

# O ENSINO DE FÍSICA COM A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA COMPUTACIONAL APLICADA A EDUCAÇÃO COM O SOFTWARE *MODELLUS*

*Francisco Herbert Lima Vasconcelos*

*José Rogério Santana*

*Hermínio Borges Neto*

## **Introdução**

Um modelo matemático pode ser um sistema de equações cuja solução, dado um conjunto de dados de entrada, é representativa da resposta de um processo. Desta forma, ele é a abstração matemática de um processo real. A equação ou o conjunto de equações que compõem o modelo é aproximações deste processo. Dessa forma, o modelo não pode incorporar todas as características, tanto macroscópicas quanto microscópicas, de um sistema real. Um dos propósitos apresentados por modelos matemáticos computacionais é gerar simulações de um determinado sistema de processos. A simulação computacional é a obtenção da resposta temporal das variáveis de interesse (variáveis dependentes) de um modelo, quando se excita suas variáveis de entrada com valores desejados e se definem os valores das condições iniciais das variáveis dependentes. Desta forma, pode-se gerar a partir de determinados modelos, simulações de fenômenos físicos representados em animações computacionais a partir de *softwares* de modelização e utiliza-los como recursos de aprendizagem em alguns conteúdos.

A utilização do computador, através de *softwares educativos*, voltados a prática do processo de aprendizagem demonstra-se como uma ferramenta fundamental de auxílio ao professor. No ensino de Ciências em Física, o uso destes recursos possibilita a construção e manipulação de situações didáticas

curriculares que são apresentadas de forma estática, ou seja, na maior parte das vezes apresentam-se equações e fórmulas como algo estruturado sem história, originadas na mente de um gênio e deslocadas do mundo real. Em outros casos, elas são apresentadas como o espelho fiel da realidade. O que se pode perceber é que há uma excessiva valorização da matematização destas situações, deixando assim de possibilitar ao aluno que ele chegue as suas próprias conclusões acerca de determinados conhecimentos. Em função desta dificuldade, o uso do computador como uma ferramenta de construção do conhecimento tem possibilitado a professores e alunos realizar simulações que permitam a visualização do fenômeno estudado, tornando assim o modelo matemático didático mais significativo e próximo da realidade dos estudantes.

O saber físico pretende ser uma descrição mais exata possível da realidade, a partir de fatos produzidos ou observados experimentalmente, ele é um corpo articulado de conceitos, leis, princípios, convenções, que se relacionam por meio de operações lógico-formais e se articulam através de regras e fórmulas matemáticas. Portanto, a compreensão conceitual da realidade, começa com as idealizações, e essa conquista ocorre quando é estabelecido um modelo conceitual. Segundo Bunge (1974), este modelo é uma representação esquemática da realidade, ou de uma situação real, e se atribuem a ele propriedades possíveis de ser tratadas por teorias. A construção de um modelo sobre uma teoria, em Física apresenta-se principalmente no Ensino Médio, através de modelos matemáticos didáticos. Bassanezi (1994) afirma que:

[...] os modelos matemáticos em Física apresentam um conjunto de símbolos e relações matemáticas que expressam e interpretam uma ou mais hipóteses de maneira quantitativa de uma situação próxima da realidade.

É de particular interesse para a Física do ensino médio ou até mesmo universitário os modelos que estabelecem alguma relação entre grandezas físicas e suas variáveis. Entretanto, o uso destes modelos torna o conhecimento físico escolar, como algo muito difícil onde é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade é geralmente desconhecida. A introdução da modelagem computacional no processo de ensino e aprendizagem tende a desmistificar esta imagem da Física no âmbito escolar. Este processo de modelagem a partir da construção de simulações utilizando o computador possibilita uma maior compreensão dos conteúdos e contribui para o desenvolvimento cognitivo em geral, permitindo desta forma a construção de relações e significado, favorecendo uma aprendizagem construtivista. Assim, pode-se elevar o processo de aquisição do conhecimento, exigindo que os estudantes pensem em um nível mais elevado, generalizando conceitos e relações além de propiciar oportunidades para que os alunos testem seus próprios modelos cognitivos, detectando e corrigindo inconsistências. Estes programas de modelagem e simulação são ferramentas da maior valia em processos científicos, pois a compreensão do saber científico e a construção do conhecimento em Física passam pela modelagem, e estes *softwares* costuma ser tais que facilitam estudos exploratórios individuais. Deste modo eles podem servir como elementos motivadores para o trabalho colaborativo em sala de aula. Diante da problemática que envolve o ensino de Física, e da possibilidade do uso de recursos computacionais aliados a modelagem na construção do conhecimento, através desta pesquisa desenvolvemos simulações a partir de modelos matemáticos aplicados a física e realizamos uma aplicação com de professores para detectar a viabilidade estas ferramentas no processo de ensino aprendizagem. Torna-se necessário

