

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA  
CAIXA POSTAL 20516  
01452-990 SÃO PAULO - SP  
BRASIL

# PUBLICAÇÕES

IFUSP/P-1096

*sigla 2171816*

UM CURSO DE ATUALIZAÇÃO E MUDANÇAS  
CONCEITUAIS DE PROFESSORES DE FÍSICA

J.L.A. Pacca e A. Villani

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

*Ensino médio  
Física*

Dezembro/1993

## UM CURSO DE ATUALIZAÇÃO E MUDANÇAS CONCEITUAIS DE PROFESSORES DE FÍSICA

\*J.L.A. Pacca & A. Villani\*

Instituto de Física - Universidade de São Paulo

### ABSTRACT

The behavior of secondary school Physics teachers at an updating course was analysed; the results led to an indication of a conceptual change in their practice. The object of analysis and discussion was the actual pedagogical planning of the teacher. The dynamics developed in the course favored the reelaboration of the teachers conceptions not only in relation to Physics contents but also in relation to the students learning process; a conceptual change in three sequent phases could be characterized.

### RESUMO

A atuação de professores de Física da escola secundária num curso de atualização foi analisada; os resultados levaram a evidências de uma mudança conceitual em suas práticas. O objeto de análise e discussão foi o planejamento pedagógico real do professor. A dinâmica desenvolvida no curso favorecem a reelaboração das concepções dos professores, tanto com relação ao conteúdo da Física, como também em relação ao processo de aprendizagem. Foi possível caracterizar uma mudança conceitual em três fases sequenciadas.

### INTRODUÇÃO

Atualizar professores de ciência é uma tarefa que está se tornando cada vez mais importante devido às crescentes dificuldades que os professores enfrentam em seu dia a dia na sala de aula e ao progresso científico nas ciências exatas e da educação.

Os programas de atualização cujo objetivo é promover uma mudança sobre o ensinar ciências têm dois desafios a serem enfrentados, um que representa a modificação das concepções científicas do próprio professor e outro a modificação das idéias e da prática de ensino. Estes dois eixos podem se reforçar mutuamente contribuindo para a tomada de consciência acerca do papel do professor no desempenho de suas funções como condutor do processo de aprendizagem, bem como das estratégias capazes de vencer as dificuldades dos estudantes. Realizar pesquisas e encontrar resultados que auxiliem a tomada de consciência é uma das metas mais importantes da área de educação científica.

As dificuldades na apropriação do conteúdo são graves nos países da América Latina devido ao problema crônico da escassa formação dos professores durante o período da graduação. Por exemplo, os professores de um curso de atualização na Colômbia mostraram-se incapazes, mesmo após muitas discussões em grupo, de perceber as contradições entre os argumentos por eles utilizados e as leis de Newton, ao resolverem problemas simples de mecânica, (Zalamea e Paris, 1989); o estudo de casos feito por Barnes & Barnes (1989) mostrou que, apesar do atendimento pessoal específico, nem todos os professores conseguiram alcançar um significativo crescimento no entendimento do conteúdo a ser ensinado.

A influência que o domínio da disciplina tem na escolha das atividades escolares e na condução das aulas por parte dos professores (Carlsen, 1991) e a barreira constituída pela falta de conhecimento científico dificultando envolvimento em atividades inovadora (Tobin & Espinet, 1989) também já foram objeto de pesquisa.

As resistências para modificação da concepção do ensino de ciências foram em parte explicitadas no trabalho de Hewson (Hewson & Hewson, 1987) a partir do qual pode-se concluir que mesmo um programa bem sucedido de apresentação e discussão de novas maneiras de ensinar não se reflete imediatamente no planejamento de atividades escolares correspondentes. Outros estudos de caso mais aprofundados (Briscoe, 1991) apontam as influências das crenças, imagens e modos de ver do professor em sua prática docente, podendo inclusive constituir bloqueios inconscientes à promoção de novas práticas docentes.

Apesar das sugestões para modificar as atitudes e as práticas dos professores (McDermott, 1990; Gil & Pessoa, 1992), as informações sobre o processo de mudança do professor ao longo de um curso de atualização que ainda são escassas, parecem ser preciosas

---

\*Com auxílio parcial do CNPq e da CAPES

para que eles melhorem seus próprios cursos, tornando-os compatíveis com as possibilidades e as expectativas do profissional que ele é (Villani & Pacca, 1992).

Numa pesquisa desenvolvida no Instituto de Física da USP acompanhou-se a atuação de nove professores de física de segundo grau num programa de atualização. Tal programa teve como objetivo modificar o ensino em sala de aula e desenvolver material pedagógico organizado para promover a aprendizagem de Mecânica (Pacca & Villani, 1992). Sua duração foi de aproximadamente 200 horas; o planejamento pedagógico foi adotado como o objeto de trabalho concreto para o desenvolvimento do programa, por ser considerado instrumento prático de controle e promoção da aprendizagem (Villani, 1991; Pacca, 1992)

Os dados foram obtidos mediante gravação áudio de entrevistas e de interações em grupos reduzidos, além de observação sistemática das interações entre os participantes e da análise dos trabalhos escritos produzidos durante as sessões ou em casa (Bodião, 1993). A atuação dos professores centrou-se na elaboração e discussão do planejamento pedagógico sobre a lei de inércia e sua aplicação em sala de aula, embora nas 200 horas de curso, as três leis tenham sido estudadas.

