

A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE ASTRONOMIA COMO MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DA MECÂNICA EM UMA ABORDAGEM EPISTEMOLÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO

Érico Kemper [kempher1@yahoo.com.br]
Fernanda Ostermann [fernanda@if.ufrgs.br]
Maria de Fátima Oliveira Saraiva [fatima@if.ufrgs.br]
*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051
Campus do Vale, 91.501 – 970. Porto Alegre, RS - Brasil*

Resumo

Neste artigo apresentamos o desenvolvimento, a implementação e os resultados de uma proposta motivadora aplicada no ensino de Física em nível médio. Defendemos que questões epistemológicas e elementos da história da ciência possibilitam ricas discussões em grupo, contribuindo para mostrar o verdadeiro processo da construção da Física. Nossa proposta de trabalho consistiu em apresentar uma abordagem epistemológica, embasada nas filosofias de Popper, Lakatos e Kuhn, no estudo da mecânica, partindo de tópicos de astronomia ou inserindo-os no estudo da área para os estudantes, para facilitar uma aprendizagem significativa. Paralelamente, incluímos vídeos que abordam alguns temas em questão por utilizarem a poderosa ferramenta audiovisual da comunicação da atualidade. Na seção dos procedimentos apresentamos a listagem de vídeos utilizados que é uma sugestão de excelente material de apoio no ensino da mecânica, astronomia e cosmologia no ensino da física.

Palavras-chave: audiovisuais; astronomia e mecânica; ensino de física.

1. Introdução

A realidade educacional do ensino de física vem manifestando uma verdadeira crise, evidenciada pela falta de interesse e dificuldades de aprendizagem nas escolas de ensino médio e pela evasão de alunos das salas de aula bem como pelos índices elevados de analfabetismo científico.

Para promover uma aprendizagem significativa os estudantes deverão estar motivados e pré-dispostos. A inclusão de informações fornecidas pela história e pela filosofia da ciência na prática do ensino de ciências podem fornecer algumas respostas que amenizam a crise verificada nessa área de ensino. Essa forma de abordagem humaniza a disciplina e seu corpo de conhecimento, motiva os alunos dando significado ao que está sendo estudado possibilitando aulas desafiadoras e reflexivas, permitindo uma compreensão melhor dos conceitos em estudo e da própria ciência, demonstrando que ela não está acabada e que o conhecimento científico atual está sujeito a transformações, desenvolvendo com essa prática uma epistemologia mais rica e autêntica (MATTHEWS, 1995).

A inserção de conteúdos de astronomia nos cursos de nível médio de física torna-se pertinente por mostrarem-se de grande interesse pelo público jovem que os frequentam. Esse interesse fica evidenciado pelas dúvidas e perguntas que os alunos trazem às aulas, bem como a participação e a motivação manifestada por eles quando esses conteúdos são abordados. A grade programática dos conteúdos de física sugerida nos PCNEM+ contempla a astronomia por despertar grande interesse em relação aos enigmas da vida e do universo *propiciando-lhes uma visão cosmológica das ciências* (PCNEM+, p. 78).

O uso de vídeos na sala de aula é um importante recurso tecnológico disponível atualmente e de fácil utilização pelos professores. A televisão passou a ser o meio de comunicação, informação e formação mais importante da sociedade moderna. O uso adequado do vídeo no ensino de ciências permite uma melhora nas atividades do professor em sala de aula. Um vídeo pode motivar a

aprendizagem de conteúdos pelo forte atrativo emocional que possui. Outro aspecto muito explorado através de filmes é o de demonstração. Há muitos efeitos que só podem ser melhor observados quando filmados ou produzidos em animações de computação gráfica. Na aprendizagem de novos conceitos um vídeo pode também servir de material instrucional bastante útil como conhecimento prévio além de servir como instrumento de apoio à exposição do professor.

Os objetivos do presente trabalho consistem em:

- motivar os alunos iniciantes a estudar física pelo uso de recursos tecnológicos disponíveis que possam ser utilizados por professores da área e inseridos em suas aulas;
- despertar maior interesse nos alunos através de uma abordagem epistemológica contemporânea subjacente nos materiais e na metodologia didática para promover a evolução conceitual;
- estimular a criatividade, a reflexão e o trabalho em grupo, encorajando os alunos a enfrentarem melhor as dificuldades encontradas nos estudos, através de atividades extra-classe, como observações, tomadas de medidas e resolução de problemas;
- tornar mais interessante o estudo da mecânica abordando-a pelo enfoque da astronomia;
- disponibilizar um produto educacional, na forma de texto, destinado a professores e estudantes de física do ensino médio na área de estudo da mecânica e a astronomia.

O material instrucional contém, além de textos para consulta e pesquisa, sugestões de vídeos com suas respectivas fichas de estudo e sugestões de questionários para exercícios e avaliações.

Damos em nosso trabalho importância a dois aspectos que foram investigados: uso de vídeos e a abordagem epistemológica no estudo da mecânica partindo de tópicos de astronomia ou inserindo-os no estudo da área para os estudantes, para facilitar uma aprendizagem significativa. Quanto ao uso de vídeos, os limitamos a documentários e vídeos educacionais, de produção nacional e estrangeira, divulgados pela TV Escola, com temáticas relacionadas diretamente aos conteúdos e atividades a serem desenvolvidos em aula, que de forma geral, são conteúdos de astronomia e de mecânica. Na parte da astronomia, destacamos as contribuições dos astrônomos gregos da antiguidade, os modelos de universo de Ptolomeu, Copérnico, Brahe e Kepler, salientando as limitações e os ajustes que esses modelos sofreram para se manterem válidos e as descobertas de Galileu com seu telescópio. Na mecânica foram estudados os conteúdos de inércia, enunciados primeiro por Galileu e posteriormente por Newton, a explicação da queda de corpos por Galileu, o movimento circular uniforme, a força centrípeta, as leis do movimento de Newton, culminando o estudo da mecânica com a lei da Gravitação Universal de Newton. No estudo da lei da Gravitação Universal, destacamos a demonstração feita por Newton no livro “*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*” na obtenção da relação matemática para a atração gravitacional da Lua com a Terra numa versão adaptada para o ensino médio (DIAS *et al.*, 2004; FREIRE JR *et al.*, 2004). Estudou-se também o movimento de satélites, o sistema solar, a detecção de planetas extra-solares e a teoria do Big-Bang – esses conteúdos geralmente não constam nos livros-texto do ensino médio.

