

A IMPORTÂNCIA DA TEORIA DE MUDANÇA CONCEITUAL
NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: A APLICABILIDADE
DO MODELO PSHG NA DIDÁTICA

por

Francisco Cordeiro Filho

Tese Apresentada à
Faculdade de Educação
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Como Requisito Parcial à Obtenção do
Título de Doutor

Março, 1992

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIENCIAS HUMANAS
FACULDADE DE EDUCACAO

A tese "A IMPORTÂNCIA DA TEORIA DE MUDANÇA CONCEITUAL
NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: A APLICABILIDADE
DO MODELO PSHG NA DIDÁTICA"

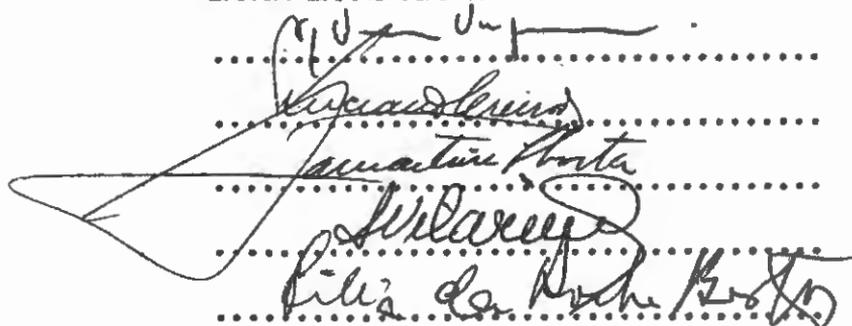
elaborada por FRANCISCO CORDEIRO FILHO

e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora, foi aceita pela
Faculdade de Educação e homologada pelo Conselho de Ensino para Gradu
ados e Pesquisa, como requisito parcial à obtenção do título de

DOUTOR EM EDUCACAO

Data 17 de março de 1992.

BANCA EXAMINADORA


.....
.....
.....
.....
.....
.....

Aos meus licenciandos de Física
André, Claudia, David e Ladário
pela lealdade, colaboração e compe
tência.

AGRADECIMENTOS

Quero registrar meu reconhecimento aos membros da Banca Examinadora:

Dr. Ney Vernon Vugman, professor do Instituto de Física da UFRJ, orientador, cujo conhecimento substantivo de Física, segurança e disponibilidade me permitiram o desenvolvimento do estudo.

Dra. Lucia Regina Goulart Vilarinho, professora da Faculdade de Educação da UFRJ, co-orientadora, cujo conhecimento substantivo de Didática e Prática de Ensino, aliado a suas sugestões e dedicação, foram valiosos para a elaboração de minha tese.

Dra. Lília da Rocha Bastos, professora da Faculdade de Educação da UFRJ, pela amizade e recomendações metodológicas que se tornaram muito importantes para a realização da minha pesquisa.

Dr. Luciano José de Fonseca Pereira, professor do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, pelo espírito de colaboração e solidariedade.

Dr. Lamartine Pereira da Costa, professor da Universidade do Rio de Janeiro, pelo incentivo e disponibilidade.

Agradecimentos especiais são devidos à Dra. Marcia Magalhães Gomes, professora da Faculdade de Educação da UFRJ, co-orientadora e suplente da Banca Examinadora, pela inestimável contribuição ao longo de todo o estudo, conhecimento substanti

vo sobre a Teoria da Aprendizagem como Mudança Conceitual e elaboração da estratégia utilizada neste estudo.

Agradecimentos ainda são devidos ao Dr. Alexandre Malta Rossi, professor do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, que tão gentilmente aquiesceu em participar como suplente da Banca Examinadora; à Dra. Thereza Penna Firme, Diretora Adjunta de Pós-Graduação da FE/UFRJ, pelo incentivo, apoio e condições facilitadoras oferecidas; à Ignez de Souza Campos, amiga de sempre e assessora técnica da Secretaria de Pós-Graduação, por seu incentivo constante em todos os momentos da pesquisa; aos profs. Eloi Franca de Andrade (CAp/UFRJ) e Antonio Fernando Tavares Pereira (FE/UFRJ), pelo apoio humano e logístico imprescindível ao desenvolvimento da tese; à Rosângela Martins Gomes Campos, Secretária do Curso de Pós-Graduação, pela orientação e colaboração tão presentes quanto aos aspectos administrativos; aos licenciandos de Didática Geral (91/2) das turmas EDO e EDP, pela participação sem a qual o estudo não poderia ser concluído; à minha amiga e datilógrafa Olívia B. Lima Silva, pela sua compreensão e tolerância face à exiguidade dos prazos.

SUMÁRIO

O estudo se propôs a: (a) aplicar a alunos de Licenciatura em Física da FE/UFRJ uma estratégia baseada no modelo PSHG com vistas à reorganização/construção de conceitos nessa área que não correspondiam à concepção científica; e (b) avaliar os efeitos da aplicação dessa estratégia, através da Prática de Ensino desses licenciandos.

Participaram do estudo quatro licenciandos de Física inscritos nas disciplinas Didática Especial de Física I e II e Prática de Ensino de Física, oferecidas no 1º e 2º semestres de 1991.

A estratégia foi utilizada em dois momentos: (a) primeiro para que os licenciandos reorganizassem/construíssem conceitos de Física em nível de 2º grau; e (b) na Prática de Ensino destes licenciandos que levaram alunos de Didática Geral de diferentes áreas de conhecimento a construírem, através da estratégia, os conceitos de Energia e Inércia.) Na avaliação dos efeitos da aplicação da estratégia aos licenciandos de Física, foram considerados três tipos de indicadores: (a) "crescimento" de cada licenciando de Física, considerando a vivência da estratégia como aluno, a aprendizagem da Teoria de Mudança Conceitual, bem como da estratégia baseada no modelo PSHG e a aplicação da mesma ao ensino dos conceitos de Energia e Inércia a duas turmas de alunos de Didática Geral; (b) a apreciação realizada pelos licenciandos de Física sobre as expe

riências vivenciadas ao longo do estudo; e (c) a avaliação dos licenciandos de Didática Geral, tanto em relação aos efeitos sentidos quando do ensino dos conceitos de Energia e Inércia, quanto da possibilidade de utilização da estratégia nas disciplinas de suas áreas de conhecimento.

Os resultados do estudo sugeriram: (a) que a estratégia aplicada é capaz de promover a reorganização/construção de conceitos tanto em Física quanto nas demais disciplinas que lidem com conceitos; e (b) que a mesma deva ser ensinada nos Cursos de Formação de Professores, particularmente nas disciplinas Didática e Prática de Ensino.

ABSTRACT

The purpose of this study was: (a) to use a strategy based on the PSHG model with Physics students working toward a teaching credential in this area, aiming at reorganizing or construct their concepts which did not correspond to the scientific ones; and (b) to evaluate the effects of the strategy through the students' teaching practice.

Took part in the study four Physics students enrolled in Physics Special Didactics, Physics I and II and Supervised Teaching Practice, offered in the first and second semesters of 1991.

The strategy was developed in two moments: (a) first to let the Physics students to reorganizing or construct Physics concepts at the senior high school level; and (b) to have them take students from different areas of knowledge, enrolled in the course General Didactics, to build the concepts of Energy and Inertia, using the strategy based on the PSHG model. In the evaluation of the strategy effects, three types of indicators were used: (a) improvement of the Physics students, considering their experience with the strategy as both students and future teachers; (b) their opinions about the process they experienced; and (c) the evaluation of the General Didactics students as to the effects of having been taught the two Physics concepts by the strategy based on the PSHG model, as well as to

the application of the strategy in their own areas of knowledge.

The results of the study suggested that: (a) the strategy is able to help building concepts not only in Physics but also in other areas of knowledge; and (b) the strategy must be taught in Teacher Preparation Courses, particularly in General Didactics and Supervised Teaching Practice.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS	ix
Capítulo	
I. O PROBLEMA E A METODOLOGIA	1
O Problema	
Objetivo e Justificativa do Estudo	
Questões Investigadas	
Definição de Termos	
Metodologia	
Procedimentos	
II. QUADRO TEÓRICO	13
A Formação dos Professores	
Teoria de Aprendizagem por Mudança Conceitual	
III. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO	50
1ª Etapa: A Sondagem dos Conceitos Prévios dos Licenciandos de Física	
2ª Etapa: Encontros Visando a Aplicação da Estratégia Baseada no Modelo PSHG	
3ª Etapa: Construção com os Licenciandos de Física da Teoria de Aprendizagem Como Mudança Conceitual, Bem Como da Estratégia Baseada no Modelo PSHG	
4ª Etapa: As Entrevistas Individuais Com os Licenciandos de Física	
5ª Etapa: Preparação dos Licenciandos de Física para Atuarem na Prática de Ensino	
6ª Etapa: Aplicação por Parte dos Licenciandos de Física da Estratégia Baseada no Modelo PSHG aos Alunos de Duas Turmas de Didática Geral, Construindo com Eles os Conceitos de Energia e Inércia	
7ª Etapa: Avaliação do "Crescimento" de Cada Licenciando de Física pela Equipe de Professores que Acompanhou o Estudo	
IV. RESULTADOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
Resultados	
Conclusões	
Recomendações	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXO	114

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. Caracterização dos Licenciandos de Física ...	9

CAPÍTULO I

O PROBLEMA E A METODOLOGIA

O Problema

Introdução

Um dos temas mais discutidos ultimamente nos setores ligados à educação brasileira se refere à baixa qualidade do ensino oferecido em todos os níveis pelas diferentes instituições.

Vários têm sido os fatores considerados como responsáveis por essa baixa qualidade, destacando-se entre esses a formação inadequada dos professores.

Para Severino (1991), a formação dada nos cursos de licenciatura, apesar dos avanços da pesquisa científica e da reflexão teórica no âmbito do conhecimento dos fenômenos sócio-educacionais, tem sido alvo de severas críticas pela limitada eficácia dos profissionais de ensino na atual conjuntura brasileira. Para o autor:

Encarada sob sua ampliada expressão quantitativa nos últimos decênios, a educação sistemática ofertada à população dá a impressão de que só incorporou os defeitos da massificação, não conseguindo incorporar as vantagens da democratização. (p.29)

Corroborando essa mesma posição, Ribeiro e Fletcher

(1987) afirmam que a problema da educação brasileira só será sanado se houver por parte das autoridades investimentos suficientes para atender às exigências de melhoria da qualidade do ensino.

Mello (1986) acredita que, em determinadas condições, a quantidade possa vir a gerar qualidade. Para que essa passagem ocorra, torna-se necessária a intervenção da vontade e da intenção humanas exercidas no contraditório espaço de relativa autonomia da educação escolar.

O educador, entretanto, geralmente não percebe a importância de sua participação nesse espaço. Gadotti (1984), ao invés de considerar o educador como impotente para provocar transformações, acredita que este não pode renunciar ao papel de dirigente da ação pedagógica. Assim, a problemática educacional orbita em torno de uma questão de poder, que foi ignorada por longo tempo pelos educadores brasileiros, mas que exige urgente revisão crítica. Elaborando essa idéia, o autor assim se expressa:

O educador consciente dos limites de sua ação pedagógica, procura educar-se educando, aprender ensinando, sem renunciar ao risco de indicar um caminho. A falha fundamental de algumas pedagogias chamadas não-diretivas consiste exatamente nisso: na renúncia ao que é esencial à tarefa pedagógica, isto é, assumir o risco de indicar uma direção a seguir. É um risco porque o educador pode errar e, caso descubra que está errado, terá que modificar sua orientação. (p.77)

De acordo com esse posicionamento, Saviani (1991) afirma que no período autoritária a educação brasileira sofreu sérias distorções, pois secundarizou o trabalho do professor em

sala de aula em relação à importância de uma imensa máquina burocrática. A partir de 1982, apesar de terem surgido medidas em nome de uma abertura política, esse quadro não se alterou.

Santos Filho (1990) diz que ocorre um desequilíbrio quantitativo na busca de profissões. Profissões socialmente necessárias como a do magistério são preteridas pelos jovens, que preferem as que proporcionam maiores expectativas de ganhos ou de maior prestígio social.

Correlacionando-se a deterioração da carreira de magistério com a precariedade da formação oferecida pelos cursos de licenciatura, concluiu-se pela necessidade de uma reformulação dos mesmos, onde tanto o conteúdo específico quanto o pedagógico venham a atender ao perfil do docente que se quer formar.

A questão que se coloca para aqueles que lidam diretamente com a formação de professores, segundo Severino (1991), implica:

o desenvolvimento harmonioso de três grandes perspectivas que se impõem com a mesma relevância, que se distinguem mas ao mesmo tempo se implicam mutuamente, que só produzem seu resultado se atuando convergente e complementarmente. Estas três dimensões são a dos conteúdos, a das habilidades didáticas e das relações situacionais. (p.33)

No caso específico desse estudo, a ênfase foi dada às habilidades didáticas, o que não significa o isolamento dos outros fatores. Concordamos com Severino (1991) que o exercício do magistério não poderá colocar-se sobre bases espontaneístas e amadorísticas, uma vez que:

impõe-se a este respeito um resgate da técnica enquanto recurso de organização e condução de atividade fundada na ciência. Estamos diante de uma nova mediação no processo de conscientização, o que dá extrema importância e muita responsabilidade à Didática na formação e na atividade profissional do educador. (pp.34,34)

Inserida na problemática da formação de professores está a questão do ensino da Física. Acreditamos que não seja o desconhecimento do conteúdo o principal fator impeditivo de sua aprendizagem, mas sim a utilização de estratégias inadequadas para promovê-la. A reprovação de alunos do 2º grau nesta disciplina vem atingindo índices que podem ser considerados alarmantes.

A constatação da dificuldade de compreensão dos conceitos básicos da Física por parte de alunos do 2º grau, professores e mesmo especialistas nesta área tem sido objeto de pesquisas (Mc Dermott, 1984 e 1990 e Reif, 1987, entre outros).

Fatos relacionados à Física, que fazem parte do cotidiano dos alunos, são por eles interpretados antes que tenham acesso aos conhecimentos científicos. Essas interpretações não científicas constituem o que foi denominado de misconceptions, pensamento natural, concepções espontâneas, intuitivas e, mais recentemente, concepções alternativas. Examinando esses construtos, optamos por "concepção alternativa" por acreditarmos, como Zylbersztajn (1985), que essas noções são "mediadas socialmente, o que lhes tira o caráter espontâneo ou intuitivo" (p.88).

Viennot (1979) percebeu que essas concepções prévias são extremamente resistentes à mudança e que a dificuldade nas

construções dos conceitos da Física está relacionada à incapacidade dos alunos em passarem das concepções alternativas para os conceitos científicos, não se verificando, portanto, a aprendizagem, ou seja, a mudança conceitual.

Dentre os modelos elaborados para provocar a mudança conceitual pode ser destacado o que ficou conhecido por PSHG (Posner, Strike, Hewson, Gertzog, 1982) como o que, até o momento, dentro dos limites de nosso conhecimento, apresentou resultados mais promissores (Driver & Erickson, 1983; Duit, 1988; Hashweh, 1986, entre outros).

O fato de termos participado, ao longo do ano de 1990, da Prática de Pesquisa "Ensino-Aprendizagem: Uma Nova Abordagem" no Curso de Pós-Graduação em Educação na Faculdade de Educação (FE) da UFRJ permitiu que vivenciássemos, tanto como discente, quanto como docente, os resultados da aplicação de uma estratégia baseada no modelo PSHG. Esta experiência nos convenceu da importância do modelo PSHG para o ensino da Física e, por atuar junto a licenciandos de Física como professor de Didática Geral, Didática Especial e Prática de Ensino de Física, consideramos pertinente um estudo que disseminasse a estratégia entre futuros docentes.

Objetivo e Justificativa do Estudo

O estudo se propôs a: (1) aplicar, a alunos da Licenciatura em Física da FE/UFRJ, uma estratégia baseada no modelo PSHG (Gomes, 1991), com vistas à reorganização/construção de conceitos nessa área que não correspondessem à concepção cien

tífica; e (2) avaliar os efeitos da aplicação dessa estratégia, através da Prática de Ensino desses licenciandos, na medida em que tais conceitos fossem explorados com alunos que possuísem conhecimento de Física em nível de 2º grau.