As dificuldades encontradas pelos professores na elaboração de um planejamento para o ensino da lei da inércia, foram aparecendo progressivamente e sendo enfrentadas na medida de sua própria conscientização dos problemas e da sua aplicação em sala de aula. Acompanhando o desempenho dos professores na produção desse instrumento pedagógico - o planejamento - foram encontradas fases de desenvolvimento bastante diferenciadas (Pacca e Villani, 1991). Neste trabalho procuraremos caracterizar estas fases através das mudanças de perspectiva dos professores e da relação com o aprimoramento de suas concepções científicas e de sua competência didática.

### AS CONDIÇÕES INICIAIS DOS PROFESSORES

A compreensão da lei de inércia não é um fato muito comum entre estudantes e até mesmo professores do segundo grau e parece obedecer a um processo gradual (Villani & Pacca, 1991). Esta lei refere-se às bases da teoria newtoniana enquanto constitui o critério para distinguir os sistemas de referências privilegiados da mecânica: os referenciais inerciais.

No início do programa de atualização os conhecimentos científicos dos professores apresentavam uma diferenciação considerável, podendo ser caracterizados mediante diferentes níveis de compreensão; ao contrário os planejamentos que eles eram capazes de produzir pareciam obedecer a esquemas gerais mais semelhantes, embora com alguma diferença pouco significativa do ponto de vista do controle da aprendizagem.

Quanto aos conhecimentos relativos à lei da inércia, a compreensão de alguns dos professores não ultrapassava o nível **fenomenológico**, que se resumia na idéia de que, na ausência de forças resistivas, os corpos continuam em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. O resultado encontrado para um problema constituía, em geral, uma informação final e os vários tipos de idéias espontâneas referentes às relações entre força e movimento, entre movimento e sistema de referência e entre movimentos em direções diferentes, continuavam a aparecer sem que fosse percebida qualquer contradição com a visão da física expressa pela lei da inércia. Na impossibilidade de uma articulação mais abrangente com outras informações, o conhecimento adquirido parecia ter vida breve e não adquirir características dedutivas, típicas de uma explicação estruturada e geral.

Nessas condições executar a tarefa de elaborar o planejamento didático referente à lei da inércia tornava-se duplamente frustrante: parecia contrariar as expectativas generalizadas dos professores de aprender informações úteis a serem aplicadas diretamente em sala de aula, ao mesmo tempo que se reduzia ao trabalho rotineiro de elaborar uma lista de tópicos com sequência bem semelhante àquela do livro didático adotado. Os objetivos sugeridos no planejamento eram extremamente genéricos e, conseqüentemente, as avaliações propostas afastavam-se da tentativa de avaliar a compreensão de pontos específicos e essenciais. Além disso, a falta de domínio do conteúdo parecia inibir qualquer sugestão de atividades mais interativas e produtoras de discussões interessantes em sala de aula.

Outros professores podiam ser classificados num segundo nível de compreensão, que foi chamado de **quase-formal** e que envolvia a assimilação de boa parte das características fundamentais da lei da inércia: assim, a lei da inércia era pensada mais como um conjunto de propriedades referentes aos comportamentos das grandezas relativas ao movimento do que como um princípio capaz de definir os referenciais privilegiados da Mecânica e de se compor com outros princípios como o de ação e reação. De modo geral a aprendizagem já tinha alcançado uma relativa estabilidade e o conteúdo aprendido podia, eventualmente, tornar-se o centro de referência de novas informações, apesar de, em algumas circunstâncias, concepções espontâneas ainda reaparecerem.

O planejamento inicial dos professores neste nível de compreensão era de certa forma mais variado do que no anterior. Não somente a lista dos tópicos a serem abordados obedecia a critérios mais pessoais e a lista de exercícios a serem discutidos era mais elaborada, mas apareciam também atividades mais abertas, como o uso do laboratório "para provar a lei", por exemplo, com uma experiência sobre um movimento em um plano com redução gradual do atrito (P.S.S.C., 1960). Entretanto os objetivos a serem alcançados mantinham-se distantes da prática efetiva: não focalizavam os conceitos mais importantes a serem aprendidos, nem se referiam a eventuais etapas na compreensão e/ou habilidades dos estudantes. Finalmente as

avaliações eram variações mais ou menos originais sobre os exercícios propostos, sem uma relação estreita com os objetivos e nem com as concepções alternativas dos estudantes.

Apesar de serem mais pessoais, os planejamentos correspondentes a esse nível de compreensão tinham uma característica comum: focalizavam exclusivamente o conteúdo científico a ser ensinado numa sequência que era lógica para o professor e não apresentavam indícios de preocupação com as concepções dos estudantes e com as dificuldades e barreiras que elas poderiam representar. Por isso não era previsto nenhum esquema de acompanhamento mais sistemático do progresso dos estudantes, nem de levantamento de suas maneiras de pensar sobre o assunto. As atividades interativas e práticas tinham pouco espaço para discussão e colocação de dúvidas.