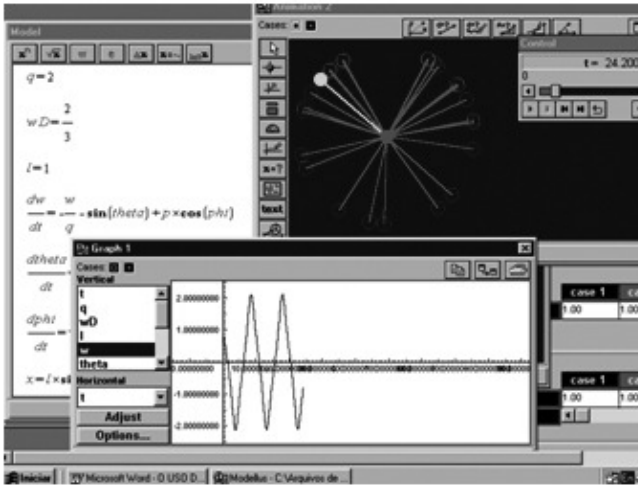
que o professor apresente ao aluno a Física como uma disciplina de investigação, que deve ser voltada para ajudá-lo a compreender e explicar a sua realidade. No entanto, o que se verifica é que o ensino de Física está sempre voltado a memorização e aplicação de fórmulas, totalmente desvinculadas da realidade e interesse do aluno. Isso deve-se principalmente pela dificuldade de visualização das situações físicas discutidas pelo professor e a sua relação com o modelo matemático estudado.

Deste modo, aplicar a modelagem matemática computacional no ensino de física e investigar a postura do professor diante do uso das novas tecnologias educacionais aplicadas ao ensino mediado por computador consiste em verificar as potencialidades desta ferramenta didática de visualização, assim como sua viabilidade na construção do conhecimento.

## **O Processo de Modelagem Computacional Aplicada ao Ensino de Física**

Para a modelagem dos modelos físicos propostos iremos utilizar o *software Modellus* que é um ambiente computacional de modelagem matemática desenvolvido em linguagem C++ e é dirigido para professores de Matemática e de Ciências Físico-Químicas, e a alunos dos anos terminais do ensino básico, ensino secundário e do ensino superior. Este *software* permite a construção e simulação de modelos de fenômenos físicos a partir das equações matemáticas que representam esses fenômenos. Deste modo, quando o aluno descreve o modelo matemático que traduz um determinado fenômeno, o *Modellus* permite uma simulação computacional de tal fenômeno, possibilitando ao aluno uma análise diferenciada da situação física. A modelagem matemática é de fundamental

importância para proporcionar a construção e manipulação de modelos dinâmicos quantitativos matematicamente de modo que estes possam ser analisados de forma mais clara e concisa.



**Figura 1 – Software Modellus**

O *Modellus* é um *software* educacional que permite a alunos e professores criar e modelar situações e experiências que estão baseadas em modelos matemáticos já existentes. Muitos experimentos científicos baseados em modelos matemáticos são complexos devido a dificuldades existentes nos cálculos. A utilização deste recurso permite a solução destes cálculos, encarregando-se de resolver suas complexidades e oferece ao aluno a possibilidade de refletir e analisar os modelos.

No entanto, 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 efetiva utilização em sala de aula

para que se possa concluir sobre as reais possibilidades de sua integração no cotidiano de sala de aula.

Para exemplificar nosso estudo de modelagem matemática aplicada ao ensino de Física, iremos modelar no computador um corpo em queda livre.

### **Modelagem Computacional: o Caso da Queda Livre**

O movimento de queda livre de um corpo próximo ao solo ocorre quando este corpo é abandonado no vácuo ou se considera desprezível a ação do ar. Seu estudo é idêntico ao de um lançamento na vertical. Estes movimentos são descritos pelas mesmas funções horárias dos movimentos uniformemente variados (MUV) na horizontal.

