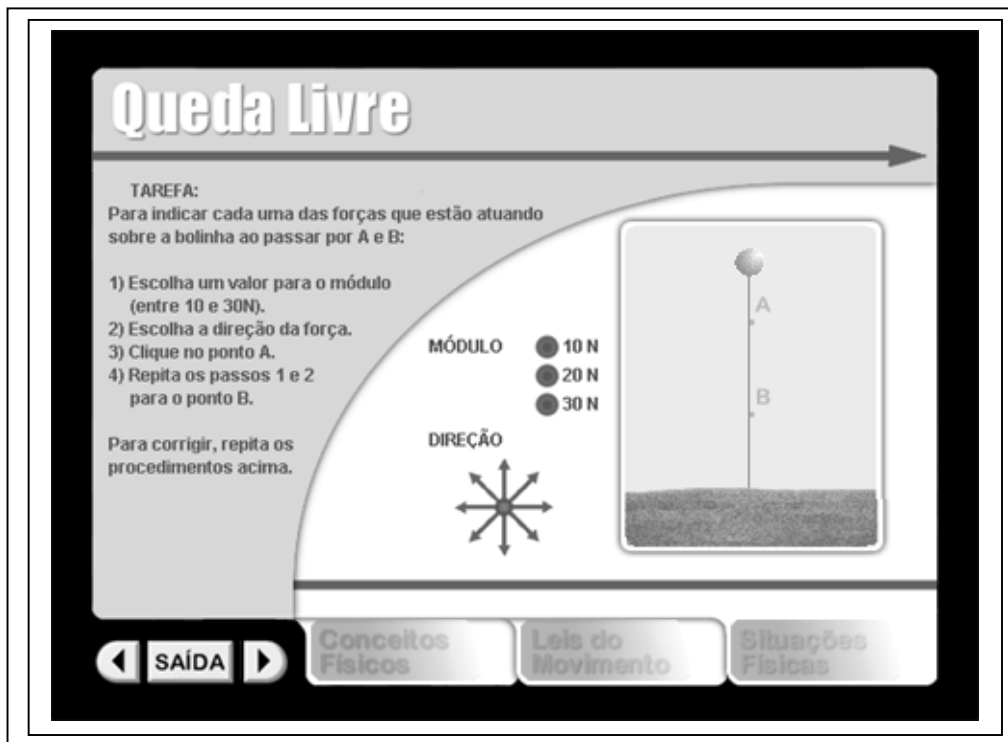


Figura 1. Tela que apresenta a tarefa.

Desenho da Pesquisa

O sistema “F&M” foi utilizado por 14 calouros universitários matriculados na disciplina “Introdução à Física” do curso de Licenciatura noturna em Física da UFRJ que trabalharam em grupos de dois estudantes, em duas sessões de 50 min no laboratório de informática. Na primeira, os estudantes exploraram o sistema livremente e em seguida foi solicitado que acessassem as visitas guiadas referentes às situações de Queda Livre, Lançamento Vertical e Lançamento Oblíquo. Na 2^a sessão, os estudantes interagiram com as visitas guiadas das situações de Lançamento Horizontal e Força Perpendicular à velocidade.

Imediatamente antes das sessões os estudantes responderam a testes escritos relacionados às situações que seriam discutidas nas visitas guiadas. Após essa interação, foram entrevistados individualmente pelas pesquisadoras.

Os dados coletados possibilitaram tanto o levantamento e a interpretação das dificuldades conceituais dos estudantes em relação aos conceitos de força e movimento como também a avaliação do efeito da interação com as visitas guiadas em termos da reestruturação conceitual dos estudantes, ou seja, da integração das concepções prévias a explicações cientificamente corretas.

Instrumentos utilizados

(i) Testes escritos sobre as situações físicas

Foram elaborados dois pré-testes (Testes 1 e 2), um para cada sessão de interação com o sistema “F&M”. O primeiro teste é composto por duas questões objetivas que propõem situações semelhantes às situações exploradas no sistema.

O segundo teste apresenta uma questão que discute a situação que envolve uma força perpendicular à velocidade, semelhante aquela discutida na visita guiada, porém solicitando tarefas diferentes ao estudante.

(ii) Entrevistas

As entrevistas visavam à descoberta não só de uma possível mudança de ponto de vista do aluno em relação a algum conceito envolvido nas questões do teste, mas, também a verificação da reestruturação conceitual das idéias do estudante pela consistência. As entrevistas foram conduzidas da seguinte forma: de início, o pré-teste respondido foi apresentado ao estudante e ele era solicitado a reconsiderar as respostas a fim de confirmá-las ou modificá-las. Em seguida, com o objetivo de investigar a consistência das concepções do estudante, era questionado se haveria ou não relação entre as questões do teste e as situações discutidas nas visitas guiadas.

