

**DESENVOLVIMENTO, UTILIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM
MÓDULO EDUCACIONAL BASEADO NA MODELAGEM COMPUTACIONAL
NO CONTEXTO DA SALA DE AULA:
UM ESTUDO SOBRE A PRIMEIRA E A SEGUNDA LEI DE NEWTON**

**DEVELOPMENT, APPLICATION AND EVALUATION OF AN
EDUCATIONAL MODULE BASED ON COMPUTER MODELLING
INTO THE CLASSROOM CONTEXT:
A STUDY ABOUT FIRST AND SECOND NEWTON'S LAW**

**Kathia M. Fehsenfeld¹
Laércio Ferracioli²**

Laboratório de Tecnologias Interativas Aplicadas à Modelagem Cognitiva
Departamento de Física
Universidade Federal do Espírito Santo
¹ kathia.mariane@gmail.com
² laercio.ufes@gmail.com

Resumo

Este artigo relata a utilização e a avaliação de um Módulo Educacional sobre a Primeira e a Segunda Lei de Newton, utilizando o ambiente de modelagem computacional quantitativa STELLA, como parte da disciplina Elementos de Física e Biofísica do curso de Ciências Biológicas da Faculdade Salesiana de Vitória, no semestre 2007/1. Apesar de positiva a avaliação geral, os dados revelam a necessidade da continuidade da investigação sobre a utilização da modelagem computacional no contexto educacional de ensino de Física para que se possa ser conclusivo sobre a proposta aqui relatada.

Palavras-Chave: Modelagem, Modelagem Computacional, Dinâmica, Módulo Educacional, Inovação Curricular.

Abstract

This article presents results about a Newton's First and Second Law's Educational Module application and evaluation, using the quantitative computational modelling environment STELLA, as part of the discipline Physics and Biophysics Elements at the Biological Sciences college studies of Faculdade Salesiana de Vitória, in 2007/1 semester. In despite of a positive general evaluation, the data show that it is necessary to continue investigation about computational modelling utilization in Physics educational practice, to be conclusive about the reported proposal.

Keywords: Modelling, Computational Modelling, Dynamics, Educational Module, Curriculum Innovation.

1. Introdução

A utilização da modelagem computacional no contexto educacional demanda o delineamento de uma investigação que inclua tanto o desenvolvimento de atividades de modelagem quanto a sua utilização em sala de aula a partir de conteúdos específicos, para que se possa concluir sobre as reais possibilidades de sua integração no contexto educacional (Ferracioli, 1997).

Nessa perspectiva, este artigo relata o desenvolvimento, a utilização em sala de aula e a avaliação de um Módulo Educacional baseado na modelagem computacional quantitativa

exploratória, abordando tópicos específicos de Física relacionados à Dinâmica: Primeira e Segunda Leis de Newton.

2. Referencial Teórico

Modelagem refere-se à predição de possíveis cenários futuros (Ogborn e Mellor, 1994). Um *modelo* pode ser entendido como a representação de um objeto, sistema ou evento, sendo essa representação construída a partir de regras e relações entre as partes que o compõe e o todo (Rampinelli e Ferracioli, 2006). Os modelos ajudam-nos a construir a realidade, como também analisá-la minuciosamente, além de permitir a representação do que sabemos sobre alguns aspectos dessa realidade.

Para modelar um sistema podem-se utilizar ferramentas simples como papel e lápis, bem como tecnologias interativas como o computador. Este último permite uma visualização dinâmica do modelo, na medida em que ele pode ser ‘rodado’ e os resultados obtidos podem auxiliar na reestruturação e melhoria do modelo inicial (Pinto e Ferracioli, 2003).

No contexto educacional, as atividades de modelagem podem ser classificadas como *Exploratórias* e *Expressivas*. Em atividades *exploratórias* o estudante é levado a explorar modelos previamente construídos, de forma a analisar um problema de diferentes formas. Em atividades *expressivas*, o estudante constrói seus próprios modelos a partir de suas idéias sobre determinado tópico ou fenômeno (Camiletti e Ferracioli, 2001).

Um software que possua uma proposta pedagógica subjacente à sua utilização e que vise a possibilitar ao aluno a ampliação de sua capacidade de formular perguntas e não simplesmente de encontrar respostas, é considerado um ambiente de modelagem computacional (Ferracioli, 2001). As investigações desses ambientes têm se mostrado promissoras tanto em nível médio (e.g. Oliveira, 2004; Gonçalves, 2004) quanto em nível superior (e.g. Camiletti, 2001; Rampinelli e Ferracioli, 2006; Morelato et al, 2007).

Nesse contexto, este artigo relata a aplicação e avaliação do Módulo Educacional sobre Dinâmica, abordando a Primeira e a Segunda Lei de Newton, como alternativa aos métodos tradicionais para o estudo desses conteúdos em sala de aula.

3. Metodologia

Na busca de utilização de ferramentas de modelagem computacional, a disciplina intitulada *Informação, Ciência e Tecnologia no Ensino de Ciências*, oferecida pelo Curso de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, inclui aulas práticas que incluem a estruturação, desenvolvimento e implementação de projetos que são apresentados e avaliados ao final do semestre por uma banca de professores e estudantes. Nesse contexto, a exemplo de alguns projetos desenvolvidos nessa disciplina e já apresentados em congressos, tais como, Souza et al. (2005) e Morelato et al. (2007) na área de Física, e Mulinari & Ferracioli (2005) na área de Biologia, no semestre 2006/2 foi desenvolvido o Módulo Educacional sobre Dinâmica com o foco na Primeira e na Segunda Lei de Newton.