Faremos agora um modelo matemático referente a trajetória de um corpo que é abandonado do alto de um edifício até atingir o solo. A partir deste modelo, desenvolveremos a simulação computacional do fenômeno.

Como a partícula descreverá um deslocamento no eixo vertical, utilizaremos a seguinte equação:

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.1}$$

Considerando que a mesma foi solta e que sua velocidade inicial era ZERO ( $v_0 = 0$ ), então:

$$y = y_0 + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.2}$$

Sendo  $y_0$  a altura do Edifício, temos que:

$$y = \text{Altura} + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.3}$$

A aceleração do movimento vertical de um corpo no vácuo é denominada de aceleração da gravidade e indicada pela

letra g. Consideramos ainda o g negativo, pois o corpo está em queda:

$$y = \text{Altura} - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.4}$$

O valor normal da aceleração da gravidade na Terra é tomado ao nível do mar, a uma latitude de  $45^\circ$  e é de aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ . Substituindo, ficamos com:

$$y = \text{Altura} - 5 \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.5}$$

Utilizando a equação 2.5 que satisfaz o modelo que representa o fenômeno que estamos estudando, iremos realizar a simulação computacional.

Inicialmente iremos inserir o modelo que foi gerado a partir da atividade de modelagem do fenômeno no *software*.

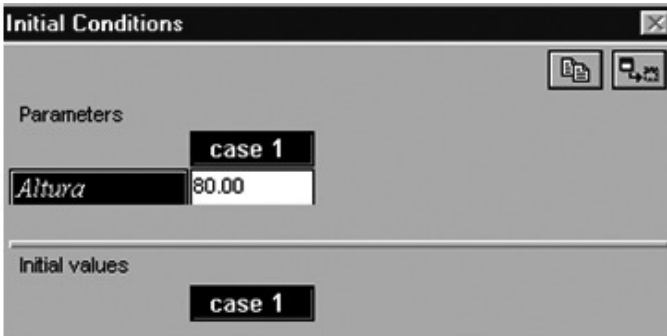
Neste momento, o programa faz uma verificação das variáveis do modelo e interpreta a simbologia matemática utilizada.



**Figura 2 – Janela onde se Insere o Modelo Matemático**

Agora iremos definir os valores dos parâmetros do nosso modelo. Considerando a variável  $t$  uma variável indepen-

dente, temos apenas que definir a variável altura. Portanto, supondo que nesta situação o edifício de onde a partícula foi solta tinha 80 metros de altura, teremos que:



**Figura 3 – Condições Iniciais do Modelo**

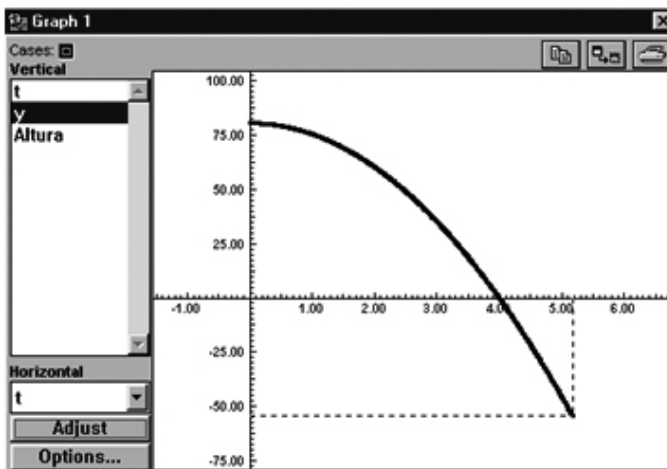
Variando o valor de  $t$  em um determina intervalo de valores numéricos, podemos fazer  $y$  também variar, desta forma, chegamos a dinamicidade da resolução numérica do modelo matemático.