(iii) Respostas às tarefas (forças atribuídas aos objetos em movimento em pontos da trajetória) e notas escritas pelos estudantes na tela Confrontação, que o computador registra ao longo da visita guiada.

Resultados da 1ª Sessão: Queda Livre e Lançamento Oblíquo

Teste 1 (n=14)

Apenas dois estudantes acertaram o item (a) da questão 1 do Teste 1 (Figura 2). A maioria (9 alunos) marcou a alternativa “D”, indicativo de que os estudantes reconhecem que há uma força para baixo agindo sobre a bola, mas ainda atribuem uma força no sentido do movimento. As respostas restantes se distribuíram entre as alternativas “A” e “E”.

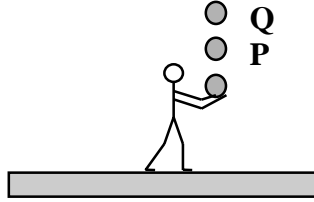
A maioria dos estudantes errou o item (b) da questão 1, escolhendo como resposta a alternativa “D”, que representa força e velocidade nulas no ponto mais alto da trajetória, o que mostrou uma associação entre velocidade e existência de força.

A análise da questão 2 (Figura 2) mostrou que não houve um único raciocínio comum ao grupo. Dois estudantes acertaram a questão, atribuindo apenas a força peso à bola, no ponto A. As demais respostas se distribuíram como indicado na Figura 3.

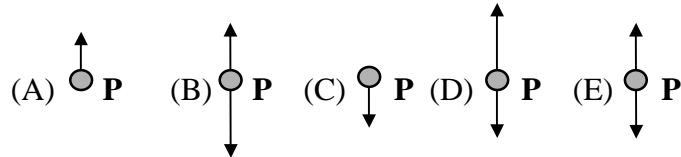
Apenas dois estudantes indicaram a força peso no ponto B. Metade dos estudantes marcou uma força na direção da velocidade e cinco estudantes marcaram duas forças, uma no sentido da velocidade e a outra de cima para baixo.

No ponto C, dois estudantes acertaram, indicando a força peso. Cinco estudantes marcaram uma única força, atuando na direção da velocidade da bola. As respostas dos demais se distribuíram como indica a Figura 4.

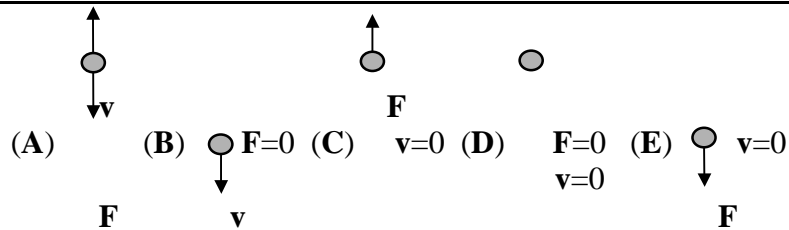
1) Um menino lança uma esfera verticalmente para cima. Desprezando a resistência do ar, assinale a alternativa que representa a(s) força(s) que age(m) sobre a esfera em cada uma das seguintes situações:



a) No ponto P, quando a esfera está subindo.



b) Assinale a opção que representa corretamente a velocidade v da pedra e a força F que sobre ela atua, no ponto mais alto da sua trajetória.



2) Considere a trajetória do projétil abaixo lançado na vizinhança da Terra e os vetores indicados de mesmo módulo. Marque com um "X" o(s) vetor(es) para representar a(s) força(s) que está(ão) atuando sobre o projétil nos pontos A, B e C.

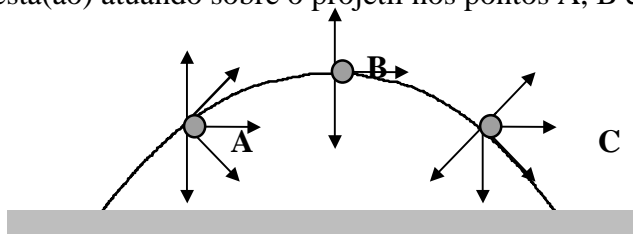


Figura 2. Teste 1.