A compreensão da lei da inércia para a grande maioria dos professores não ultrapassava estes dois níveis; somente o professor (A) dos que iniciaram o curso mostrava dominar o assunto num nível **formal**. Para ele a lei da inércia era um princípio geral a partir do qual podiam-se deduzir consequências e que devia ser coordenado com as outras leis de Newton na solução dos problemas de mecânica. Todos os recursos de raciocínio eram por ele utilizados na solução dos problemas, junto com a percepção rápida de suas eventuais falhas. Praticamente não existiam barreiras cognitivas e eventuais dificuldades somente apareciam na ocasião de tarefas mais complexas. O planejamento inicial desse professor era interessante e revelava a preocupação com uma compreensão mais profunda da lei de inércia, que ele procurava desenvolver mediante uma série bastante grande de questões de discussão. Algumas dessas questões apresentavam relações com as noções não científicas, detectadas nas pesquisas, mas não lhes era dado destaque especial. Para esse professor a discussão em classe, por ele conduzida, conseguiria levar a maioria dos estudantes a um conhecimento adequado, mais cedo ou mais tarde. Por isso ele dizia que pouco se preocupava com a avaliação, considerando-a uma atividade pouco criativa, preferindo fundamentalmente as discussões em pequenos grupos ou em plenário. De fato pode-se considerar que dentro da dinâmica em classe, ele já fazia as avaliações e redirecionava as questões. Seus objetivos explícitos eram entretanto gerais e referiam-se ao crescimento cultural e à formação humana de seus estudantes.

## ALCANÇANDO UM CONHECIMENTO CIENTÍFICO MAIS SATISFATÓRIO

O curso tinha como objetivo explícito a elaboração de um planejamento pedagógico, pessoal, coerente com a capacidade do professor e capaz de controlar a aprendizagem dos estudantes.

As primeiras atividades eram discussões de problemas típicos extraídos das pesquisas sobre concepções alternativas e eram seguidas da tarefa de recolher informações junto a seus respectivos estudantes. Poder-se-ia pensar que a análise das respostas dos estudantes constituísse uma fonte interessante de informações para os professores e desencadeasse a procura de atividades capazes de modificar as concepções dos estudantes; na realidade a preocupação comum dos professores, independentemente de seu nível de compreensão, voltou-se para o aprimoramento de seu próprio conhecimento científico.

» Quem estava no nível fenomenológico, percebeu a fragilidade de seu conhecimento, que se manifestava na incapacidade de distinguir entre noções científicas e noções não científicas, tornando extremamente difícil a resolução de problemas, mesmo que simples, como por exemplo elaborar o gráfico do movimento de um corpo num campo de força constante. Um caso interessante aconteceu com um professor (E) que, após as discussões sobre movimento relativo, era capaz de afirmar com convicção que as velocidades e as trajetórias dependiam do sistema de referência, mas insistia em colocar uma força na direção do movimento, quando precisava explicar sua velocidade.

Uma outra atividade parecia estimular a necessidade de melhorar os conhecimentos desses professores: a discussão dos planejamentos dos colegas. Alguns professores buscavam esclarecer o problema, introduzindo no planejamento a leitura de textos sobre a inércia; nesses casos utilizaram textos sobre as experiências e conclusões de Galileu. Entretanto pouco mais diante perceberam que isto não esclarecia o problema nem para os alunos, nem para eles mesmos.

O nível de compreensão fenomenológico permitia elaborar um planejamento pedagógico estreitamente ligado ao conteúdo científico já estruturado e acabado, e à sequência lógica que o escreve, sem entretanto dar conta da sua totalidade e da possibilidade de operar dedutivamente para resolver problemas novos. Parece que faltava, aos planejamentos nesta fase, coordenar os experimentos sobre movimento no plano (que explora as forças resistivas como causa de diminuição da velocidade) e a mudança de referencial (que torna fisicamente equivalentes o repouso e o movimento retilíneo uniforme).

Ainda nesta fase, uma atividade bastante importante e que foi se impondo em sessões seguintes foi a resolução e discussão de problemas, que eram trazidos pelos professores como

exemplos de recursos didáticos que eles utilizavam com seus estudantes. Foram muitas horas de trabalho e discussão para a compreensão do conteúdo dos problemas com a exatidão e o rigor que era possível: procurava-se tratar das questões levando-se em conta as relações matemáticas adequadas para resolvê-las. Procurava-se sempre que possível seguir as pistas e raciocínios oferecidos pelos professores quando tentavam encaminhar as soluções.

Paralelamente a essas atividades o professor tinha como tarefa de casa experimentar seu planejamento com seus estudantes. Assim, os professores melhoravam seu nível de compreensão ao mesmo tempo que modificavam seu planejamento tornando-o mais incisivo através de exemplos e atividades que apontavam objetivamente para o conteúdo problemático, isto é, a busca de outras atividades que envolvessem mais os estudantes caminhava junto com seu empenho em perseguir a precisão e o rigor do conteúdo.

Como disse o professor (F), referindo-se ao problema de uma bomba largada de um avião:

"Eu chamei a atenção para os deslocamentos horizontais da bomba, porque essa também havia sido minha dúvida, então senti que devia ser isso; parece que a segurança no conteúdo e ter vivido as dificuldades leva o professor a ser mais ágil".

De fato a aplicação do planejamento na realidade da escola se mostrava fundamental para a elaboração de uma nova concepção de ensino. A disposição do professor para encontrar explicação para o insucesso com seus alunos e descobrir o que ocorria em termos de dificuldade conceitual levava-o a refletir sobre o conteúdo e a reelaborar suas próprias idéias acerca de ensino e aprendizagem.