	$t$	$y$	Altura
$t$	0.00	80.00	80.00
$y$	0.01	80.00	80.00
Altura	0.02	80.00	80.00
	0.03	80.00	80.00
	0.04	79.99	80.00
	0.05	79.99	80.00
	0.06	79.98	80.00
	0.07	79.98	80.00
	0.08	79.97	80.00
	0.09	79.96	80.00
	0.10	79.95	80.00
	0.11	79.94	80.00
	0.12	79.93	80.00
	0.13	79.92	80.00
	0.14	79.90	80.00
	0.15	79.89	80.00
	0.16	79.87	80.00
	0.17	79.86	80.00
	0.18	79.84	80.00

**Figura 4 – Tabela de Valores Geradas no Software**

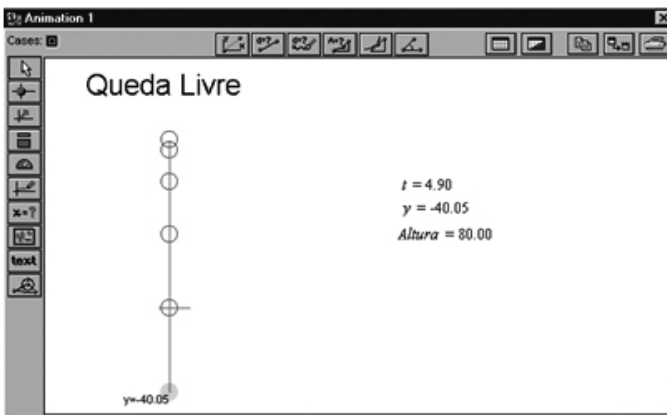


Verificaremos o gráfico cartesiano gerado neste modelo, a partir das variáveis  $y$  x  $t$  desta situação:



**Figura 5 – Gráfico das Variáveis do Modelo y x t**

Finalizaremos esta construção, realizando a simulação do fenômeno, a partir do modelo matemático implementado, construindo, portanto, uma animação no computador.



**Figura 6 – Simulação Física do Modelo Gerado**

Através deste exemplo, pode-se demonstrar simplificada-mente, o processo de modelagem matemática no computador, passando por suas principais etapas de realização.

## **Objetivos da Pesquisa**

Como objetivo geral desta pesquisa, temos:

- Analisar o uso da modelagem matemática computacional a partir do desenvolvimento de simulação utilizando *software* educativo e verificar sua viabilidade no processo de construção do conhecimento.

Dentre os objetivos específicos de pesquisa podemos destacar:

- Diagnosticar as crenças e percepções dos professores acerca do ensino de Física assistido por computador, assim como os limites e possibilidades desta ferramenta;
- Detectar as potencialidades do uso da modelagem matemática no processo de ensino e aprendizagem em Física;
- Subsidiar a prática do professor na construção de simulações computacionais utilizando os modelos matemáticos didáticos de Física do Ensino Fundamental e Médio.

## **Metodologia de Pesquisa**

Esta pesquisa foi realizada em dois momentos distintos. Em um primeiro momento foram realizadas as atividades de modelagem matemática utilizando o computador onde se

buscou verificar todas as possibilidades de simulação e modelização dos fenômenos abordados. No momento seguinte, realizamos uma pesquisa de campo, através de um experimento com professores do Colégio Militar de Fortaleza, para analisar como o professor verifica as potencialidades do uso desta nova ferramenta de auxílio em sala de aula.

## **Fundamentos Teóricos Utilizados Durante a Investigação**

Os procedimentos teóricos e investigativos desta pesquisa tiveram como diretrizes os princípios da pesquisa-ação com alicerce teórico-metodológico na Sequência Fedathi e na Engenharia Didática. Segundo Hugo & Seibel (1998) a pesquisa-ação “trata-se de pesquisas nas quais há uma ação deliberada de transformação da realidade, pois são pesquisas que possuem dois objetivos principais:” transformar a realidade e produzir conhecimentos relativos a essas transformações”.

Uma vez que os pesquisadores atuam no cerne dessa investigação, garantindo o andamento das suas etapas, sendo também atores, valer-se-ão das técnicas de observação participante completa (OPC) de Adler (1998) e atendo-se a métodos qualitativos. Na OPC, o pesquisador ou está implicado desde o início, por que já era membro do grupo antes de começar a pesquisa ou ele se torna membro do grupo por convenção, por que provém de fora.

## **Sequência Fedathi e Engenharia Didática**

A Sequência Fedathi é uma proposta teórico-metodológica, desenvolvida por Borges Neto (2001), que propõe que os conhecimentos matemáticos ou de outros saberes em sala de aula sejam ensinados pelo professor, baseados no desenvolvimento do trabalho científico de um matemático (a ‘mé-

thode', do matemático francês René Descartes), articulando tais ideias com as concepções sobre mediação, baseadas nos pressupostos teóricos de Vygotsky (Santana & Borges Neto, 2003). Essa proposta tem como princípios, a realização de quatro estágios básicos que são: tomada de posição, maturação, solução e prova.