A escolha dessa pesquisa originou-se dos seguintes fatores: (a) da nossa percepção das dificuldades, tanto de alunos de 2º grau quanto de licenciandos, em lidar conceitualmente com os fenômenos físicos; (b) da verificação sistemática das deficiências manifestadas pelos licenciandos em Física da UFRJ ao trabalharem conceitualmente com os conteúdos de sua área ao longo do curso de graduação; (c) da constatação da importância de divulgações de estudos realizados em níveis nacional e internacional sobre concepções alternativas e mudança conceitual; e (d) da observação do desconhecimento por parte da grande maioria dos professores de Física dessas pesquisas.

Questões Investigadas

- (a) Os licenciandos de Física, matriculados na disciplina Didática Especial de Física I e Prática de Ensino apresentaram concepções alternativas sobre os conceitos básicos da Física em nível de 2º grau?
- (b) O uso da estratégia baseada no modelo PSHG favoreceu a mudança conceitual — quer por acomodação quer por assimilação — das concepções alternativas apresentadas pelos licenciandos de Física?

- (c) Os licenciandos de Física conseguiram construir com alunos com conhecimentos de Física em nível de 2º grau os conceitos acomodados ou assimilados, através da estratégia fundamentada no modelo PSHG?
- (d) Como foi percebida a estratégia utilizada neste estudo tanto pelos licenciandos quanto pelos alunos em nível de 2º grau em Física (sob aspectos cognitivo e afetivo)?

Definição de Termos

Para efeito deste estudo, os termos-chave foram assim definidos:

Concepção científica. Representação mental de um determinado fenômeno físico que se enquadra nas normas de um paradigma vigente.

Concepção alternativa. Representação mental de um fenômeno físico que os indivíduos constroem no ambiente natural e social, que não corresponde a uma concepção científica e é extremamente resistente à mudança.

Assimilação. Processo pelo qual um novo conteúdo é incorporado sem entrar em choque com os conceitos que o indivíduo possui em sua ecologia conceitual (Posner et alii, 1982).

Acomodação. Processo pelo qual, após um conflito conceitual, um novo conceito substitui conceito(s) antagônicos(s) existente(s) na ecologia conceitual do indivíduo (Posner et alii, 1982).

Mudança conceitual. Processo pelo qual os indivíduos

incorporam uma concepção científica à sua ecologia conceitual, quer por acomodação, quer por assimilação (Posner et alii, 1982).

Metodologia

Participaram do estudo quatro licenciandos de Física inscritos nas disciplinas Didática Especial de Física I e II e Prática de Ensino de Física, oferecidas ao longo do 1º e 2º semestres de 1991 pela Faculdade de Educação da UFRJ, bem como alunos com conhecimentos de Física em nível de 2º grau inscrititos em duas turmas de Didática Geral da Formação Pedagógica da mesma instituição, sob nossa regência.

A investigação se caracterizou como Estudo de Caso, posto que buscou avaliar o "crescimento" de cada um dos quatro licenciandos submetidos à estratégia, de forma aprofundada.

Uma intenção inicial de aplicar a estratégia fundamentada no modelo PSHG a alunos do 2º grau do Colégio de Aplicação da UFRJ não pôde ser concretizada, em virtude da longa greve de professores e funcionários da UFRJ, ocorrida em 1991, que desarticulou os períodos letivos das duas instituições, impedindo o desenvolvimento do trabalho, como fora previsto.

A caracterização dos licenciandos segundo sua formação acadêmica é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1

Caracterização dos Licenciandos de Física

Licenciando.	Nível de Formação Acadêmica		
	Graduação		Pós-Graduação em Física
	Licenciatura	Bacharelado	
A	em curso	concluído	em fase de conclusão
B	em curso	concluído	ingresso (1º lugar)
C	em curso	—	—
D	em curso	—	—

A composição do grupo dificultou a realização do estudo, em virtude do nível de formação acadêmica em Física dos licenciandos ser atípica (dois com bacharelado completo e envolvidos com o Mestrado em Física do CBPF — um deles em fase de conclusão de sua dissertação e o outro aprovado em 1º lugar no exame de seleção para ingresso na instituição; os outros dois cursando exclusivamente a licenciatura). Por outro lado, o trabalho foi beneficiado pelas seguintes razões: (a) a mudança da amostra de alunos de 2º grau para licenciandos de diferentes cursos, que faziam a Didática Geral sob nossa regência propiciou a estes a vivência de uma nova estratégia de ensino; (b) o fato de sermos responsável pelas disciplinas Didática Especial de Física I e II, Prática de Ensino de Física e Didática Geral assegurou-nos a liberdade necessária à implementação da estratégia, bem como o acompanhamento de todo o processo; e (c) a presença de três especialistas em nossa orientação de tese,

a saber, um em Física, outro em Didática e o terceiro em Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual proporcionou valiosos subsídios ao desenvolvimento do estudo.

Procedimentos

Através da estratégia, procuramos construir, com os licenciandos, os conceitos básicos de Física lecionados em nível de 2º grau, conceitos esses que observamos apresentar algum tipo de deficiência. Para esse fim, foi feita uma sondagem conceitual através de instrumento escrito, com perguntas abertas, para diagnosticar a existência de concepções alternativas (Anexo I)..

Após a análise das respostas dos licenciandos, realizada com a supervisão do professor especialista em Física, passamos a desenvolver o trabalho com o grupo, que constou das seguintes etapas: (a) discussão das concepções apresentadas pelos licenciandos, visando o confronto das mesmas com as concepções científicas, provocando, assim, insatisfação com os conceitos errôneos ou incompletos; (b) apresentação do conceito científico, com ênfase na inteligibilidade, plausibilidade e fecundidade do mesmo.

Ao longo dessas etapas verificou-se que a incidência de deficiências nas respostas apresentadas pelos licenciandos foi muito grande, ou seja, a maioria dos conceitos apresentou lacunas, erros, inadequações e/ou imprecisões. Face a essa situação, o tempo disponível para os encontros se tornou insuficiente para que fossem solucionadas as várias dificuldades, não

só em relação aos conteúdos propriamente ditos, mas também so bre a forma pela qual os licenciandos se expressaram sobre os mesmos. Além disso, a presença dos professores especialistas em Física e em Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, pelo fato de não terem explicitado, inicialmente, seus papéis no estudo, contribuiu para o agravamento do problema.

Após essas etapas iniciais, buscamos construir, com os licenciandos, a Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, bem como a estratégia baseada no modelo PSHG. Esse trabalho foi desenvolvido com o grupo através da leitura prévia de tex to sobre os fundamentos da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual e, mais especificamente, sobre o modelo PSHG, segu ida de discussão em sala de aula.

Posteriormente, foram realizadas entrevistas indi duais para levantamento da história acadêmica de cada um dos licenciandos, a fim de identificar os possíveis motivos das di ficuldades encontradas em lidar conceitualmente com a Física. Em seguida, houve a apresentação, por parte dos licenciandos, de situações simuladas, nas quais a estratégia proposta foi aplicada. Dando prosseguimento, os licenciandos aplicaram a estratégia nas turmas de Didática Geral, construindo com os alu nos os conceitos de inércia e energia.

Os encontros do grupo foram gravados em vídeo e conta ram com a participação dos professores especialistas do Insti tuto de Física e da Faculdade de Educação da UFRJ.

Após cada encontro, discutiram-se as percepções sobre o andamento das práticas. Todos esses procedimentos objetiva

ram proporcionar maior rigor à descrição do processo.

A avaliação do trabalho desenvolvido, após as entrevistas, tornou-se mais espontânea: os licenciandos passaram a se expressar livremente, sem censura, sobre todos os aspectos que haviam considerado importantes, quer positivos, quer negativos. Além disso, apontaram os fatores que acreditavam ter prejudicado o trabalho, bem como estabeleceram críticas bastantes pertinentes sobre tudo o que ocorrera. Tais aspectos são melhor detalhados no Capítulo III.

Os planejamentos dessas aulas foram por nós acompanhados.

No término da experiência, os licenciandos elaboraram relatórios descrevendo e avaliando todas as atividades realizadas. De posse das descrições das etapas e de seus resultados, com o objetivo de atribuir maior confiabilidade a estes (Lincoln & Guba, 1985), os submetemos à apreciação de todos os participantes, com eles discutindo.

CAPÍTULO II

QUADRO TEÓRICO

O presente capítulo está dividido em duas seções. A primeira — A Formação dos Professores — discute: (a) Papéis das Didáticas Geral e Especial e da Prática de Ensino; (b) Didática das Ciências; e (c) Modelos de Ensino que Favorecem a Aprendizagem da Física. A segunda seção caracteriza a Teoria de Aprendizagem por Mudança Conceitual: o Modelo PSHG, destacando: (a) O papel das Concepções Alternativas; (b) Visão Construtivista; e (c) Modelo PSHG em Sala de Aula.

A Formação dos Professores

Existem diversos fatores que contribuem para a baixa qualidade do ensino ministrado em nossas instituições educacionais e que são consequência da ausência de políticas que atendam às necessidades básicas das comunidades que utilizam o sistema escolar. Neste contexto, a figura do professor pode ser destacada como principal elemento capaz de alterar esse quadro. Gómez (1987) aponta a importância da formação desse profissional como o centro de discussões na maioria dos países ocidentais, o que tem originado a criação de comissões de alto nível visando a identificação de situações-problema e a elaboração de propostas de atuação e reformas dos sistemas formadores de pro

fessores, considerados anacrônicos e insatisfatórios. Fala também Gómez (1987):

A formação do professorado não pode ser considerada um âmbito autônomo de conhecimento e decisão. Pelo contrário, as orientações adotadas ao longo da história se encontram profundamente determinadas pelos conceitos de escola, ensino e currículo, que prevalecem em cada época. (p.1)

A constatação do distanciamento entre a produção acadêmica na área da pesquisa educacional em relação ao cotidiano das escolas tem postergado as possíveis soluções que poderiam favorecer a melhoria da qualidade docente. Para Tom (1985), as ciências fundamentais que contribuem para a prática docente produzem um conhecimento fragmentado e sofisticado de significação escassa para os profissionais.

Yinger (1986) afirma que é o estudo e a análise da situação de ensino que deve ser a base de processo de formação do professor e não o conhecimento proporcionado pelas ciências básicas. Os programas de formação devem estar dirigidos à Prática de Ensino e, portanto, questionar e aprofundar os esquemas conceituais, problemas e intuições que germinam nas discussões de sala de aula.

Gómez (1987) enfatiza:

O pensamento prático do professor, por seu caráter holístico, idiossincrático e criador, não pode ser ensinado, porém pode ser apreendido. Aprende-se fazendo e refletindo em e sobre a ação e através da "prática" e do currículo acadêmico que a circunda, podendo-se ajudar a desenvolver conscientemente o pensamento prático. Este processo de formação e treinamento através da prática deve adotar a forma de uma reflexão em ação recíproca e conjunta entre professor e aluno. (pp.25-26)

Corroborando esse posicionamento, Penteado (1988) afirma que a dicotomização entre o fazer pedagógico e o fazer científico reduz substancialmente a importância do primeiro em relação ao segundo, ou seja: (a) ao colocar o primeiro como mero canal de divulgação ou aplicação do segundo; (b) ao eliminar o poder de questionamento do primeiro em relação às teorias elaboradas no segundo, mesmo quando estas não são capazes de explicar situações do cotidiano; (c) ao acentuar o distanciamento do segundo em relação ao cotidiano fugindo, assim, ao compromisso precípua da ciência de explicá-lo e, ao invés disso, sofisticando teorias muito elaboradas que servem apenas para situações raras; e (d) ao confundir o primeiro com modelos complexos construídos pelo segundo e não esclarecendo, assim, suas dificuldades, contribuem apenas para exacerbá-las.

O posicionamento dessa autora explicitado na citação: "Ciência da Educação ou Pedagogia/Prática de Ensino e Didática: dois lados da mesma moeda" (p.8), parece incompleto e incoerente com sua colocação anterior, quando não inclui o fazer científico nessa assertiva e quando não sugere a forma que parece ser mais coerente de orientar a sequência das disciplinas que compõem a formação do professor. Nesse sentido, consideramos que o futuro professor deveria ter concomitantemente os conteúdos específicos e os da educação ensinados através de uma didática que não conflituasse com aquela que encontrará nas Didáticas Geral e Especial e que alcançará sua culminância ao ser aplicada em situações concretas de sua Prática de Ensino. Já em outra parte de sua obra, Penteado (1988) resgata uma visão

de Didática e Prática de Ensino bastante adequada, ou seja:

Didática, corpo teórico de conhecimento produzido a partir de situações de ensino vivenciadas pela prática e/ou por pesquisas efetuadas no campo da educação. Prática de Ensino, o conjunto de condutas e procedimentos pedagógicos, vivenciados e experienciados dentro das instituições escolares, as quais organizam a escola de primeiro e segundo graus, tendo início na tomada de conhecimento da realidade em que se vai atuar (referencial imprescindível da conduta pedagógica a se adotar) e terminando na reflexão sistemática a respeito dos processos desenvolvidos e resultados constatados. (p.8)

Elias (1988), ao discorrer sobre a relação teoria-prática, aprofunda o tema. A autora afirma que:

... toda e qualquer prática está informada explícita ou implicitamente por pressupostos teóricos. A reflexão sobre a prática, sua análise e interpretação constrói a teoria, e retorna à prática para esclarecê-la e aperfeiçoá-la. Assim, para nós, há uma teoria da prática — uma teoria que tentamos construir com nossos alunos, futuros professores, a partir dos dados que eles nos trazem de sua própria prática ou do estágio vivenciado — e uma prática da teoria, que procuramos orientar a partir de uma teoria cientificamente comprovada, analisada e discutida. É bom deixar claro que não se trata de deixar de lado as informações teóricas existentes ou de realizar um novo caminho já percorrido pelas ciências que as elaboraram, mas redescobri-las analisando-as em face da prática pedagógica existente em nossas escolas... O que poderia contribuir mais para a formação de um educador do que refletir sobre a realidade que observa e depois retornar a essa mesma realidade para inová-la e transformá-la, reinterpretando-a, mesmo que ainda nesse momento fique apenas em nível de plano, sem condições de execução prática... (p.26)

Ampliando a compreensão da formação do educador, Fazenda (1988) questiona o papel da Prática de Ensino — cabe a ela apenas melhorar as condições de ensino ou ter como preocupação básica a recuperação do "ser professor" — trata apenas da ques

tão epistemológica (relativa aos conteúdos científicos relacionados à Prática de Ensino) ou se preocupa também com os aspectos psicossociológicos relacionados à função dos professores? Nesse sentido, ou seja:

Atuar com o educador pressupõe uma sensibilidade em reconhecer a limitação de seu universo acadêmico, de reconhecer inclusive que ciência não se fez num momento, mas é produto de um processo histórico, de que a ciência caminha em múltiplas direções. O papel da Prática de Ensino, nesse sentido, seria a busca de um diálogo interdisciplinar com as diferentes ciências, numa tentativa de analisar, tentar compreender e propor soluções para os impasses do dia a dia do trabalho escolar — aí então estaria a grandeza de sua proposta, de seu compromisso e não na busca de um espaço acadêmico que visaria apenas minimizar as mazelas de um ensino deficitário que se utiliza de variados e múltiplos artifícios para tanto. (p.14)

Apontando o relacionamento entre a Prática de Ensino e a Didática, Krasilchik (1988) comenta que uma:

... ponte a ser estabelecida pelo professor de prática de ensino é a de sua disciplina com as disciplinas pedagógicas. Dentre estas destaca-se a didática, porque os cursos são concomitantes. Como é necessário o professor de prática de ensino basear sua formação na área em que vai ensinar no campo educacional, sua formação é descrita como sendo deficiente, um "delgado verniz pedagógico", o que não lhe permite atender de forma adequada às necessidades de formação integral de seus alunos. Estes, por sua vez, reclamam das aulas de psicologia e de forma mais insistente de didática, pela alienação dos problemas concretos que terão que enfrentar quando de seu trabalho nas escolas. (p.33)

Os argumentos até aqui apresentados convergem para uma valorização e destaque da Prática de Ensino apoiada nas Didáticas Geral e Especial. Estas disciplinas deverão estar comprometidas não só com a contextualização do papel do profes

sor como também com a instrumentalização de recursos que facilitem sua atuação nas mais diversas situações.

