

# **Articulação entre o Ensino de Matemática e de Física: uma aproximação entre a Modelagem Matemática e as Atividades Experimentais**

## **Articulation between Mathematics and Physics Teaching: an approach between Mathematical Modeling and Experimental Activities**

*Luís da Silva Campos<sup>1</sup>*

*Mauro Sérgio Teixeira de Araújo<sup>2</sup>*

1 - Graduado em Física pela UFMG, Mestre em Ensino de Ciência e Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, Professor de Física da Universidade Guarulhos, Guarulhos, SP. *e-mail: proflula@ig.com.br*

2 - Doutor em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP), Professor e Pesquisador do Programa de Mestrado e Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo-SP, Brasil. *e-mail: mstaraujo@uol.com.br*

### **Resumo**

Esse trabalho foi desenvolvido com objetivo de investigar a viabilidade e as contribuições educacionais da associação de duas abordagens pedagógicas: A Modelagem Matemática e a Experimentação em Ensino de Física, tendo por base a concepção de Modelagem Matemática de Barbosa (2001, 2004a, 2004b) e as atividades Experimentais de Física realizadas com diferentes níveis de estruturação. Envolvermos 23 alunos de graduação em Matemática, durante o terceiro e quarto semestres do curso, de modo a realizar sete experimentos diferentes. Constatamos ao final que apenas um grupo realizou de fato uma atividade quantitativa, sendo que os demais realizaram experimentos qualitativos. Percebemos a necessidade da realização de atividades experimentais ao longo de todos os semestres do curso superior, diminuindo gradativamente a diretividade e controle docente para que os alunos consigam realizar atividades não estruturadas, visando uma formação adequada e que gere maior autonomia de ação e pensamento.

**Palavras-chave:** Modelagem matemática, Ensino de física, Atividades experimentais, Método científico.

### **Abstract**

The aim of this paper was to investigate the feasibility and educational contributions of association of two pedagogical approaches: Mathematical Modeling and Experimentation in Physics Teaching, based on Barbosa's (2001, 2004a, 2004b) Mathematical Modeling and on Experimental Activities of Physics done in different levels of structures. 23 bachelor students in Mathematics, from third and fourth semesters of the bachelor course, did seven different experiments. It was verified, at the end, that just one group did a quantitative activity, the others did qualitative ones. We realized the need to have experimental activities throughout all semesters of the bachelor degree, gradually decreasing the directiveness of the teacher control in order to the students achieve to realize the non-structured activities, aiming suitable formation to generate a higher autonomy of action and thinking.

**Key-words:** Mathematical modeling, Physics teaching, Experimental activities, Scientific method.

## Introdução

Como áreas do conhecimento humano, a Física e a Matemática estão intimamente relacionadas. Talvez por isso, a Física foi uma das primeiras Ciências a estruturar seu pensamento em modelos matemáticos (PIETROCOLA, 2002, p. 92). Quando se trata do Ensino, principalmente o básico, essas duas áreas são tratadas de maneiras muito diferentes. Conteúdos comuns das duas disciplinas são propostos em momentos escolares diferentes, a linguagem de uma não se aproxima da outra, de forma que muitas vezes os alunos possuem dificuldades para perceberem relações entre elas. Quando as atividades experimentais são introduzidas no ensino, em geral se limitam a demonstrações, sem pretensão de fazer medidas e estabelecer relações entre as grandezas, ou pertencem a um tipo denominado “ensino de laboratório programado”, o qual segundo Ribeiro, Freitas e Miranda (1997):

(i) pertence à classe de laboratório estruturado; (ii) se destina aos objetivos de propiciar a aprendizagem de habilidade de manuseio de aparelhos e a aprendizagem do conteúdo ministrado na sala de aula(...); (iv) os roteiros utilizam algum modelo de ensino como referencial teórico-pedagógico e (v) o procedimento dos roteiros é bem detalhado (RIBEIRO; FREITAS, MIRANDA, 1997, p. 554).

Nesta modalidade de experimentação não são realizadas discussões acerca dos fundamentos epistemológicos relacionados ao uso do Método Científico e da relação existente entre teoria e prática como nos mostram os trabalhos de Moreira e Ostermann (1993), Medeiros e Bezerra Filho (2000) e Arruda e Laburú (2002). Desse modo, o estímulo à criatividade dos alunos, as tomadas de decisões em diversas situações e até a possibilidade de erros com a conseqüente mudança de estratégia são descartados.

## Justificativa

Para a realização desse trabalho, escolhemos uma turma de Licenciatura em Matemática em uma universidade particular localizada na grande São Paulo. No que diz respeito à turma escolhida para nossa intervenção, acreditamos que como futuros Educadores em Matemática, esses alunos possam diminuir a distância entre as áreas do conhecimento anteriormente mencionadas. Alguns se tornarão Educadores em Física e, nesse caso, sua formação acadêmica será essencial para que suas intervenções, junto aos seus futuros alunos, possam ser realizadas de forma mais ampla e com maiores conexões entre a Física e a Matemática. A importância da formação inicial dos professores para a sua experiência profissional é mostrada por Rezende, Lopes e Egg (2004), quando nos diz que:

Essas concepções, muitas vezes, se constroem na experiência que o professor teve como aluno, na formação inicial, pertencendo ao senso comum a idéia de que “professores ensinam como eles foram ensinados”. Isso implica que o professor de formação (tanto a inicial quanto a continuada) não pode ser [submetido] apenas a apresentação de conteúdo e de um repertório de abordagem de ensino, mas que precisa incluir necessariamente a discussão das concepções do professor e dos problemas de sua prática (REZENDE; LOPES; EGG, 2004, p. 188).