Uma vez desenvolvido esse Módulo Educacional, no semestre 2007/1, vislumbrou-se a possibilidade de utilizá-lo em uma disciplina denominada *Elementos de Física e Biofísica*, ministrada em duas turmas dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Faculdade Salesiana de Vitória. Assim, o Módulo foi adequado para ser utilizado no contexto dessa disciplina e o material produzido por essas turmas constituiu-se na base de dados para a avaliação do próprio módulo e investigação sobre a possibilidade de aplicação do mesmo no contexto de sala de aula, o que será relatado a seguir.

3.1. O Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo STELLA

O ambiente de modelagem computacional utilizado nesse estudo foi o STELLA, acrônimo de *Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation*, cuja tradução para o Português seria **Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação baseado no Pensamento Sistêmico** (e.g. Forrester, 1968; Camiletti e Ferracioli, 1998).

Nesse ambiente o usuário não precisa trabalhar com equações matemáticas nem dominar uma linguagem de programação: a construção de um modelo é feita utilizando a interface gráfica baseada em ícones que representam variáveis. Essas variáveis são, basicamente, de dois tipos: **Variável Tipo Nível** e **Variável Tipo Taxa**, as quais são baseadas na metáfora de um tanque: Nível, e de uma torneira: Taxa conforme Figura 01 que representa a situação física de uma torneira (Taxa) enchendo um tanque (Nível).

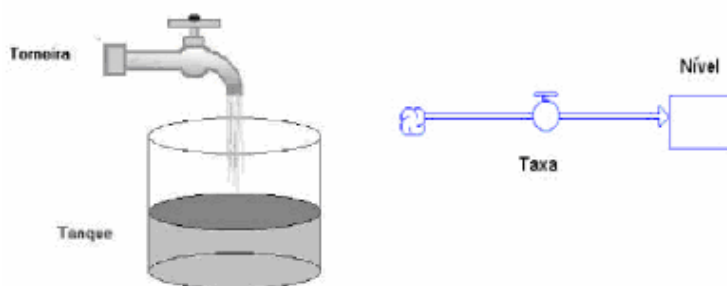


Figura 01: Os dois tipos de variável do Ambiente STELLA

O ambiente STELLA possui ainda outros ícones básicos de construção de modelos, além de recursos para a construção e apresentação dos resultados da simulação em forma de gráficos e tabelas, conforme descrito no Quadro 01.

Quadro 01: Ícones Básicos de Construção de Modelos do STELLA

ÍCONE	DESCRIÇÃO
	NÍVEL: Representa uma variável que pode ser alterada ao longo do tempo por uma variável do tipo Taxa.
	TAXA: Representa uma variável que promoverá a mudança da variável tipo Nível ao longo do tempo. Pode ser Unidirecional ou Bidirecional.
	CONVERSOR: Representa o mecanismo para estabelecer constantes, definir entradas externas para o modelo e realizar cálculos algébricos.
	CONECTOR: Representa uma relação de causa-efeito entre variáveis, expressando uma dependência entre elas.
	PLATAFORMA DE GRÁFICOS: É usada para traçar o gráfico de uma ou mais variáveis de um modelo em simulação.
	PLATAFORMA DE TABELAS: É usada para visualizar a saída numérica de uma ou mais variáveis de um modelo em simulação.

3.2. O Módulo Educacional sobre Dinâmica

Um Módulo Educacional é estruturado em três níveis: *Objetivo*, *Conteúdo Instrucional* e *Prática e Avaliação* (Ferracioli, 2004). Nesse contexto, o Módulo Educacional sobre Dinâmica teve o *objetivo* de promover um melhor entendimento a respeito da Primeira e da Segunda Lei de Newton partindo do levantamento de concepções alternativas dos estudantes sobre o conceito de forças (Sebastia, 1984), levando o estudante à reflexão a respeito do comportamento de corpos sujeitos a forças resultantes nulas e constantes, verificando as reais possibilidades de se utilizar em sala de aula uma ferramenta de modelagem computacional associada a questionários e experimento físico. O *conteúdo instrucional* consistiu de um roteiro construído no Ambiente STELLA que, gradativamente, leva o estudante a questionários impressos, dividido em três atividades: a primeira consistiu de um questionário diagnóstico, a segunda de uma atividade

experimental em micro-escala realizada em sala de aula e, a terceira, da exploração do Modelo no ambiente de modelagem computacional STELLA. Finalmente, a *avaliação* consistiu de um questionário respondido pelos alunos após a conclusão da atividade e de uma questão incluída em uma prova escrita. Todas as atividades foram individuais, deixando claro ao estudante, no entanto, que nessa atividade não seriam consideradas respostas ‘certas’ e ‘erradas’, mas que se desejava conhecer suas idéias a respeito das situações apresentadas.

O Módulo Educacional sobre Dinâmica é iniciado por uma página de abertura contendo um **Menu Principal** onde é apresentado um breve texto explicativo e botões de navegação que, por sua vez, conduzem o estudante às três atividades previstas, conforme Figura 02.