Papéis da Didática Geral e Especial e da Prática de Ensino na Formação de Futuros Professores

Os papéis desempenhados tanto pelas Didáticas Geral e Especial quanto pela Prática de Ensino na formação dos futuros professores são inegavelmente de grande relevância, uma vez que criam oportunidades para que os alunos reflitam sobre os conteúdos específicos de suas áreas em interação com os conteúdos pedagógicos.

Candau (1985) corrobora esta posição, ressaltando, entretanto, a existência de questionamentos sobre a importância da Didática como, por exemplo, os de M. Salgado, que alega a prevalência do conteúdo específico para a formação do professor. Este posicionamento de que o professor, apenas porque conhece bem a estrutura intrínseca de sua matéria, consegue apresentá-la, usando essencialmente preleções, não pode ser mais aceite. Esta situação, entretanto, é a que mais se constata na maioria das salas de aula, quer de primeiro, segundo ou terceiro graus. O que vem sendo falado, discutido e escrito sobre aprendizagem quase sempre fica limitado à "teoria" e quase nunca é aplicado na "prática".

Segundo Candau (1985), para que a Didática seja conscientemente trabalhada é necessário que assuma como perspectiva fundamental a articulação de suas três dimensões: (a) técnica; (b) humana; e (c) política.

Continuando, a autora enfatiza que a Didática deve partir de uma análise da prática pedagógica contextualizada, procurando repensar as dimensões técnicas e humanas. Afirma ela que:

Nesta perspectiva, a reflexão didática parte do compromisso com a transformação social, com a busca de práticas pedagógicas que tornem o ensino de fato eficiente (não se deve ter medo dessa palavra) para a maioria da população. Ensaia. Analisa. Experimenta. Rompe com uma prática profissional individualista. Promove o trabalho em comum de professores e especialistas. (p.21)

Luckesi (1985) critica a forma pela qual acredita que a Didática vem sendo trabalhada. Segundo o autor:

A discussão de "como" fazer alguma coisa (no caso, a educação), desligada do "o que" fazer conduz a um equívoco teórico/prático muito grande. Aprende-se o caminho que conduz a algum lugar, sem saber para onde ir... Essa separação entre teoria e prática, entre o "que fazer" e "como fazer", conduz a distorções. (p.29)

Defendendo também este posicionamento, ou seja, a maneira inadequada pela qual a Didática é apresentada em cursos de formação de professores, Rays (1985) afirma que esta "apresenta uma característica marcante por seu conteúdo enfatizar uma preocupação de caráter estritamente prático" (p.39).

O que temos observado ultimamente, ao menos na Faculdade de Educação da UFRJ, é a preocupação dos docentes ligados à Formação Pedagógica com uma visão bem mais abrangente da Didática na qual os futuros professores devem ser preparados para enfrentar a dura realidade do quadro educacional vigente.

Para Riedel (1981):

O objeto da Didática é o ensino. O ensino existe para preparar alunos, ou seja, futuros membros de uma comunidade e, além disso, capacitá-los para mudarem esta comunidade na medida em que esta ainda não satisfaz de forma "ideal" às necessidades de seus membros. (p.3)

Silveira (1988) considera de extrema importância que o professor tenha consciência de si mesmo como profissional e pessoa. A forma "pela qual o educador encara o seu trabalho e o seu papel na sociedade é essencial na definição de sua didática" (p.45).

Segundo a autora:

Delimitar uma didática é, antes de mais nada, definir uma postura perante o mundo, a profissão e em relação a si mesmo. É imprescindível gostar do que se faz, ter disposição de estar sempre envolvido num processo de realimentação de sua formação, e na luta pela reconcepção do papel do educador e da educação. (p.45)

Para que a formação do futuro professor não se realize num nível meramente tecnicista ou de simples competência no domínio de conteúdos específicos é importante uma reflexão sobre a posição de Schmidt (1988) acerca do objeto de estudo da Didática. Para a autora, este objeto é o processo educativo:

A intenção é obter concomitantemente à aquisição de conhecimentos o desenvolvimento de habilidades e a adoção de atitudes mais adequadas ao desempenho do ser humano, o que exige inúmeras contribuições da psicologia, sociologia, biologia e filosofia.

A Didática deve fornecer elementos para o professor analisar criticamente a sua prática pedagógica, o que comprova não ser uma disciplina autônoma mas vinculada estreitamente às ciências da educação que lhe servem de base. (p.19)

Além dos papéis inerentes à Didática, destaca a auto

ra a importância de que esta preencha as lacunas existentes quanto aos conteúdos de filosofia, sociologia, psicologia, política educacional e outras, a fim de que os futuros professores tenham condições de identificar as ações que devem ser realizadas para que a escola desempenhe adequadamente suas funções.

Penin (1988) enfatiza o papel da Didática como disciplina síntese no curso de licenciatura pelo fato de permitir a reflexão em conjunto não só dos conceitos que introduz, como também dos tratados em outras disciplinas.

Especificando o papel desempenhado pelas Didáticas Geral e Especial que tem como o objeto o ensino, Boulos (1989) propõe os seguintes questionamentos: "Faz sentido pensar uma Didática que seja geral, ou as Didáticas Específicas respondem mais adequadamente ao problema de orientação do ensino?"(p.92). A autora encontra uma forma de conciliar a Didática Geral e as Didáticas Especiais, afirmando que:

... cabe à Didática Geral assegurar que os alunos sejam formados de acordo com uma concepção didática e pedagógica uniforme e coerente ou, em termos negativos, impedir que orientações didáticas e pedagógicas das várias disciplinas e formas de ensino apresentem-se desvinculadas umas das outras ou até em contradição entre si. (p.94)

Boulos (1989) enfatiza que a Didática Especial seria adaptada em função dos diferentes tipos de conhecimentos e das características dos sujeitos do processo de aprendizagem.

Se é na Prática de Ensino que ocorre a "culminância", ou seja, a concretização em situação real do que foi apreendi

do tanto em termos de conteúdo quanto de formação pedagógica, ela "não pode ser ensinada por uma Didática, mas só pode ser apreendida pela experiência" (Riedel, 1981, p.32).

Essa experiência, segundo Elias (1988), deve ser fecunda e plena de significado. Para a autora:

... a prática de ensino ... deve ser capaz de proporcionar ao futuro professor o desenvolvimento de estudos e experiências de diferentes metodologias em diversificadas realidades, visando não só o conhecimento, mas a busca de sua própria metodologia de trabalho. (p. 27)

Segundo Elias (1988), a participação dos futuros professores nos estágios supervisionados e nas atividades de prática de ensino é o melhor caminho para que se institucionalize a articulação entre o primeiro, o segundo e o terceiro graus e, assim, na discussão desses contextos, possam compreender melhor a realidade do país.

O contato dos estagiários com os vários níveis do sistema educacional deveria criar condições para a elaboração de projetos que envolvessem diversas instituições na busca de melhores condições para a atuação docente. O que ocorre na prática, no entanto, é, segundo a autora, um receio de que a presença do estagiário interfira no "bom andamento" da rotina escolar. Como consequência do limitado diálogo entre as estruturas de primeiro, segundo e terceiro graus é que os estágios ficam restritos a uma pequena amostra de escolas e o aprofundamento da relação estagiário/instituição se torna muito difícil.

Preocupada com essa situação, Elias (1988) concebe o

estágio supervisionado como uma oportunidade que deve ser aproveitada para aplicar todo o acervo de conhecimentos teóricos adquiridos, de forma a atender à realidade.

A compreensão e transformação dessa realidade deve ser acompanhada de estreita integração entre a teoria e a prática, apoiada na constante reflexão crítica dos métodos face às necessidades enfrentadas. Nessa perspectiva, enfatiza a autora:

... o estágio estará sendo um elo de ligação, que certamente culminará numa proposta de inovação criativa, de interferência, com vistas à mudança e à busca da qualidade do ensino. Teremos formado, assim, não somente mais um professor, mas o educador com domínio dos conhecimentos específicos e pedagógicos. (p.27)

Face às dificuldades enfrentadas pelos docentes, a Prática de Ensino deve estruturar-se tendo em vista o contexto dinâmico da realidade sócio-cultural que será enfrentado fora da universidade. Ainda segundo Elias (1988):

Seu alvo deve ser a população concreta que à escola chega e que por ela demanda, não o aluno ideal, não a criança dos livros e metodologias importadas, mas a criança e o jovem de nossa sociedade e de nossa cultura. (p.27)

Cabe ao professor de Prática de Ensino estabelecer vínculos com a Didática, a fim de utilizar ao máximo o tempo despendido pelos alunos na sua formação como professores. É indispensável que o professor de Prática de Ensino lance mão de toda a sua capacidade no campo da educação, em sua disciplina e como pesquisador, esteja apto para analisar a escola, o aluno, bem como o sistema educacional.

Essa competência na formação pedagógica deve incluir a teoria e a prática na educação como processos complementares que questionam estruturas inspiradas no empirismo autoritário, assistemático e fechado ao diálogo. Dessa forma poderá ser construída uma base sólida para que os futuros professores tenham uma autêntica concepção do significado da educação e da capacidade para colocá-la em prática. Por outro lado, compete ao professor de Prática de Ensino estabelecer canais de comunicação entre os vários segmentos das escolas de primeiro e segundo graus. Assim, eliminam-se dificuldades e desconfianças entre os profissionais que atuam nesses níveis, além de se proporcionar a viabilidade da elaboração de metodologias adequadas. Nesta perspectiva, destaca-se a posição de Krasilchik (1988):

... O professor de prática de ensino pode optar entre o confinamento em sua ilha ou construir caminhos que permitam sair abrindo um amplo campo de atividades, de forma a atender às necessidades de seus cursos e de seus alunos, dos futuros professores e do ensino de um modo geral. (p.34)

A formação de professores, na área das ciências, tem sido, nas últimas décadas, tema de sucessivos debates em nível nacional e internacional. As dificuldades enfrentadas para o ensino de ciências no primeiro e segundo graus têm acentuado a necessidade da busca de soluções para a precariedade da formação dos professores que atuam nesses níveis. Uma dessas dificuldades é a ausência de subsídios que favoreçam aos professores compreender como seus alunos se apropriam dos conhecimentos científicos.

Didática das Ciências

Segundo Host (1985), o objetivo da didática das ciências é "facilitar o processo de apropriação do pensamento científico considerando o objeto da aprendizagem — conceitos, métodos e atitudes — e as características do sujeito que aprende" (p.131). Algumas preocupações que atingem o aluno de Didática são destacadas pelo autor: (a) como se relacionam as teorias de aprendizagem com a ação pedagógica? ; (b) existe uma teoria mais adequada que outras para a aprendizagem científica? Propõe o autor uma orientação baseada em um princípio de interação, pois a apropriação do saber científico é uma atividade complexa, composta por etapas e aspectos muito diferentes. Destaca ainda o autor que:

O saber escolar não é um modelo reduzido da ciência dos cientistas, mas o produto de uma série de transposições didáticas que modificam a problemática relativa a um conceito específico e à organização do saber. O produto da transposição corresponde certamente a critérios epistemológicos característicos da disciplina, porém, as escolhas estão comumente orientadas de forma implícita por práticas sociais de referência: "o objeto do saber está historicamente situado e culturalmente marcado" (A.N.Perret - Clermont). Nas ciências, a transposição costuma desembocar num discurso formal ilustrado por situações pseudo-históricas, e em experiências confinadas no laboratório. (pp.166-167)

Esta colocação sobre a limitação do ensino das ciências à formalização de conceitos dissociados tanto do cotidiano dos alunos como da possibilidade de sua aplicação a situações emergentes reflete, com clareza, o que vem ocorrendo nas instituições de ensino.

A proposta de interação do professor de Ciências com

a situação escolar por ele vivenciada revelará certamente as características pedagógicas desta última, ajudando: (a) na identificação da natureza dos conteúdos e seus pré-requisitos; (b) no diagnóstico das possibilidades de aprendizagem em nível individual dos alunos; e (c) no levantamento da disponibilidade de recursos para facilitação da aprendizagem. A partir desse quadro, o professor poderá organizar melhor o seu trabalho e fazer suas opções metodológicas de forma mais fundamentada. O conteúdo científico, por outro lado, deverá ser trabalhado respeitando sua natureza epistemológica e as etapas de desenvolvimento cognitivo dos alunos, não deixando de considerar o acervo de concepções que fazem parte de sua bagagem sócio-cultural. Nesse sentido, Cobern (1990) refere-se aos estudos do desenvolvimento cognitivo dos alunos e dos erros que eles comumente apresentam, sem se deter, entretanto, sobre as crenças que eles possuem sobre o mundo que os cerca e que são alimentadas pelo seu ambiente sócio-cultural.

Host (1985) enfatiza que um obstáculo frequente à aprendizagem do aluno é um bloqueio na sua identificação com o professor: "Para alguns, a relação de ajuda pedagógica é percebida como uma relação de dominação e o diálogo é sempre interpretado como controle" (p.167). Cabe ao professor proporcionar ao aluno a confiança necessária à criação de uma atitude positiva frente à aprendizagem que desenvolverá no aluno, por sua vez, confiança em si próprio. A relação professor-aluno, particularmente no ensino das ciências, pode contribuir para a superação de dificuldades como a exposição dos alunos a um pro

cesso de discussão no qual as idéias poderão fluir sem qualuquer censura e gerar aprendizagens sucessivas.

No que se refere à relação entre a didática das ciências e as teorias de aprendizagem, Host (1985) coloca-a em dois níveis: (a) as teorias podem aplicar-se diretamente à ação pedagógica, promovendo a discussão crítica das hipóteses em que se fundamentam e estabelecendo um modelo coerente e a construção de instrumentos que permitam a observação e avaliação das práticas pedagógicas. As ciências não são suscetíveis "de uma codificação a priori por uma engenharia didática" (p.171); e (b) as teorias de aprendizagem podem proporcionar hipóteses de trabalho, métodos e dados mais sistemáticos para investigações em didática que atendam às especificidades da aprendizagem científica.

Para Tiberghien (1985), a didática das ciências só muito recentemente se constituiu como campo específico de conhecimentos e, conseqüentemente, como domínio de pesquisa em ensino.

Para Furió e Gil (1989), o ensino das ciências se debate hoje entre duas tendências consideradas errôneas pelos autores. São elas: (a) orientação centrada na transmissão de conhecimentos científicos; e (b) orientação centrada na preparação psico-pedagógica geral, esquecendo quase totalmente os conteúdos específicos. No que se refere à orientação centrada na transmissão de conhecimentos científicos, os autores denunciam o descompromisso com a preparação dos futuros professores, na medida em que os conteúdos específicos correspondentes são esq

truturados sobre modelos sofisticados e distantes da percepção dos estudantes. Enfatizam que os conceitos abordados nessa linha de formação são introduzidos de forma superficial e abstrata através de um ensino essencialmente expositivo e que não procura relacioná-lo com as estruturas conceituais dos alunos. Os trabalhos práticos da mesma forma se reduzem a manipulações pré-programadas que em nada ajudam à familiarização com a metodologia científica. A preparação didática dos futuros professores se torna inócua ao tentar conduzi-los à discussão de situações elementares relacionadas a etapas de iniciação científica, uma vez que se sentem despreparados em sua formação.

Em relação à orientação centrada na preparação psicopedagógica geral, os autores apontam a prevalência de um pedagogismo exacerbado em detrimento dos conteúdos a serem construídos com os alunos. Nessa situação, a proposta metodológica alcança um "status" de maior importância do que a natureza epistemológica do conteúdo. Os aspectos facilitadores de uma aprendizagem fragmentada são aparentemente considerados de grande relevância, mas a falta de uma sequência lógica na organização dos conteúdos impede uma articulação em nível de compreensão dos conceitos básicos e de sua significação necessária para uma verdadeira aprendizagem.