- I. **Tomada de posição:** É a transposição didática de um problema matemático para o aluno. Não se trata de um enunciado, mas sim de um modo de mostrar o problema. É importante que todo o processo dependa da transposição didática. Também aqui é estabelecido o contrato didático da atividade com o aluno;
- II. **Maturação:** É o desenvolvimento da atividade pelo aluno. Neste contexto, a postura didática do professor é a da não intervenção (pedagogia *mão-no-bolso*) ou intervenção programada para que o estudante possa pensar, tentar, errar e colaborar com seus colegas se for possível, pois matemática é uma atividade coletiva. A palavra “debruçamento” é oriunda do francês *débrouiller*, e o seu significado consiste em se “debruçar sobre um problema”, pensar, contextualizar e procurar compreender;
- III. **Solução:** É a formalização e a confrontação matemática das ideias do(s) aluno(s). Trata-se do processo de sistematização e organização matemática; entretanto, a confrontação requer o uso de argumentos matemáticos por meio de contraexemplos locais e globais, conforme é exposto por Lakatos (1978). Se a solução do aluno apresentar problemas, retorna-se a **Maturação**; caso contrário, significa que a ativi-

dade foi solucionada a contento, que pode significar até um “não sei”;

- IV. Prova:** Neste momento a solução proposta pelo aluno é formalizada, e as ideias são mais uma vez revisadas.

A Engenharia Didática é uma forma de trabalho didático semelhante a de um engenheiro, que quando da realização de um projeto, apoia-se em subsídios científicos de seu domínio, submetendo-se a um controle de tipo científico (Artigue, 1980). Segundo as palavras de Douady, a Engenharia Didática é...

*Uma seqüência de aula(s) concebida(s), organizada(s) e articulada(s) no tempo, de forma coerente, por um professor-engenheiro para realizar um projeto de aprendizagem para uma certa população de alunos. No decurso das trocas entre professor e alunos, o projeto evolui sob as reações dos alunos e em função das escolhas e decisões do professor. (MACHADO, 1993).*

Na engenharia didática há quatro fases que permitem a concepção de uma seqüência de ensino são elas a *análise preliminar*, *análise a priori*, *experimentação* e *análise a posteriori*. Detalhadamente, pode-se dizer que:

- **Análise preliminar:** Consiste na análise epistemológica dos conteúdos que se pretende trabalhar no desenvolvimento dos materiais junto ao aluno. Neste contexto, são importantes os estudos sobre os processos educacionais desenvolvidos em classe (o meio, os instrumentos, a mediação do professor). Em suma, pretende-se dar subsídios ao desenvolvimento da análise *a priori*;

- **Análise a priori**: Consiste na preparação de sequências didáticas e do esquema experimental para a ação em classe, onde serão delimitadas variáveis de controle que possibilitem conhecer o que se pretende experimentar, no caso do projeto de pesquisa trata-se do processo de construção e elaboração de material e atividades;
- **Experimentação**: É a execução dos processos desenvolvidos na análise *a priori* e preliminar, ou seja, a realização de cursos pilotos em que se recorre a pesquisa-ação experimental em educação. Neste caso, deve-se observar o envolvimento dos professores e alunos através de filmagens desenvolvidas no decorrer do curso.
- **Análise a posteriori**: É a compreensão e a interpretação dos resultados da experimentação e seu objetivo é oferecer um *feedback* para o desenvolvimento de uma nova análise *a priori* para uma nova experimentação, concebendo o desenvolvimento das atividades como uma atualização dos processos em questão.

## Pesquisa de Campo

O curso foi dividido em sessões, onde em cada uma delas buscava-se através das sequências didáticas elementos para análise. Os dados da pesquisa de campo foram coletados a partir de entrevistas semiestruturadas, observações e filmagens das ações do grupo durante as sessões do curso. As aulas foram ministradas no Laboratório de Informática da escola e divididas em 4 sessões, em que foram desenvolvidas as seguintes atividades:

## 1ª. Sessão:

Na sessão inicial do curso realizamos o Contrato Didático junto aos professores, onde definimos os principais objetivos, delimitamos o horário de realização das atividades e apresentamos as características da ferramenta computacional disponível. Nos momentos iniciais, também foram apresentadas as metodologias de trabalho envolvidas na postura do professor (Sequência Fedathi), assim como no planejamento de todo o conteúdo a ser desenvolvido durante a realização das sessões.