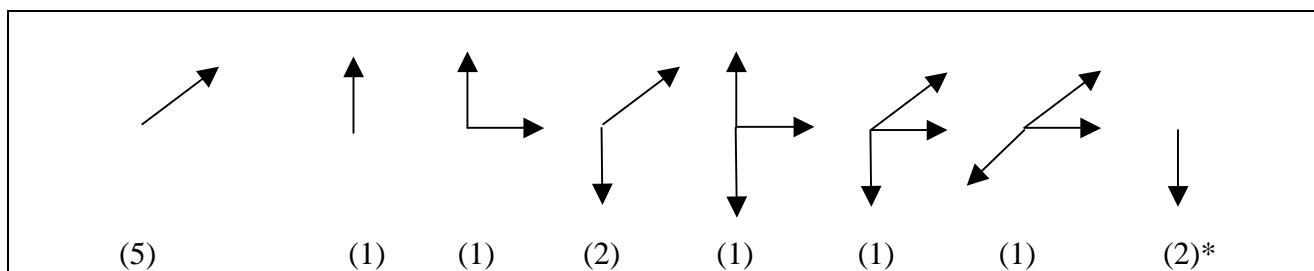


Figura 3. Frequência das respostas à questão 2, ponto A da trajetória da bola, (*resposta correta).

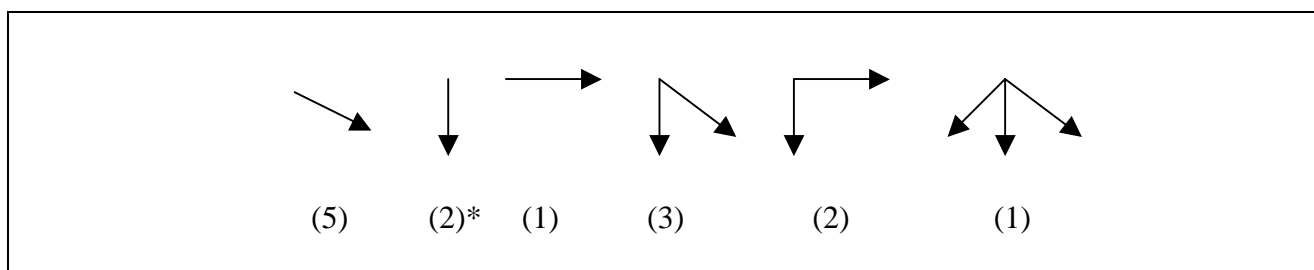


Figura 4. Frequência das respostas à questão 2, ponto A da trajetória da bola (*resposta correta).

Respostas às tarefas e notas escritas

Queda Livre

Quatro grupos de estudantes marcaram as forças de acordo com o modelo científico, ou seja, forças de mesmo módulo de cima para baixo, representando a força peso. Duas duplas erraram a tarefa, atribuindo vetores na direção correta porém com módulo maior no ponto mais baixo onde a velocidade da esfera é maior.

Lançamento Vertical

Apenas um grupo acertou a tarefa referente a essa situação. Os demais marcaram forças verticais de baixo para cima nos pontos A e B da trajetória. Dentre esses, uma das notas registradas demonstrou que a discussão da situação introduziu uma nova possibilidade mas que ainda não estava devidamente integrada: “a bola sobe devido ao impulso tendo porém a sua força no sentido para baixo. As forças se cancelam no ponto mais alto”.

As notas escritas por outro grupo mostraram que os alunos reconhecem que as forças para cima em A e B não estavam corretas mas ainda não encontraram um caminho melhor: “devido às forças que nós aplicamos nos pontos A e B estas geraram uma aceleração tão forte que a bolinha não foi capaz de zerar sua velocidade em C e consequentemente reverter seu movimento de cair”.

Lançamento Oblíquo

Dois grupos selecionaram forças semelhantes à força peso em todos os pontos da trajetória da bola. Quatro grupos erraram a tarefa na primeira vez que a realizaram sendo que três marcaram forças na mesma direção da velocidade da bola em todos os pontos da trajetória.

Entrevistas após a 1ª sessão de utilização do F&M

A maioria dos estudantes (10) que errou o item (a) da 1ª questão do teste (Figura 2) mudou suas respostas para o item (c) (correto), tendo os restantes mantido suas respostas originais (erradas). O mesmo aconteceu no item b). A maioria mudou de ponto de vista no que se refere à força que age no ponto mais alto da trajetória mudando suas respostas para o item E (correto),

Houve mudança expressiva dos pontos de vista dos estudantes ao voltar a analisar a questão 2. A maioria passou a optar pela resposta correta, atribuindo uma única força ao objeto nos pontos A, B e C. Apenas um estudante não corrigiu a resposta anterior, mantendo as duas forças indicadas originalmente.