O presente projeto foi aplicado em turmas do primeiro ano do ensino médio de uma escola estadual de São Leopoldo localizada no bairro Cristo Rei. A escola não possui laboratório de informática e nem sequer um microcomputador disponível para uso com alunos. No entanto, possui laboratório de ciências e sala de audiovisuais com uma televisão de 29” mais videocassete e dvd player. O período para a aplicação do material e sua avaliação ocorreu ao longo de todo o ano letivo, que iniciou na primeira semana de abril e terminou ao fim da primeira quinzena de dezembro, totalizando, em média, 60 horas-aula ministradas em cada turma.

2. Referencial teórico epistemológico

Vemos na epistemologia da ciência, mais especificamente nas filosofias de Popper, Lakatos e Kuhn, uma fundamentação sólida e atualizada, que nos orientou na produção do material instrucional e na metodologia utilizada na sua implementação (SILVEIRA, 1996a; SILVEIRA,

1996b; OSTERMANN, 1996; ARRUDA *et al*, 2001; LABURÚ *et al*, 1998; SILVEIRA e OSTERMANN, 2002).

De acordo com teoria do conhecimento de Karl Popper (1902- 1994), a aprendizagem decorre da existência de problemas. Estamos sempre ocupados em resolver problemas. A apropriação de um novo conhecimento é resultado da modificação de conhecimentos prévios. O conhecimento prévio é todo conhecimento que já possuímos, podendo ser, inclusive, os conhecimentos inatos que são determinados geneticamente. É através da linguagem, na forma de proposições, que se diferencia o conhecimento humano dos demais seres vivos. “*Assim ele se torna comunicável, objetivo, acessível a outros seres humanos e criticável* (SILVEIRA, 1996a, p. 10). O conhecimento científico não é detentor da verdade única e absoluta, ele é questionável e passível de mudança. A argumentação é a função da linguagem mais elevada da capacidade humana de pensar racionalmente. É através da argumentação crítica que proposições ou asserções descritivas são validadas ou eliminadas. Quando essas se mostrarem consistentes, coerentes e não contraditórias são aceitas e sobreviverão, mas podendo no futuro, serem contestadas e substituídas por outras que melhor expliquem os fatos. Popper também faz sérias críticas às idéias empiristas sobre o papel da observação no conhecimento científico. Para os empiristas as hipóteses (idéias) surgem da observação, que sempre é neutra e livre de preconceitos. Para Popper, as observações são sempre dirigidas por nossos problemas, expectativas e interesses (teoria do holofote). Não existe observação neutra.

Outro grande filósofo da ciência do século XX, seguidor e defensor do racionalismo crítico e das idéias de Popper, é Imre Lakatos (1922- 1974). Suas concepções epistemológicas pretendem dar uma explicação lógica à prática científica através da metodologia dos programas de pesquisa. Para Lakatos, o desenvolvimento científico resulta da competição entre vários programas de pesquisa. *Os programas de pesquisa, em linhas gerais, são diretrizes metodológicas responsáveis pela decisão acerca da construção e modificação das teorias* (LABURÚ *et al*, 1998, p. 26). *Um programa de pesquisa é caracterizado por seu “núcleo firme”: teoria ou conjunção de hipóteses contra a qual não é aplicada a “retransmissão da falsidade”* (SILVEIRA, 1996b, p. 221). Um conjunto de hipóteses e teorias auxiliares, bem como os métodos observacionais, formam o *cinturão protetor* que resguarda o *núcleo firme* de anomalias e refutações. A verificação da falsidade incidirá sempre sobre as hipóteses auxiliares do *cinturão protetor* e nunca sobre o *núcleo firme* (heurística negativa). As anomalias dentro de um programa de pesquisa são vistos *como algo que deve ser explicado em função do mesmo, ou seja, é um desafio para este* (LABURÚ *et al*, 1998, p.26), por isso, ele é *constantemente modificado, expandido, complicado* (SILVEIRA, 1996b, p. 222). Frente às anomalias, as normas epistemológicas e metodológicas do programa orientarão os cientistas para superá-las, modificando o *cinturão protetor* (heurística positiva). Às vezes a incompatibilidade teórica do *núcleo firme* leva à modificação do *cinturão protetor*. Dessa forma, um programa de pesquisa vai crescendo em complexidade e explicando um número cada vez maior de fatos. Um programa é considerado *progressivo* quando as modificações no *cinturão protetor* levam a explicar teoricamente novos fatos e ao menos alguns deles são corroborados além de explicar os fatos que os motivaram. Quando as modificações dão apenas conta em explicar as anomalias, sem antecipar fatos novos, o programa é *degenerativo*. O crescimento do conhecimento científico resulta da existência de programas concorrentes (rivais). Um programa de pesquisa só pode ser superado mediante a existência de outro melhor, considerado progressivo, quando se verifica que esse programa é corroborado pela experiência, através de um longo retrospecto, enquanto outros programas fracassam em explicar os mesmos fatos. Por isso, o abandono de um programa não acontece de uma hora para outra, é um processo demorado.