Na segunda parte dessa sessão desenvolvemos atividades de manipulação utilizando o *software Modellus*, onde realizou-se modelagem matemática de situações físicas simples, como por exemplo o movimento de uma partícula em linha reta.



**Figura 7 – Grupo de Professores que Participaram do Experimento**



**Figura 8 – Apresentação das Metodologias aos Professores**



**Figura 9 – Proposição e Realização das Atividades de Modelagem**



## **2ª. Sessão:**

Na primeira etapa desta sessão, propomos aos professores que desenvolvessem atividades didáticas de Queda Livre utilizando o computador. As atividades foram elaboradas tomando como base livros didáticos do ensino médio que tratam do assunto. Através destes problemas analisamos a capacidade de transposição didática do professor em resolver problemas e apresentar suas soluções utilizando o computador. Esta atividade foi útil para que os professores envolvidos na pesquisa pudessem detectar as principais possibilidades e potencialidades do *software Modellus*, e o uso da simulação para o ensino. Durante a segunda parte dessa sessão, os professores realizaram simulações computacionais utilizando os modelos apresentados por eles para resolver os problemas anteriormente propostos.

## **3ª. Sessão:**

Nesta sessão preparamos uma atividade problema para os professores, em que aplicamos a Sequência Fedathi. Os professores foram organizados em duplas e cada dupla por computador. Propomos que eles desenvolvessem um modelo e simulassem uma partícula em movimento circular. O problema foi apresentado de forma estruturada, através de uma ficha de atividade, que trazia as principais características físicas da situação. Além disso, utilizamos o recurso visual de um corpo em movimento circular em uma simulação no computador. Durante quase três horas, os professores foram levados ao desenvolvimento da equação que modelasse aquela situação e, por conseguinte gerasse a simulação proposta. Nesta fase de debruçamento do problema eles foram levados a utilizar a tecnologia do lápis e papel, onde buscavam analisar a situação

criando um modelo que satisfizesse o problema e que ao mesmo tempo se adequasse a plataforma de simulação computacional utilizada, neste caso, o programa *Modellus*. Ao final desta sessão cada dupla de professor apresentou sua solução para a questão. Por fim, apresentamos a solução formalizada do problema, demonstrando duas funções que representavam exatamente a ideia deste modelo através da simulação computacional, levando ao professor refletir sobre as principais falhas em seu modelo, de tal forma a fazê-lo repensar sobre o conhecimento físico a ser explorado em uma simulação através do computador.

#### **4ª. Sessão:**

Para a última sessão realizada, repetimos a experiência de aplicação da sequência didática anterior. Nesta sessão, solicitamos das duplas que desenvolvessem o modelo matemático de um pêndulo físico e realizassem sua simulação. Este problema foi apresentado utilizando a mesma ficha de atividade, onde descrevíamos a situação e suas principais características, assim como apresentamos o problema em uma simulação no computador. Novamente, os professores realizaram a etapa de resolução do problema e desenvolveram vários modelos parcialmente viáveis. Quando apresentamos a solução formalizada do problema e a interação dinâmica da atividade com o *software*, os mesmos corrigiram suas equações e desenvolveram a simulação corretamente.

### **Discussões e Resultados**

Com a realização da modelagem matemática utilizando o computador verificou-se que é possível utilizar este recurso como estratégia de simulação científica de determinados fe-

nômenos físicos, assim como seu uso pode colaborar no processo de aprendizagem de determinados conteúdos curriculares que possam ser modelados.

A realização em etapas do experimento de campo permitiu verificar facilmente o desenvolvimento das habilidades do corpo docente com relação ao uso do computador. A seguir, iremos apresentar as principais ações dos professores em cada sessão, que permitem compreender o processo de modelagem matemática utilizando o computador para o ensino de Física, destacando características e peculiaridades deste processo. Dentre as situações observadas, em cada sessão podemos destacar:

1<sup>a</sup>. Sessão: durante esta sessão, verificou-se que o grupo de professores apresentou resistência quanto ao uso das metodologias propostas. Normalmente novas propostas metodológicas de trabalho apresentam-se como algo de difícil aceitação, principalmente pelo fato de exigir uma quebra das posturas tradicionalistas do professor em sala de aula. Durante a apresentação do *software*, houve inicialmente por parte do público dificuldade em manipular as janelas e os principais recursos disponíveis. Após algumas atividades, observou-se que estas dificuldades foram superadas.