Os professores que se encontravam num nível mais elevado de domínio do conteúdo também dedicaram seus esforços ao aprimoramento do conhecimento científico. Este nível de compreensão ainda não garantia a transferência plena para sala de aula das informações adquiridas nas discussões durante o curso. O professor nem sempre conseguia perceber nas respostas dos estudantes concepções incoerentes com as idéias científicas. Por exemplo, um professor (B) fez uma avaliação dos seus alunos concluindo que eles haviam compreendido o princípio "a menos de uma certa confusão que aparecia em respostas posteriores": esta "confusão" era exatamente o que dava indicação das concepções não científicas ainda presentes e que precisavam ser modificadas.

O mesmo professor, tendo conseguido analisar experimentalmente com seus alunos o movimento parabólico de uma bola lançada horizontalmente considerou resolvido o problema da composição de movimentos em direções diferentes. Mais tarde ele perceberia que os

estudantes falhavam em problemas fisicamente iguais, mas com características peculiares que fazem aflorar as concepções não científicas; por exemplo os estudantes não reconheciam numa bala de fuzil disparada horizontalmente, uma situação idêntica ao experimento estudado anteriormente em detalhe.

Para o professor, não era fácil nem imediato ver, nos erros dos alunos, formas de conceber inadequadas que deveriam ser consideradas e discutidas com orientação objetiva e concreta. Mesmo o professor que tinha inicialmente um conhecimento mais estruturado, não conseguiu durante esta primeira fase modificar substancialmente seu planejamento na direção de uma preocupação com a aprendizagem efetiva de seus alunos e com a reelaboração das concepções alternativas.

Em geral, nesta primeira fase, o planejamento ainda não enfrentava a concepção do aluno sobre a "necessidade de uma força sempre que existir um movimento". Nem as experiências, nem a leitura e discussão de textos históricos pareciam modificar essa concepção.

As discussões em grupo e sobretudo o questionamento dos colegas, que tinham a tarefa de apresentar e justificar em plenário suas propostas para sala de aula, tiveram um papel decisivo em melhorar o nível de conhecimento de todos os professores, familiarizando-os com as diferentes manifestações das idéias não científicas e organizando as idéias fisicamente adequadas. Um problema, enunciado pelos próprios professores, tornou-se o símbolo desta atividade:

"Se tivermos um carro com velocidade  $v$  sobre a superfície da Terra, e eliminarmos todos os atritos ele dará uma volta completa em torno da Terra; como isso é compatível com a lei da inércia, visto ser nula a resultante das forças que agem sobre o carro (o peso e a reação normal da Terra)?

As discussões intensas em torno das hipóteses (quase sempre alternativas) que poderiam solucionar o dilema, na dificuldade de questionar a igualdade entre peso e reação normal, permitiam tomar consciência do conjunto de idéias alternativas não científicas bem como da aplicação correta da lei da inércia.

#### ORGANIZANDO ATIVIDADES PARA SALA DE AULA

A busca de atividades que envolvessem mais os estudantes caminhava junto com o empenho do professor em perseguir a precisão e rigor do conteúdo; as barreiras encontradas por

ele ao aplicar seu planejamento em sala de aula favorecia a aquisição desse conhecimento específico.

Mesmo que o professor já tivesse adquirido uma compreensão razoável do conteúdo ainda havia uma demora na transferência para o planejamento pedagógico; a incorporação das concepções dos estudantes entre os elementos que entram na elaboração do planejamento pedagógico não era imediata; para apontar e caracterizar uma incoerência na concepção não científica de que "sempre que há movimento há uma força resultante não nula" seria preciso coordenar duas informações: velocidade constante sem força atuando e relatividade do movimento.

Um exemplo interessante ocorreu com o professor (B): para avaliar se seus estudantes haviam compreendido o princípio, depois de discutir e resolver problemas como os mencionados, propôs um problema que ele julgava semelhante ao resolvido em classe. O resultado, mais uma vez, foi um fracasso, o que mostrava que a compreensão dos estudantes era apenas local não apresentando possibilidades dedutivas ou de transferência para outros contextos, exatamente a dificuldade pela qual o professor havia passado no início do curso. Alguns professores já eram capazes de identificar exatamente a dificuldade dos estudantes, como mostra este relato:

"Na análise da queda de um parafuso num trem em movimento uniforme, a dificuldade dos estudantes estava em aceitar a equivalência física entre repouso e movimento".

Provavelmente foi a relativa segurança sobre grande parte dos pontos críticos do princípio da inércia, que permitiu e estimulou quase todos os professores a voltarem suas atenções para as concepções alternativas dos estudantes. A primeira atividade citada em quase todos os planejamentos era um levantamento e uma análise qualitativa das respostas de seus estudantes a questionários específicos e a segunda era uma discussão de exemplos típicos que deveriam convencer os estudantes a adotar as novas idéias e abandonar as antigas. Um ou mais problemas semelhantes, do ponto de vista físico, aos exemplos discutidos em classe constituiriam finalmente a atividade de avaliação.

O professor (E), que ao organizar suas aulas nunca se havia afastado da aula expositiva comentava com satisfação: sua possibilidade de enfrentar uma discussão:

"Fiz a experiência da gota de água no tubo de óleo. Os alunos esperavam que a gota maior fosse mais devagar e o que eles viram foi o contrário".