Outra concepção epistemológica de maior relevância em nosso trabalho é a de Thomas Kuhn sobre o desenvolvimento científico que, a nosso ver, apresenta uma proposta muito rica para o seu uso na concepção de estratégias no ensino de ciências. Kuhn, assim como Popper e Lakatos, defende que nenhuma observação é neutra, sempre estão subjacentes pressupostos teóricos que guiam a atenção do observador e *reconhece o caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento* (OSTERMANN, 1996, p. 184). Para Kuhn, o desenvolvimento científico ocorre

numa seqüência de três períodos: *pré-paradigmático*, *ciência normal* e *crise*. O progresso científico ocorre no período de *ciência normal*. Nesse período, todos os membros de determinada comunidade aderem a um único paradigma, isto é, todos compartilham e aceitam um mesmo conjunto de valores, técnicas e crenças metodológicas e teóricas interligadas. Os fundamentos teóricos, conceituais, metodológicos e instrumentais do paradigma são aceitos acriticamente e os cientistas concentram seus esforços em aproximar a natureza e o paradigma. Nessa atividade, os problemas “exemplares” orientarão a solução de novos problemas propostos, devidamente escolhidos e possíveis de solução dentro dos limites preestabelecidos pelo paradigma, que vão progredindo em conhecimento científico na medida em que descrevem fatos cada vez mais concretos. Para confrontar a teoria com os fatos são inventados, construídos e aperfeiçoados equipamentos, cuja concepção está baseada no próprio paradigma e que não tem o papel de validar ou falsear uma teoria (como havia proposto Popper e Lakatos), mas sim uma relação adaptativa. A teoria e o experimento são complementos importantes na estruturação do paradigma. A atividade mais importante do período de *ciência normal* é a articulação da teoria. Em muitas situações, as teorias são reformuladas para adaptá-las à nova área de estudo. Essa atividade também propõe experiências que são conduzidas para a determinação de leis empíricas. Há períodos em que os problemas, que deveriam ser resolvidos através dos preceitos metodológicos e teóricos utilizados pela prática usual dos cientistas, passam a ser considerados como anomalias. Enquanto as dificuldades empíricas persistem, um estado de *crise* marcado por “investigações extraordinárias” se instala na área de pesquisa, levando a comunidade científica a um novo paradigma. Kuhn denomina de “revolução científica” a transição para um novo paradigma e destaca que a crise é uma conseqüência natural do período de ciência normal. Quanto mais aumentam a precisão e o alcance do paradigma, mais sensível este se torna como indicador de anomalias. A *crise*, que se inicia com a consciência da anomalia, pode levar a descoberta de uma nova teoria, que Kuhn classifica como *um acontecimento complexo, que envolve o reconhecimento, tanto da existência de algo, como de sua natureza* (KUHN apud ARRUDA *et al*, 2001 p. 4). Uma nova teoria traz uma concepção de natureza e um novo paradigma emerge de reconstrução da área de estudo a partir de um novo conjunto de compromissos que a comunidade vai assumindo. No período de transição existe uma competição entre o antigo paradigma e o novo. Uma teoria será bem sucedida quando, além de resolver as anomalias deixadas pelo velho paradigma, leva a predizer fatos novos. Dessa forma, podemos pensar que o processo de aquisição de conhecimentos provém do esforço em ajustar ou adaptar teorias e fatos.

Considerando os aspectos importantes das concepções epistemológicas de Popper, Lakatos e Kuhn, há uma compatibilidade muito forte entre suas idéias sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Todos concordam que a aprendizagem é um processo interno de cada indivíduo no qual as idéias são precursoras e agem sobre os fatos. São as idéias e as concepções acerca da natureza que orientam nossas observações, são elas que nos dizem o que e para onde devemos dirigir nossa atenção. Há uma convergência entre os ‘programas de pesquisa’ de Lakatos e os ‘paradigmas’ de Kuhn. O progresso científico ocorre no período quando dois ‘programas’ ou dois ‘paradigmas’ concorrem – competição entre duas diferentes concepções de mundo. A substituição do antigo programa ou paradigma por um novo é um processo longo e complexo, requerendo uma reestruturação das bases teóricas e metodológicas da área de estudo. Por outro lado, existe uma divergência entre as idéias de Popper e Lakatos, de um lado e Kuhn, de outro, tendo em vista o papel do experimento no fazer científico, entre outros aspectos. Para Popper e Lakatos o experimento tem a finalidade de comprovar ou falsear a teoria e para Kuhn, uma relação adaptativa entre teoria e fatos – os fatos são adequados à teoria.

Nossa proposta de trabalho consiste em promover a evolução conceitual nos estudantes através de estratégias instrucionais fundamentadas nas epistemologias de Popper, Kuhn e Lakatos. Assegurando tal postura, faremos uma analogia do processo de construção de conhecimento em ensino de física com os ‘programas de pesquisa’ de Lakatos e as ‘revoluções científicas’ de Kuhn. Comparamos o conhecimento prévio (concepções alternativas) trazido para sala de aula pelos estudantes como um ‘programa de pesquisa’ ou ‘paradigma’ vigente. O primeiro passo consiste em

fazer um levantamento das idéias de senso comum dos alunos para conscientizá-los de suas concepções alternativas destacando que elas possuem um conteúdo de verdade (OSTERMANN, 1996; SILVEIRA, 1996b). Em seguida (segundo passo), as concepções prévias dos alunos são colocadas num impasse, em conflito com a realidade através da introdução de anomalias. Esta situação gerará uma crise e uma sensação de desconforto e insatisfação se instalará no aluno frente suas concepções. Elas fracassam em prever e explicar alguns fatos. O próximo passo (terceiro) é a apresentação da teoria científica. Nesta etapa, o professor faz uma exposição clara da nova teoria destacando os ‘antagonismos conceituais’ com as concepções alternativas bem como a superioridade em ‘acomodar as anomalias’ (SILVEIRA, 1996b; OSTERMANN, 1996). Finalmente (quarto passo) é feita a interpretação da teoria. Esta fase é equivalente ao período de ‘ciência normal’, no qual são propostas atividades de resolução de problemas teóricos e práticos visando a ‘articulação conceitual’ (OSTERMANN, 1996). Também são realizadas atividades práticas (demonstrações e experiências) para promover uma adaptação entre os fatos (fenômenos) e a teoria. Os dados (qualitativos e/ou quantitativos) obtidos em uma experiência são compreendidos de diferentes formas pelos alunos em conformidade com suas concepções prévias e, muitas vezes, de forma equivocada (ARRUDA *et al*, 2001). É importante destacar que *o que está em jogo é aprendizagem da linguagem científica e, em especial, o ajuste entre um discurso teórico e um experimental, os quais, apesar de problemáticos, cada um deles a seu modo, irão compor, ao final um todo, a linguagem única e coerente do paradigma que está sendo ensinado* (ARRUDA *et al*, 2001)