Os problemas relacionados ao Currículo escolar de Física foram categorizados pelas autoras mencionadas anteriormente. Entre esses problemas, elas identificaram o *despreparo para selecionar e adequar conteúdos*, dificuldades para *implementar o enfoque interdisciplinar* e para *contextualizar o conteúdo e formalismo matemático excessivo* (REZENDE; LOPES; EGG, p. 191 – 192). Neste sentido, essas pesquisadoras verificaram que os professores de Física entrevistados se queixavam do formalismo matemático apresentados nos conteúdos da disciplina, afirmando que:

Os professores de Física mencionaram que o aspecto matemático (formal) da Física é, em geral, por demais enfatizado e que os alunos não conseguem construir o

sentido desse formalismo nem relacionar teoria e experimentos físicos (REZENDE; LOPES, EGG, p. 192)

Os professores entrevistados apontaram alguns problemas relacionados ao processo de Ensino e de Aprendizagem e, entre eles, podemos mencionar as dificuldades para usar o laboratório didático de Física, insatisfação com os métodos tradicionais de ensino e as atitudes desfavoráveis dos alunos. No que concerne aos problemas relacionados à utilização do laboratório didático de Física, as autoras observaram que:

É abordada a importância do laboratório didático de Física para demonstração dos conceitos e leis físicas, mas reconhecida a falta de tempo para preparar os experimentos e a dificuldade para desenvolver atividades que levem à efetiva aprendizagem em função do grande número de alunos por turma (REZENDE; LOPES, EGG, p. 192).

Entendemos que as atividades experimentais não servem apenas para demonstração. Elas podem e devem ser utilizadas como problemas reais que para serem resolvidos necessitam da associação de conceitos teóricos e atividades práticas. Defendemos a idéia de que o trabalho no laboratório permite desenvolver habilidades práticas e promover interações dos alunos, assim como aproximar os estudantes dos professores.

## **O problema de pesquisa**

Dado o panorama onde se destaca a problemática de pesquisa, apresentamos a seguir a questão de pesquisa que direcionou as investigações realizadas:

*Como os alunos do curso de Licenciatura em Matemática, analisam alguns fenômenos físicos, em um ambiente onde se articula a Modelagem Matemática e a Experimentação?*

## **Objetivos da pesquisa**

Para desenvolvermos nossas atividades, descreveremos a seguir os objetivos específicos que direcionarão nossas intervenções e focalizarão nossas análises. Esse direcionamento é fundamental para delinear as contribuições e limitações da nossa proposta. Assim, focalizaremos nossa atenção em:

- Observar e descrever as principais dificuldades encontradas pelos alunos durante o desenvolvimento das atividades Experimentais com roteiros estruturados, semi-estruturados e não-estruturados;
- Compreender e descrever como os alunos articulam conhecimentos de Matemática e Física em um ambiente que associa Modelagem Matemática com a experimentação.

## **A Metodologia de Pesquisa**

Essa pesquisa possui as principais características da pesquisa qualitativa, como o ambiente natural se constitui a fonte direta dos dados, o investigador é o seu instrumento principal, é descritiva, se interessa mais pelo processo do que pelos resultados ou produtos, a análise dos dados é feita de forma indutiva e seu significado possui importância vital para o trabalho como nos mostra Bogdan e Biklen (1994). Nossa pesquisa foi realizada com uma turma de 23 alunos do curso noturno de Licenciatura em Matemática da Universidade Guarulhos, nas disciplinas de Laboratório de Ensino de Física I e II. Definimos quais

experimentos seriam utilizados, como os alunos deveriam desenvolver suas atividades e as formas de avaliação.

Por falta de espaço, utilizaremos como instrumentos de análise desse artigo os relatórios elaborados após a realização das atividades experimentais e as respostas apresentadas pelos alunos durante a entrevista. Analisaremos apenas a primeira, a quarta e a sétima atividades experimentais, sendo que a sétima atividade consistiu nos experimentos escolhidos pelos alunos. Como eram quatro grupos, a sétima atividade consistiu de quatro experimentos diferentes.

## **A Escolha da Concepção de Modelagem Matemática**

Nossa intenção foi utilizar a concepção de Modelagem Matemática que julgamos mais adequada para a realização desse trabalho, tendo em vista a construção da independência intelectual dos alunos. Propusemos atividades de Modelagem Matemática em casos diferentes tendo como inspiração as idéias desenvolvidas por Barbosa (2001, 2004a, 2004b). Nesse sentido, nosso planejamento didático foi feito começando com as atividades relacionadas com o caso 1 de Modelagem Matemática e visando terminar o trabalho no caso 3 da Modelagem Matemática. Para essas situações Barbosa (2004a,) nos diz que:

No caso 1, o professor apresenta um problema, devidamente relatado, com os dados qualitativos e quantitativos, cabendo aos alunos a investigação. Já no caso 2, os alunos deparam-se apenas com o problema para investigar, mas tem que sair da sala para coletar dados. (...) no caso 3, trata-se de projetos desenvolvidos a partir de temas 'não-matemáticos', que podem ser escolhidos pelo professor ou pelos alunos. (...) a formulação do problema, a coleta dos dados e a resolução são tarefas dos alunos (BARBOSA, 2004a, p.6).