Esta modificação na qualidade e estrutura do planejamento produziu vários efeitos no curso de atualização, nos professores e nas suas práticas didáticas, ao menos pelo que podia ser deduzido a partir dos seus relatos.

A perspectiva de um objetivo bem definido a ser alcançado parecia constituir-se numa injeção de ânimo nos professores, mesmo nas situações institucionais mais desfavoráveis, como mostram os exemplos de relatos:

"Este ano os alunos parecem mais interessados que os dos anos anteriores, apesar das greves sucessivas dos professores" (E).

"No meu curso eu não dava muita importância às leis de Newton; do ano passado para este é que **me tocou fundo**. Precisa estar claro o que quero cobrar do aluno em sala de aula." (B).

Muito provavelmente o interesse dos estudantes era consequência de um significativo aumento de interesse e de disponibilidade do próprio professor na interação em sala de aula, conduzindo as atividades significativas.

A atividade chamada de "diário de bordo" (relato dos problemas e das reflexões de cada professor no início de cada sessão do curso de atualização) assumia cada vez mais um papel fundamental na definição dos assuntos a serem discutidos, com evidente aumento de interesse e de participação dos professores. Os professores pareciam ter modificado sua percepção do desempenho de seus alunos e bem mais rapidamente do que no passado eram capazes de localizar sintomas de aprendizagem falha. Os professores mais sensíveis, frente às dificuldades já tentavam soluções inovadoras. Por exemplo o professor (D) compreendeu que seus alunos acompanhavam o raciocínio por ele proposto (aumento da duração do movimento, com a diminuição das resistências) somente até um certo ponto recusando-se em admitir as últimas consequências (movimento contínuo, na ausência de forças resistivas).

"Tentei então deslocar o movimento para o espaço distante onde se poderia supor ausência de forças. Parece que na concepção dos estudantes esta idéia é mais aceitável. Talvez o contraste entre aquilo que eles experimentam na vida cotidiana e a situação limite seja grande demais como início de uma reflexão....Ouvindo os alunos, corrigi a rota e tive sucesso".

O mesmo professor mais adiante, tentando enfrentar o problema da "força impressa" afirmava:

"Parece que a concepção de força concebida pelos alunos não é exatamente a mesma da física, então eu introduzi a "energia de movimento" para suprir a ansiedade que eles sentem quando se fala em movimento sem força"

Na opinião dele tratava-se de uma solução provisória até que mais tarde se introduzissem outras grandezas físicas.

"Só se consegue eliminar a "força impressa" quando se introduz a quantidade de movimento e energia porque então o aluno tem outros elementos para atribuir ao que ele vê".

O professor (C) na tentativa de resolver o problema da coordenação das idéias que compõem a lei da inércia, recorreu à discussão dos textos sobre os experimentos de Galileu (Koyré, 1986) com os estudantes e depois de refletir sobre o conteúdo a ser tratado em aula concluiu:

"O que significa para o aluno a pedra cair ao pé do mastro? É preciso mostrar que não é necessário ter uma força impressa...Preciso colocar o problema: será que pode existir movimento sem força? E levar o aluno a refletir...Numa discussão em grupo eles trocam idéias e experiências e vão entender melhor".

Esse mesmo professor, para ajudar os outros professores a compreenderem melhor a lei de inércia, decidiu escrever um trabalho procurando analisar o caminho intelectual por ele mesmo percorrido e as dúvidas experimentadas.

Dos nove professores que acompanharam o curso até este ponto, somente o professor (G) não conseguiu enfrentar com relativa segurança as concepções dos estudantes; ele apresentava ainda muita dificuldade para ultrapassar o nível fenomenológico de compreensão apesar dos esforços oferecidos para sanar suas deficiências, preferindo acreditar que poderia igualmente obter resultados positivos, focalizando a metodologia de sala de aula.

## AVALIANDO A APRENDIZAGEM E O PLANEJAMENTO

Incluir no planejamento as atividades que facilitem a discussão das idéias alternativas dos estudantes foi o máximo que alguns professores (E, H, I) conseguiram alcançar, já na segunda metade do curso de atualização. Para eles o próximo passo foi controlar as atividades didáticas de forma a torná-las mais adequadas às suas realidades institucionais e sociais; para os outros professores o processo foi mais adiante.

A partir desse ponto os outros fatores que geram problemas para o professor conduzir seu trabalho, identificados como falta de condições, em geral ou na forma de espaços e materiais, falta de interesse dos estudantes, falta de motivação associada à indisciplina na classe, perderam seu relevo ou passaram a ser tratados de modo objetivo. Isto porque, por um lado, o professor se sentia mais seguro do seu saber, dispondo-se a ouvir os estudantes e a discutir com eles as dúvidas apresentadas; por outro lado, porque ele era capaz de compreender melhor o significado da dúvida, consequência de uma concepção mais ampla que a sustenta, e de estabelecer as pontes adequadas para transformá-la no conteúdo físico correto.

A aplicação do planejamento em sala de aula começava a dar seus resultados. Os alunos sem dúvida mostravam uma participação mais intensa, mas os resultados das avaliações ainda deixavam a desejar; as concepções não científicas eram realmente difíceis de serem modificadas, apesar das discussões em classe muitas vezes mostrarem que algo havia sido aprendido e era utilizado corretamente.