A maioria dos alunos que ingressam no ensino médio, apresentam conceitos de física ou de astronomia geralmente mal assimilados e mal compreendidos, e as interpretações de fenômenos da natureza estão fundamentados em concepções de senso comum. Uma exposição muito clara e precisa do paradigma “aristotélico”, que era o fundamento teórico do sistema ptolomaico, levará os alunos a reconhecerem que as concepções de senso comum possuem conteúdo de verdade. Por exemplo, um objeto só podia manter-se em movimento sob a ação de uma força, ou se a Terra realiza um movimento diurno em torno de seu próprio eixo, de oeste para leste, como prevê o sistema copernicano, uma flecha lançada verticalmente para o alto deverá ser deixada para trás, ou seja, a flecha deveria cair a certa distância a oeste do ponto de onde foi lançada. Mas, em várias situações, essas concepções falham ou apresentam inconsistências lógicas, por exemplo, como pode ser observado em um avião que se encontra em pleno vôo, onde a comissário de bordo serve o cafezinho aos tripulantes sem se preocupar com o movimento do avião. A “nova física”, estruturada, dentre outros, por Galileu e Newton, além de explicar os movimento e suas respectivas causas, dá um suporte teórico consistente ao modelo copernicano. O paradigma aristotélico é confrontado com o paradigma da “nova física”, que explica tudo aquilo que o anterior explicava, além de explicar os fatos problemáticos e prever fatos novos.

De fato, quando queremos a mudança conceitual temos que ter consciência de que este é um processo complexo e demorado, de muitas idas e vindas, motivado pelo debate e a discussão e orientado pelo professor na reestruturação do conhecimento em uma linguagem científica, e que não é adequado imaginar que os alunos, simplesmente, abandonam suas idéias prévias quando aprendem a concepção cientificamente aceita.

3. Procedimentos

As aulas foram predominantemente de caráter expositivo dialogado e participativo colaborativo. Os alunos sempre foram instigados a participarem das aulas, contribuindo com suas idéias para as discussões e debates a partir de temas geradores e situações polêmicas trazidas pelo professor ou pelo aluno. Sempre que os temas permitiam, as questões geradoras de discussões e debates foram as questões e os problemas contextualizados na própria história e filosofia de suas descobertas.

O material de apoio didático às aulas foi por nós construído e distribuído aos alunos na forma de fotocópias do texto impresso em apostilas. Os alunos não tiveram livro-texto de apoio às

aulas, mas tinham acesso a livros para consulta disponíveis na biblioteca da escola em horário no contra turno. A lista de conteúdos constantes no material foi distribuída em quatro módulos, obedecendo a seguinte ordem:

Módulo I. Astronomia Antiga: Pitágoras. Aristóteles: as fases da Lua e os eclipses. Aristarco: primeiro modelo heliocêntrico. Eratóstenes: diâmetro da Terra. Hiparco: distância Terra-Lua e o tamanho da Lua. Modelo de Ptolomeu: os epiciclos. Modelo de Copérnico: cálculo da distância dos planetas internos ao Sol. Modelo de Brahe.

Módulo II. Galileu e a nova Física: inércia, velocidade média, movimento uniforme, aceleração média, movimento uniformemente variado, lançamento de projéteis e as descobertas em astronomia. As Leis de Kepler.

Módulo III. Newton e as Leis do movimento: Princípio da Inércia, Princípio da Ação e Reação, Princípio fundamental da Dinâmica, movimento circular, aceleração e força centrípeta, a lei da Gravitação Universal.

Módulo IV. Satélites naturais e artificiais, tópicos de astronomia e astrofísica moderna e contemporânea: detecção de planetas extra-solares, teoria do Big Bang e o Sol: fonte de energia e evolução das estrelas.

Do uso de vídeos, os programas exibidos foram previamente selecionados, a partir de uma extensa lista de títulos já digitalizados e disponíveis em acervo particular, e estão relacionados diretamente com os conteúdos em estudo. A apresentação do vídeo ocorreu, predominantemente, depois da apresentação do conteúdo em aula e teve por objetivo ilustrar, demonstrar e complementar os estudos. Antes da exibição de cada sessão de vídeos, os alunos recebiam uma pequena ficha na qual constavam algumas questões sobre seu conteúdo.

Foram propostas atividades de resolução de problemas e questionários, para serem respondidos em aula e em casa durante a semana, incentivando o trabalho em grupo. As listas de questionários e problemas encontram-se sempre na última seção de cada módulo do material texto. Também foram feitas duas observações do céu noturno no campus da UNISINOS com o telescópio da instituição, um refletor de 12” de abertura, que foi montado a céu aberto naqueles dias.

A avaliação dos alunos foi baseada na participação do aluno em aula, na realização das tarefas propostas em aula e em casa e em duas provas escritas em cada um dos trimestres. Procuramos avaliar os aspectos relacionados à motivação e à evolução conceitual promovida através do processo de ensino e aprendizagem. O aluno deverá mostrar, ao longo do curso, que é capaz de aprender uma nova linguagem, a linguagem científica, para compreender e explicar vários fatos cotidianos.

Iniciamos o módulo I do projeto fazendo um retrospecto histórico da visão que o homem tinha do Universo na Antigüidade, bem como os modelos que formulou para descrevê-lo e explicar fenômenos relacionados. Procuramos sempre instigar o aluno sobre aquilo que ele próprio conhecia, seja a partir do que já estudou ou leu, seja a partir das concepções que têm fundamentado em observações cotidianas. Os relatos espontâneos e individuais dos alunos demonstraram uma fácil assimilação do modelo descrito a partir do referencial da Terra, de onde, de fato, observamos o Universo. Porém, a pergunta lançada de início, “se a Terra está em repouso ou em movimento e qual é a prova?”, deixou alguns alunos perturbados. Para completar o estudo sobre as fases da Lua e os eclipses do Sol e da Lua foram exibidos dois capítulos da série “Espaçonave Terra”¹: os programas semana 41 e semana 11, que tratam, respectivamente, as fases da Lua e os eclipses.

O modelo geocêntrico proposto por Ptolomeu foi apresentado com destaque como sendo o primeiro modelo completo na descrição dos movimentos dos astros no céu.