Entendemos a Modelagem Matemática *como um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade* (BARBOSA, 2001, p. 6). Nesse sentido a Modelagem Matemática aborda problemas reais existentes em outras áreas do conhecimento e utiliza os conceitos matemáticos na sua investigação e solução.

## **O Papel do Experimento no Ensino de Física**

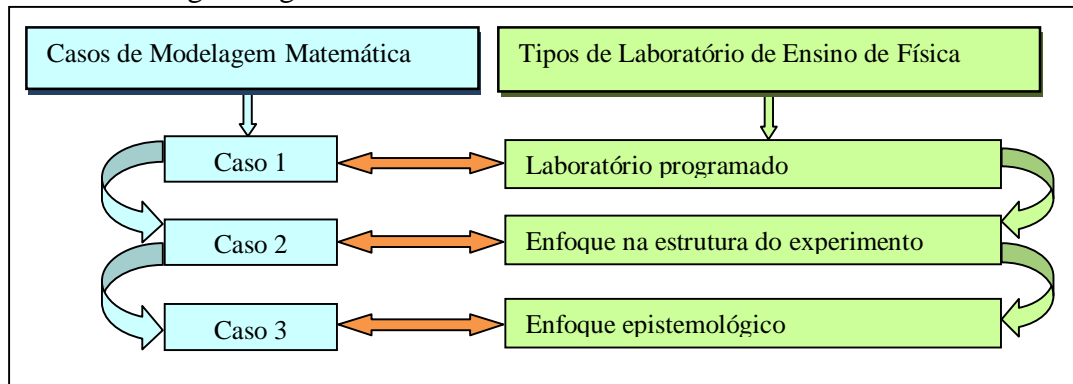
Da mesma forma, defendemos que utilizar experimentos baseados apenas em roteiros detalhados, pertencendo à classe dos laboratórios programados e estruturados, também não atende aos nossos propósitos. Começamos com atividades de *laboratório programado*, onde os procedimentos dos roteiros são bem detalhados, e posteriormente utilizamos o *laboratório com ênfase na estrutura do conhecimento*, em que os procedimentos não são detalhados. O auxílio aos alunos se dá apenas na estrutura da experiência. No final, realizamos experimentos com um *enfoque epistemológico*, onde o roteiro auxilia apenas na *determinação da natureza do conhecimento* (RIBEIRO; FREITAS; MIRANDA, 1997, p. 445).

Identificamos correlações entre as propostas de Modelagem Matemática defendidas por Barbosa (2001, 2004a e 2004b) e de Experimentação em Ensino de Física defendida por Ribeiro, Freitas e Miranda (1997), na medida em que ambas buscam desenvolver a autonomia dos alunos em seus processos de construção do conhecimento, partindo de situações com grande interferência dos professores (atividades estruturadas) para chegar em casos que os estudantes são responsáveis por suas investigações (atividades não estruturadas).

(...) As três abordagens estudadas (...) constituem uma espécie de contínuo, considerando a "construção do conhecimento". (...) A existência de um roteiro, com

um procedimento sem detalhe algum, levando o aluno a escolher o detalhamento, indica esse tipo de abordagem, para alunos com alguma maturidade acadêmica (RIBEIRO; FREITAS, MIRANDA, 1997, p. 446).

Essa possibilidade de associação entre a Modelagem Matemática e a Experimentação é ilustrada na figura seguinte.



**Figura 1: relações entre casos de Modelagem Matemática e tipos de laboratório de Ensino de Física.**

A utilização dos experimentos quantitativos permite que os alunos trabalhem com tratamentos de dados, verifiquem o limite de validade de algumas leis científicas, mostrem o uso adequado de diferentes instrumentos e desenvolvam modelos matemáticos dos fenômenos estudados, conforme assevera Araújo e Abib (2003):

(...) Nesse tipo de abordagem podem ser atingidos diferentes objetivos, com destaque para a possibilidade de se comparar os resultados obtidos com os previstos por modelos teóricos. A verificação de leis Físicas e seus limites de validades também são objetivos alcançados através do uso da experimentação quantitativa (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 180).

Entretanto, é preciso deixar claro que não pretendemos disseminar a idéia de que o Método Científico segue uma rígida rotina de observação, formulação de hipóteses, experimentação, medição, conclusões e estabelecimento de relações e de leis e teorias científicas, concepção que discordamos e que é fortemente criticada por Moreira e Ostermann (1993).

## Os Experimentos Realizados e os Relatórios Produzidos

Ao longo do trabalho os alunos realizaram sete atividades experimentais que apresentaram níveis de estruturação diferentes nos roteiros. Analisaremos aqui a primeira, a quinta e as experiências escolhidas pelos alunos na última atividade com o intuito de analisar e mostrar a diminuição da interferência docente e sua importância no desenvolvimento das atividades, na construção da autonomia dos alunos e do conhecimento produzido pela abordagem proposta, que busca associar os casos de Modelagem Matemática aos tipos de Laboratório de Ensino de Física.