2<sup>a</sup>. Sessão: ao solucionarem os problemas propostos, os professores demonstraram facilidade em realizar as construções dos modelos. Acreditamos que este fato se deve ao domínio que os mesmos apresentam em relação as atividades oriundas de livros didáticos. Outro fator de destaque foi a realização das simulações propostas nas atividades elaboradas. Embora houvesse, por parte dos professores, pouco tempo de manipulação do programa, eles concretizaram as simulações dos eventos que ocorriam nas atividades utilizando o computador.

3<sup>a</sup>. Sessão: nesta sessão, apresentamos uma situação que não se encontrava vinculada a problemas clássicos de Física. Utilizou-se a metodologia de trabalho, com o objetivo de aplicar a sequência didática proposta. Durante a apresentação da solução dos resultados por parte dos professores, observamos que os modelos desenvolvidos pelas duplas não apresentavam viabilidade quanto a elaboração da simulação. Acredita-se que esta falha se deve a dois fatores, são eles:

- a não formação dos professores em utilizar a tecnologia computacional a partir de modelos para gerar conhecimento, pois nas atividades transpostas do livro didático houver soluções viáveis, já nas atividades não tradicionais, o modelo desenvolvido não resolvia o problema proposto;
- a dificuldade encontrada pelos professores em manipular e simular modelos computacionais, que exigem um conhecimento diferenciado daquele trabalho em sala de aula.

4<sup>a</sup>. Sessão: repetimos o experimento realizado na sessão anterior, em que novamente chegamos às mesmas conclusões da sessão anterior.

## **Considerações Finais**

Através desta pesquisa pôde-se analisar o uso da modelagem computacional com atividades didáticas de simulação, utilizando *software* educativo e sua viabilidade de utilização no processo de construção do saber.

Detectamos como principais crenças e percepções dos professores acerca do ensino de Física assistido por computador, duas opiniões distintas: alguns professores acreditam

que o uso do computador poderá apresentar-se como um instrumento de resolução de todos os problemas até hoje presentes no ensino de Física, enquanto outros consideram que esta ferramenta poderá dificultar o aprendizado de alguns conteúdos, devido a complexidade no manuseio dos *softwares*. Desta forma, percebe-se que não há por parte deles uma análise sobre as potencialidades e limites do uso da modelagem computacional no processo de ensino e aprendizagem.

Com as atividades propostas durante o experimento é possível perceber que o processo de modelagem e simulação matemática através do uso do computador poderá tornar-se uma alternativa de grande potencialidade para o ensino de ciência e para a construção do conhecimento no âmbito escolar. As atividades propostas durante o curso são apresentadas sobre uma sequência didática que pretende desenvolver a capacidade de construir conceitos e levar ao aluno a vivenciar as etapas de construção de uma equação, ou seja, comunicar seus resultados em forma de um modelo.

Acreditamos que este experimento realizado com professores demonstra que atividades bem estruturadas e o ensino assistido por computador constituem um meio didático para que os alunos passem a conhecer o papel estruturador da matemática na física, no qual uma função torna-se um mecanismo que descreve um fenômeno físico pertencente ao cotidiano. Desta forma, faz-se o aluno refletir sobre conceitos, fórmulas e equações desenvolvendo a capacidade de raciocinar criticamente sobre os conteúdos.

Outro aspecto relevante nesta pesquisa é a dificuldade do professor em utilizar a simulação computacional a partir dos modelos desenvolvidos na resolução dos problemas. Percebe-se que, embora os modelos estivessem corretamente resolvidos, ao serem levados ao computador não se adequaram

as exigências dinâmicas do *software*. Isso se deve principalmente pelo fato de que, embora as maiorias dos professores envolvidas no experimento tenham domínio quanto aos conteúdos trabalhados durante a pesquisa, estes não apresentam conhecimento sobre o uso das novas tecnologias aplicadas ao ensino. Durante a pesquisa, através da observação dos depoimentos e relatos dos professores se constatou que essa deficiência se deve principalmente a dois fatores. O primeiro fator é de ordem cultural, pois a maior parte deles resistem quanto ao uso do computador aliado ao ensino, por apresentarem dificuldades quanto ao domínio tecnológico e as novas metodologias propostas. O outro fator é uma decorrência do primeiro, devido ao fato destes não terem formação específica quanto a manipulação desta nova ferramenta de auxílio em sala de aula.