O estudo sobre a Revolução Copernicana foi introduzido com a motivação de Copérnico ao propor o modelo heliocêntrico, e um aluno convidado leu o trecho do texto onde o próprio cientista relata sua inspiração metafísica, colocando o Sol como astro mais importante, que foi transcrito para

¹ “Espaçonave Terra” é uma série de 52 programas, o número correspondente às semanas de um ano, com utilização de sofisticados recursos de animação gráfica em 3D mostrando o que ocorre quando a Terra gira em torno do Sol. Cada programa/capítulo tem duração de aproximadamente 7 minutos. A série foi produzida na França e exibida no Brasil pela TV Escola.

o texto de apoio. Expomos a forma como Copérnico explica o movimento retrógrado dos planetas através de uma representação gráfica feita no quadro e calculamos as distâncias de Mercúrio e de Vênus ao Sol em relação à distância Terra-Sol, conhecida como unidade astronômica. Para visualizar o movimento retrógrado dos planetas como sendo uma “ultrapassagem” que a Terra realiza em relação aos planetas exteriores assistimos ao vídeo das semanas 06, 18 e 21, da série Espaçoave Terra, que enfatiza essa visão para o planeta Marte e Netuno.

O modelo planetário de Tycho também mereceu destaque e discutimos o porquê dessa opção pelo cientista. Esse modelo estava baseado no referencial da Terra que era imóvel uma vez que Brahe mediu e verificou nenhuma paralaxe das estrelas. Terminamos o estudo dessa seção esquematizando em tópicos as contribuições de Brahe para o avanço nas descobertas em astronomia, pondo em xeque a teoria aristotélica. A dúvida gerada quanto à validade da teoria do mundo supralunar preparou o terreno para os cientistas da época e os subseqüentes pensarem e criarem uma nova teoria para os fenômenos físicos, que foi iniciada por Kepler e Galileu e concluída por Newton menos de um século depois. A mesma dúvida também envolveu os estudantes numa espécie de ‘crise’ sobre o conhecimento eles tinham e de sua validade.

Partimos ao estudo do módulo II realizando demonstrações práticas. Através do uso de um dispositivo, previamente construído para esse fim, um trilho construído de três trechos distintos, um declive, um horizontal e um aclave, donde se deixou rolar uma esfera maciça de aço e de um pêndulo, construído com um fino fio de *nylon* de 1,0 m de comprimento com uma pequenina esfera de chumbo na extremidade, fixado num gancho disponível na borda superior do quadro discutimos noções de atrito entre superfícies e a resistência do ar bem como introduzimos as bases da física moderna fundada por Galileu. Partindo das demonstrações citadas anteriormente enunciamos o conceito de inércia. Apresentamos alguns argumentos utilizados por Galileu contestando a teoria aristotélica como argumento decisivo da imobilidade da Terra. Exemplificamos o conceito de inércia através das viagens de sondas interplanetárias, que jamais seriam possíveis caso houvesse necessidade de manter os foguetes ligados em todo percurso, e da importância do uso do cinto de segurança para os ocupantes de automóveis.

Dando continuidade aos estudos introduzimos os conceitos de movimento e repouso, de velocidade média e velocidade instantânea e resolvemos problemas envolvendo velocidade média. Apresentamos e discutimos o movimento de queda em meios resistivos. Enunciamos a Lei da Queda Livre e conceituamos movimento naturalmente acelerado ou uniformemente variado conforme fez Galileu, em 1604, fazendo a leitura conforme consta no texto.

Tomamos uma aula para demonstrar, partindo da mesma idéia de Galileu, *que um corpo em queda livre tem acréscimos iguais de velocidade em intervalos de tempos iguais*, a obtenção da Lei de Queda Livre. Salientamos que a relação ao qual a altura de queda é proporcional ao quadrado do tempo tem sua origem no papel, através da matemática, e a esfera rolando nos planos inclinados apenas foi uma forma de testar sua teoria.

Estudamos o movimento de projéteis com lançamento vertical, horizontal e oblíquo através da técnica da composição dos movimentos de queda e do retilíneo uniforme.

Na seção “as descobertas de Galileu na astronomia”, fizemos primeiro uma discussão no grande grupo, seguindo o texto de apoio, seguida de uma sessão de vídeos da série “Espaçonave Terra”. Os programas exibidos foram as semanas 31, 20, 26 e 28 que mostraram aspectos práticos das observações celestes com telescópios, da Via-láctea, dos satélites de Júpiter, do planeta Vênus e das manchas solares. Nessa parte do estudo foi discutido sobre as conseqüências dessas descobertas trazidas ao corpo de conhecimentos e à cultura vigente na época assim como a concretização das primeiras provas convincentes a favor do heliocentrismo.

Finalizamos o estudo desse módulo com as contribuições de Kepler à astronomia. Foram abordados alguns aspectos marcantes da infância e dos estudos de Johannes Kepler até seu primeiro emprego como professor. O primeiro modelo proposto por ele, o modelo dos sólidos platônicos, foi apenas apresentado sem, no entanto aprofundar seu estudo, enquanto as três leis foram estudadas mais detalhadamente. Nesse estudo, além dos outros planetas, sempre envolvemos o movimento orbital da Terra, situando-a no sistema solar e retomando a *unidade astronômica* como a unidade de

medida de distância entre Sol e planetas. Mostramos como é possível desenhar uma elipse e localizar os focos. Na aplicação da Terceira Lei foram resolvidos vários exercícios envolvendo problemas sobre período orbital e distância média ao Sol das órbitas de planetas, asteróides e cometas.

Iniciamos o estudo do material do módulo III, introdução a Mecânica Newtoniana, com a conceituação de força, tipos de forças e força resultante. No estudo das leis de Newton introduzimos cada lei pela leitura dos enunciados nas palavras de Newton com a tradução em português. Cada uma das leis foi acompanhada pela discussão de vários exemplos de aplicação prática. O “peso de um corpo” foi abordado como um caso particular da aplicação da segunda Lei de Newton. Concluímos o estudo das Leis de Newton assistindo a três episódios da série “O Mundo de Beakman”, ‘inércia’, ‘ação e reação’ e ‘gravidade’. Também demonstramos o princípio do funcionamento da propulsão de foguetes através de uma experiência em que utilizamos um balão de festa inflado, fixado com fita adesiva pela lateral a um canudinho de refrigerante por onde foi passada uma linha de pesca que foi esticada entre duas paredes da sala. Assim que bico do balão foi aberto o balão saiu disparado até a outra parede. Em seguida passamos ao estudo da força centrípeta. O conhecimento dessa força é essencial na abordagem da teoria da Gravitação Universal. Para aprofundar o estudo da força centrípeta e outras grandezas relacionadas foram resolvidos vários problemas de movimento circular e de força centrípeta.