### Primeiro experimento: movimento de uma esfera metálica no interior de um tubo de óleo

Essa atividade foi realizada com o objetivo de estudar o movimento de uma esfera metálica colocada no interior de um tubo de acrílico contendo óleo para lubrificar os motores de automóveis. O tubo foi inclinado em relação à horizontal para que a velocidade terminal da esfera fosse baixa o suficiente que permitisse medir o tempo do seu deslocamento a cada 5,0 cm. Para o melhor entendimento da orientação da trajetória, do conceito de velocidade média negativa e da adoção de um ponto como origem, nós sugerimos que os alunos escolhessem outro ponto para ser utilizado como origem e orientassem a trajetória de maneira diferente

daquela já utilizada. Com os deslocamentos realizados pela esfera e os intervalos de tempo gastos para cada deslocamento, os alunos deveriam: calcular os valores das velocidades médias; construir os gráficos do espaço em função do tempo e da velocidade média em função do tempo; verificar que a esfera possuía velocidade constante no seu deslocamento e apresentar a função horária dos espaços ocupados pela esfera ao longo do tubo.

## Análises dos relatórios do primeiro experimento

Os alunos conseguiram determinar corretamente o valor das velocidades médias em cada intervalo de tempo, no entanto eles tiveram dificuldade de perceber que essa velocidade tendia para um valor constante. Eles verificavam que a velocidade apresentava um valor diferente para cada distância percorrida, o que gerou alguns conflitos, pois eles visualmente percebiam que a velocidade da esfera deveria ser constante e no momento de fazer os cálculos eles se deparavam com situações diferentes das que eles imaginavam.

*Era constante, mas na nossa marcação ela variava né [risos]. Como a gente ainda não tinha a visão dos erros de medidas a gente achava que a velocidade tava variando. Só depois que você discutiu os erros de medidas conosco é que começou a fazer sentido o que a gente tava encontrando. (A5 do grupo 3). E a gente percebia que parecia ser constante, mas na hora de calcular dava valores ligeiramente diferentes. Depois foi que o professor falou dos erros de medidas e a gente entendeu que naquela experiência a velocidade era constante. (A1 do grupo 3).*

Em pesquisas recentes, estudiosos verificaram que os alunos apresentam maior dificuldade nas investigações quando uma das grandezas analisadas não variava com a outra do que quando as duas grandezas variavam ao mesmo tempo. Nesse caso, os erros experimentais dificultavam sua análise uma vez que os alunos encontravam pequenas diferenças nos valores da grandeza que não variava, o que para eles indicavam que essa grandeza não se mantinha constante.

Os estudantes (...) tinham menos sucesso em investigar quando a variável dependente não apresentava covariância com a variável independente do que quando isso ocorria. A razão disso estava nos erros experimentais que mascaravam a ausência de covariância, e a menos que os erros sejam grandes é improvável que eles escondam um efeito com forte covariação (LABURÚ e BARROS, 2009, p. 154).

A nossa intervenção permitiu que os alunos conseguissem escolher uma reta média para o conjunto de pontos obtidos através do experimento, mesmo nos casos em que alguns valores das velocidades não foram corretamente representados.

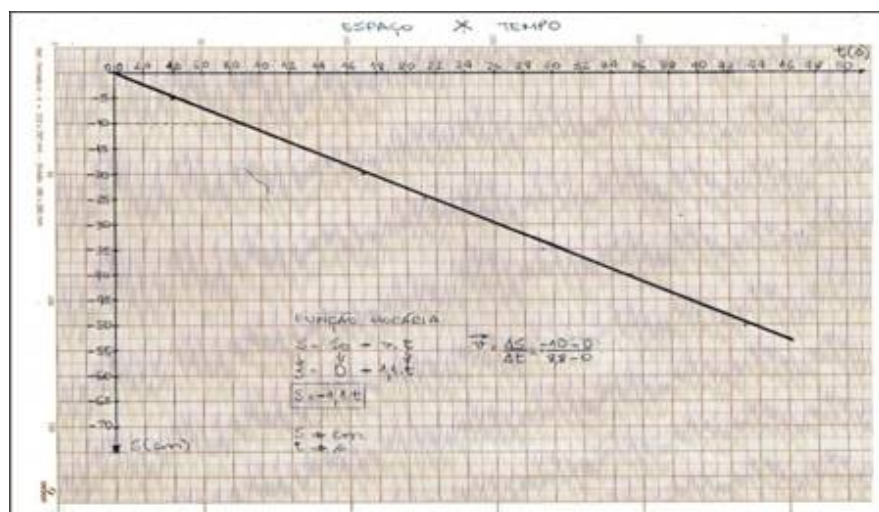


Figura 2: gráfico dos espaços em função do tempo para o movimento da esfera no tubo de óleo.

Apresentamos anteriormente um dos gráficos que os alunos construíram em seus relatórios, mostrando a representação do espaço ocupado pela esfera em função do seu tempo de movimento. As diferenças entre a previsão teórica e os dados obtidos nos experimentos foram mencionadas por vários alunos durante a entrevista. As falas seguintes mostram que os estudantes perceberam o espírito das atividades laboratoriais com fins pedagógicos.