Furió e Gil (1989) destacam também a importância da clareza dos conceitos fundamentais, o estudo das dificuldades e dos erros conceituais, o aparecimento de atitudes positivas em relação à aprendizagem, na preparação adequada, científico-didática dos futuros professores. Os futuros professores fo-

ram marcados, ao longo de sua formação, pelos modelos apresentados pelos seus professores. Face a isso, sua preparação didática deve ser entendida como uma transformação do que já possuem, ainda que, na maioria das vezes, de forma inconsciente. De pouca valia seria apresentar propostas renovadoras, se estas não conseguirem se integrar à ecologia conceitual¹ que o futuro professor já possui acerca dos problemas docentes. Acrescentam os autores que:

Muitos professores ao encontrar-se frente a uma classe com determinados materiais didáticos (livros, etc.) e com certo ambiente pedagógico não souberam o que fazer com as propostas e orientações didáticas que lhes haviam explicado como boas, porém desconectadas de tudo que haviam visto fazer (e desconectadas inclusive do que os seus próprios professores de didática faziam). Conseqüentemente, o novo professor acaba freqüentemente retornando às práticas docentes usuais e fazendo inclusive tudo aquilo que como alunos haviam criticado, senão de uma forma fundamentada, ao menos intuitiva e vitalmente. (p.260)

Os futuros professores precisam estar conscientes de que já possuem uma formação docente e que foi:

adquirida ambiental e inconscientemente, que tem um grande peso devido ao seu caráter reiterado (fruto de muitos anos vividos em centros de ensino) e não está submetida habitualmente a uma crítica explícita, aparecendo assim como "natural" e não sendo questionada. Para conseguir essa tomada de consciência é necessário que o trabalho realizado nos conteúdos de didática das Ciências suponha um treinamento de reflexão didática explícita como forma de colocar sistematicamente em questão — através da reflexão e do trabalho coletivo

¹ Ecologia conceitual - conjunto de conceitos que o indivíduo possui e que influencia a seleção de novos conceitos (Posner et alii, 1982).

— aquilo que aparece como natural e, portanto, imutável, permitindo que veja que existem outras possibilidades e favorecendo colocações críticas e criativas. (p.260)

Reforçando a idéia de que uma didática das ciências deve estimular os indivíduos a uma permanente reflexão crítica sobre o seu fazer pedagógico, em nenhum momento deverá surgir a possibilidade de se substituir uma metodologia, por mais tradicional que seja, por outra impregnada de um "status" renovador, mas que não seja submetida ao crivo da refutabilidade.

Destacam ainda os autores a importância da formação dos professores se fundamentar em dados obtidos a partir da pesquisa didática em linhas de trabalho consideradas, no momento atual, prioritárias, bem como de práticas docentes em ciências consideradas de bom nível e aceitas tanto por alunos como pelos professores. Os futuros professores devem, assim, ser introduzidos à pesquisa didática, inicialmente como "consumidores" sem, entretanto, abandonar seu engajamento em tarefas de pesquisa próximas à atuação em sala de aula.

É importante que os futuros professores tenham não só a oportunidade, em Didática das Ciências, de vivenciar tarefas essenciais como a análise crítica de materiais didáticos já existentes, e preparação de novos materiais que atendam a pressupostos didáticos reconhecidamente adequados, mas também realizar estudos que orientem o trabalho no sentido de suplantar uma prática docente que os influenciou ao longo de sua escolarização assumida acriticamente. Furió e Gil (1989) enfatizam que a maior contribuição ao estudo da Didática em Ciências no

momento atual se relaciona à teoria de aprendizagem por mudança conceitual, conteúdo que será posteriormente detalhado neste quadro teórico, focalizando mais especificamente uma estratégia baseada no Modelo PSHG (Posner, Strike, Hewson e Gertzog, 1982).

Modelos de Ensino que Favorecem a Aprendizagem de Física

A preocupação com a pesquisa acerca do ensino de Física tem início com a 2ª Guerra Mundial (Hamburger, 1985). Segundo o autor, o ensino se baseava nos livros didáticos e aparelhos disponíveis que eram utilizados durante dezenas de anos. Sob o impacto do lançamento do Sputnik em 1957, o governo norte-americano resolve investir verbas no ensino e, mais especificamente, na Física. Nessa época, foram criados grandes projetos de ensino, sendo o primeiro o PSSC (Physical Science Study Committee). Para Carvalho (1972), a linha metodológica do currículo PSSC foi organizada dentro das seguintes perspectivas: (a) a Física deveria ser apresentada como um corpo unificado, mais estimulante através de um conteúdo relacionado com as mudanças ocorridas no âmbito das ciências; (b) o currículo deveria evidenciar estreita correlação entre teoria e prática; (c) os conceitos básicos deveriam ser apreendidos a partir do questionamento da natureza, pela percepção de suas evidências para a elaboração de modelos, mas sem perder a consciência de suas limitações; (d) os estudantes deveriam ser orientados para uma leitura crítica que permitisse o desenvolvimento de seu raciocínio e a distinção entre fatos essenciais e acessórios;

e (e) a formação de todos os alunos em Física teria de ser consistente em virtude da importância dos conceitos dessa disciplina para uma melhor compreensão do universo.

Caniato (1987) que, em 1962, teve a oportunidade de participar do grupo que pela primeira vez entrou em contato com o PSSC, afirma:

Podíamos perceber quanto "bitolados" estávamos e que grande diferença existe entre ministrar aulas, mesmo de "alto nível", e saber realmente entender e manipular situações que envolviam conceitos que pensávamos sabidos, e que realmente não eram. (p.16)

No ano seguinte, o autor participava da equipe que pela primeira vez ministrava o "curso PSSC" para brasileiros.

A limitada divulgação do PSSC deveu-se, na nossa percepção, aos seguintes fatores: (a) a influência dos exames vestibulares que exigem do professor do 2º grau um conteúdo que, em volume e seqüência, não eram atendidos pelo PSSC; (b) a dependência que o modelo criava em torno dos textos, dos materiais de laboratório e de outros recursos, como filmes e testes; (c) a dificuldade dos professores de Física do 2º grau em lidar com uma Física menos matematizada e impregnada de questões conceituais envolvendo conteúdos que não eram abordados na Física tradicional; (d) a resistência em nível ideológico dos professores de Física do 2º grau em aceitar um modelo de ensino inspirado numa cultura diferente da nossa e num momento de competição espacial com outra cultura; (e) a pressão exercida pelas editoras de livros didáticos nacionais sobre os professores de Física, ao promoverem novos textos que utilizavam

algumas inovações do PSSC, mas mantinham-se fiéis a uma linguagem matematizada; e (f) a necessidade da existência de cursos e encontros que propiciassem aos professores de Física do 2º grau vivenciar o projeto.

Caniato (1987) comenta que, em 1970, chegou ao Brasil o "Harvard Project Physics" (HPP), vindo dos EUA e que dele participou na única vez em que foi ministrado.

Segundo Carvalho (1972), o projeto HPP lançava mão de todos os recursos disponíveis de tecnologia no ensino, como os audiovisuais, livros e aparelhos de laboratório, visando envolver o aluno num processo de aprendizagem da Física. Afirma ainda a autora que o projeto tentava mostrar as raízes humanísticas e culturais da Física utilizando, para isso, a história da Ciência como subsídio pedagógico.

A não divulgação do HPP deveu-se a vários fatores, como: (a) a ausência da disciplina Filosofia nos currículos de 2º grau durante o longo período autoritário, favorecendo a crença na sua pouca importância para a formação dos alunos e, consequentemente, a não aceitação de projetos que despertassem um pensamento crítico em relação às raízes das ciências; e (b) a inexistência de edições dos livros-textos traduzidos por ocasião da chegada do projeto ao Brasil, impedindo a sua divulgação e testagem.

Já o projeto Nuffield, originado na Inglaterra, tinha como objetivo fazer o programa de ciências intelectualmente excitante para os alunos. Estes seriam levados, através de suas próprias investigações e argumentações, tanto à compreensão do

que é Ciência, quanto do que significa ser cientista (Carvalho, 1972).

A autora afirma que o projeto Nuffield era uma resposta ao PSSC na Inglaterra. No entanto, ele não foi traduzido para o português e, conseqüentemente, não foi divulgado entre os professores de 2º grau.

Dentre os projetos brasileiros, Carvalho (1972) cita: (a) "Projeto de Ensino de Física", da USP; (b) "Projeto-Física-Auto-Instrutivo-2º Grau"; e (c) "Projeto Brasileiro para o Ensino de Física" (PBEF), da FUNBEC e CECISP, que tinha como coordenadores os professores José Goldemberg, A.S. Teixeira Jr. e Rodolfo Caniato e apresentou maior destaque no cenário do ensino da Física.

Carvalho (1972) comenta os fatores que determinaram o aparecimento do PBEF:

(a) a não existência de um projeto de Física brasileiro; (b) alguns projetos estrangeiros como PSSC e HPP, que, embora tenham prestado grandes serviços ao nosso ensino, não são aplicáveis em termos nacionais; (c) a existência, no Brasil, de grandes diversidades, tanto de condições econômicas, como de interesses e de aptidões; e (d) os professores A.S. Teixeira Jr. e R. Caniato, coordenadores do projeto, terem participado da implantação de diversos projetos estrangeiros no Brasil. (p.127)

Caniato (1987) destaca o que considera grave na aprendizagem da Ciência:

(a) o divórcio entre o que está sendo dito e o que está acontecendo ao lado; (b) a não exigência de qualquer consistência das afirmações. Nem seria preciso confrontar as afirmações com os fatos, pois as mesmas carregam uma grande inconsistência em si mesmas; (c) a passividade com que os alunos recebem informações sem

nunca exigir delas alguma consistência, ou relação com a vida; (d) a persistência desses mesmos preconceitos mesmo quando se avança na escolaridade, até no ensino universitário; (e) a ausência de espírito crítico para coisas que são repetidas como "verdades" em nome da ciência; e (f) o conhecimento "doador" como transplante. (p.57)

Acreditamos existir muitos pontos de contato entre a metodologia preconizada por Caniato e a Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual que será apresentada a seguir.

Teoria de Aprendizagem por Mudança Conceitual

A Teoria de Aprendizagem por Mudança Conceitual tem como pressuposto que os alunos, antes de ingressarem na escola, já possuem concepções construídas no seu contato com o ambiente natural e social. Na maioria das vezes, o aluno não aprende, ou seja, não vivencia uma mudança conceitual, em virtude de não perceber na concepção científica algum valor que supere o já atribuído a suas concepções pré-existentes. Isso faz com que compartimentalize seu conhecimento: um para a vida e outro para a escola. A referência de Caniato (1987) ao "divórcio entre o que está sendo dito e o que está acontecendo ao lado" é uma crítica que assume plena identidade com a característica descrita acima. Quanto à citação de Caniato (1987): "a não exigência de qualquer consistência das afirmações..." se relaciona diretamente com uma das condições consideradas necessárias pelo modelo PSHG para promover mudança conceitual, ou seja, uma nova concepção deve parecer inicialmente plausível. Uma das definições de plausibilidade descritas por Posner et alii (1982) é consequência do resultado da consistência com outros conheci

mentos. Em seguida, Caniato (1987) fala sobre "a passividade com que os alunos recebem informações sem nunca exigir delas qualquer consistência, ou relação com a vida". Nessa colocação, fica evidente a concordância desse autor com a visão construtivista de aprendizagem, onde o aluno constrói ativamente seu conhhecimento e que é também um dos pressupostos da Teoria de Aprendizagem por Mudança Conceitual. Destaca, ainda, a "persistência desses mesmos preconceitos mesmo quando se avança na escolaridade, até no ensino universitário", em uma posição semelhante à da resistência à mudança conceitual, que já foi descrita anteriormente ao ser mencionada a compartimentalização do conhecimento. Assinala a "ausência de espírito crítico para coisas que são repetidas como 'verdades' em nome da ciência". Nesse comentário, pode-se identificar uma característica essencial da Teoria de Mudança Conceitual, que é a presença do espírito crítico como uma pré-condição epistemológica para que se verifique a aprendizagem (Posner et alii, 1982). Assim, o educando terá condições de, apesar das resistências a que possa estar sujeito, não aceitar "verdades" pré-estabelecidas, alcançando a mudança conceitual. A última colocação de Caniato (1987), onde critica a percepção do conhecimento como algo "doado", isto é, como transplante, está relacionada ao construtivismo, um dos pilares da Teoria de Mudança Conceitual e onde o aluno é visto como o construtor de seu próprio conhecimento.

Após essa comparação entre as críticas ao ensino apresentadas por Caniato (1987) e características da Teoria de Aprendizagem por Mudança Conceitual, passamos a descrever, com

maior detalhamento, os pressupostos da mesma.

Dentre as várias tentativas para solucionar os problemas enfrentados nas salas de aula de Física, a que parece até o momento ser mais promissora, por se estruturar em condições capazes de transformar os processos de ensino-aprendizagem ora vigentes, é a Teoria de Aprendizagem por Mudança Conceitual.

Em virtude da estratégia utilizada neste estudo ter sido baseada no modelo de mudança conceitual denominado PSHG, parece pertinente partir da descrição desse modelo.

Posner et alii (1982) afirmam não ser novidade o fato de que a aprendizagem seja o resultado da interação entre as pré-concepções dos alunos e o que lhes é ensinado. Enfatizam, ainda, que essa percepção de aprendizagem deu origem a inúmeras pesquisas sobre as chamadas misconceptions que os alunos apresentam em Física, como a de Laurence Viennot e Rosalind Driver. Apesar disso, Posner et alii (1982) afirmam que não existe ainda uma teoria bem articulada para explicar: "...a dimensão substantiva do processo pelo qual as pessoas conseguem mudar de uma concepção prévia para um conceito que lhe seja incompatível" (p.211).

Acreditam os autores que a maior fonte de hipóteses para solucionar esta problemática é encontrada na filosofia da ciência contemporânea, uma vez que o cerne da questão da filosofia da ciência em nossos dias é "como os conceitos mudam sob o impacto de novas idéias ou novas informações" (p.211).

Posner et alii (1982) afirmam que seu compromisso nesse estudo é com a aprendizagem como atividade racional. Apre

dizagem é um tipo de pesquisa onde o aluno precisa fazer julgamentos baseados na evidência disponível. A aprendizagem, assim como a pesquisa, é vista como um processo de mudança conceitual. No que concerne à base epistemológica, os autores afirmam que a filosofia da ciência contemporânea sugere que existem duas fases distintas de mudança conceitual em ciência. Habitualmente, o trabalho científico se realiza de acordo com os compromissos centrais que organizam as pesquisas. Esses "compromissos centrais" definem problemas, indicam estratégias para lidar com eles e especificam critérios considerados como soluções. Segundo os autores, Thomas Kuhn denomina esses compromissos centrais de "paradigmas" e a pesquisa que não conteste o paradigma é chamada ciência normal. Já Irme Lakatos chama esses compromissos centrais de "núcleos" e sugere que esses compromissos geram programas de pesquisa destinados a preservar os pressupostos fundamentais. Continuando, Posner et alii (1982) afirmam que a segunda fase da mudança conceitual ocorre quando esses compromissos centrais exigem mudanças. Nesta fase, o cientista precisa adquirir novos conceitos e uma nova maneira de perceber o mundo. Kuhn denomina esse tipo de mudança conceitual de "revolução científica", e Lakatos, de mudança do "programa de pesquisa".

Posner et alii (1982) acreditam que existe um padrão análogo de mudança conceitual em aprendizagem. Em determinado momento, o aluno usa seus conceitos prévios para lidar com um novo fenômeno. Esta variante da primeira fase de mudança conceitual é chamada por eles de assimilação. Entretanto, quando

os conceitos dos estudantes são inadequados para lidar satisfatoriamente com o novo fenômeno, eles precisam substituir seus conceitos anteriores.

Esta forma mais radical de mudança conceitual é chamada acomodação. Para que a acomodação ocorra, Posner et alii (1982) propõem que devem ser atendidas as seguintes condições: (a) os alunos devem estar insatisfeitos com as concepções pré-existentes; (b) a nova concepção precisa ser inteligível; (c) a nova concepção precisa parecer inicialmente plausível; e (d) a nova concepção deve parecer fecunda.

Apesar de Posner et alii (1982) indicarem que o modelo PSHG tenha como alvo a acomodação, Peter Hewson, através de recente correspondência com Marcia Magalhães Gomes (13/05/92), destacou a importância desta autora mencionar em seu trabalho que o modelo PSHG possa ser utilizado com sucesso também na assimilação de conceitos. Essa colocação de um dos autores do modelo veio confirmar o que ocorreu com os licenciandos que participaram deste estudo. Em virtude dos licenciandos já terem em sua ecologia conceitual os fundamentos da Física, a maioria de suas concepções passou por um processo de assimilação, ao invés de acomodação.