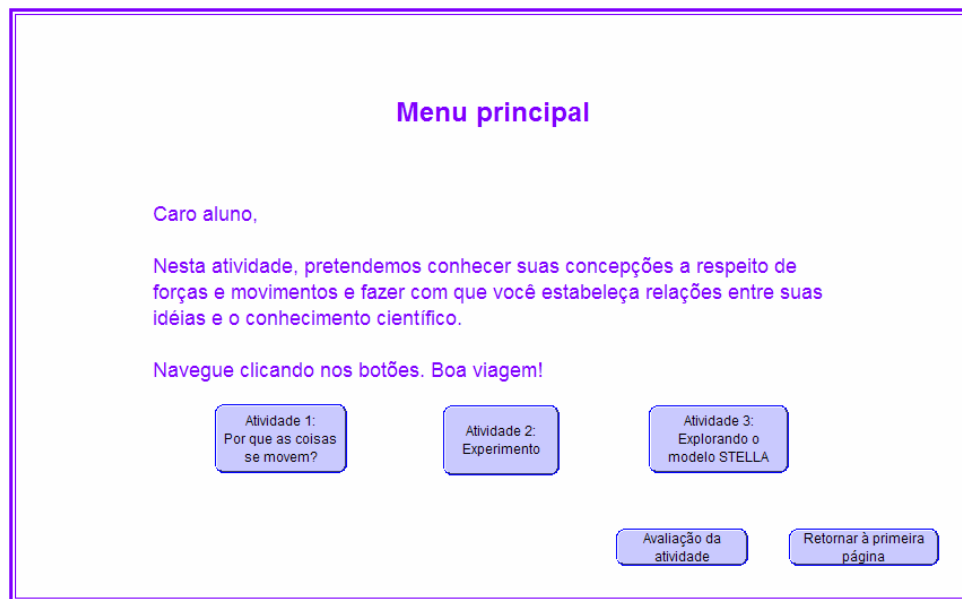


Figura 02: Menu Principal do Módulo Educacional sobre Dinâmica

Na **Atividade 1: Por que as coisas se movem?**, o estudante foi solicitado a responder um questionário diagnóstico impresso em papel, cujo objetivo principal foi verificar o seu entendimento sobre os conceitos de força, aceleração e velocidade e levantar possíveis concepções alternativas. A atividade era constituída de três questões: a primeira questão no formato de múltipla escolha solicitava que o aluno identificasse as forças atuando sobre um bloco que deslizava em linha reta com velocidade constante em uma superfície sem atrito; a segunda no formato aberto, era sobre queda livre e, uma terceira no formato de múltipla escolha, extraída de Sebastia (1984), solicitava ao estudante que identificasse as forças que atuavam em uma bolinha que é arremessada para cima, no momento em que a bolinha está subindo, quando ela está invertendo seu movimento e quando ela está descendo.

Na **Atividade 2: Experimento**, o estudante foi levado a navegar por páginas do Módulo Educacional que o instruíram para a construção e realização de um experimento físico que consistia em fazer com que um carrinho com uma bolinha levemente presa sobre ele deslizasse por um plano inclinado e se chocasse com um obstáculo, conforme a Figura 03.

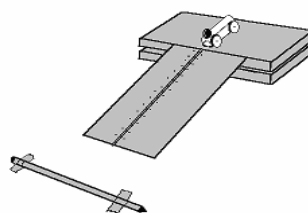


Figura 03: Esquema do Experimento realizado na Atividade 2.

Em seguida, o estudante foi solicitado a expressar suas observações sobre as forças que atuavam no carrinho antes e após o choque com o obstáculo, e a realizar previsões gráficas do comportamento das variáveis velocidade e aceleração do carrinho e da bolinha.

O objetivo principal desse experimento foi, mais uma vez, observar as idéias do estudante a respeito dos conceitos de força, aceleração e velocidade, verificando se o contato com um experimento físico concreto o levaria a construir novas conclusões.

Na **Atividade 3: Explorando o Modelo STELLA**, o estudante foi levado a utilizar o ambiente de modelagem computacional STELLA a partir da exploração passo-a-passo de um modelo que representava a situação experimental estudada, mostrado na Figura 04. O objetivo foi levá-lo a perceber as relações existentes entre as variáveis aceleração, velocidade e deslocamento de um objeto, bem como a relação dessas quantidades com a força resultante que atua sobre o objeto e sua massa.

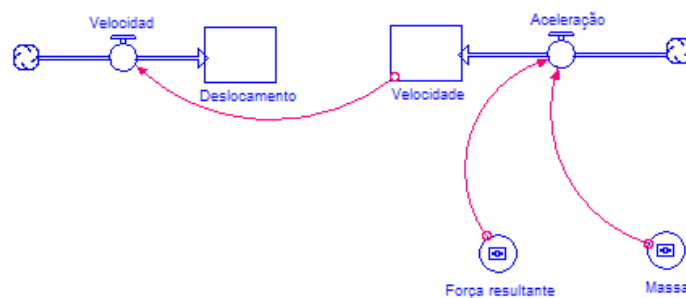


Figura 04: Modelo STELLA apresentado na Atividade 3

Após explorar o modelo, o estudante foi conduzido a uma interface gráfica que permitia simular o modelo e observar comportamento gráfico ao longo do tempo das variáveis velocidade e aceleração, inicialmente para um objeto de massa m sujeito a diferentes valores de força resultante selecionados com o auxílio de um botão deslizante, conforme mostrado na Figura 05.