*Que a velocidade da esferinha tinha quase o mesmo valor sempre. (A6 do grupo 2). É, mas na hora de calcular essa velocidade dava umas diferenças. (A5 do grupo 2). Porque a gente errava alguma coisa na hora de medir, não é? (A2 do grupo 2). Foi por isso que nós desenhamos a reta média no gráfico. (A1 do grupo 2).*

Observamos também que os alunos não padronizaram os resultados obtidos com o mesmo número de casas decimais, que não conseguiram associar os valores do espaço inicial e da velocidade da esfera com a função horária dos espaços e que indicaram de maneira inadequada as unidades de medidas das grandezas físicas envolvidas ou deixaram de indicar essas unidades de medidas.

Tabela 2.

$\Delta s$	$\Delta t$	$V_m$
-5 cm	4 s	-1,2
-10 cm	8,8 s	-1,1
-15 cm	13 s	-1,2
-20 cm	17 s	-1,2
-25 cm	21,2 s	-1,2
-30 cm	26,2 s	-1,0
-35 cm	29,2 s	-1,0
-40 cm	35,2 s	-1,1
-45 cm	39,2 s	-1,0
-50 cm	43 s	-1,0

Na Tabela 2 a função horária foi:

$S = S_0 + vt$

$S = 50\text{cm} - 1,2t$

**Figura 3: tabela dos dados obtidos no experimento da esfera e sua função horária dos espaços.**

Podemos perceber que os valores do espaço inicial e da velocidade da esfera foram incorretamente representados no modelo matemático da função horária que relacionava o espaço ocupado pela esfera com o seu tempo de movimento ao longo do tubo de vidro. Percebemos ainda uma discrepância entre a análise dos relatórios apresentados e a fala de alguns alunos durante a entrevista, no que diz respeito às funções horárias. Essa discrepância talvez se deva ao fato de que as entrevistas foram realizadas muito tempo depois que esse experimento foi realizado e seu relatório foi construído.

*Eu aprendi na verdade velocidade constante, tempo e espaço naquele experimento. E achei muito legal porque eu não conseguia assimilar a fórmula que a gente usava para calcular a velocidade. E foi a partir daquele experimento que eu consegui associar espaço, tempo e velocidade, entender a função horária e trabalhar com essa forma. (A1 do grupo 3).*

Durante as nossas intervenções destacamos o fato de que o espaço inicial da esfera, a origem da trajetória e sua orientação dependiam das decisões tomadas no início do experimento, porém o tipo de movimento não era alterado por essas decisões. As correções que fizemos nos relatórios, juntamente com a discussão coletiva dos erros cometidos pelos alunos, possibilitaram uma mudança no entendimento dos fenômenos estudados durante as atividades experimentais de forma que durante as entrevistas os alunos lembravam detalhes importantes dessa atividade.

*Você vê na prática a velocidade com que a bolinha descia o tubo. No caso a velocidade era constante né. (A6 do grupo 3). Nós mudamos a orientação e o ponto de início do movimento e a velocidade não alteravam. Nós vimos que o ponto inicial é determinado pelos alunos. (A2 do grupo 3).*

Além de perceberem que a velocidade da esfera não variava, eles observaram também que a orientação da trajetória não interfere no movimento do objeto e identificaram a influência dos erros de medidas durante a realização do experimento. É importante destacar

que esse foi o primeiro experimento do semestre e quase seis meses depois os estudantes lembravam detalhes ocorridos e características essenciais das grandezas envolvidas.

#### Quarto experimento: deformação elástica de uma mola (lei de Hooke)

Para a realização desse experimento os alunos receberam quatro objetos de 200 g cada para que variassem as forças aplicadas na extremidade da mola e medissem as deformações proporcionadas por cada valor de força. Essa deformação correspondia à diferença entre o comprimento da mola com e sem a força aplicada em sua extremidade. Os alunos mediram os comprimentos da mola, calcularam suas deformações e montaram uma tabela com os valores das forças aplicadas e das deformações da mola. Fornecemos outra mola de constante elástica bem menor do que aquela já utilizada, cinco objetos de massa 50 g cada um e pedimos que eles repetissem o experimento. Pedimos que eles procurassem na literatura fundamentação teórica para esse experimento, que construíssem um gráfico da força aplicada em função da deformação elástica para cada mola, que relacionassem matematicamente os valores medidos, que extrapolassem e interpolassem valores de forças e de deformações para as molas trabalhadas e discutissem os limites de validade das relações que eles determinaram.

#### Análise dos relatórios da quarta experiência

Ao analisar os relatórios verificamos que os alunos apresentaram boa fundamentação teórica, associada ao trabalho do Físico Robert Hooke e construíram adequadamente os gráficos das forças aplicadas com as deformações sofridas pelas molas, como mostramos na figura seguinte.