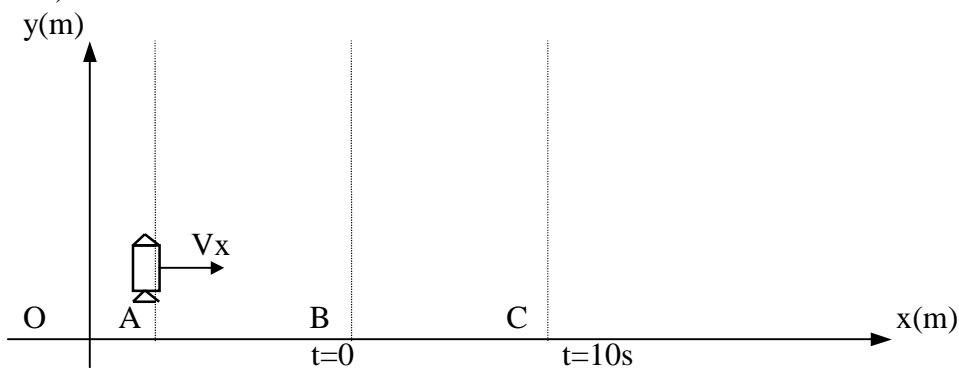
Todos os estudantes entrevistados reconheceram que existia relação entre as questões do Teste 1 e as situações física discutidas no sistema. A situação considerada semelhante ou as grandezas envolvidas (como o Peso e o Impulso) foram citadas como justificativa. Todos afirmaram que havia relação entre as questões do Teste 1, citando as grandezas envolvidas nas duas questões como Impulso, Peso, gravidade, força como sendo as características comuns.

Resultados da 2ª Sessão: Força aplicada perpendicular à velocidade

Teste 2 (n=13)

A maioria dos estudantes (10) desenhou uma linha reta inclinada para cima para indicar a trajetória do foguete durante o intervalo de tempo em que age a força do motor, solicitado no item a (Figura 5) indicando que houve uma concepção comum ao grupo. Três estudantes desenharam uma parábola invertida e dois acertaram a questão.

QUESTÃO: Um foguete se movimenta no espaço entre os pontos A e B, com velocidade horizontal de módulo constante v_x como mostra a figura abaixo. No instante $t = 0$ (ponto B) liga-se o motor do foguete e uma força (resultante) constante F começa a atuar na direção perpendicular, no sentido $+y$, durante um intervalo de tempo $\Delta t = 10$ s. Os motores são desligados no instante $t=10$ s (ponto C).



Trace a trajetória do foguete durante o tempo em que força F está atuando (entre B e C).

Figura 5. Teste 2.

Respostas às tarefas e notas escritas

Devido a dificuldades externas ao controle das pesquisadoras, os registros da navegação foram provenientes de cinco duplas de estudantes e cinco interações individuais. Para facilitar a compreensão da análise, os dados foram tratados como se fossem provenientes de 10 duplas diferentes. Dessa forma, a fidedignidade dos resultados não foi prejudicada, uma vez que a interação entre os componentes dos grupos não será considerada como variável na análise.

A maioria das duplas (sete) marcou a força no lançamento horizontal de acordo com o modelo científico e três duplas usaram raciocínios alternativos. Destes, duas duplas marcaram uma força horizontal como se não houvesse o efeito da gravidade sobre a bola, após deixar a mesa e o outro marcou uma força na direção da velocidade.

Sete duplas acertaram a situação da Força perpendicular à velocidade e três grupos erraram, marcando a força do motor na mesma direção da velocidade. Parece que a interação com a situação do Lançamento Horizontal ajudou a compreensão da situação da Força perpendicular à velocidade, indicando a utilização de raciocínio por analogia.

Entrevistas após a 2ª sessão (n=15)

Durante a entrevista, 14 estudantes mudaram a trajetória do foguete para parábola. Embora a visualização da trajetória parabólica percorrida pelo foguete no computador possa ter sido um elemento importante a ser considerado neste resultado, não representou uma aprendizagem mecânica na medida em que no teste é pedido que eles desenhem a trajetória do foguete, sendo dada a direção e sentido da força, enquanto que na situação física do sistema é mostrada a trajetória e é solicitada a força que atua no foguete.