A estratégia por nós aplicada (Gomes, 1991), baseada no modelo PSHG, atendeu às características essenciais da Teoria de Mudança Conceitual. A sondagem conceitual através de instrumento escrito correspondeu à necessidade de se conhecer as concepções alternativas dos alunos. Nas discussões em grupo foi provocada a insatisfação dos licenciandos em relação às

concepções por eles apresentadas. Nesse sentido, por exemplo, confrontou-se a idéia de inércia, como situação exclusivamente de repouso, com a situação de um movimento com velocidade constante. Foram também apresentados os conceitos científicos de forma inteligível através de exemplos como o da inércia, em que os alunos utilizaram uma folha de papel colocada sob um corpo pesado e puxaram-na inicialmente de forma brusca, observando que o corpo não se movia e depois, lentamente, constatando que o corpo acompanhava o movimento da folha. Quanto à plausibilidade, ou seja, a capacidade do novo conceito resolver problemas que não eram resolvidos pela concepção prévia, foi mostrado ainda no exemplo da inércia que a ausência de força não significava a cessação do movimento. Quanto à fecundidade, ou seja, a potencialidade do novo conceito propiciar novas áreas de pesquisa, foi evidenciado aos alunos que a presença de uma força sobre um corpo que se encontra em movimento produz a variação de sua velocidade, o que abre caminho para uma relação entre força e aceleração.

Além de pautar a estratégia nas concepções "alternativas" — apesar de imaginar que não ocorreriam concepções alternativas em futuros professores de Física — e de atender às condições consideradas essenciais para mudança conceitual pelo modelo PSHG, procuramos, também, adotar a visão construtivista de aprendizagem, de modo a favorecer a mudança conceitual por acomodação ou assimilação.

Para tornar mais claros os conceitos básicos da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, consideramos ne

cessário destacar alguns aspectos essenciais à sua compreensão.

O Papel das Concepções Alternativas

O fato da Física ser considerada uma disciplina difícil nos diferentes níveis levou pesquisadores a buscarem as causas dessa dificuldade. Dentre os fatores identificados pelos autores, destaca-se a existência de concepções construídas pelos alunos antes do processo de escolarização (Erickson, 1979; Osborne & Bell, 1983; Pines & West, 1986; e Clement, 1982).

Destacam esses autores que essas concepções costumam ser extremamente resistentes à mudança, ou seja, dificultam a passagem das concepções prévias para as concepções científicas.

Clement (1982) denomina essas concepções prévias de concepções primitivas e afirma que elas incluem

conceitos-chave como massa, aceleração, momento linear, carga, energia, diferença de potencial; momento e princípios fundamentais e modelos tais como as leis de Newton, leis de conservação, o modelo atômico e outros.
(p.66)

Para o autor, muitos estudantes apresentam dificuldade na compreensão desses conceitos em nível qualitativo, além de dificuldades relacionadas a formulações quantitativas. As deficiências qualitativas podem não ser percebidas em virtude de uma manipulação matemática de fórmulas que consegue mascarar seus efeitos. Em nosso estudo, pudemos constatar a ocorrência do fato descrito pelo autor numa amostra composta de futuros professores de Física. Uma situação muito comum no ensino de Física em nível de 2º grau é a utilização, por parte dos alu

nos, da relação entre força e aceleração ($\vec{F} = m\vec{a}$), quando exibem uma concepção ainda inabalável de que a manutenção de um corpo em movimento depende da presença de uma força.

A idéia de que o movimento implica na existência de uma força dificilmente será modificada na ecologia conceitual dos alunos. É importante destacar, entretanto, que os conceitos físicos pré-newtonianos em mecânica têm um forte apelo, justificando assim a semelhança entre as resistências oferecidas pelos cientistas e pelos estudantes.

Essa acentuada resistência à mudança não tem sido solucionada através de aulas expositivas tradicionais ou por situações práticas criadas em laboratórios. Por esse motivo, e pela nossa experiência acumulada ao longo de vários anos de magistério, tanto em 2º grau (Física) como em 3º grau (Didática Especial de Física e Prática de Ensino de Física), pudemos perceber que o modelo PSHG representa uma opção metodológica poderosa quando coloca o professor frente a frente com as concepções alternativas dos alunos.

Driver (1981) denomina as concepções prévias dos alunos de esquemas alternativos; Viennot (1979), de concepções espontâneas e intuitivas; Osborne e Bell (1983), de "ciência da criança"; Pines e West (1986), de misconceptions, Guidoni (1985), de "pensamento natural" e Hewson e Hewson (1984), de concepções alternativas. Neste estudo, optamos pelo termo concepção alternativa, por concordar com os autores que a percebem como representação mental constituída como unidade funcional de pensamento, capaz de resistir à mudança, elaborada pelo indivíduo

ao longo de sua vida, na interação com o ambiente natural e social.

A Visão Construtivista

Para Duit (1988), a visão construtivista percebe a aprendizagem como um processo de construção ativa, posição corroborada por diferentes autores como John Gilbert e D.H.Watts, Ernst von Glasersfeld, Rosalind Driver e V. Oldhan, D.H.Watts e Maureen Pope, G.A. Kelly, A. J. Magoon, P. Watzlawik. A aprendizagem não é apenas um processo de estocagem de peças de conhecimento fornecidas pelo professor. Ao contrário, é um processo de construção ativa do conhecimento pelo próprio aluno, baseado em suas pré-concepções (Duit, 1988).

Afirma ainda o autor que não foi por acaso que a visão construtivista alcançou prestígio no início dos anos 80. A idéia de sistemas auto-organizados parece ter-se tornado uma forma geral de pensar tanto nas ciências naturais como nas sociais. A adoção do construtivismo por muitos professores de ciências na organização metodológica da evolução de seus conceitos básicos, conduziu-os à reflexão sobre a forma pela qual os estudantes constroem os seus conhecimentos.

Gomes (1991) afirma que Glasersfeld destacou a relevância da obra do filósofo napolitano Giambattista Vico, elaborada em 1710, nas origens do construtivismo. Algumas de suas idéias-chave desempenham, nos dias de hoje, um importante papel, como, por exemplo, "a de que os agentes epistêmicos só podem conhecer as estruturas cognitivas que eles mesmos cons

tróem" (p.19).

Comenta ainda a autora que, apesar do método genético de Piaget ter uma significativa contribuição para a compreensão do processo de construção do conhecimento, os educadores não se preocuparam em utilizar suas proposições na sua plenitude, pois limitaram sua atenção à concepção da estabilidade das etapas de desenvolvimento cognitivo, ao invés de enfatizarem o aspecto construtivista de sua epistemologia.

Pope e Gilbert (1985) apontam Kelly como o construtivista que mais influenciou os estudiosos sobre Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual. Segundo os autores, Kelly vê a construção da realidade como um ato pessoal, subjetivo, criativo, racional e emocional. Os indivíduos devem sentir-se responsáveis pela criação de estruturas dinâmicas compatíveis com a realidade e que não restrinjam o seu desenvolvimento conceitual. Para Kelly, as pessoas, à semelhança dos cientistas, devem elaborar seus modelos de mundo, conscientes de seus limites quanto a suas representações. Desta forma, poderão aceitar as responsabilidades inerentes à apropriação dos conhecimentos, não creditando a outros as visões de mundo construídas por elas.

Pope e Gilbert (1985) enfatizam que tanto Kelly quanto Piaget encaram o desenvolvimento conceitual dos indivíduos como um processo evolutivo que inclui uma progressiva diferenciação de estruturas conceituais que se constituem em sub-estruturas independentemente organizadas que, hierarquicamente integradas, alcançam níveis de abstração cada vez mais elevados.

A diferenciação funcional das estruturas oferece uma maior possibilidade de opções no sistema construído pelo indivíduo. Assim, uma integração hierárquica das diferentes sub-estruturas é necessária para a preservação da integridade da construção de um sistema de construções por parte do indivíduo.

Claxton (1982) afirma que podemos encarar o ensino de ciências estabelecendo uma analogia entre o mesmo e a tentativa de civilização de um território que se encontra densamente povoado com grupos que já têm suas próprias raízes culturais - as construções ou crenças dos indivíduos fazem parte de sua cosmovisão e são consideradas úteis para seus propósitos pessoais, sendo, portanto, resistentes à mudança. Da mesma forma, quando o professor ignora as possíveis pré-concepções que seus alunos já possuem, o ensino ficará desprovido de significado e a aprendizagem não ocorrerá. Aqui, também, verificar-se-á a resistência à mudança.

O autor destaca a necessidade de ser considerado o conhecimento prévio do aluno porque ele é a base sobre a qual serão construídos os conceitos formais de ciências.

Posner, citado por Pope e Gilbert (1985), corrobora esse ponto de vista, destacando a importância de se considerar as pré-concepções, preconceitos, valores, propósitos e concepções relacionados a experiências passadas que os alunos trazem para a sala de aula. Estas pré-concepções são muito resistentes à mudança pelo fato de terem sido adquiridas pelos alunos através de interação com o mundo físico, antes que tenham tido acesso à instrução formal e, portanto, podem ser muito funcio

nais e adaptáveis à maioria das circunstâncias vivenciadas por eles.

Enquanto não se conseguir estabelecer pontes entre as pré-concepções dos alunos e os conceitos formais da ciência, os alunos vão compartimentalizar seu conhecimento, porque não conseguem relacionar o seu cotidiano com os fenômenos que lhes são apresentados.

Face a esta última observação de Posner, acrescentaríamos que, para os indivíduos, a representação mental do mundo que os cerca está impregnada de componentes afetivos que não podem ser ignorados no processo ensino-aprendizagem.

A perspectiva de Kelly, segundo Pope e Gilbert (1985), corrobora o nosso pensamento, na medida em que enfatiza a importância do aspecto emocional na construção individual.

Duit (1988), identificando a necessidade do estudo das diferenças entre os significados das concepções elaboradas pelos indivíduos, aponta algumas responsabilidades do pesquisador:

Tem que ser considerado que o pesquisador constrói as concepções dos estudantes fundamentado em suas concepções... Pesquisar concepções dos estudantes sempre significa construir construções de construções... Portanto não são apenas os conhecimentos dos estudantes de ciências que têm natureza provisória, mas também o conhecimento do pesquisador de seu conhecimento. (p.12)

O Modelo PSHG em Sala de Aula

Segundo Hewson e Thorley (1989), o modelo PSHG apresenta dois componentes principais: (a) as condições que preci

am ser satisfeitas para que o indivíduo experiencie mudança conceitual; e (b) a ecologia conceitual do indivíduo que provê o contexto no qual ocorre a mudança conceitual.

De acordo com os autores, quando o aluno se vê frente a uma nova concepção podem ocorrer diferentes possibilidades, entretanto, estes se propõem a considerar apenas duas: (a) o novo conceito pode ser incorporado às concepções existentes, se o aluno é capaz de considerá-lo inteligível, plausível e fecundo. É indispensável que o novo conceito não entre em contradição com as concepções existentes. Este processo é chamado de assimilação por Posner et alii (1982) — como já foi visto anteriormente — e captura conceitual por Hewson (1981); e (b) se, entretanto, a nova concepção for inteligível para o aluno e entrar em contradição com concepções prévias, não pode ser plausível para o aluno. Isso se verifica em virtude de concepções conflitantes não poderem ser simultaneamente plausíveis para alguém. A aceitação da nova concepção é bloqueada pelas concepções existentes. A fim de que o aluno aceite a nova concepção integralmente, o "status" da concepção prévia tem que ser reduzido antes que o "status" da nova concepção cresça. Esse processo foi chamado de acomodação por Posner et alii (1982) — como já foi visto anteriormente — e troca conceitual por Hewson (1981). Os autores usam os termos captura conceitual e troca conceitual como exemplos de mudança conceitual.

Hewson e Thorley (1989) afirmam que, apesar do modelo PSHG ter sido aplicado em vários estudos, a implementação das

estratégias fundamentadas no mesmo não estão descritas com clareza nos relatos. Os autores especularam sobre as razões de pouca clareza nos relatos e identificam duas possibilidades de explicação: (a) o modelo PSHG pode ter sido percebido como incompleto ou sem validade como modelo de aprendizagem; e (b) o modelo PSHG, apesar de considerado adequado, pode ter apresentado dificuldades ao ser aplicado na sala de aula.

Hewson e Thorley (1989) afirmam que, apesar do modelo PSHG apresentar importantes subsídios para favorecer interações em sala de aula, na prática tem sido muito pouco aplicado.

Segundo Gomes (1991):

É realmente importante que pessoas que vão lidar com o processo de ensino-aprendizagem comecem a olhar para seus alunos, a ouvir o que estes têm a dizer, a aceitar que apresentem dificuldades e a tentar paulatinamente resolvê-las. Se isto se verificar, ou seja, se houver um encontro efetivo entre professor e aluno, o primeiro terá condições de conduzir o segundo, ficando sempre ao seu lado, do campo de suas concepções alternativas para o campo das concepções formais. (p.52)

Uma análise do ensino de Física no Brasil nos últimos anos revela a precariedade dos resultados obtidos em termos de produtos de aprendizagem dos alunos. Estes se queixam da desconexão entre os conceitos que lhes são propostos, a sua vida — entendida aqui como a percepção que já elaboraram sobre o mundo que o cerca — e o esforço que fazem para memorizar equações ou fórmulas, que só sabem utilizar dentro de situações padronizadas que lhes foram "ensinadas" durante as aulas.

Tivemos oportunidade de aplicar uma estratégia baseada no modelo PSHG para ensinar o conceito de energia a uma tur

ma noturna de adolescentes de uma escola pública e foi com muita satisfação que constatamos a participação viva e autêntica dos alunos quando expuseram suas concepções prévias, algumas distantes da concepção científica e outras mais próximas. A partir dessas concepções, os alunos foram estimulados a construir os conceitos científicos, estabelecendo relações entre fenômenos que já lhes eram familiares, como movimento de veículos, queda de corpos, deformação de molas e as diferentes formas de energia mecânica: cinética, potencial gravitacional e potencial elástico.

Acreditamos que nosso estudante é extremamente criativo e perceptivo quanto às situações do cotidiano. Ele anseia pelo diálogo, pela interação, pelo reconhecimento e respeito de seus valores sócio-culturais.

CAPÍTULO III

DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Neste capítulo serão apresentadas as etapas que coresponderam a: (1ª) sondagem dos conceitos prévios dos licenciandos de Física; (2ª) encontros visando a aplicação da estratégia baseada no modelo PSHG aos licenciandos de Física para que reorganizassem/construíssem conceitos básicos de Física em nível de 2º grau; (3ª) construção com os licenciandos de Física da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, bem como da estratégia baseada no modelo PSHG; (4ª) realização de entrevistas individuais com os licenciandos de Física, para melhor conhecer a história acadêmica de cada um; (5ª) preparação dos licenciandos de Física para atuarem na Prática de Ensino; (6ª) aplicação por parte dos licenciandos de Física da estratégia baseada no modelo PSHG aos alunos de duas turmas de Didática Geral, construindo com eles os conceitos de Energia e Inércia; e (7ª) avaliação do "crescimento" de cada licenciando de Física pela equipe de professores que acompanhou o estudo, considerando a vivência da estratégia como aluno, a aprendizagem da Teoria de Mudança Conceitual, bem como da estratégia baseada no modelo PSHG e sua aplicação ao ensino dos conceitos de Energia e Inércia a duas turmas de licenciandos cursando Didática Geral.

1ª Etapa: A Sondagem dos Conceitos Prévios dos Licenciandos de Física

Ao iniciarmos a disciplina Didática Especial I, combinamos com os licenciandos de Física o trabalho que iríamos construir juntos. A partir de suas concepções prévias sobre conceitos básicos de Física em nível de 2º grau, seria desenvolvido um estudo fundamentado na Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, e, mais especificamente, do modelo PSHG.

Foi solicitado a cada um dos quatro licenciandos, através de um instrumento escrito, que expressassem livremente, de forma não matematizada, suas concepções sobre os seguintes conceitos: lei física, velocidade, massa, inércia, força, trabalho, energia, calor, temperatura, ondas e difração.

Esclarecemos aos licenciandos que os conceitos por eles apresentados seriam analisados pelo autor do estudo e por um professor especialista em conteúdos de Física do Instituto de Física da UFRJ, que orientava o estudo. Elaboramos um cronograma indicando as datas em que se realizariam os encontros para reorganizar/construir esses conceitos.