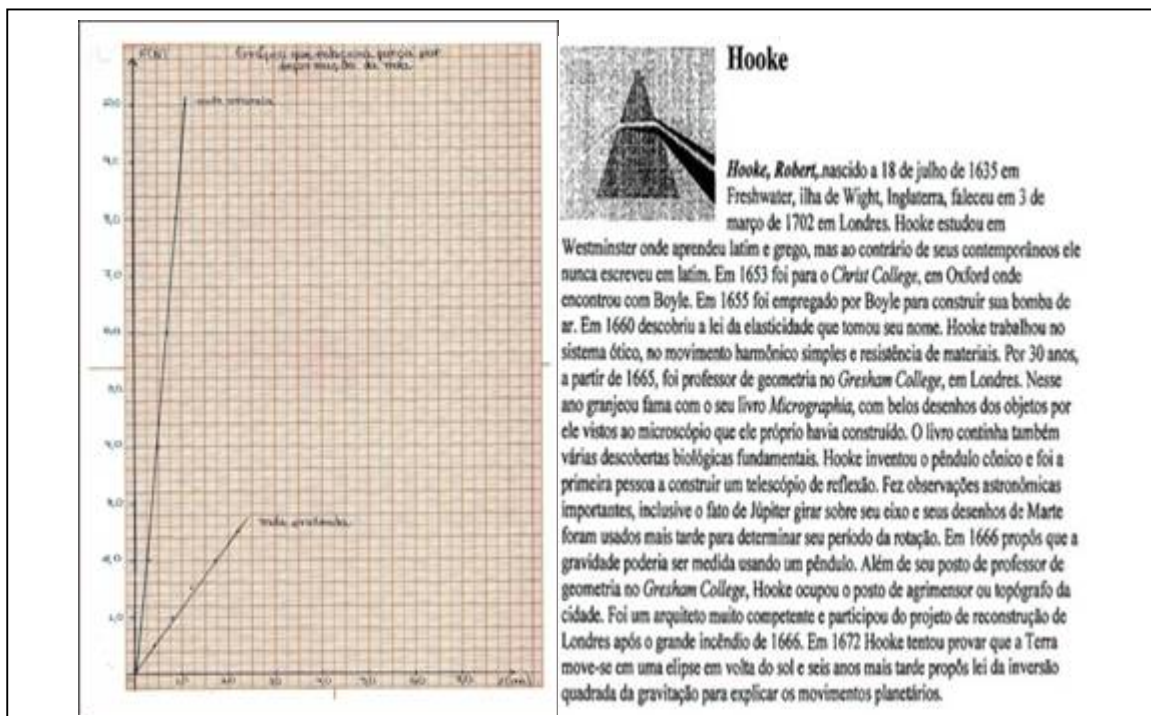


Figura 4: gráficos da deformação das molas e parte da teoria apresentada por um dos grupos.

Em seus relatórios eles apresentaram a função matemática que relacionava a força aplicada com a deformação da mola, calcularam os parâmetros envolvidos e apresentaram o modelo matemático que relacionava a força elástica com a deformação da mola. Eles

mostraram corretamente o significado de cada letra envolvida na expressão matemática, apresentaram todos os resultados com duas casas decimais e indicaram corretamente todas as unidades de medidas. Apenas cometeram o engano de representar metros com letra maiúscula e apresentar a constante elástica em (K/m) e não (N/m) como é adequado. A figura seguinte mostra esses detalhes.

Já com os valores da força aplicada e da deformação da mola, calculamos a constante da mola para todos os valores, com a seguinte fórmula.

$$F = K.X$$

F → Força Aplicada  
K → Constante da Mola  
X → Deformação da Mola

Logo, então calculamos a média da constante da reta, para a mola amarela. Somamos todos os valores da K(N/m), onde encontramos 412,17, então dividimos por 5 que foi a média encontrada da constante de K=82,43(N/M) é total de valores f(N). E obtivemos a seguinte função para a mola amarela:  
 $F = 82,43.X$ .

Calculamos também a média da constante da mola prateada. K(N/m) = Somamos os valores da constante da mola e encontramos 60,7 dividimos também por 5. A média da constante foi de K=12,14 (K/m). E obtivemos a seguinte função para a mola prateada.  
 $F = 12,14.X$

**Figura 5: modelo matemático para as deformações das molas e explicação da simbologia utilizada.**

Nessa atividade os alunos realizaram uma atividade semi-estruturada e conseguiram utilizar os dados experimentais para a construção dos modelos matemáticos que relacionavam a força com a deformação de duas molas. Durante as entrevistas os alunos apresentaram argumentos favoráveis à utilização desse experimento para melhor compreensão dos fenômenos físicos abordados, associando-os com as características do objeto utilizado.

*Também foi interessante associar a constante da mola com o fato dela ser dura ou macia né. A mola dura tinha maior constante e a mola macia tinha menor constante, o que antes do experimento não estava claro. (A6 do grupo 3). A constante elástica era diferente para essas molas. Essa constante muda de uma mola para outra. Então você tinha uma maior deformação numa mola com um peso menor. (A5 do grupo 3). Essa idéia da constante né... que uma mola apresenta diferente da outra né. Acho que estava meio vago na nossa cabeça e ficou claro com o experimento. (A4 do grupo 2). A menor mola teve menor... A maiorzinha tinha uma rigidez maior do que a menorzinha acho que a prateada. Acho que o material dela era mais rígido. (A4 do grupo 1).*

Os dois experimentos seguintes foram propostos com roteiros menos estruturados e necessitavam que os alunos associassem os dados experimentais com modelos matemáticos representados por funções do segundo grau. Quando analisamos seus relatórios, observamos que as tensões entre os dados experimentais e os modelos matemáticos estavam presentes. Os estudantes utilizaram fundamentações teóricas adequadas nos seus relatórios, porém apresentaram grandes dificuldades para calcular as constantes envolvidas, interpretar o significado físico dessas constantes, identificar o limite de validade da atividade experimental e construir o modelo teórico que relacionava as grandezas físicas estudadas.