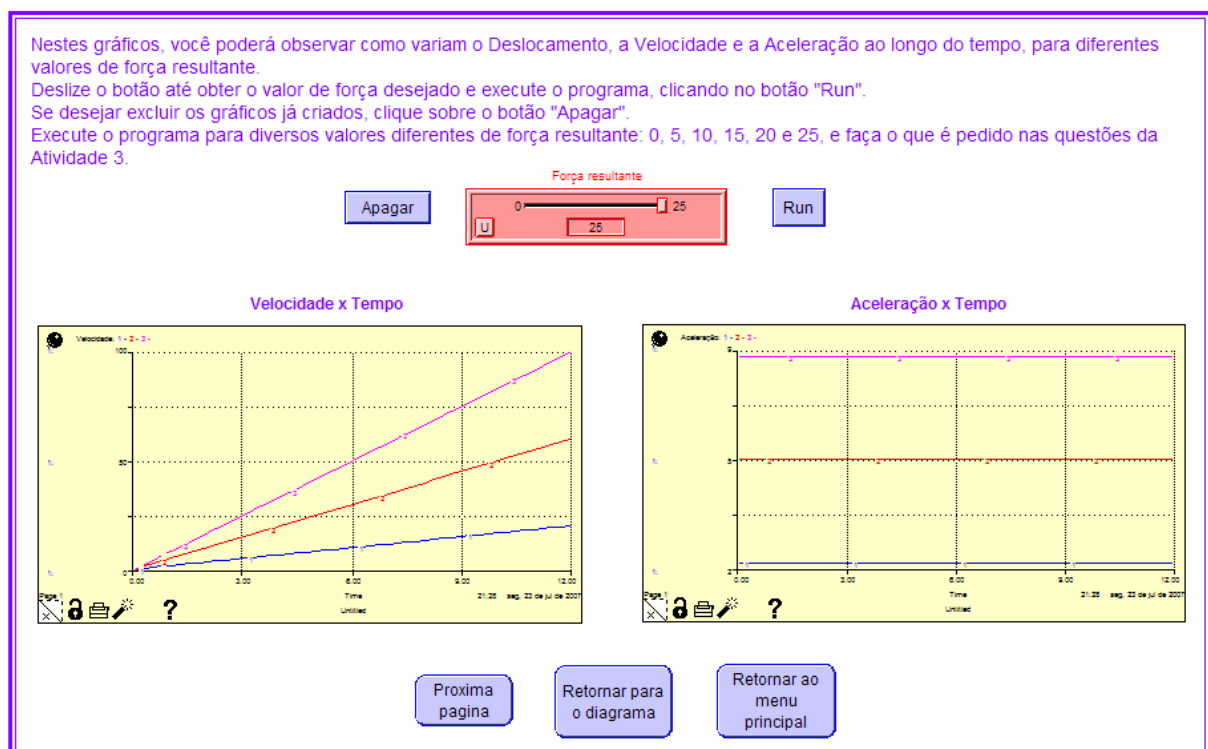


Figura 05: Interface Gráfica para observação do Comportamento das Variáveis Velocidade e Aceleração em função do Tempo para um Corpo de Massa m sujeito a diferentes valores de Força Resultante.

Em seguida, o estudante foi levado a simular o modelo para objetos de diferentes massas sujeitos a uma força resultante constante, cujas massas são também selecionadas com o auxílio de um botão deslizante conforme mostrado na Figura 06.

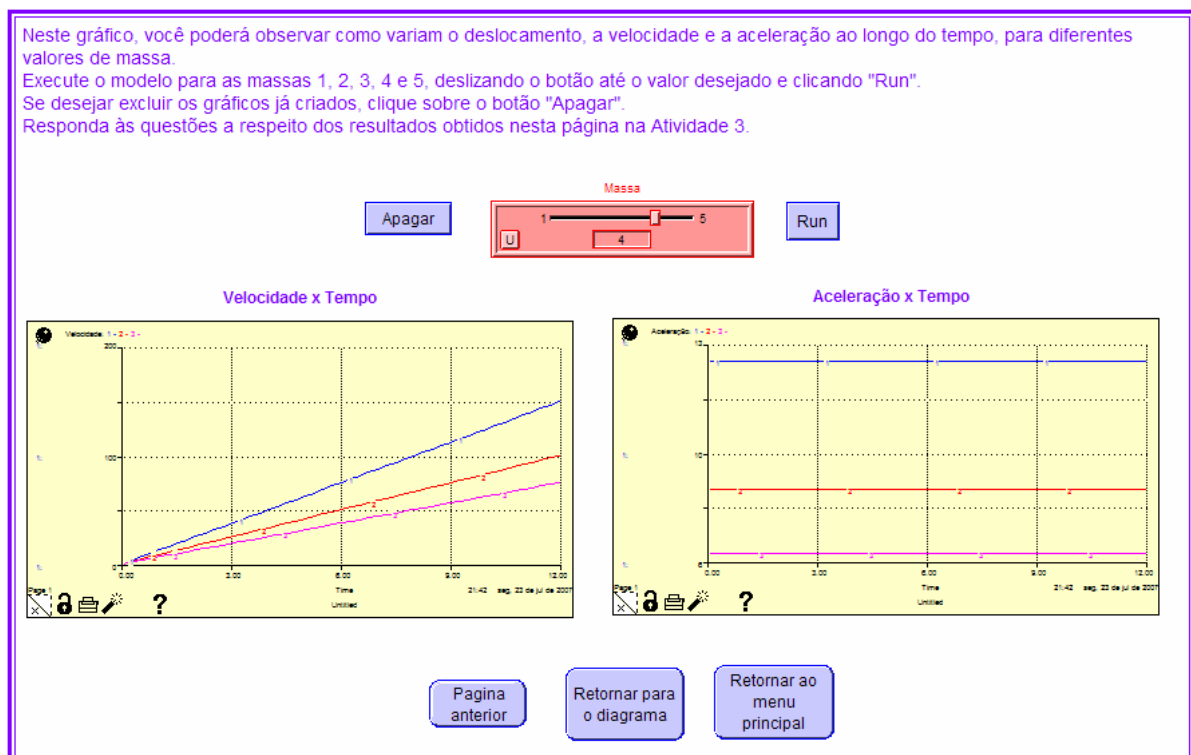


Figura 06: Interface Gráfica para observação do Comportamento das Variáveis Velocidade e Aceleração em função do Tempo para Corpos de Diferentes Massas sujeitos a uma mesma Força Resultante.