A este respeito, o comentário do professor (C) marcou o início de uma mudança de perspectiva que se concretizou na atenção à aprendizagem efetiva dos estudantes.

"A gente faz da aprendizagem uma questão de erro e acerto sem se importar como o aluno chegou àquilo. Mais importante do que acertar simplesmente é o que ele fez para chegar à resposta - o processo da aprendizagem".

Esta situação, experimentada efetivamente por vários professores, tornou-se um assunto recorrente nos relatos e nas discussões do "diário de bordo", deslocando progressivamente o foco da reflexão dos professores mais adiantados para o processo de aprendizagem, sua estabilidade e suas condições:

Porque os alunos esquecem facilmente aquilo que aprenderam em classe? Será que todo o trabalho realizado de fato torna-se inútil? Como os alunos aprendem? Como se aprende? O que é importante, quando se aprende? Como motivar os alunos a aprenderem?

Todas essas questões começaram de fato a ser preocupação real dos professores, influenciando direta e indiretamente a sequência do planejamento.

Quem tinha atingido um nível de compreensão mais elevado, caso de (A), com uma visão da física mais articulada e um sistema conceitual coerente e completo, tentou aprofundar com seus estudantes a visão de mundo que a física propicia.

"É importante sentir a harmonia que existe na natureza e não voltar-se contra ela.. É preciso propiciar aos estudantes a vivência dessas leis naturais, talvez eles sozinhos possam concluir. Eu apresento uma questão sobre referencial: quais são as qualidades do referencial? é infinito, se estende para todos os lados? Discuto com os alunos e percebo coisas novas que despertam interesse".

De fato este professor foi progressivamente explicitando, para si e para os outros, a preocupação com a motivação dos estudantes, julgando que se ele conseguisse mantê-los interessados por um longo período, discutindo o conteúdo relevante, o resultado natural seria um aumento de compreensão. A metodologia sugerida foi a de começar discutindo questões mais gerais, que desenvolvessem o espírito de observação dos estudantes e permitissem uma participação mais ampla, para depois introduzir "naturalmente" questões mais técnicas e mais ligadas ao conteúdo.

Esta preocupação com a motivação foi compartilhada rapidamente pelos outros professores; numa discussão prolongada sobre o tema chegou-se a conclusão de que compreender a física deveria ser motivador para o estudante e o papel do professor seria fazê-lo compreender e convencê-lo de que uma condição necessária para isso é trabalhar sobre os problemas usando seus próprios recursos:

"A aprendizagem exige esforço. Minha nova postura em classe exige uma postura diferente dos alunos, eles têm que participar. Planejar não é suficiente para obter resultados: o aluno deve se esforçar."

Com este comentário o professor (C) parece ter atingido uma visão do processo de ensino-aprendizagem, mais realista e mais articulada. É nesse ponto que os professores começaram a abordar no seu planejamento a questão da avaliação mais abrangente privilegiando além do conteúdo formal, também as formas de raciocínio mais sutis, as atividades diante de problemas novos, hábitos de trabalho e disposição para aprender. A avaliação passou então a assumir seu papel de guia e controle da aprendizagem significativa.

O professor (C) simboliza esta nova relação com a avaliação dos estudantes:

"Perdi um dia inteiro para preparar as questões da avaliação, mas eu queria um instrumento bem preciso. O resultado foi compensador: rapidamente consegui detectar quem aprendeu e quais as dificuldades".

Para este professor avaliar deixou de ser só atribuir nota, os erros passaram a ser indicadores importantes para a construção do conhecimento desejável.

"Com o erro também se aprende, então o aluno não deve ser penalizado por isso".

"Avaliação e motivação estão ligados; o aluno que recebe menção D se desmotiva e desmotiva o professor".

Motivação deixou de ser para estes professores uma palavra geral e ao mesmo tempo vazia no momento em que foram identificados seus aspectos objetivos que caracterizam a disposição e interesse para aprender a física.

Um professor (F) ao fazer auto-crítica de seu planejamento anterior comentava:

"Meu planejamento não estava levando em conta motivar o aluno. O problema é motivar o aluno pra ele perguntar o porquê".

Sua crítica foi mais longe e voltou-se para o processo de "recuperação" adotado nas instituições escolares brasileiras em que o estudante reprovado no final do ano, pode submeter-se a mais uma avaliação.

"Se o aluno não alcançou os objetivos mínimos propostos no ano em questão, têm direito a uma nova oportunidade. Será que a nova oportunidade envolve novas estratégias que permitam a aprendizagem? Ou a nova oportunidade é, em tudo, igual à do ano anterior?"

O professor (C) chegou a mesma conclusão por outro caminho; tendo descoberto que alguns de seus alunos realizavam as tarefas de casa mecanicamente, sem se preocupar em compreender, resolveu então pedir explicações individuais sobre as tarefas executadas, forçando-



os a tomar consciência do que faziam. Obteve um duplo efeito: os estudantes se esforçavam muito mais em compreender e defender seu trabalho e o professor tinha grande oportunidade de entender as dificuldades dos alunos e perceber suas diferentes necessidades. O planejamento deste professor então foi mais longe na preocupação com a aprendizagem dos estudantes: as atividades em classe começariam quase sempre com uma tarefa a ser executada em pequenos grupos, de maneira que o professor, ao acompanhar o desenvolvimento dos trabalhos pudesse localizar os estudantes com maiores dificuldades e dedicar-lhes uma atenção especial.