## Os experimentos escolhidos pelos alunos

Após a sexta atividade experimental onde os alunos ainda utilizaram roteiros que elaboramos, sugerimos que eles escolhessem um experimento que gostariam de realizar. Informamos que eles precisariam elaborar um roteiro mostrando o que queriam investigar, como fariam as medidas das grandezas envolvidas, quais os instrumentos que seriam utilizados para realizar essas medidas e a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento dos seus trabalhos. Apresentaremos a seguir esses experimentos e as análises dos relatórios elaborados pelos alunos.

## Braço robótico mecânico

Esse experimento foi proposto por um dos grupos e consistia na montagem de um dispositivo mecânico, com os braços que se deslocavam na horizontal e vertical. O trabalho desse grupo foi árduo e necessitou de muita persistência, pois os ajustes necessários eram detalhados e as técnicas de construção e montagens eram precisas. Apesar da discussão envolvendo o funcionamento dos dispositivos hidráulicos e das alavancas, da dificuldade da montagem e funcionamento e da boa explicação do modelo científico envolvido, esse experimento não possibilitou a obtenção de dados necessários para a construção de modelos matemáticos relacionados com as grandezas Físicas como, força, braço da alavanca, pressão, área de aplicação da força e trabalho realizado pela força aplicada, conforme era desejada.

## Resistência de materiais às rupturas

Esse experimento consistia em testar a força necessária para quebrar os palitos de madeiras, utilizados para fazer churrasco, nas várias posições de aplicação da força tensora. Esse grupo utilizou um tripé, uma haste vertical e outra articulada na horizontal, palitos de madeira e vários cilindros metálicos de massa conhecida. Os alunos fixaram uma das extremidades do palito na haste vertical e dependuravam os cilindros metálicos na outra extremidade até que a madeira sofresse ruptura. Como eles conheciam as massas utilizadas e a distância do ponto de aplicação da força à extremidade onde o palito estava preso, eles puderam construir uma tabela da força de cisalhamento e da distância de aplicação da força para a ruptura dos palitos. Eles elaboraram um gráfico relacionando as grandezas descritas acima, como mostra a figura a seguir.

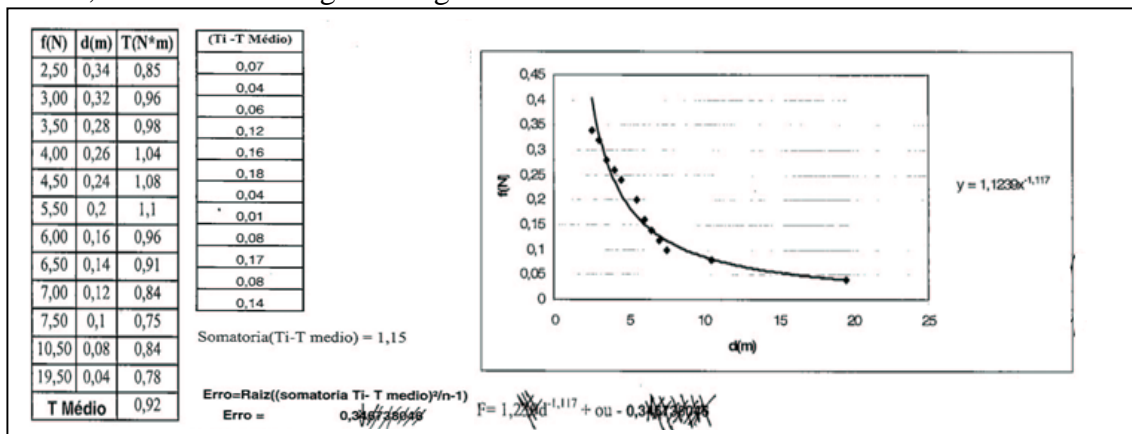


Figura 6: tabelas e gráfico da força aplicada com a distância do ponto de ruptura.

Notamos que eles mediram as forças aplicadas e as distâncias de aplicações dessas forças para o rompimento de palitos de churrasco que inicialmente apresentavam as mesmas características como espessura, comprimento, etc. Eles construíram outra tabela mostrando a diferença entre os valores individuais do produto força *versus* distância e o valor médio desse produto. A segunda tabela permitiu que os alunos calculassem desvio médio do momento da força e analisassem os erros cometidos durante o experimento. Percebemos que os alunos não padronizaram os valores apresentados na primeira tabela com o mesmo número de casas decimais. Percebemos que os alunos desse grupo conseguiram utilizar corretamente os dados experimentais para construir um modelo matemático das grandezas envolvidas. Eles apresentaram corretamente as unidades de medidas, apresentaram todas as grandezas com duas casas decimais nas tabelas, porém no gráfico e no modelo matemático eles não seguiram a mesma regra. Esses alunos conseguiram realizar um experimento quantitativo não estruturado que corresponderia ao caso 3 de Modelagem Matemática.