Após a obtenção dos gráficos, foi solicitado ao estudante que respondesse a questões que permitem comparar os gráficos obtidos na simulação do modelo STELLA com as previsões gráficas feitas por ele em questões da Atividade 2. O objetivo era tentar, a partir desse procedimento, levá-lo a perceber diferenças e inconsistências entre suas previsões e o resultado obtido na simulação do modelo STELLA e, possivelmente, motivá-lo a refletir sobre suas concepções a respeito do fenômeno em estudo com o foco no comportamento das variáveis observadas.

Para finalizar a investigação sobre a integração do Módulo Educacional sobre Dinâmica em sala de aula, na prova escrita sobre o conteúdo foi incluída uma questão que consistiu da repetição de uma questão da Atividade 3, a saber: **Como você espera que se comportem a velocidade e a aceleração de um corpo que possui massa m , quando a força resultante que atua sobre o corpo não é nula, mas é mantida constante ao longo do tempo? Esboce os gráficos nos sistemas de eixos cartesianos abaixo e explique brevemente.**

3.3. Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada ao longo de 4 horas-aula, divididas em 2 dias, acrescido, ainda, de um intervalo de tempo para a resposta à questão incluída na prova escrita sobre o conteúdo abordado. No primeiro dia, foi realizada uma introdução ao ambiente de modelagem computacional STELLA, tendo sido apresentados seus ícones básicos a fim de permitir que o estudante compreendesse o modelo apresentado no Módulo Educacional sobre Dinâmica quando desenvolvesse a Atividade 3. Na seqüência, os estudantes foram solicitados a responder o questionário diagnóstico da Atividade 1, quando foi enfatizado que o importante não eram as respostas ‘certas’ ou ‘erradas’ e sim que se desejava conhecer o entendimento próprio de cada

estudante a respeito das questões apresentadas sendo, por este motivo, importante que as questões fossem respondidas individualmente.

No segundo dia, foram realizadas a Atividade 2 sobre o Experimento e a Atividade 3 sobre a exploração do Modelo no ambiente STELLA. À medida que terminavam as atividades, os estudantes eram solicitados a avaliar o Módulo Educacional através de um questionário que priorizava *aspectos computacionais e de interface*, e *aspectos educacionais*. A avaliação foi baseada em quesitos que podiam receber notas que variavam de 1 (Ruim) a 5 (Bom). Esses itens objetivavam uma avaliação do Módulo em favor do aperfeiçoamento do mesmo para utilizações futuras. O questionário incluía, também, a pergunta: **No seu entendimento, quais seriam os Objetivos deste Módulo Educacional?** As respostas a esta questão receberão atenção especial na Seção 4.

Vale acrescentar que, em um terceiro dia, após a realização das atividades do módulo educacional e antes da realização da prova escrita, foi promovida uma conversa informal a respeito das atividades realizadas, na qual os estudantes eram motivados a expressar suas impressões a respeito da proposta de estudarem um tópico de Física através de um Módulo Educacional envolvendo Modelagem Computacional, e tiveram acesso às respostas ‘corretas’ das atividades.

Os alunos foram avaliados em até 3 pontos nas atividades do Módulo Educacional, dependendo de sua presença e participação nas atividades nos dias em que foram realizadas e da entrega das atividades escritas e da avaliação do módulo, e em até 3 pontos na questão de prova, que consistiu da repetição de uma questão da Atividade 3, conforme descrito na seção anterior.

3.4. Amostragem

Participaram da aplicação do Módulo Educacional sobre Dinâmica duas turmas de alunos matriculados na disciplina intitulada *Elementos de Física e Biofísica*, dos cursos de Licenciatura e de Bacharelado em Ciências Biológicas da Faculdade Salesiana de Vitória, no semestre 2007/1. Uma turma era constituída de 22 alunos de 3º período do Bacharelado e outra de 37 alunos de 2º e 3º períodos da Licenciatura. A disciplina tem uma carga horária semestral de 80 horas-aula, das quais 6 são destinadas ao estudo de Dinâmica. A nota máxima que se pode obter nessa disciplina são 100 pontos, dos quais 6 foram destinados à unidade de Dinâmica, sendo esses pontos distribuídos conforme mencionado na seção anterior.

A base de dados desse estudo consistiu dos questionários respondidos no decorrer das três atividades, do questionário de avaliação do Módulo Educacional e da questão de prova descrita na seção anterior, além dos comentários dos alunos a respeito do módulo, obtidas na conversa informal. O presente artigo aborda a análise dos dados da avaliação do Módulo Educacional por parte dos alunos realizada ao final da Atividade 2 e da análise das respostas à questão de prova escrita.