Nas respostas dos licenciandos foram encontradas as seguintes situações: (a) ausência de respostas sobre determinados conceitos; (b) respostas contendo elementos incorretos; (c) respostas incompletas; (d) respostas em linguagem incompreensível para o nível de 2º grau; (e) respostas que, ao invés de emitirem os conceitos solicitados, se reduziam a fórmulas matemáticas; (f) respostas que tergiversaram em relação aos conceitos; e (g) respostas coincidentes com a concepção científica.

2ª Etapa: Encontros Visando a Aplicação da Estratégia Baseada no Modelo PSHG aos Licenciandos de Física: Conceitos de Energia e Inércia

1º Encontro - Conceito de Inércia

Neste encontro, foram apresentadas aos licenciandos suas concepções sobre Inércia e os argumentos que evidenciavam os conflitos ou inadequações em relação à concepção aceita pela comunidade científica. A primeira concepção alternativa apresentada foi a seguinte: "inércia é uma propriedade de um corpo submetido a um somatório de forças nulo". Perguntamos ao grupo se concordava com essa concepção. O licenciando A respondeu: "se a resultante das forças que atuam no corpo é nula ele não tem nenhuma razão para alterar sua velocidade". O licenciando B acrescentou: "devemos ter cuidado, porque a colocação feita pelo grupo refere-se ao somatório de forças que atuam em um corpo — no caso de um binário, por exemplo, isto é, um sistema de forças de mesma direção e mesma intensidade, porém de sentidos contrários, sua soma é nula e, no entanto, provoca um movimento de rotação em um corpo e, assim, sua velocidade se altera". O licenciando D deduziu: "a concepção seria válida se, ao invés de um corpo genérico, nos referíssemos a uma partícula". Com a nossa intervenção, esclarecemos a diferença entre os conceitos de resultante de um sistema de forças e somatório dessas forças, quando aplicadas a um corpo de dimensões não desprezíveis ou a um sistema discreto de partículas. Nessas situações, pode haver diferença entre a utilização desses conceitos. Neste momento, procuramos enfatizar a insatisfação

dos alunos em relação à primeira assertiva analisada.

A segunda concepção sobre inércia foi: "situação de movimento sem atrito". O grupo foi chamado a opinar e o licenciando C afirmou: "estou imaginando um disco de isopor movendo-se sobre uma mesa de ar, isto é, livre de atritos sobre um colchão de ar criado por um compressor que injeta o ar através de furos, permitindo, assim, quase que uma situação permanente de movimento". O licenciando D interrompeu essa fala e comentou: "se o disco estivesse em repouso, constituiria também uma situação de inércia". O licenciando B acrescentou: "a existência de movimento com atrito pode também configurar um estado inercial — por exemplo, a queda de um paraquedista após atingir a velocidade limite, isto é, quando o peso do conjunto homem-paraquedas é anulado pela resistência do ar ou a situação de um corpo deslizando com velocidade constante ao longo de um plano inclinado". Falando sobre a concepção "situação de movimento sem atrito", destacamos os argumentos enunciados pelos licenciandos D e B que evidenciaram a sua inadequação.

A terceira concepção apresentada foi: "propriedade de um corpo permanecer em repouso". O licenciando A sentenciou: "esta é uma concepção incompleta porque não prevê o estado de movimento com velocidade constante". O licenciando B acrescentou: "não percebo a inércia como uma simples referência ao estado de repouso ou de movimento com velocidade constante". O licenciando C emendou: "mas essas situações físicas são descritas como inerciais". O licenciando D complementou: "o estado inercial de um corpo reflete apenas uma tendência de conserva

ção da situação de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme em que a velocidade é vetorialmente constante". O conceito de inércia já estava, neste momento, praticamente delineado, uma vez que os licenciandos evoluíram para uma associação de inércia a uma situação de repouso ou de movimento com velocidade constante.

A quarta concepção apresentada foi: "inércia é a capacidade de um corpo permanecer em repouso ou de continuar em movimento". O licenciando B comentou: "acho que já estamos em cima do conceito formal, pois essa afirmativa associa inércia à situação de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme. O licenciando A questionou: "essa concepção fala em repouso e em movimento, mas não define o tipo de movimento que o corpo está realizando e, conseqüentemente, não assegura a ausência de forças resultantes". O licenciando C argumentou: "a colocação continuar em movimento pode ser causada pela presença de uma força externa e aí não se trata de uma situação inercial".

Neste instante, sentimos a necessidade de ajudar o grupo a construir o conceito de inércia. Chamamos a atenção acerca das conclusões já atingidas em relação a associação da inércia à resistência oferecida por um corpo em mudar o seu estado de repouso ou de movimento com velocidade constante. Solicitamos, então, que o grupo elaborasse uma relação entre a tendência de conservação de uma certa velocidade e a existência de agentes que pudessem provocar sua alteração. Os licenciandos conseguiram finalmente construir o conceito de inércia como: "uma propriedade dos corpos resistirem a alterações de suas ve

locidades, isto é, se o corpo estiver em repouso, ele tende a permanecer nesse estado se nenhuma outra força atuar sobre ele. Se estiver em movimento com velocidade constante (em módulo, direção e sentido), na ausência de forças tenderá a continuar com essa velocidade indefinidamente".

Essa concepção, comparada com as inicialmente formuladas, revelou-se inteligível, porque eliminou os equívocos já comentados e mostrou-se plausível na medida em que atendeu, de forma bem abrangente, a todas as situações discutidas que não seriam resolvidas pelas concepções alternativas apresentadas.

O grupo percebeu que o poder heurístico do conceito de inércia se evidencia na potencialidade de explicar movimentos das naves espaciais sem necessidade de combustíveis ou de sistemas de propulsão, em regiões afastadas de massas planetárias.

A avaliação deste encontro revelou vários aspectos positivos: (a) os argumentos utilizados na discussão estavam sempre respaldados nos conteúdos essenciais da Física e em exemplos do cotidiano; (b) os licenciandos, de forma espontânea, abandonaram a utilização da formalização matemática, preferindo focar sempre o aspecto fenomenológico dos conceitos; (c) a todo instante, o grupo ressaltou a importância da inteligibilidade dos conceitos abordados, prevendo a sua utilização em nível de 1º e 2º graus; e (d) a descoberta pessoal dos licenciandos sobre a dificuldade de construção de conceitos físicos que só podem ser percebidos a partir da observação de fenômenos que se relacionam com seus efeitos.

2º Encontro: Conceito de Energia

Quanto às concepções alternativas que os licenciandos apresentaram sobre energia, deve ser destacada a ausência de uma delas, isto é, o fato de que um dos licenciandos não tinha nenhuma concepção prévia sobre esse conceito.

A primeira concepção apresentada foi: "energia é um conceito complexo. Não é alguma coisa que se possa ver ou segurar com as mãos. Confesso que tenho uma certa dificuldade em definir e conceituar o assunto. A energia é algo como diziam os antigos, "vis-vitae", uma "força vital", algo que os corpos adquirem (trocam entre si), que os impulsiona, os põe em movimento. Ela se conserva em todos os processos, não se cria energia, ela se converte de uma forma a outra". Questionados em relação ao que pensavam sobre a concepção apresentada, o licenciando A afirmou: "Parece-me errada, mas interessante... De alguma forma, descreve algumas características, mas não operacionaliza o conceito, além de não relacioná-lo a outros". O licenciando B falou: "Gostei da referência feita à energia como uma propriedade adquirida por um corpo ou algo que pode ser trocado entre corpos. Nesta última colocação há, no entanto, algo indefinido — qual seria o sentido dessa troca?" O licenciando D acrescentou: "de alguma forma, essa concepção recoloca a questão fluídica da energia... alguma coisa semelhante à idéia de "flogisto" ou "passagem de calor". O licenciando C questionou: "Aqui aparecem duas grandes dificuldades nessa conceituação: as tendências equivocadas de associar energia a uma essência material capaz de se transferir de um corpo para ou

tro e a de relacionar energia com força". O professor especialista em conteúdos de Física perguntou: "Seria possível encontramos formas para conflitar energia e força?" O licenciando A respondeu: "Uma situação que me ocorre agora é, por exemplo, imaginarmos um corpo dotado de movimento de translação em relação a um certo referencial, com velocidade constante, numa trajetória retilínea. Sabemos que a resultante das forças externas que atuam nesse corpo é nula; no entanto, ele apresenta uma certa energia de movimento". Novamente o professor especialista em conteúdos de Física interveio: "Sem dúvida, a existência de um certo estado de movimento de um corpo não depende da presença de uma força — um corpo lançado na ausência de resistência do ar, verticalmente, de baixo para cima, no campo gravitacional, ao atingir o ponto mais alto de sua trajetória, está sujeito à ação gravitacional (força peso), porém, nesse instante, sua energia de movimento é nula em relação ao solo". O licenciando B comentou: "Nessa situação, o corpo está dotado de uma forma de energia diferente da de movimento e que dependerá da posição que ele ocupe em relação ao referencial escolhido". O professor especialista fez nova intervenção: "E como vocês encontrariam argumentos que conflitassem "energia em trânsito" com "passagem de uma essência material?" O licenciando A afirmou: "A passagem de uma perturbação ou a sua reprodução ao longo de um meio material sem que este a acompanhe, pode ser um bom argumento. A visualização da transferência da energia potencial elástica armazenada em uma mola comprimida para um outro corpo por ela impulsionado permitiria entender a energia

de movimento ou cinética do corpo como uma concretização da "passagem de energia", sem que nenhum dos corpos sofresse qualquer alteração em suas massas iniciais — única forma de negarmos a existência de perdas ou ganhos de essências materiais por parte desses corpos". O autor do estudo, nesse momento, destacou: "Essa passagem de energia sugerida nos exemplos dados por vocês revela a capacidade que ela tem de reaparecer sob outra forma. Parece-me que aqui podemos discutir sua conservação, isto é, se as quantidades de energia existentes antes e depois desse processo são ou não as mesmas. Nesse sentido, se não houver "sorvedouros" ou "nascidouros" para uma certa energia inicial, é provável que ocorra a sua conservação".

A segunda concepção apresentada pelos licenciandos foi: "energia é variação de trabalho. É relação entre massa e velocidade ($\frac{1}{2} m v^2$) e relação entre massa, aceleração da gravidade e a altura (corpo caindo ou subindo : mgh)". O licenciando B assim se manifestou em relação a ela: "Não concordo com colocar energia através de fórmulas matemáticas que não explicam o conceito". O licenciando A destacou: "Em relação a essas expressões, elas só podem mostrar como se mediriam certas formas específicas de energia, mas não descrevem o seu significado". O licenciando D comentou: "Em princípio, o trabalho se propõe a ser uma medida de variação de energia e não o contrário: a energia como uma variação de trabalho". O licenciando C acrescentou: "Eu até aceito que a realização de um certo trabalho pressupõe a disponibilidade de uma certa energia". O autor do estudo questionou: "Será que toda a energia disponível num cer

to sistema deverá converter-se necessariamente em trabalho? " O licenciando A falou: "Claro que não. Um corpo mantido a uma certa altura do solo assume em relação a este uma certa energia potencial (ou de posição). Caso ele seja abandonado, a ação do campo gravitacional manifestada pelo seu peso realiza um trabalho que, se for computado até o final da queda (no solo), se iguala com a energia inicialmente existente, mas se essa queda for interrompida antes de seu término, corresponderá a um valor apenas parcial do total inicial".

Neste momento da discussão, já tínhamos amadurecido juntos alguns aspectos conceituais fundamentais sobre energia: energia é uma propriedade de um sistema capaz de: (a) transformar-se em diferentes formas; (b) conservar-se nos processos de transformação; (c) ficar disponível para a realização de esforços e movimentos; e (d) converter-se em trabalho mecânico pela associação de forças e movimentos.

A terceira concepção apresentada pelos licenciandos coincidiu com a concepção científica: "energia é a capacidade que um corpo ou sistema tem de realizar trabalho". O licenciando A comentou: "Atingimos o final de nossa discussão, pois essa propriedade disponível que chamamos energia pode promover dimensões de força e deslocamento — à associação dessas grandezas denominamos trabalho — é claro que ao trabalho realizado corresponderia uma disponibilidade de energia". O licenciando C destacou: "Acredito que o sentido dado ao trabalho seja o mais amplo possível: seja ele elétrico, térmico ou mecânico, por exemplo. Só assim poderíamos abranger as diferentes formas de

energia". O autor do estudo enfatizou: "Essa é uma conceituação que poderíamos perceber como ingênua — uma vez que ela aparece comumente nos livros de Ciências. No entanto, ela encerra uma profunda reflexão conforme a que nós estabelecemos aqui, onde um conceito como esse passa despercebido em relação aos detalhes que ele envolve e se limita simplesmente à memorização, não tendo qualquer significado para os alunos. A perplexidade destes se torna maior quando encontram, numa abordagem inicial do assunto, um número interminável de fórmulas associadas às várias espécies de energia que parecem nada ter a ver com a essência inicial do conceito. De alguma forma, vocês ficaram marcados pelo "formulismo", pois aqui surgiram expressões matematizadas na tentativa de conceituação da energia".

Podemos perceber, ao longo da discussão, tanto a insatisfação por parte dos licenciandos em relação à primeira e segunda concepções alternativas apresentadas, quanto à inteligibilidade do novo conceito alcançada durante a mesma.

A plausibilidade ficou evidenciada em várias situações: (a) quando os licenciandos perceberam na elaboração da concepção formal a representação do trabalho como medida de transformação de energia; (b) quando o conceito científico de trabalho assumiu maior abrangência em relação às diferentes formas de energia; e (c) quando ficou patente a precariedade das "fórmulas particulares" utilizadas para conceituar energia em relação à concepção científica.

No que se refere à fecundidade da concepção científica de energia, parece que foi alcançada quando os processos de

transformação de energia observados em suas diferentes formas de ocorrência num mesmo sistema, foram associados ao princípio de conservação, à semelhança do que já se estabelecera em relação à massa. Isso significa que, da mesma forma que a massa total de um certo sistema ao longo de uma mudança de sua configuração não deve sofrer variações (em velocidades sensivelmente inferiores à da luz), a energia total desse sistema deveria também conservar-se, desde que não houvesse trocas com o meio exterior.

Pudemos perceber neste encontro a dificuldade inicial que os licenciandos tiveram em encontrar os elementos essenciais que orientassem uma conceituação correta para a energia. Eles dominavam certas particularidades "isoladas" sobre energia. A discussão, no entanto, conseguiu gerar, simultaneamente, o conflito necessário para a construção da essência transformadora do conceito de energia e a sua relação com o conceito de trabalho.

3ª Etapa: Construção com os Licenciandos de Física da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, bem como da Estratégia Baseada no Modelo PSHG

Nesta etapa, tivemos como objetivo construir, junto com os licenciandos, os fundamentos da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, bem como a estratégia baseada no modelo PSHG. O texto utilizado, em língua portuguesa, para leitura prévia, foi o "Quadro Teórico" da tese de Gomes (1991). Nele estão contidas as seguintes seções: (1ª) Evolução da Teoria de

Aprendizagem como Mudança Conceitual, que compreende os subtítulos: (a) Origens da Abordagem; (b) A Importância das Concepções Alternativas; e (c) Contribuições do Construtivismo; e (2ª) Caracterização da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, destacando: (a) A Influência da Filosofia da Ciência Contemporânea; e (b) O Papel Desempenhado pelo Professor.

Na discussão desenvolvida a partir da leitura prévia do texto pelos licenciandos de Física, o primeiro item — Origens da Abordagem — não suscitou dúvidas pelo reconhecimento das dificuldades comumente verificadas na aprendizagem dessa disciplina. No segundo item — A Importância das Concepções Alternativas — o licenciando A perguntou: "qual é a diferença entre concepção prévia e concepção alternativa?" Respondemos que toda concepção alternativa é uma concepção prévia, mas que a recíproca nem sempre é verdadeira. Chamamos a atenção para o fato de que a concepção alternativa seria uma representação mental sobre determinado conteúdo que os indivíduos constroem na sua relação com o ambiente — natural e social — e que não corresponde ao ponto de vista da comunidade científica. O liccenciando A alegou que a concepção prévia tem as mesmas características das concepções alternativas, não vendo, assim, uma distinção clara. Explicamos que as concepções alternativas representam formas típicas de respostas que o indivíduo sempre apresenta face a determinada situação. Por exemplo, em Física é muito comum as pessoas conceituarem energia através da força ou conceituarem inércia exclusivamente como situação de repouso. São concepções que o indivíduo tende a reproduzir sempre

da mesma forma e apresentam grande resistência à mudança. Já as concepções prévias não apresentam tanta resistência à mudança. Por exemplo, quando um indivíduo é perguntado sobre o conceito de massa, ele poderá responder, um dia, que é o mesmo que peso; em outro, que é o espaço ocupado por um corpo, ou, ainda em outra situação, quantidade de matéria existente em um corpo.