Nossa proposta no projeto foi a de apresentar a teoria da Gravitação Universal de Newton seguida da demonstração, através de argumentos matemáticos, de sua validade e aplicação. Seguimos rigorosamente a demonstração apresentada no material texto, que é uma adaptação, numa linguagem atualizada da matemática para o ensino médio, da demonstração feita por Isaac Newton nos *Principia*. Para ilustrar a Gravitação Universal na dinâmica do sistema solar e na formação das marés assistimos ao vídeo da semana 7 da série “Espaçonave Terra”.

A primeira parte do material do módulo IV faz uma abordagem do movimento orbital da Lua e dos satélites artificiais incluindo o estudo das equações do período de revolução e da velocidade orbital desses satélites. Nesta parte, também foi feito um estudo da história da corrida espacial, desde os preparativos do lançamento do primeiro satélite artificial à conquista da Lua, em seus aspectos tecnológicos e políticos da época. Além do nosso material texto os alunos também tiveram que ler três capítulos: “Exploração da Lua”, “Missão Apollo” e “Apollo – A Conquista da Lua”, do livro *Universo de Ouro* de Ronaldo Rogério de Freitas Mourão.

Cinco vídeos acompanharam o estudo da primeira parte: semana 3 da série ‘Espaçonave Terra’, que trata das hipóteses da formação da Lua; “A Chegada do Homem à Lua”; “Foguete Saturno V”; “Satélites de Comunicação” e “Viagem à Lua”, os dois últimos são da Série “Por que Será?”. Também foi feito um trabalho sobre esse vídeos onde foi respondido um questionário.

Na segunda parte foram abordados aspectos sobre características, formação e constituição do Sistema Solar. Temas de cosmologia, como a atual teoria do nascimento do Universo, e a busca por planetas extra-solares foram destaques na produção textual.

O desenvolvimento das aulas sobre Sistema Solar, Universo e planetas extra-solares foi feito integralmente na sala de aula de vídeo. Foram exibidos trechos de doze capítulos da série “Espaçonave Terra”, na seguinte seqüência: semana 7 – Gravitação Universal; semana 25 – o Sol; semana 43 – Júpiter; semana 46 – Saturno; semanas 8, 14 e 15 – sobre cometas; semana 16 – asteróides; semana 31 – Via-Láctea e Big Bang; semana 47 – vida fora da Terra; semana 36 – espaço-tempo de Einstein; semana 37 – Plutão: planeta, lua ou asteróide?

4. Resultados e discussão

No decorrer da aplicação do projeto, em especial na aplicação do primeiro módulo, os alunos manifestaram elevado interesse, demonstrado por perguntas por eles levantadas, em questões ligadas diretamente ou indiretamente aos assuntos em discussão. As perguntas que mais se salientaram foram: ‘existe vida extraterrestre?’, ‘existem discos voadores?’, ‘qual a composição da Lua, do Sol, dos planetas, dos anéis de Saturno?’, ‘o que são as estrelas cadentes?’ e ‘o homem

realmente chegou a pousar na Lua?’ Esses tipos de perguntas demonstram o conhecimento limitado, se é que se pode dizer que existe conhecimento sobre esses assuntos, sobre questões básicas de astronomia, física e cosmologia que os alunos têm quando ingressam no ensino médio.

O primeiro módulo culminou com o estudo do modelo de Copérnico e as descobertas de Brahe que contrariam a teoria da imutabilidade dos céus de Aristóteles. Em várias oportunidades reforçamos a dificuldade na aceitação do modelo copernicano na época de sua publicação. Enquanto que a teoria heliocêntrica de Copérnico não contava com nenhuma prova concreta para sua aceitação e defesa, apenas de uma inspiração metafísica, as descobertas de Brahe, que decretam a falência da crença aristotélica da perfeição e imutabilidade dos céus acima da esfera lunar, são sustentadas por bases observacionais, feitas por ele mesmo.

Sobre a proposta heliocêntrica de Copérnico, lançamos uma questão no teste onde se solicitou aos alunos escreverem um pequeno texto sobre as inovações que esse modelo permitiu introduzir, a prova que Copérnico apresenta para que esse modelo seja aceito, bem como sua aceitação na época. De modo geral, pela leitura dos textos dos alunos, podemos notar que a maioria deles, depois de concluído o estudo do módulo I, tem muito clara a idéia de que o modelo copernicano não foi aceito, ou tinha forte resistência em ser aceito, por contrariar o senso comum da época e alguns alunos colocaram que esse senso comum está apoiado na física aristotélica, que tinha um grande número de argumentos em defesa da imobilidade da Terra. Além disso, esse modelo tem a vantagem sobre o antigo, pois permitiu calcular a distância de cada planeta ao Sol em termos de distância Terra-Sol, bem como determinar seus períodos orbitais. Alguns alunos também chegaram a mencionar a inspiração metafísica de Copérnico (o neoplatonismo) para o heliocentrismo, onde o Sol é o centro de todas as coisas pela importância em iluminar e aquecer o Universo.

Acreditamos que o estudo da proposta heliocêntrica de Copérnico, bem como sua dificuldade de aceitação na época, deve merecer atenção especial e ser discutido com profundidade com os estudantes. Essa prática os tornará conscientes de que descobertas no meio científico muitas vezes vão contra o senso comum e aí sua dificuldade em serem aceitas. A teoria do Big Bang, por exemplo, sustentada pelo afastamento mútuo das galáxias, que observamos com sofisticados instrumentos no Universo, por décadas, têm vários argumentos a favor de sua validade, mas ainda apresenta resistência à sua aceitação, como fora observado com os alunos na ocasião da exibição de um pequeno vídeo que abordava a Via-láctea e sua constituição, quando alguns deles se manifestaram incomodados no momento em que o narrador expõe o afastamento das galáxias e comenta brevemente sobre a teoria do Big Bang.