A este respeito, o comentário do professor (C) é exemplar, assinalando o início de uma mudança de perspectiva que se concretizou na atenção à aprendizagem efetiva dos estudantes. Tal "mudança conceitual" com respeito à concepção de ensino e aprendizagem é o que se espera de um curso de atualização para professores em serviço.

### FASES DA MUDANÇA CONCEITUAL NA ATUALIZAÇÃO DE PROFESSORES

Em primeiro lugar podemos afirmar que houve uma mudança significativa. As idéias dos professores em relação a lei de inércia modificaram-se, praticamente abandonando os indícios mais fortes de idéias alternativas. As idéias sobre o processo de ensino-aprendizagem foram reelaboradas assumindo uma visão construtivista da aprendizagem. A mudança mais importante foi alcançada em relação à atitude para com os alunos. Os professores mais sensíveis, no final do curso, mesmo reconhecendo que o processo de aprendizagem dependia fundamentalmente do esforço e da dedicação dos alunos, consideraram ser sua responsabilidade profissional, estimular efetivamente este esforço, propondo atividades ao alcance dos estudantes e monitorando prioritariamente seu processo de mudança.

Ainda mais importante é a possibilidade de caracterizar o processo de mudança dos professores, mediante etapas sucessivas e provavelmente hierárquicas:

a) Organização e aprimoramento do próprio conhecimento científico. Num ambiente favorável à discussão e à apresentação das próprias idéias, os professores tomam conhecimento de problemas que favorecem o aparecimento de concepções não científicas, discutindo-os formalmente e quantitativamente com rigor e exatidão conceitual. Este material é também, para o professor, um acervo importante para subsidiar seu planejamento.

b) Escolha de atividades significativas para compor o planejamento da aula. Os exemplos apresentados e discutidos exaustivamente no curso, mostrando situações em que concepções científicas e alternativas são confrontadas, capacitam o professor a organizar uma sequência de atividades cuja finalidade é construir concepções físicas corretas com os estudantes.

c) Focalização da aprendizagem e a relação com a motivação em sala de aula. A atenção do professor volta-se para o processo de modificação e reelaboração dessas concepções mediante uma avaliação contínua das dificuldades e do progresso dos estudantes e uma adaptação das atividades às necessidades dos estudantes e aos recursos disponíveis.

É também possível perceber que cada uma dessas etapas corresponde a uma mudança de perspectiva do professor e a uma diferente concepção de suas funções, com a valorização do seu papel de orientador da aprendizagem. A expectativa inicial com relação ao ensino era encontrar atividades didáticas prontas que pudessem ser imediatamente executadas em sala de aula, a sua função seria portanto a de repassar as atividades interessantes. Alcançada uma relativa segurança no conteúdo científico e alguma capacidade de atuar como fonte de informações e controle científico na sala de aula, voltaram sua atenção para o planejamento com atividades adequadas às concepções dos estudantes, privilegiando seu papel de organizadores e planejadores com metas bem definidas e específicas do conteúdo científico. Finalmente na última etapa, os professores perceberam que sua função mais significativa era provocar, incentivar e sustentar o interesse dos estudantes para a aprendizagem, atenuando os impedições e os obstáculos mais desanimadores.

### UMA NOVA CONCEPÇÃO DE ENSINO DE FÍSICA E UMA NOVA (?) CONCEPÇÃO SOBRE ATUALIZAÇÃO

Se considerarmos que uma nova concepção de ensino se estabeleceu seria interessante relacioná-la com o desenvolvimento do programa de atualização, suas atividades e dinâmica de interação. Que mecanismos teriam levado a uma nova expectativa do professor aproximando-o mais do profissional de educação? Quais os elementos do processo estabelecido no curso de atualização que tornaram possível e estimularam tal mudança: a mudança da visão inicial de repassador de atividades para monitor da aprendizagem?

O contacto com os problemas e questões de física, extraídos, em grande parte, das pesquisas já publicadas foi estimulante e produtivo; esta atividade, desenvolvida em grande parte do curso, revelou, para os professores, não somente que seu conhecimento científico apresentava lacunas, mas sobretudo que tais lacunas representavam situações críticas a serem discutidas e compreendidas para construção do conhecimento correto.

A familiarização dos professores com as respostas típicas que ele encontrava na sua sala de aula e a facilidade em reconhecer nas dificuldades dos estudantes dúvidas que eles mesmos tiveram que vencer, deve ter favorecido uma mudança do foco da sua atenção para as concepções dos estudantes.

Até esse ponto o progresso dos vários professores foi quase o mesmo. Entretanto, resolver o problema da aprendizagem significativa e duradoura de um conteúdo científico bem estabelecido foi mais complicado.

A segurança do professor quanto ao conteúdo, a aplicação das suas propostas em sala de aula, a sua disposição para enfrentar e discutir a pergunta e o erro do estudante são resultados concretos da sua atuação. Ter clareza e consciência de que as concepções alternativas estão por trás dos erros e ter um acervo de problemas e atividades para utilizar nos momentos em que as dificuldades são detetadas, parecem ser ingredientes essenciais.