O licenciando C levantou a seguinte pergunta: "se as concepções alternativas resistem à mudança, como se comporta o aluno frente a esse problema?" Respondemos que existem duas possibilidades. São elas: a compartimentalização do conhecimento, ou seja, o aluno mantém sua concepção alternativa para a vida e adota a científica para ser utilizada na escola (essa é a situação mais comum) e a outra pode ocorrer se o professor conseguir levar o aluno, através de contra-exemplos, a entrar em conflito com sua concepção alternativa e substituí-la pela concepção científica.

Quanto ao terceiro item, isto é, contribuições do construtivismo, os licenciandos solicitaram que fosse melhor explicitada a forma pela qual atuaria um professor segundo essa posição. Afirmamos que naquele momento vivenciávamos uma situação construtivista, pois estávamos tentando construir juntamente com eles os novos conteúdos abordados. Esclarecemos que, na posição construtivista, é o aluno que constrói o seu próprio conhecimento, cabendo ao professor ajudá-lo nessa construção.

Em relação à segunda seção, que aborda a Caracterização da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual, foi le

vantada, pelo licenciando D, a seguinte questão: "Quais são os principais fundamentos dessa teoria?" Respondemos que se baseia nos seguintes pontos: (a) existência de concepções alternativas nos alunos; (b) utilização da visão construtivista de aprendizagem; e (c) fundamentação em princípios da Filosofia da Ciência contemporânea.

O licenciando B perguntou sobre a relação entre a Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual e a Filosofia da Ciência contemporânea. Afirmamos que o problema central da Filosofia da Ciência contemporânea é tentar compreender como o conhecimento científico evolui sob o impacto de novas idéias.

Segundo Thomas Kuhn, a observação dos fenômenos que serão investigados e os tipos de soluções propostas são orientados pelo que ele chama de "paradigma". Este é que determina os tipos de problemas que serão investigados, os métodos utilizados para resolvê-los e os tipos de explicação propostos. Como exemplos de paradigmas citamos o sistema de Copérnico e a mecânica de Newton. Para Kuhn, as descobertas ou explicações têm que se encaixar dentro das normas do paradigma. Entretanto, em função da constatação de que muitos problemas não podem mais ser resolvidos pelo paradigma vigente, vão ocorrer as chamadas "revoluções científicas", em que este paradigma é substituído por outro, como ocorreu na passagem da Física Aristotélica para a Galileana. Pode ser estabelecido um paralelo entre a mudança de paradigma e a mudança conceitual dos alunos. A nova concepção ensinada pelo professor deve poder ser aplicada a fenômenos que a concepção alternativa do aluno não conseguiria

explicar.

O licenciando A perguntou sobre o papel desempenhado pelo professor na aplicação da estratégia baseada no modelo PSHG. Colocamos que, em primeiro lugar, é essencial que o professor acredite, realmente, que esta é a estratégia mais adequada para lidar com o problema de mudança conceitual. Tendo isso em vista, seu primeiro passo será levantar as possíveis concepções alternativas que seus alunos possuem. Em seguida, deverá provocar insatisfação nos alunos quanto a essas concepções e, posteriormente, deverá mostrar a inteligibilidade, a plausibilidade e a fecundidade da concepção científica.

O licenciando D perguntou se essas etapas poderiam ser melhor explicadas. Afirmamos que essas etapas seriam exaustivamente detalhadas nos encontros onde seriam preparadas as aulas sobre os conceitos que seriam ensinados por eles através da estratégia baseada no modelo PSHG.

As perguntas dos alunos evidenciaram o esforço que despenderam para compreensão do texto e o interesse em conhecer a Teoria e a estratégia com maior profundidade.

Conseguimos, assim, incentivar os licenciandos para a etapa em que iriam elaborar o planejamento da aplicação da estratégia no ensino dos conceitos de Energia e Inércia.

4ª Etapa: As Entrevistas Individuais com os Licenciandos de Física

As entrevistas foram realizadas individualmente pela professora especialista em Psicologia, em virtude de sua forma

ção psicanalítica lhe ter fornecido os subsídios necessários para o desempenho dessa tarefa. Segundo a professora, os licenciandos se sentiram totalmente à vontade para discorrer, sem censuras, não apenas sobre suas vidas acadêmicas, mas também sobre os demais fatores que nelas interferiram. Cabe enfatizar que só tivemos acesso à parte acadêmica dessas entrevistas.

1ª Entrevista: Licenciando A

Este licenciando era o que apresentava nível mais elevado em sua formação acadêmica (fase de elaboração de tese de Mestrado em Física). Relatou ter sido alfabetizado em casa aos 4 anos de idade e ter cursado o 1º grau em escola pública, onde sempre foi considerado bom aluno. No período da 6ª a 8ª séries, teve despertado seu interesse por Ciências. Fez o 2º grau em colégio particular, com bolsa de estudos. Ao longo do 2º grau, sentiu interesse por Física e Matemática, apesar de ter identificado deficiências em seus professores de Física. Essas duas matérias eram por ele estudadas com afinco, utilizando livros emprestados pelos respectivos professores, com os quais mantém, até hoje, laços de amizade e que deram total apoio na época do vestibular, para que ingressasse no curso de Física da UFRJ. Apesar de ter enfrentado algumas dificuldades no início do curso, no 3º período já era monitor e bolsista de Iniciação Científica. Terminado o bacharelado, ingressou no Mestrado de Física do CBPF. Buscou a Licenciatura enquanto fazia o Mestrado, para se habilitar ao ensino de Física. No momento da entrevista, tinha uma nova prioridade: ingressar no Curso de Dou

torado em Física. Acreditava ter encontrado na Faculdade de Educação da UFRJ uma visão mais abrangente do homem, apesar de perceber em alguns professores uma grande distância entre o discurso e a prática. Por outro lado, no instituto de origem identificou uma visão deturpada do processo ensino-aprendizagem: "os alunos não se sentem em condições de se aproximar dos professores porque não encontram uma via de acesso. Com raras exceções, os professores esperam um aluno 'ideal' e não são capazes de trabalhar com o aluno 'real'". Acrescentou: "O conteúdo da Física ministrado no bacharelado é tão amplo que os alunos não têm tempo para entender os conceitos, que geralmente não são discutidos em sala de aula".

Criticou o processo de avaliação utilizado no Instituto de Física, no qual os conceitos não são exigidos, mas sim sua aplicação em "problemas-chave". A aprovação do aluno nesse nível, segundo o licenciando, depende essencialmente de sua capacidade de memorizar as situações já enfrentadas. Acrescentou que, de certa forma, "o curso de Física testa o equilíbrio emocional dos alunos".

2ª Entrevista: Licenciando B

Este licenciando cursou o 1º segmento do 1º grau numa escola da rede pública municipal. A partir da 5ª série do 1º grau até a conclusão do 2º grau, foi aluno do Colégio de Aplicação da UFRJ. No 1º segmento do 1º grau considerava-se um aluno médio; da 5ª à 8ª série do 1º grau, sentiu grande motivação por História, Matemática e Ciências. No 2º grau sentiu forte

interesse por Física, Química, História, Literatura e, principalmente, por Matemática. Em relação ao 2º grau, falou que se sentia capacitado em Física apenas para a resolução de problemas. Não considerava os conceitos de Física simples nem intuitivos — acreditava mesmo que são de difícil aprendizagem. O 2º grau o incentivou à fixação de conhecimentos voltados para um consumo imediato no vestibular e destituídos de significação conceitual. Ingressou, através de vestibular, em Engenharia, na PUC, não sentindo dificuldades nos dois primeiros anos do curso. No 3º ano, percebeu que não tinha interesse pela Engenharia e passou a não frequentar as aulas, acabando por abandonar o curso. Fez novo vestibular para Engenharia na UFRJ, sendo aprovado, mas concluindo que não era realmente sua vocação, transferiu-se para o curso de Física.

Considerava a Física como algo mais "transcendental, mais bonito", "sempre se deu bem" no curso e considera-se como um dos melhores alunos do bacharelado. Terminado este curso, matriculou-se na licenciatura, por orientação familiar. Acredita que este curso tenha "aberto sua cabeça para um sentido mais amplo do que aquele que já conhecia na área tecnológica". Afirmou que gostava de dar aulas e sentia-se seguro ao ensinar os conteúdos da Física. Apreciava os papéis de professor e pesquisador e tentaria conciliá-los em sua vida futura. Recentemente fora aprovado para ingresso nos cursos de Mestrado em Física do CBPF e da UFRJ.

3ª Entrevista: Licenciando C

Este licenciando cursou o 1º segmento do 1º grau numa escola pública da rede municipal, onde se considerava um aluno dentro de padrões médios, tendo interesse especial por matemática. No período da 5ª série do 1º grau até o final do 2º grau, foi matriculado numa escola da rede particular. Nunca foi reprovado no 1º grau, mas na 2ª série do 2º grau, devido a doença infecto-contagiosa que o levou a se ausentar durante quase um mês, já no final do período letivo, foi reprovado. Sempre teve interesse em aprender Matemática e Física, talvez por influência familiar. No entanto, na 1ª e 2ª séries do 2º grau, seus professores de Física não lhe proporcionaram prazer em aprender. Na 3ª série foi aluno de uma professora que resgatou esse prazer, através da relação que estabelecia entre os conteúdos de Física e o cotidiano. Fez um cursinho preparatório para os exames vestibulares e, apesar de sua tendência para a Física, sua opção inicial foi Informática na UFRJ, onde foi reprovado. No ano seguinte, fez novo vestibular, ingressando no curso de Física da UFRJ. Sentiu muita dificuldade nos períodos iniciais, pois desconhecia os conteúdos de cálculo, necessários para a compreensão da Física e essas disciplinas eram dadas simultaneamente. Certos professores de Física limitavam-se à resolução de problemas que, muitas vezes, não eram terminados, apesar do longo tempo a eles dedicados. Certo professor, segundo ele, comentava que a mesma aula que era dada em 1955 se reproduzia em 1987. O licenciando assinalou que o Ciclo Básico ainda lhe é penoso, pois ainda não tinha obtido

aprovação em algumas disciplinas. Declarou-se decepcionado com o curso de Física Experimental, onde apenas se reproduz um roteiro pré-estabelecido. O tempo útil para discussão sobre os experimentos é curto demais. Alega que certos professores parecem relutar em assumir as aulas do Ciclo Básico, enquanto que ocorre uma disputa para dar aulas a partir do 3º período. Comentou que os professores não priorizam suas aulas na licenciatura em virtude de acreditarem que os alunos de licenciatura "não sabem Física". Sentia-se desestimulado para estudar as disciplinas do Instituto de Física.

Na Faculdade de Educação, a oportunidade de conviver com outras áreas de conhecimento foi de extrema importância para a sua formação. Esse licenciando dava aulas de Matemática e Física para alunos de 1º e 2º graus.

4ª Entrevista: Licenciando D

O licenciando frequentou, da 1ª até a 5ª série do 1º grau, escola da rede pública municipal, sendo considerado excelente aluno. No período da 5ª a 8ª séries do 1º grau, cursou escola particular. Apresentou dificuldades com Matemática na 5ª e na 6ª séries do 1º grau, mas da 7ª série em diante conseguiu superá-las.

Considerou que da 5ª série em diante não foi um aluno tão bom quanto no 1º segmento do 1º grau, talvez por problemas de natureza afetiva. O 2º grau foi feito na mesma escola em que já se encontrava e logo na 1ª série enfrentou dificuldades com a Física (fato que afetou toda a turma). No fim do

ano, no entanto, todos foram aprovados. Em seguida, ingressou em uma escola técnica, onde cursou novamente a 1ª série, tendo sido reprovado em Física. Percebeu o professor dessa disciplina como um "cultivador de zeros dos alunos" e sentiu-se, ao mesmo tempo, responsável pela sua reprovação, por não ter se esforçado o suficiente.

Fez concurso para uma outra escola técnica, ganhando uma bolsa de estudos para estudar à noite. Conseguiu passar de ano direto (o professor de Física ensinava bem), em virtude do esforço que fez. As séries seguintes correram normalmente e fez vestibular para Engenharia numa faculdade particular. Logo no 1º período enfrentou uma reprovação: sentiu-se imaturo, sem saber o que queria. Trancou a matrícula nessa instituição e fez novo concurso, desta vez para a AMAN, onde passou mas não permaneceu. Decidiu uma nova experiência: tentar fazer 3 cursos de graduação — Física, Química e Matemática. Candidatou-se aos exames vestibulares da UFRJ e foi aprovado para Física. Envolveu-se com política estudantil e, em virtude disso, não adquiriu o ritmo de estudo necessário para acompanhar o curso.

Começou a questionar para que serviria o Curso de Física? — o que poderia fazer após sua conclusão? —; considerava os professores do Instituto de Física muito distantes dos alunos em todos os sentidos: vocabulário incompreensível e falta de diálogo. Alguns professores até tinham interesse pelas soluções de suas dificuldades, mas não conseguiam ajudá-lo.

Os conteúdos pareciam inúteis, mas se conformava em estudá-los, por não ver outra alternativa. Buscando uma forma

de sobrevivência e, ao mesmo tempo, por sentir prazer em ensinar, assumiu compromissos de atuar como professor em determinadas instituições. Devido à vivência de toda a problemática citada, procurou estabelecer em seu trabalho uma atitude oposta à que recebera da maioria de seus professores e à que, em alguns momentos, assumira como aluno.

Destacou o pouco tempo para tanto conteúdo ministrado no Instituto de Física... Não estava conseguindo passar nas disciplinas do Instituto de Física: "A barreira criada ficou alta demais". Relatou que os alunos reprovados no Instituto de Física passam por um processo de depreciação por parte dos colegas, professores e funcionários. Continuando, assinalou que: "o discurso dos professores é de não baixar o nível do curso e, portanto, não atendem às necessidades dos alunos". Segundo o licenciando, os alunos não se sentem com direito de contestar, e decoram os conteúdos para serem aprovados. As perguntas dos alunos não são respondidas, muitas vezes sob a alegação de que são triviais e com respostas evidentes. No período 91/92 só frequentou as disciplinas Didática Especial II e Prática de Ensino de Física.

Uma avaliação das quatro entrevistas forneceu alguns subsídios, considerados por nós significativos: (a) quanto aos cursos de 1º e 2º graus, existe uma equivalência no que se refere aos tipos de escolas cursadas (em sua maioria públicas); (b) a presença de alguns professores por eles considerados com "capacidade de ensinar", ligados principalmente às disciplinas Física e Matemática, despertou-lhes o interesse pela Física;

(c) dos quatro licenciandos, apenas um (licenciando A) optou, desde o início, pelo vestibular de Física da UFRJ; (d) dos quatro licenciandos, três deles manifestam claramente críticas ao processo de ensino-aprendizagem realizado no Instituto de Física da UFRJ; (e) todos os licenciandos explicitaram o fato da licenciatura ser desvalorizada em relação ao bacharelado, seja por professores ou colegas do Instituto de Física da UFRJ; (f) a crítica mais contundente apontada pelos licenciandos em relação às disciplinas da formação pedagógica ministrada pela Faculdade de Educação da UFRJ é o fato da grande maioria dos professores não aliarem teoria à prática; e (g) os licenciandos mencionaram também que, enquanto a avaliação feita pela maioria dos professores das disciplinas de Formação Pedagógica da Faculdade de Educação da UFRJ é "benevolente", a da maioria dos professores do Instituto de Física da UFRJ é incompatível com a metodologia utilizada para ensinar os conteúdos.