Como possibilidade didática, o uso da simulação pode permitir o desenvolvimento de procedimentos dedutivos acerca de situações físicas. No entanto, ao professor cabe o processo de levar o conhecimento durante a preparação de atividades que possam gerar novas posturas ao aluno. Nesse aspecto, o refinamento da capacidade negociadora do professor, e o desenvolvimento de uma nova postura frente aos estudantes, é um exercício que requer confiança, mas ao mesmo tempo requer que o professor exercite o ato de não fazer, para que o aluno possa fazer em seu lugar. Quanto aos tipos de limitação decorrentes das situações vivenciadas durante a realização das atividades, podemos destacar:

**Divergências quanto ao conceito de modelagem:** a modelagem matemática é um processo que é realizado com a finalidade de desenvolver modelos matemáticos, geralmente a partir de equações diferenciais, para representar um de-

terminado fenômeno. Já a modelagem computacional aplicada a educação, consiste em desenvolver ferramentas que representem de forma didática utilizando gráficos, tabelas e simulações um evento, a partir de modelos matemáticos que se apresentam em situações clássicas utilizadas pelos alunos. Ocorreram durante o curso divergências conceituais quanto ao termo modelagem por parte dos professores. Entretanto, não houve desvio dos objetivos didáticos estabelecidos para o estudo proposto.

**Erros computacionais ou bugs:** são situações decorrentes das limitações computacionais e/ou dos erros em procedimentos de programação, neste estudo foram identificados alguns desses bugs, como: limitação quanto a representação do valor zero, a presença de equações que apresentem sinal mais e menos simultaneamente, dentre outros.

**Dificuldade em manipulação:** são situações em que ocorre algum tipo de imperícia no manuseio de um comando ou janela que exige mais experiência ou habilidade. Devido a grande quantidade de janela e recursos disponíveis no *software Modellus*, este tipo de dificuldade ocorreu de forma frequente durante todo o experimento.

## Referências

ANGOTTI, J. A. P. 1991. **Fragmentos e totalidades do conhecimento científico e no Ensino de Ciências**. Tese (Doutorado), São Paulo: Editora da USP. 190P.

ARTIGUE, M “Ingénierie didactique”. In: BRONCKART, J.P. (dirigée). 1996. *et al.* Didactique dès mathématiques – Textes de base em pédagogie. Delachaux et Niestlé S. A., Lausanne (Switzerland) Paris. 15, p. 84-120.

BASSANEZI, R. A. **Modelagem matemática**. Dynamis, Blumenau/SC, v.1, n.7, p.55-83, 1994.

BORGES NETO, H & SANTANA, J.R. A teoria de fedathi e sua relação com o intuicionismo e a lógica do descobrimento matemático no ensino, EPENN, 15, São Luis do Maranhão, 2001. 18P.

BUNGE, M. 1974. **Teoria e realidade**. São Paulo. Editora Perspectiva 197p.

CAMILETTI, G & FERRACIOLI, L.A Utilização da Modelagem Computacional Quantitativa no Aprendizado Exploratório em Física, **Cadernos do ModeLab**, n. 10, 2001. 12P.

DIENES, Z.P.; GOLDING, E.W. **Exploração do espaço e prática de medição**. São Paulo/SP: Herder, 40, p. 120-311, 1969.

KNELLER, G. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: EDUSP. p. 98-156, 1980.

SANTANA & BORGES NETO. **Seqüência Fedathi**: Uma proposta de mediação pedagógica na relação ensino/aprendizagem. Em J.G. Vasconcelos (Org.). Fortaleza-Ce: UFC. 52, p. 18-210, 2003.

TEODORO, V. D.; VIEIRA, J.P & CLÉRIGO, F.C. **Introdução ao Modellus**. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade de Nova Lisboa, Portugal. 2000. 237P.