Passar a monitorar o progresso dos estudantes requeria não somente um maior aprofundamento do conteúdo, mas sobretudo uma capacidade de análise reflexiva sobre o processo de aprender e sobre as variáveis das quais ele depende. A concepção da importância da avaliação constante, com função diretiva além de valorativa é o resultado concreto da atuação do professor nesta situação. Pelo que pudemos constatar durante o curso, somente os professores que conseguiram alcançar um acompanhamento das atividades dos estudantes suficientemente flexível para modificá-las "on-line" quando as reconheciam pouco efetivas, foram também capazes de discriminar os sucessos parciais dos estudantes e avaliar seu real progresso, assim como perceber suas diferenças. Parece então que este último passo é o efeito natural do hábito da reflexão dos professores sobre os resultados do seu trabalho.

Toda a análise do progresso dos professores tem consequências significativas sobre as estratégias dos coordenadores de um curso de atualização sob vários aspectos.

Em primeiro lugar um curso de atualização precisa ter presente que os professores se modificam ao longo do curso mas o mais importante é que seus interesses e suas perspectivas também podem se modificar. Conhecer suas concepções sobre ensino de física e discuti-las com vistas à tomada de consciência da sua própria atuação parece ser uma atividade importante de partida. Mais adiante, com a aquisição de alguma autonomia, atividades de enriquecimento do seu acervo de material didático e discussões para analisar os resultados obtidos em sala de aula. Consequentemente o papel dos coordenadores se desloca progressivamente de uma situação inicial com atividades de aprimoramento científico e didático bem definidas, para uma final com atividades mais flexíveis de assessoria no planejamento didático.

Também parece importante prestar atenção às diferenças entre os professores. No início do processo, suas diferenças estão principalmente na compreensão do conteúdo, com uma relativa homogeneidade no estilo de planejamento didático; no final as diferenças referem-se sobretudo à visão do papel das atividades didáticas no processo de condução da aprendizagem dos estudantes e do papel da avaliação no controle desse processo. Isso significa que a

flexibilidade dos coordenadores precisa se adaptar também às diferentes exigências e perspectivas dos vários professores ao mesmo tempo.

Finalmente uma última consideração com respeito as fases de crescimento dos professores. Se for verdade que tais fases são hierárquicas e que elas são percorridas numa determinada ordem, então parece interessante que os professores sejam informados e esclarecidos sobre este caminho, de forma que eles mesmos possam monitorar seu processo e incentivar seu progresso. Afinal parece bem mais motivador saber que existem formas mais refinadas de planejamento escolar e que tornar naturais tais formas será o principal indicador de progresso e de sucesso.

## REFERENCIAS

- Baker, R.D.-1991 - A Summary of Research in Science Education-1989. *Science Education* V. 75(3) pp 333-353
- Barnes, M.B. & Barnes, L.W.- 1989 - **Observations related to teacher concept formation in an in-service setting emphasizing question-asking behaviour**. Annual Meeting of the NARST, S.Francisco.(Citado em Baker, 1991)
- Briscoe, C. - 1991 - The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, V.75(2) pp.185-199.
- Bodião, I. - 1993 - Reflexões a respeito de um programa de aperfeiçoamento de professores de física e pesquisa em ensino. *Master Dissertation*, Universidade de S. Paulo.
- Carlsen, W.S.- 1991 - Effect of new Biology teachers' subject-matter knowledge on curricular planning. *Science Education*, 75(6), pp.631-647.
- Gil, D.P. & Pessoa, A.M.C.- 1992 - **Tendencias y Experiencias Innovadoras en la Formación del Profesorado de Ciencias**. I Taller Subregional sobre Formación y Capacitación Docente em Matematica e Ciências. Caracas
- Hewson, P.W. & Hewson, M.G.- 1987 - Science teachers conceptions of teaching: implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, V. 9(4) pp. 425-440.
- McDermott, L.C.- 1990 - A Perspective on teacher preparation in physics: the need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, V. 58(8), pp.734-742.
- Pacca, J.L.A. - 1992 - O profissional da educação e o significado do planejamento escolar: problemas dos programas de atualização. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, V. 14(1) pp.39-42.
- Pacca, J.L.A. & Villani, A.- 1991 - Difficulties of Teachers in Teaching the Law of the Inertia. **Proceedings International Conference GIREP: Teaching about Reference Frames: from Copernicus to Einstein** Torun pp. 387-391
- Pacca, J.L.A. & Villani, A.- 1992 - Estratégias de ensino e mudança conceitual na atualização de professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, V. 14(4) pp. 222-228.
- P.S.S.C.- 1960 - *Physics*. Physical Science Study Committee D.C. Heath and Company, Boston.
- Tobin, K & Espinet, M.- 1989 - Impediments to change: Applications of coaching in high-school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, V. 26(1) pp. 105-120.
- Villani, A.- 1991 - Planejamento escolar: um instrumento de atualização dos professores de ciências. *Revista de Ensino de Física* V. 13, pp.162-177
- Villani, A. & Pacca, J.L.A.- 1991 - Difficulties for Comprehension of the Law of the Inertia. **Proceedings International Conference GIREP: Teaching about Reference Frames: from Copernicus to Einstein**.- Torun pp.382-386.

- Villani, A. & Pacca, J.L.A.- 1992 - Teoria e Prática Didática na Atualização de Professores de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, V. 14(2) pp 113-119.
- Zalamea, E. & Paris, R.- 1989 - Saben los maestros la física que enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, V. 7(3) pp.251-256.