4. Resultados e Discussão

Os dados coletados são de natureza qualitativa e o instrumento utilizado para a análise dos mesmos foi a técnica de Rede Sistêmica (Bliss et al., 1983), devido à possibilidade de estruturar as categorias de uma forma mais abrangente e menos complexa. De acordo com Ogborn (1994), uma Rede Sistêmica pode ser vista como uma gramática, independentemente do contexto que define uma ‘linguagem’ construída para descrever os dados. Os elementos básicos de uma Rede Sistêmica são o **Colchete**, usado para representar um conjunto de escolhas exclusivas, e a **Chave**, usada para representar um conjunto de escolhas que podem ocorrer simultaneamente. É importante ressaltar que em uma Rede Sistêmica os termos mais à direita

representam informações que refletem os dados brutos do estudo, enquanto que os termos mais à esquerda representam informações que refletem a organização e interpretação desses dados.

4.1 O Entendimento dos Objetivos do Módulo Educacional sobre Dinâmica

Em relação ao questionário de avaliação do Módulo Educacional, destaca-se a questão sobre como os estudantes compreenderam *quais seriam os objetivos* do módulo. Ao perguntar quais seriam, no seu entendimento, os *objetivos do Módulo Educacional*, esperavam-se obter respostas relacionadas ao conteúdo específico de Dinâmica, na busca de verificar se eles haviam compreendido que se esperava que eles atingissem os objetivos mencionados na seção 3.2, ou seja, um aprimoramento de seu entendimento a respeito dos conceitos de força, velocidade e aceleração. No entanto, o foco das respostas obtidas revelou outras visões, conforme apresentadas na Figura 07.

As respostas revelaram que a utilização do Módulo Educacional, na compreensão dos alunos, não se restringiu a aprimorar seus conhecimentos a respeito de tópicos específicos de Dinâmica. Elas puderam ser organizadas em quatro grupos representados por quatro categorias, identificadas pelas palavras-chave *Informativo*, *Didático*, *Avaliativo* e *Concepções do Senso Comum*. Na primeira categoria – ‘*Informativo*’ – foram agrupadas as respostas daqueles estudantes que entenderam que o módulo se restringia a um veículo de informações a respeito do conteúdo de Dinâmica. Na categoria ‘*Didático*’ foram consideradas as respostas que revelaram o entendimento do objetivo do módulo como um recurso didático. Na categoria ‘*Avaliativo*’ foram agrupadas as respostas que revelaram que o módulo seria uma forma de avaliar os conhecimentos dos estudantes. Finalmente, na categoria ‘*Concepções do Senso Comum*’ foram agrupadas as respostas que revelaram o entendimento de que o módulo era um recurso para identificar concepções alternativas dos estudantes. A categoria ‘*Didático*’ foi subdividida, o que é representado pela segunda chave, de forma a classificar as respostas que revelaram que o objetivo do módulo é de: aprimorar os *Conhecimentos*; promover ou facilitar a *Aprendizagem*; constituir-se de um *Novo Método* inserido no processo de ensino-aprendizagem; abordar *Aspectos gráfico-visuais* do conteúdo, a saber, aprimorar o conhecimento dos alunos a respeito do comportamento gráfico das variáveis e permitir uma melhor ‘visualização’ dos fenômenos estudados; associar *Teoria e Prática*, através da realização do experimento e das atividades de modelagem computacional. Embora essas categorias não sejam excludentes, o que é representado pelas chaves, as respostas foram enquadradas na categoria que melhor expressava a idéia principal da resposta.

		Total de respostas	
Principal objetivo	Informativo	6	
	Didático	Conhecimentos	8
		Aprendizagem	7
		Novo método	7
		Aspectos gráfico-visuais	5
		Teoria e prática	8
	Avaliativo	14	
Concepções do senso comum	4		

Figura 07: Rede Sistêmica das respostas à questão: “No seu entendimento, quais seriam os Objetivos deste Módulo Educacional?”. A resposta de cada estudante pode estar relacionada a mais de uma classificação.

Com base no total de 59 alunos participantes, cerca de 60% revelaram um entendimento de que o Módulo Educacional é um recurso didático, seja especificamente como um método de construção ou aprimoramento dos conhecimentos, como proposta de aprimoramento do processo

de ensino-aprendizagem de maneira geral, como um novo método, como um facilitador da visualização do conteúdo abordado através de gráficos obtidos com a simulação do modelo ou, ainda, como uma forma de associar a teoria com experimentos físicos concretos e passíveis de serem modelados. Dos restantes, 10% entenderam o módulo como um material informativo e os 30% restantes entenderam que o módulo era, de alguma forma, um recurso para obtenção de informações a respeito dos conhecimentos deles. O fato de 70% dos estudantes ter compreendido que o módulo é um recurso para apresentar informação ou aprimorar o processo de ensino-aprendizagem revela a boa receptividade à proposta de utilização do módulo educacional. Tendo em vista a escassez de propostas alternativas na prática cotidiana do ensino de Física no tipo do contexto deste estudo, este resultado revela-se positivo, uma vez que, desses 70%, que correspondem a 41 estudantes, 14 estudantes – 34% desse grupo – demonstraram, de forma explícita, sua receptividade à proposta, não fazendo menção aos conhecimentos específicos que o módulo pretendia abordar. De fato, quando foi solicitado aos estudantes que atribuíssem uma nota final entre 0 e 5 ao Módulo, foram obtidos nas duas turmas, escores médios 4,3 e 4,2 respectivamente, o que parece reforçar a boa receptividade. Vale também ressaltar que ao serem perguntados se o Módulo possuía recursos que motivavam a aprendizagem, os estudantes atribuíram notas médias 4,8 e 4,4 respectivamente.