O resultado da entrevista com relação ao trecho da trajetória do foguete onde não existem mais forças atuando não foi tão significativo, pois apenas três estudantes mudaram suas respostas para a resposta correta e nove estudantes mantiveram suas respostas originais. Embora este trecho do movimento do foguete não tenha sido objeto da discussão da visita guiada, percebe-se através do resultado da entrevista que o conceito de inércia é de difícil assimilação na situação apresentada.

Quanto à relação entre a questão do teste e alguma das situações discutidas no sistema, todos os estudantes responderam que a questão era semelhante à situação do foguete. Alguns estudantes mencionaram a velocidade horizontal constante e a força vertical e outros a trajetória parabólica como elemento comum. Ou seja, identificaram grandezas relevantes, sem entanto terem sido capazes de utilizá-las de forma integrada.

Todos os estudantes responderam que havia relação entre as situações do lançamento horizontal e a da força perpendicular à velocidade, sendo que a maioria (10 estudantes) indicou como justificativa o efeito da força (perpendicular à velocidade constante) sobre a trajetória.

Discussão dos resultados

O resultado do Teste 1 mostrou variedade de respostas. Considerando o pequeno número de estudantes pesquisado, essa variedade constitui um importante contra-exemplo às pesquisas que atribuem uma única interpretação às concepções dos estudantes sobre força e movimento (dentre estas, Viennot, 1979, Clement, 1982, McCloskey, 1983), uma vez que sendo poucos, poderia haver maior concentração em torno de uma única resposta.

A comparação dos resultados do Teste 1 com as forças atribuídas ao objeto logo após da visita guiada, mostrou que o espectro de respostas verificado no teste diminuiu bastante, principalmente se considerarmos as respostas que incluíam mais de uma força que passaram a requerer corretamente uma força. Provavelmente esse resultado se deveu à restrição do sistema (que não aceita que duas forças sejam atribuídas ao mesmo ponto) pois seria razoável esperar que os estudantes que marcaram mais de uma força no teste também o fizessem na tarefa da visita guiada.

No lançamento de um projétil, os resultados obtidos no Teste 1 não confirmaram a interpretação de McCloskey (1983) e outros pesquisadores de que os estudantes sempre atribuem ao objeto uma força na direção do movimento. As respostas à questão 2 não foram semelhantes, não sendo possível delinear um raciocínio comum aos estudantes.

A comparação entre os resultados da visita guiada da situação referente à Queda Livre com as situações de Lançamento Vertical e Oblíquo indicam que pode ser verdade que os estudantes atribuam as forças ao objeto em movimento corretamente, quando estas agem na mesma direção do movimento. Entretanto, isto não quer dizer, segundo os resultados deste estudo, que sempre atribuam uma única força ao objeto, qualquer que seja a direção da velocidade. Além disso, os resultados da questão 2 do Teste 1 mostraram que o número de forças atribuídas parece aumentar quando o movimento se dá em duas dimensões (como nos pontos A e C da trajetória)

O resultado da primeira questão do teste aplicado antes da 2ª sessão de computador, foi semelhante ao obtido por Clement (1982), no qual a quase totalidade dos estudantes desenharam uma reta inclinada para indicar a trajetória do foguete durante o intervalo em que o motor está ligado. Lançamos algumas hipóteses de interpretação: o fato dos estudantes indicarem uma reta inclinada, mostrando que a força do motor é combinada com *alguma outra coisa*, foi considerado como um indicador positivo, na direção da resposta correta. A questão é descobrir como eles chegaram a esse resultado. Poderia ser que os alunos atribuam à direção em que age a força uma velocidade constante e a somam à velocidade constante horizontal, associando uma força no sentido da velocidade constante horizontal e somando-a à força do motor. Uma outra possibilidade seria admitir a soma entre o vetor força vertical e o vetor velocidade constante horizontal, sem se importar com a natureza das grandezas que estes vetores estão representando.

A navegação na visita guiada referente à situação de Lançamento Horizontal parece ter contribuído para que os estudantes realizassem corretamente a tarefa referente à situação da Força aplicada perpendicular à velocidade, o que indicou ter havido uma integração conceitual.

Analisando em conjunto o resultado dos testes escritos, as respostas às tarefas propostas nas visitas guiadas e as notas escritas observa-se que não seria possível atribuir uma única *teoria* ao pensamento dos estudantes para interpretar as dificuldades conceituais envolvidas mas que seria necessário mais de um modelo alternativo.