Na abordagem aqui relatada, aspectos da história, filosofia e epistemologia da ciência ganham importância no processo de ensino-aprendizagem. Desafiar o aluno, em um primeiro momento, sobre quais os argumentos que defenderam a teoria copernicana e provocaram sua aceitação é colocar em dúvida todo conhecimento que eles têm sobre esse assunto quando são confrontados com os argumentos baseados na física aristotélica. Essa dúvida estimula e convida os alunos a estudarem a física de Galileu, de Kepler e de Newton pelo seu valor histórico e teórico, provocando uma verdadeira revolução em sua maneira de pensar e de ver o processo de construção da Física.

Na introdução aos movimentos, cujos textos de apoio constituem o módulo II, notamos que, através de um levantamento oral feito com os alunos, para a grande maioria deles uma esfera que rola ou corpo que desliza sobre uma superfície horizontal decresce em velocidade e acaba parando porque “perde a força”. Alguns alunos diziam que era devido ao atrito e, mesmo aqueles que assim pensavam, não tinham muita clareza de como isto ocorria. Com a discussão aprofundada sobre o conceito de inércia, inclusive justificando a razão que levou Galileu a formular a Nova Física, com o motivo de ter argumentos em defesa do sistema copernicano e provar a insustentabilidade da teoria aristotélica, houve melhor compreensão do fenômeno citado anteriormente.

Podemos afirmar que, de certo modo, houve evolução conceitual nesse processo. Uma situação prática nos confirmou isto: algumas semanas mais tarde, no estudo das leis de Newton, em particular no estudo da Primeira Lei, a resposta que obtivemos dos alunos sobre o questionamento da razão pela qual um objeto em movimento sobre um plano horizontal acaba parando, foi

surpreendente. Um aluno, transferido de outra escola e que não tinha participado das aulas do primeiro módulo II respondeu por primeiro e diretamente que é porque o objeto “perde a força”. Quando questionado de como isto seria possível os próprios colegas intervieram dizendo que o objeto não está com força, mas é o atrito com a superfície que o faz parar.

A outra novidade do nosso projeto é a inserção da demonstração de Newton, através do argumento da “queda da Lua”, para provar a validade da Lei da Gravitação Universal. Ao propor essa atividade estávamos cientes de que isso exigiria certo preparo dos alunos por envolver relações matemáticas que são mais do que relações diretas ou inversamente proporcionais e envolverem conceitos importantes como de inércia, de aceleração, força centrípeta e período no movimento circular uniforme. Por isso, preparamos os alunos com o estudo bem feito da grandeza física de força, dos tipos de forças, da força resultante, das leis do movimento de Newton e da força centrípeta. No estudo da força centrípeta já fizemos a primeira relação da importância da atração gravitacional no movimento orbital dos satélites artificiais. Todos os temas que acabamos de mencionar foram bem recebidos pelos alunos na forma em que constam no material texto e na abordagem feita em aula. Notamos uma elevada motivação dos alunos na participação das discussões e na resolução dos problemas sobre esses tópicos.

Da leitura do texto da seção que aborda a teoria da Gravitação Universal os alunos acharam difícil a linguagem utilizada. A dificuldade maior, conforme os relatos dos alunos, foi a quantidade de raciocínios envolvidos para se chegar ao resultado e as relações matemáticas do inverso do quadrado. Para eles esse tipo de linguagem não é usual e corriqueiro. Foi necessário refazer os procedimentos no quadro explicando cada etapa o que proporcionou boa participação dos alunos para o esclarecimento das dúvidas sobre a leitura. Mostramos passo a passo cada um dos resultados que aparecem no texto, tornando-o compreensível e com isso atingir o seu objetivo.

Acreditamos que mesmo com certo grau de complexidade, a demonstração do argumento da “queda da Lua”, é uma matéria que deve ser obrigatória na Física do ensino médio. Esse argumento tem vários ingredientes ricos que mostram a essência da Física como construção humana que tem as bases da Física moderna. As teorias se originam no mundo das idéias, no mundo do papel, e quando confrontadas com a realidade, através da experimentação, são validadas ou descartadas de acordo com os resultados obtidos. Além disso, os conceitos envolvidos, como atração e campo gravitacional, são fundamentais para a compreensão da mecânica do sistema solar.

A evolução conceitual também ocorreu com o conceito de campo gravitacional. No início da aplicação do projeto vários alunos manifestaram a concepção de que o campo gravitacional terrestre estava limitado à sua atmosfera. Fora da atmosfera terrestre não há mais a atração gravitacional o que também acontecia na Lua e por isso as “coisas” lá “flutuam”. Mas, os resultados das questões de teste mostraram uma nova concepção: a de um campo gravitacional terrestre que se estende para além da Lua e a de que a Lua possui seu próprio campo.

Notamos que o estudo do módulo IV foi o que mais envolveu os alunos quanto aos aspectos de atenção, expectativa e participação nas aulas. A concepção inicial de muitos alunos em relação ao Universo e sua origem sofreram mudança, de modo que, o que inicialmente era complicado compreender e aceitar, passou a ser alvo de ricas discussões. O conquista da Lua gerou a discussão sobre a física presente nas viagens espaciais. A exploração dos planetas mais distantes do sistema solar bem como a busca por planetas extra-solares levou a discussão sobre os diferentes e possíveis mundos que podem abrigar vida fora da Terra. O Big Bang, inicialmente alvo de sérias críticas, passou a ser uma teoria, apesar de chocante para muitos, com fundamentação sólida possível de ser compreendida. Esse resultado nos leva a crer que houve evolução conceitual em relação à própria Física como ciência. A Física era vista como um corpo de conhecimentos distante pertencente ao mundo das idéias dos cientistas sendo complicada e sem sentido. Agora a Física é vista como um engenho de construção humana que é passivo de mudança, que procura descrever o macro e o micro Universo, a qual pertencemos, de maneira concreta, buscando adequar-se da melhor forma dentro dos limites tecnológicos acessíveis e conhecidos. Embora sendo complicado para estudar, é interessante pela poderosa ferramenta que ela constitui no mundo atual.