4.2 O Entendimento de Conceitos Físicos Abordados no Módulo Educacional sobre Dinâmica

As respostas coletadas na questão de prova, repetida da Atividade 3, “*Como você espera que se comportem a velocidade e a aceleração de um corpo que possui massa m , quando a força resultante que atua sobre o corpo não é nula, mas é mantida constante ao longo do tempo? Esboce os gráficos nos sistemas de eixos cartesianos abaixo e explique brevemente.*”, foram categorizadas na rede sistêmica apresentada na Figura 08.

		Total de respostas		
Resposta	Acertou no módulo	Acertou na prova	15	
		Errou na prova	23	
		Não respondeu na prova	3	
	Errou no módulo	Acertou na prova	5	
		Errou na prova	Manteve a resposta do módulo	2
			Modificou a resposta	9
Não respondeu na prova		2		

Figura 08: Rede Sistêmica comparativa entre as respostas dadas à questão do Módulo Educacional e as respostas encontradas na prova

Os resultados apresentados na Figura 08 comparam a resposta dada pelo estudante durante a utilização do Módulo Educacional com a resposta dada à mesma questão na prova escrita. O primeiro colchete apresenta as duas categorias de respostas à questão no módulo: *Acertou no módulo*, indicando que 69% dos estudantes chegaram à resposta correta a respeito do comportamento gráfico da velocidade e da aceleração de um corpo sujeito a uma força resultante não-nula e constante durante a realização da Atividade 3, ou *Errou no módulo*, indicando que os demais não chegaram à resposta correta. Nenhum estudante deixou de responder à questão durante a realização da Atividade 3. Os dois colchetes que seguem mais à direita referem-se às

respostas dadas pelos estudantes na prova escrita. O colchete que detalha a categoria *Acertou no módulo* mostra que, dos estudantes que chegaram à resposta correta no módulo, 15 acertaram a resposta também na prova, 23 erraram e 3 não responderam. O colchete que segue à categoria *Errou no módulo* mostra que, dos estudantes que não chegaram à resposta correta no módulo, 5 acertaram na prova, 11 erraram e 2 não responderam. Dos 11 estudantes que erraram a questão no módulo e também na prova escrita, verifica-se que 2 mantiveram a resposta dada no módulo e os 9 restantes formularam respostas diferentes das que haviam sido dadas no módulo. Desses últimos, 6 estudantes expressaram que a magnitude da velocidade é proporcional à magnitude da força, ao preverem graficamente no módulo que a velocidade e a aceleração exibiam o mesmo comportamento ao longo do tempo. Na prova escrita 2 deles alteraram essa idéia, diferenciando velocidade de aceleração, porém, de forma errônea. A literatura tem mostrado que a idéia da magnitude da velocidade ser proporcional à magnitude da força é um resultado recorrente e que faz parte de um conjunto de crenças intuitivas ou de concepções do senso comum entre os estudantes de diferentes níveis de escolaridade (e.g. Viennot, 1979; Champagne et al., 1980). Vale ressaltar que nessa rede sistêmica todas as possibilidades de respostas são excludentes entre si, o que é representado pelos colchetes.

Esses resultados mostram que 37% dos estudantes que responderam corretamente à questão no módulo, responderam corretamente à questão também na prova escrita, e que 28% dos estudantes que erraram a questão no módulo, responderam-na corretamente na prova escrita, o que pode ser um reflexo da inadequação de uma avaliação tradicional – a prova escrita – na mensuração dos conhecimentos adquiridos com a utilização de Módulos Educacionais com o foco na modelagem computacional. Vale também ressaltar que, dentre os 18 estudantes que não chegaram à resposta correta durante a utilização do Módulo Educacional, 11% mantiveram na prova as respostas que haviam apresentado no Módulo, 50% reformularam suas respostas na prova – embora de forma errônea – e 11% não responderam à questão na prova escrita. Considerando os 50% dos estudantes que reformularam suas respostas na prova, mesmo que não chegando à resposta esperada, pode ser um indicativo de que os alunos foram levados a alterar suas respostas a respeito do tema abordado por influência do Módulo, fato que ainda demanda um maior aprofundamento.

5. Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi de relatar o desenvolvimento, a utilização e a avaliação de um Módulo Educacional abordando tópicos de Dinâmica, baseado na utilização da modelagem computacional como estratégia de ensino no contexto da sala de aula da disciplina *Elementos de Física e Biofísica*, ministrada em duas turmas dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Faculdade Salesiana de Vitória.

A análise dos dados realizada especificamente em relação à avaliação do Módulo por parte dos estudantes demonstra que eles entenderam que o módulo educacional é um recurso didático que visa a aprimorar os conhecimentos, fazer conexões entre teoria e prática, facilitar a aprendizagem e revelar aspectos visuais e gráficos. Esses resultados transcendem os objetivos inicialmente definidos, e parecem estar estreitamente relacionados ao aspecto inovador da proposta, que visa a levar o estudante a confrontar suas próprias concepções sobre os tópicos abordados na busca da promoção de uma possível evolução conceitual sobre o tema, fato este ainda a ser investigado com maior detalhe.

Os resultados se alinham à literatura (e.g. Viennot, 1979; Champagne et al., 1980) que investiga as crenças intuitivas ou concepções do senso comum a respeito de forças entre os estudantes.