Assim, os resultados deste estudo se aproximariam mais da perspectiva teórica que atribui ao pensamento dos estudantes uma configuração fragmentada, sem consistência, resumida na imagem de *conhecimento em pedaços* (diSessa, 1988) do que à perspectiva teórica de McCloskey (1983) e outros pesquisadores que encontraram nas concepções espontâneas semelhança com as teorias físicas medievais.

O resultado mais importante deste estudo parece ter sido a expressiva mudança de pontos de vista dos estudantes em relação às respostas aos testes realizados antes das sessões de computador, nas considerações feitas por eles durante as entrevistas. Na 1ª sessão, a maioria dos estudantes corrigiu as respostas dadas à 1ª questão. O resultado foi ainda mais expressivo na segunda questão: quase todos os estudantes mudaram suas escolhas para a representação da força peso atuando sobre a bola. Esses resultados permitem inferir um efeito positivo da interação com as visitas guiadas do sistema “F&M” sobre a reestruturação conceitual dos estudantes. Sugerem também que a estratégia de considerar os conceitos de força impulsiva e de quantidade de movimento nas situações físicas utilizadas nas visitas guiadas pode ter ido ao encontro da física intuitiva (na medida em que respondem pelo movimento) e terem se constituído num caminho adequado para a superação das dificuldades conceituais.

Nas entrevistas após a 2ª sessão a maioria (92%) dos estudantes mudaram as trajetórias do foguete para parábola. Ainda que a visualização da trajetória parabólica do foguete no computador possa ter contribuído muito para o resultado, parece ter havido transferência de habilidades cognitivas, o que também seria um indicativo em termos da reestruturação conceitual.

Outro dado importante que pode indicar o caminho do desenvolvimento conceitual dos estudantes calouros testados, foi o reconhecimento de relação entre as situações discutidas no software e as questões dos testes além da relação entre as questões do teste. O reconhecimento da

semelhança entre situações cujas forças não têm a mesma origem (no caso da situação 3 a força que age sobre a bola é a força peso e no caso do foguete é uma força fornecida pelo motor) poderia ser um indicativo de que os estudantes estão atingindo gradualmente uma compreensão consistente dos conceitos científicos envolvidos.

Conclusões

Se por um lado a interação com o sistema “Força & Movimento” provocou a mudança de pontos de vista na maioria dos estudantes, é claro que essa mudança não pode ser considerada como o equivalente à reestruturação conceitual, constituindo-se num componente na direção do desenvolvimento conceitual, que é mais lento e gradual (diSessa, 1988) do que apenas a comparação entre o teste e a entrevista poderia evidenciar.

Por outro lado, o fato de existirem as mudanças de ponto de vista indicou que as visitas guiadas do sistema “F&M” podem facilitar ao estudante a reestruturação conceitual, servindo principalmente como espaço de reflexão e integração de suas concepções ao conhecimento científico.

Referências

- CLEMENT, J. Students' preconceptions in introductory in Mechanics. *Design* V.50(1), jan, 1982.
- diSessa, A. Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1988.
- COLINVAUX, D. & BARROS, S. S. Entre a teoria e o fenômeno no laboratório de física escolar: A procura dos modelos usados pelos alunos. *Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Florianópolis (SC), 2000.
- HESTENES, D., WELLS, M. & SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, March, 1992.
- LUNETTA, V. N.. The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In Fraser BJ & Tobin KG (eds) *International Handbook of Science Education* (Part One). Dordrecht, Kluwer (249-262), 1998.
- MAZUR, E., *Peer Instruction*, New Jersey, Prentice Hall, 1997.
- McCLOSKEY, M. Naive Theories of Motion. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental Models*. (pp. 299-323). London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1983.
- McDERMOTT, L. C. Research on conceptual understanding in Mechanics. *Physics Today*, July, 1984.
- REZENDE, F. *A Hipermídia no ensino de Física facilitando a Construção de conceitos de mecânica básica*. (Tese de doutorado). Rio de Janeiro, Departamento de Educação, PUC-RJ, 1996.
- SCHWABE, D. & ROSSI, G. From domain models to hypermedia application: na object-oriented approach. *Relatório Técnico MCC 30-94*, Departamento de Informática, PUC-RJ, 1994.
- VIENNOT, Laurence. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European J. of Science Education*, V.11, 205-221, 1979.
- VIENNOT, L. Analyzing students' reasoning: tendencies in interpretation. *Design* V.53(5), May, 1985.
- WATTS, M. & ZYLBERSZTAJN, A. A survey of some childrens' ideas about force. *Physics Education*, V.16(6), 1981.