A inclusão de audiovisuais nas aulas de física é uma poderosa ferramenta aliada do professor no processo ensino-aprendizagem quando feita com planejamento. Notamos que é importante os alunos levarem em mãos um questionário, com algumas questões-chave, pois isso levará o aluno a prestar o máximo de atenção e ter uma orientação para dirigir sua atenção. Os alunos sempre demonstraram preocupação em responder corretamente às questões propostas nos questionários durante a exibição dos vídeos.

O estudo sobre as descobertas de Galileu na astronomia com o uso de suas lunetas também foi complementado com a exibição de alguns vídeos. Sobre esses vídeos alguns relataram que desconheciam aspectos sobre a Via - láctea, as fases de Vênus, o movimento em perspectiva das luas de Júpiter, as manchas solares e o movimento de rotação do Sol. As manchas solares e o movimento de rotação do Sol motivaram alguns alunos a se interessar em observar o Sol com telescópio.

Da mesma forma, também é importante reservar um espaço, logo após a exibição dos vídeos, para discuti-los. De modo geral, as discussões sobre os vídeos apresentados renderam bastante participação dos alunos com perguntas de dúvidas e opiniões próprias sobre os temas abordados. Na ocasião da exibição de vídeos sobre a conquista da Lua, o Sistema Solar, o Big Bang e a vida fora da Terra tivemos uma discussão acalorada e extensa sobre esses assuntos que magicamente prendeu a atenção e estimulou a participação de praticamente todos os alunos presentes. Não resta dúvida que temas como esses, que abordam questões de cosmologia, despertam grande interesse nos alunos e por essa razão devem ser incluídas nas aulas como parte dos estudos e, dessa forma, promover interesse e motivação para estudar física.

As observações planetárias com telescópio foram aguardadas com grande expectativa pelos alunos. Ao total realizamos duas sessões de observações astronômicas: a primeira ocorreu em 15 de maio (2006) quando observamos Saturno, Marte, Júpiter, alfa centauro e a Nebulosa de Órion e a segunda sessão em 2 de outubro (do mesmo ano) com as observações de Mercúrio, Júpiter, Lua, Antares, e o aglomerado M7.

A atividade proposta aos alunos participantes era a de representar com desenhos, numa folha de papel apropriada, os objetos celestes observados com a descrição de aspectos que mais chamaram sua atenção, na primeira sessão, e um relato sobre os aspectos observados, de modo geral, de todas as observações feitas, que mais lhe chamaram a atenção, na segunda sessão, bem como suas possíveis contribuições para o estudo. Analisando os escritos apresentados pelos alunos sobre essas observações notamos que essa atividade é de grande interesse por parte deles. Também temos a certeza de que as observações astronômicas por telescópio foram um marco no estudo da mecânica celeste para os estudantes. Os nomes dos planetas que tanto foram citados nas aulas deixaram de ser apenas figuras imaginárias para se tornarem objetos reais ao alcance, inclusive, para uma primeira vista, do olho sem necessidade de instrumentos. Essas observações também contribuíram muito para o estudo do último módulo do projeto, em que estudamos o sistema solar, demonstrado pelo tipo de perguntas e comentários feitos pelos alunos no decorrer das aulas. A participação dos alunos demonstrou que praticamente não havia mais dúvidas ou simplesmente curiosidades sobre elementos básicos do sistema solar, e dessa forma, puderam se concentrar em tópicos mais aprofundados no estudo.

Algumas dificuldades de ordem prática foram evidenciadas no decorrer da aplicação do projeto. O número reduzido de aulas por semana, duas aulas de 50 minutos cada, por turma e o grande número de alunos por turma, em média 30 alunos, são um empecilho para atender os alunos que têm maiores deficiências e dificuldades nos estudos. A dispersão na atenção dos alunos durante as aulas interfere no bom aproveitamento e rendimento nos estudos. O não cumprimento das propostas de atividades extra-classe como realizar os temas e leituras sugeridas. Percebe-se que muitos alunos não têm nenhum compromisso com os estudos, tanto dentro quanto fora da sala de aula. Não há expectativas quanto à finalidade da escola para suas vidas. Esses alunos vêm a escola como um compromisso social e em muitos casos como uma mera socialização em que indivíduos de um grupo de afinidades em comum se encontram para trocarem idéias e experiências do cotidiano. Esse, provavelmente, é o maior desafio que os profissionais em educação têm pela frente,

mudar a atual cultura de escola para uma cultura de ensino e aprendizagem onde cada indivíduo é o principal responsável pela construção de seu conhecimento.

6. Referências Bibliográficas

ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em ensino de ciências**. V.6, n.1, 2001. Porto Alegre.

BARBATTI, M. A filosofia natural à época de Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v.21, n. 1: p. 153-160, mar. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**, Brasília: MEC/SEF, 1999.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v.26, n. 3: p. 557-567, dez. 2004

FREIRE JR, O. J. e MATOS, M. e VALLE, A. L. Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional. **Física na Escola**, v.5, n. 1: p. 25-30, 2004.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. **Ciência e Educação**. V. 5, n.2: p. 23- 38, 1998.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995, Florianópolis.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. **Comunicação e Educação**. São Paulo: Moderna, p.27-35, Jan./abr., 1995.

MORAN, J. M. Desafios da televisão e do vídeo à escola. **Integração das Tecnologias na Educação**. Brasília. Ministério da Educação, 2005.

MOURÃO, R. R. F. *O livro de Ouro do Universo*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2000.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.13, n. 3: p. 184-196, dez. 1996. Florianópolis.

ROCHA at al., 2002

ROSA, P. R. S. O Uso de Recursos Audiovisuais e o Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.17, n. 1: p. 33-49, abr. 2000. Florianópolis.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.13, n. 3: p. 197-218, dez. 1996a. Florianópolis.

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos Programas de Pesquisa: A epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.13, n. 3: p. 219-230, dez. 1996b. Florianópolis.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v.19, n. especial, p. 7-27, jun. 2002. Florianópolis.