## Mini-submarino

Esse grupo estudou as condições de flutuação dos corpos utilizando uma garrafa PET cheia de água e uma ampola de vidro, com água até sua metade, de tal forma que ela flutuava na água da garrafa com sua abertura para baixo. Eles fechavam a garrafa e pressionavam suas paredes externas com as mãos, fazendo com que um pouco de água da garrafa entrasse na ampola, pressionando o ar no seu interior. O aumento da densidade do conjunto ampola, água mais e ar, ocasionava seu afundamento. Ao deixar de pressionar as paredes da garrafa a água extra era expulsa da ampola pela diminuição da pressão, o que fazia a sua densidade diminuir e ela voltava a flutuar. Os alunos não conseguiram adaptar esse experimento para realizar medidas necessárias à construção das relações matemáticas entre as grandezas pressão, força aplicada, área de contato, densidade de líquidos e sólidos e altura da coluna de líquido, ou mostrar as condições de flutuações dos corpos sólidos mergulhados nos líquidos. Assim, a proposta de Modelagem Matemática obtida com dados experimentais não pode ser concretizada.

## Condutividade elétrica da água

O experimento consistia em um circuito elétrico contendo fios, plugues, tomadas e uma lâmpada e que era interrompido de forma que uma parte do fio estava em contato com uma das extremidades de um béquer contendo os líquidos e a outra parte se encontrava ligada a sua outra extremidade. Se o líquido conduzisse eletricidade, a lâmpada deveria ascender. Caso isso não ocorresse o líquido era considerado como isolante elétrico. Esse experimento também não teve o caráter quantitativo, o que impossibilitou a identificação da relação matemática entre tensão, corrente, resistência, carga e potência elétrica. A associação da Modelagem Matemática com a atividade experimental não pode ser estabelecida por esse grupo, apesar de utilizarem uma boa explicação científica para a condutividade em meios aquosos e das importantes observações feitas sobre a segurança necessária para a realização dessa atividade. A figura seguinte mostra as fotos dos experimentos dos três primeiros grupos que descrevemos e que foram escolhidos e realizados pelos alunos.



Figura 7: da esquerda para a direita as fotos dos seguintes experimentos: braço robótico mecânico, resistências dos materiais às rupturas e mini-submarino.

## Conclusões

As atividades iniciais, embora de caráter mais estruturado, foram importantes, pois auxiliaram os alunos a sanar dificuldades de: operar instrumentos simples, construir relatórios dos experimentos realizados, analisar os dados obtidos nos processos de medição, diferenciar as características das atividades experimentais e das aulas teóricas e trabalhar em conjunto, trocando informações sobre os procedimentos utilizados no laboratório e sobre as grandezas físicas presentes nas atividades realizadas.

Ao longo da realização desse trabalho percebemos interações cada vez mais importantes entre os próprios alunos e também entre os alunos e o professor com o intuito de produzir conhecimentos acerca dos fenômenos físicos estudados. Nosso objetivo inicial era desenvolver atividades experimentais com diferentes níveis de estruturação, associando-as com os casos de Modelagem Matemática para promover aprendizagens de conceitos referentes à cinemática e dinâmica, tendo os alunos como centro do processo. Percebemos que precisaríamos de mais tempo para que essa tarefa fosse plenamente cumprida.

Apesar disso, não podemos negar a importância e as contribuições verificadas na aproximação dessas duas abordagens pedagógicas para a formação dos estudantes, pois foi perceptível a ampliação da sua autonomia de ação e de pensamento. A vivência do processo permitiu o enriquecimento da bagagem de conhecimentos construídos sobre os temas abordados e contribuiu para que se tornassem indivíduos menos dependentes do professor e em melhores condições para dar significado à sua aprendizagem.

## Referências

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 2, n. 25, p. 176-194, 2003.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: \_\_\_\_\_. **Questões atuais no ensino de ciência, educação para a ciência**. São Paulo: Editora Escrituras, 2002, p. 53-60. v. 2.

BARBOSA, J. C. Modelagem matemática na sala de aula. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004a, Recife. **Anais...** Recife: ENEM, SBEM, 2004a. p. 1-10, Minicurso GT 10 Modelagem Matemática 2004a. Disponível em: <<http://www.sbem.com.br/files/viii/pdf/10/MC86136755572.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2009.

\_\_\_\_\_. Modelagem matemática: o que é? por que? como? **Veritati**, n. 4, p. 73-80 2004b.

\_\_\_\_\_. Modelagem matemática e os professores: a questão da formação. **Bolema**, ano 14, n. 15, p. 5-23, 2001.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

MEDEIROS, A., FILHO, S. B. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino de física. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 107 – 117, 2000.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108 – 117, 1993.

PIETROCALA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 88 – 108, 2002.

REZENDE, F.; LOPES, A. M. A.; EGG, J. M. Identificação de problemas do currículo, do ensino e da aprendizagem de física e de matemática a partir do discurso de professores. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 185-196, 2004.

RIBEIRO, M. S.; FREITAS, D. S.; MIRANDA, D. E. A problemática do ensino de laboratório de física na UEMS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 4, p. 444 – 447, 1997.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.