Os dados referentes ao entendimento de conceitos físicos abordados no Módulo Educacional revelam a inadequação da utilização de uma avaliação tradicional – a prova escrita – na mensuração dos conhecimentos adquiridos com o uso de Módulos Educacionais baseados na modelagem computacional no contexto da sala de aula. Apesar dos resultados aparentemente positivos da avaliação feita, faz-se necessário o desenvolvimento de procedimentos adequados que não só incluam o conteúdo específico abordado, mas inclua também a avaliação de habilidades cognitivas desenvolvidas com este tipo de estratégia.

Apesar dessas conclusões, as notas relativas aos recursos de motivação para a aprendizagem e à avaliação geral do Módulo Educacional reforçam a boa receptividade dos alunos a métodos alternativos para ensino e aprendizagem.

Finalizando, pode-se concluir com os resultados aqui relatados que são reais as possibilidades de utilização de um Módulo Educacional baseado na modelagem computacional abordando tópicos de Dinâmica no contexto de sala de aula, mas que, ao mesmo tempo, indicam para a necessidade de realização de novos estudos para que se possa ser conclusivo sobre a proposta aqui relatada.

Agradecimentos

Este estudo é parcialmente suportado por FINEP, CNPq, CAPES e FACITEC – Conselho Municipal de Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Vitória, ES – Brasil. À Faculdade Salesiana de Vitória pela permissão de desenvolver o presente estudo.

Referências

- BLISS, J. MONK, M. OGBORN, J. (1983) *Qualitative Data Analysis for Educational Research: a Guide of Systemic Networks*. 1 ed., London: Croom Helm. 215p.
- CAMILETTI, G.G. (2001) A Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários. 218f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- CAMILETTI, G.G. FERRACIOLI, L. (1998) Introdução ao ambiente de Modelagem Computacional STELLA (Versão Preliminar). *Série Modelos 01/98*, Vitória. Publicação Interna do Modelab/UFES.
- CAMILETTI, G.G. FERRACIOLI, L. (2001) A Utilização da Modelagem Computacional Quantitativa no Aprendizado Exploratório de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(2): 214-228.
- FERRACIOLI, L. (1997) A Área de Concentração Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <<http://modelab.ufes.br>>.
- FERRACIOLI, L. (2001) Aprendizagem, Desenvolvimento e Conhecimento na Obra de Jean Piaget: Uma Análise do Processo de Ensino-Aprendizagem em Ciências. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 80(194): 5-18.
- FERRACIOLI, L. (2004) A Integração de Ambientes Computacionais ao Aprendizado Exploratório em Ciências. Projeto de Pesquisa financiado pelo CNPq. Processo 30.4785/2004-0.
- FERRACIOLI, L. (2004) Informação, Ciência e Tecnologia no Ensino de Ciências e Inovação Curricular. In: IX EPEF, Jaboticatubas, MG. *Encontro Temático Especial: TIC's e o Ensino de Física*, MR01.

- FORRESTER, J. (1968) *Principles of Systems*. Cambridge, Ma: Wright-Allen Press.
- CHAMPAGNE, A.B. KLOPFER, L.E. ANDERSON, J.H. (1980) Factor influencing the learning of classical mechanics, *American Journal of Physics*, 48: 1074-1079.
- GONÇALVES, E. (2004) Um estudo da Modelagem Computacional Quantitativa através de Estruturas Causais Básicas: Um Estudo Exploratório com Estudantes de Ensino Médio. 181f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- MANDINACH, E.B. CLINE, H.F. (1994) *Classroom Dynamic: Implementing a Technology-Based Learning Environment*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- MORELATO, F. QUINTO, T. FERRACIOLI, L. (2007) Desenvolvimento e Avaliação de um Módulo Educacional baseado na Modelagem Computacional: Relato de um Projeto na Disciplina Informação, Ciência e Tecnologia no Ensino de Ciências. *Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Luis, Brasil. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0017-1.pdf>>.
- MULINARI, M.H. FERRACIOLI, L. (2005) Implementação da Modelagem Computacional no Ensino de Biologia. In: *I Encontro Nacional de Ensino de Biologia e III Encontro Regional de Ensino de Biologia*, Rio de Janeiro.
- OGBORN, J. (1994) The Nature of Modelling. In Mellar, H. et al (Eds). *Learning With Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press.
- OGBORN, J. MELLAR, H. (1994) Models: Their Makers, Uses and Problems. In: Mellar, H. et al (Eds). *Learning With Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press.
- OLIVEIRA, F.A. (2004) Construção de Modelos Baseada na Utilização de Diagramas Causais no Estudo de Tópicos em Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes de Ensino Médio. 238f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- PINTO, B. FERRACIOLI, L. (2003) A Integração de um Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativa no Laboratório de Física Experimental. In: L. Ferracioli (Ed.). *Anais do IV Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem*. Vitória, Brasil. Mabor: 193-200. Disponível em <www.modelab.ufes.br/ivseminario>.
- RAMPINELLI, M. FERRACIOLI, L. (2006) Estudo do Fenômeno de Colisões através da Modelagem Computacional Quantitativa. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, 23(1): 99-130.
- SEBASTIA, J.M. (1984) Fuerza y Movimiento: la Interpretacion de los Estudiantes. *Enseñanza de Las Ciencias*, 2(3): 161-169.
- SOUZA, L.C. MOTA, R.O. RAMPINELLI, M. FERRACIOLI, L. (2005) Desenvolvimento e Avaliação de um Módulo Educacional sobre Termodinâmica Baseado na Modelagem Computacional Quantitativa. In: *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2005. Rio de Janeiro. Disponível em: <www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/>. Acesso em 10 set. 2006.
- VIENNOT, L. (1979) Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2): 205-21.