5ª Etapa: Preparação dos Licenciandos de Física para Atuarem na Prática de Ensino

Em virtude dos licenciandos de Física realizarem sua Prática de Ensino utilizando a estratégia baseada no modelo PSHG em duas turmas de Didática Geral, sob a regência do professor de Prática de Ensino, houve necessidade de uma preparação prévia dessas turmas para o desenvolvimento de tal atividade. Por ocasião da unidade "Planejamento sistêmico do processo ensino-aprendizagem", os alunos de Didática Geral estavam construindo os planos de curso voltados para suas áreas de co

nhecimento, onde a metodologia desempenha papel de destaque pelo fato de favorecer a aprendizagem, na medida em que sugere estratégias adequadas para o ensino dos respectivos conteúdos. Ao discorrer sobre os diferentes modelos de ensino, comunicamos às turmas a experiência que iriam vivenciar e informamos que se tornava imprescindível um levantamento prévio de determinados conceitos de Física que fundamentariam o desenvolvimento da estratégia a ser aplicada por licenciandos de Física.

Solicitamos às turmas que apresentassem num instrumento escrito as concepções de: (a) referencial; (b) trajetória; (c) deslocamento; (d) inércia; e (e) energia. Foi-lhes também pedido que selecionassem em suas áreas de conhecimento conceitos por eles considerados essenciais para a compreensão de suas disciplinas.

Dentre os conceitos de Física, dois deles já haviam sido escolhidos pelos licenciandos de Física, uma vez que acreditavam que no senso-comum se mostrariam antagônicos entre si: energia e inércia.

Como o trabalho iria ser desenvolvido em duas turmas por quatro licenciandos de Física, ficou decidido pela equipe de professores que cada um deles construiria um conceito em uma das turmas, ou seja, cada turma seria submetida a duas aplicações da estratégia baseada no modelo PSHG.

A etapa seguinte foi a realização da tabulação, por parte de cada licenciando de Física, das concepções sobre energia ou inércia, apresentadas pela turma de Didática Geral em que iria atuar.

A partir dessa tabulação, a equipe de professores elaborou, junto com os licenciandos de Física, todas as etapas da estratégia de mudança conceitual baseada no modelo PSHC, ou seja: (a) provocar a insatisfação dos alunos em relação às concepções apresentadas; (b) evidenciar a inteligibilidade, a plausibilidade e a fecundidade da concepção científica.

Cabe ressaltar que as etapas da estratégia foram trabalhadas exaustivamente com cada um dos licenciandos, até que se sentissem seguros para desempenhar a tarefa que lhes era destinada. Torna-se oportuno enfatizar que tal tarefa exigia dos licenciandos de Física um esforço e uma dedicação incomuns: (a) iriam apresentar conceitos de Física para licenciandos de outras áreas de conhecimento; e (b) iriam aplicar uma estratégia que, segundo a literatura em nível internacional, não apresenta o detalhamento necessário capaz de facilitar sua utilização (Hewson & Thorley, 1989).

O professor de Prática de Ensino trabalhou todas as etapas da estratégia com cada um dos licenciandos, elaborando junto com eles as situações que poderiam ser criadas para cada uma das concepções apresentadas pela respectiva turma de Didática Geral. Essas situações representavam exemplos, argumentos, analogias, contra-exemplos ou metáforas capazes de criar conflito entre as concepções alternativas e as concepções científicas. A partir desse conflito, propiciava-se a possibilidade de mudança conceitual, quer por reorganização, quer por construção de conceitos. Nesse processo, foi necessário que a professora de Psicologia "dramatizasse" todas as etapas da estratégia.

tégia que eles iriam aplicar.

Causou-nos grande satisfação observar um engajamento tão autêntico por parte dos licenciandos de Física na elaboração de suas aulas. Sentimo-nos muito gratificados, pois o esforço despendido nessa tarefa foi integralmente aproveitado pelos licenciandos de Física.

6ª Etapa: Aplicação por Parte dos Licenciandos de Física da Estratégia Baseada no Modelo PSHG aos Alunos de Duas Turmas de Didática Geral, Construindo com Eles os Conceitos de Energia e Inércia

Licenciando A: Conceito de Energia

O licenciando A iniciou sua aula apresentando-se à turma e destacando que os conceitos da Física, de um modo geral, levaram muitos séculos para serem elaborados, num processo de contínuo questionamento sobre sua validade. Referiu-se à existência de modelos capazes de representar percepções do mundo que nos cerca e à preocupação de busca de uma aproximação cada vez maior de sua realidade. Acrescentou a importância do trabalho que seria desenvolvido com a turma, em busca de um caminho que pudesse facilitar o ensino de conceitos de qualquer conteúdo e que, naquele momento, seria exemplificado por uma estratégia para provocar mudança conceitual baseada no modelo PSHG. Comentou o papel relevante da Física na origem dos estudos realizados sobre essa estratégia e passou a categorizar as concepções alternativas que a turma tinha apresentado.

A primeira foi: "Energia é vida". Um licenciando da

turma comentou: "Para mim energia é vida". Um outro licenciado acrescentou: "O que não tem vida não tem necessariamente energia?" O licenciado A provocou o grupo: "Uma pedra caindo apresenta energia?" O grupo assumiu, nesta altura, que apesar da vida estar associada a várias formas de energia, esta não poderia ser conceituada cientificamente pela forma com que foi apresentada.

A segunda concepção foi: "Energia é poder". Um licenciado da turma defendeu essa afirmativa, colocando: "Talvez por influência de minha formação, a associação de energia e poder é muito forte; acredito, no entanto, que do ponto de vista científico isto não seja correto". Um outro licenciado destacou: "Se entendermos poder como capacidade de realizar alguma coisa, talvez o conceito de energia colocado dessa forma possa ter alguma significação!" O licenciado A apressou-se em interferir: "Creio que esse último comentário deve ser registrado, pois já nos dá algum elemento concreto de energia. Lembrem-se do meu exemplo sobre a pedra caindo? Há algum "poder" nesse movimento?" Todos concordaram que "pode machucar, destruir ou produzir efeitos".

Dando prosseguimento, o licenciado A decidiu apresentar juntas a terceira e a quarta concepções: "Energia é luz" e "Energia é calor". Perguntou ao grupo o que achava delas. Segundo alguns licenciados, "inegavelmente, luz e calor eram formas de energia". O licenciado A questionou: "Vocês vêem algum poder nessas formas de energia?" O mesmo grupo respondeu: "Quando eu interrompo, por exemplo, um feixe de luz junto às

portas de um elevador, elas se abrem; quando eu aqueço o leite lá em casa, a sua fervura levanta a tampa da panela". O licenciando A concluiu: "essas formas de energia são capazes de produzir forças e movimento". Todos confirmaram esta assertiva, que ficou registrada no quadro de giz.

A quinta concepção foi "energia é o resultado de reações químicas". O licenciando da turma que havia defendido a primeira concepção voltou a se manifestar: "Na minha opinião, estamos voltando à idéia de energia como vida — o processo de fotossíntese nas plantas, o metabolismo dos seres vivos, a criação de novas substâncias — são formas de vida sempre envolvendo energia". Um outro licenciando acrescentou: "não tenho dúvida que as reações químicas envolvem processos energéticos, mas daí a chegar à conclusão de que energia é o resultado de reações químicas — é uma visão extremamente limitada de energia". O licenciando A interferiu, falando: "As reações químicas não são necessariamente determinantes para o aparecimento de qualquer forma de energia!" Novamente nesta situação, à semelhança da anterior, ficou patenteada a particularização que se estava obtendo na concepção alternativa.

A sexta concepção alternativa foi: "Energia é força". Um licenciando afirmou: "Acostumei-me a ouvir — a luz acabou por falta de força". Um outro licenciando acrescentou: "Sinto-me com dificuldade para distinguir energia e força. Acredito que o alimento me dá energia, mas também me fornece forças". Outros comentários dos licenciandos foram registrados: "Quando você aciona um motor ligado à rede elétrica, ele recebe ener-

gia, mas o que interessa é a força que você precisa obter"; "mas a presença de energia pode não significar necessariamente a existência de força". Este último comentário gerou a intervenção do licenciando A: "Creio que vocês atingiram um momento importante; se, por exemplo, uma pessoa desliza sem atritos ou interferência de outras forças, com velocidade constante, já que nada a perturba, ela possui energia associada ao seu movimento e nenhuma força está presente". O grupo de licenciandos da turma citou imediatamente outros exemplos, como o do movimento de satélites que giram em torno da terra sem nenhuma força propulsora.

A sétima concepção foi: "Energia é fonte de movimento, é fonte de força para realizar trabalho, é combustível para o movimento, é potencial para o movimento". Um licenciando afirmou: "Essas concepções estão algo vagas, na medida em que não podemos aceitar que a existência de um movimento necessariamente deva ser associada a uma origem energética". Outro licenciando comentou: "Nesse mesmo sentido, a existência de uma força pode não realizar trabalho e ter sua origem em alguma forma disponível de energia". Outros comentários surgiram: "pode existir movimento na ausência de combustíveis, a existência de energia não implica necessariamente na existência de um movimento". "A energia pode ser transformada em outras formas que não envolvam movimento!" O licenciando A comentou: "A propósito, recordo-me de uma pergunta feita sobre o que ocorreria com a energia elástica de uma mola distendida colocada no interior de uma solução ácida de grande poder corrosivo quando seu

material desaparecesse?"

A oitava concepção foi "Energia é trabalho". O grupo questionou imediatamente: "Aceitaríamos se ao invés de "é" fosse colocada a possibilidade, isto é, "pode ser" ". O licenciando A, percebendo que havia provocado insatisfação na turma quanto às suas concepções prévias, afirmou: "Chegamos praticamente à concepção científica. Vejam a última concepção que vocês citaram".

A última concepção não foi alternativa porque ela coincidiu com a concepção científica: "Energia é um potencial para realizar trabalho". O licenciando A esclareceu: "Vejam o significado de energia dessa forma — ele sugere uma propriedade disponível para transformar-se em trabalho. O trabalho é uma forma de medir a quantidade de energia que se encontrava disponível para transformação ou consumo". Aqui já havia sido alcançada pela turma a inteligibilidade do conceito científico de energia. Os licenciandos comentaram sobre a adequação dessa concepção às situações que haviam sido analisadas anteriormente e foram incisivos quanto à maior abrangência do seu poder de explicação em relação a elas, evidenciando a plausibilidade. Outro fato que chamou a atenção do grupo foi a identificação da possibilidade de transformações entre as diferentes formas de energia e a associação de trabalhos de diferentes naturezas para cada uma delas. Aqui foi percebida a fecundidade da concepção de energia.

Alguns alunos demonstraram grande interesse pela possibilidade de aplicarem a estratégia em suas áreas de conteúdo.

Outros, principalmente na área de Educação Física, sentiram-se com grande dificuldade em utilizá-la.

Um licenciando da turma, não se sentindo esclarecido sobre o que estava ocorrendo na sala de aula, solicitou esclarecimentos mais detalhados sobre a estratégia. O professor especialista em conteúdos de Física explicou ao grupo que o objetivo do trabalho não residia na aprendizagem da Física e sim da estratégia. Por isso, a escolha de um grupo descomprometido com a aprendizagem de conceitos de Física se tornou tão importante para a aplicação da estratégia. No momento seguinte, a professora especialista em Psicologia foi solicitada a discorrer sobre a estratégia. Os licenciandos da turma mostraram-se satisfeitos e, face às opções para o próximo encontro — continuidade da aplicação da estratégia com um outro conceito de Física ou um maior detalhamento da estratégia — preferiram a primeira.

Licenciando B: Conceito de Energia

O licenciando B iniciou sua aula destacando o motivo de sua presença e a importância de se conhecer uma estratégia de ensino que propõe a mudança de conceitos a partir das concepções prévias dos alunos. A seguir, apresentou a primeira concepção levantada: "Energia é afeto associado à energia psíquica". Um licenciando colocou-se a favor da mesma, afirmando: "Como me foi dada a liberdade de me expressar sobre o conceito, achei que energia adquire essa significação". Um outro licenciando comentou: "Na busca de um conceito mais abrangente, creio

que conceituar energia como afeto representa uma forma muito limitada". A maioria dos alunos manifestou-se favoravelmente a esta posição. A seguir, o licenciando B apresentou a segunda concepção: "Energia é evolução". Um licenciando do grupo assinalou: "Evolução está mais próxima do conceito de tempo do que do de energia". Dando continuidade, o licenciando B apresentou a terceira concepção: "Energia é vida". Vários licenciandos do grupo se manifestaram: "Esta concepção está no mesmo nível da primeira. Gostaria de extrair algumas relações: vida e afeto são estímulos para a ação. Por outro lado, essa ação gera transferência ou trânsito de gestos, atitudes e sentimentos. Vejo aí algo em comum com a energia". "De certa forma, onde há evolução ocorre mudança envolvendo energia". "A presença do afeto mobiliza o indivíduo a viver — a falta de afeto pode levar o indivíduo à morte". "Assim como a energia pode ser identificada como algo inerente a um corpo, mas disponível para se transferir para um outro, o afeto também pode ser visto dessa forma". "Vejo a relação de afeto como um processo de interação a ser desenvolvido e assim não se perder". O licenciando B interferiu: "Foi muito bom associarmos a concepção de energia ao ser humano — afinal, é uma criação humana para interpretar certas percepções do mundo que nos cerca. Vocês já alcançaram algumas características importantes do conceito de energia: é uma propriedade que se associa a um corpo, podendo se apresentar sob diferentes formas, admitindo a possibilidade de sofrer transformações, e é percebida num processo de interação, podendo ser encontrada nos corpos sob forma potencial!" Ana

lisemos agora a quarta concepção: "Energia é movimento". Um licenciando falou: "Essa concepção pode ser corrigida para — energia pode produzir movimento". Um outro licenciando atalhou: "Concordo com a não exclusividade de colocar energia diretamente associada ao movimento, mas na linguagem comum de nosso dia-a-dia, a idéia de energia sugere uma ação imediata".

A seguir, foi apresentada a quinta concepção alternativa: "Energia é o combustível para o movimento". Um licenciando contestou imediatamente: "Para ocorrer movimento pode não ser necessário o fornecimento de combustível ou energia". Outro comentário importante foi feito por outro licenciando: "A afirmativa sugere que, durante um movimento, haverá necessariamente consumo de energia". O licenciando B assinalou: "Parece ficar clara a idéia de que a existência de movimento se associa à existência de um tipo de energia, mas que esta não é necessariamente consumida ou utilizada para assegurar o movimento". Aqui já se delineava a integridade do conceito de energia que foi acentuada na concepção que viria a seguir.

A sexta concepção alternativa foi: "Energia é fonte de movimento". O grupo, após a discussão anterior, não teve dúvidas em questioná-la: "Olha aí de novo a idéia de generalizar energia como combustível — algo que deva existir para alimentar o movimento".

Finalmente, a sétima concepção alternativa apresentada foi: "Energia é força". Um licenciando do grupo declarou: "Pelo jeito, estamos em torno da mesma situação — se energia fosse força, sempre que estivéssemos na ausência de forças, ne

cessariamente inexistiria energia. Quantas vezes senti-me exausto, sem forças para sair do lugar em que me encontrava, mas cheio de energia adquirida após uma farta refeição". Um outro licenciando da turma assinalou: "Pela idéia de que força é um agente que pode produzir variação de velocidade, na ausência de força a velocidade não deve se modificar. Nessa situação, posso ter força nula, mas energia de movimento não nula". O licenciando B acentuou: "Os argumentos que vocês utilizaram geraram contradições em relação às concepções que o grupo elaborou. Não há dúvida que essa insatisfação nos levará a construir um novo conceito mais adequado, ou seja, uma conceituação científica. Vocês seriam capazes agora de identificar as características da energia que nós descobrimos ou mantivemos nessa discussão?" O grupo comentou: "Energia é algo que se identifica com a capacidade de estar disponível num corpo, podendo levá-lo a realizar esforços ao longo de seu movimento". O licenciando B destacou: "Vocês estão próximos de uma concepção considerada científica. Ela coloca energia como a capacidade de realizar trabalho. O fato de haver uma energia disponível não significa que ela se converta necessariamente em trabalho!" Continuando, evidenciou a plausibilidade desse conceito pela sua capacidade de explicar a energia como uma propriedade associada a um sistema, disponível para sofrer, parcial ou totalmente, transformações que a levarão a assumir outras formas dentro ou fora dele. Essa parcela de energia em trânsito será medida pelo trabalho.

O reconhecimento das diferentes formas de energia e

de situações que na prática explicam seus processos de transformação, evidenciaram o poder heurístico da concepção científica de energia, principalmente se considerarmos que o trabalho foi percebido pela turma como uma medida do quanto de energia estaria se transformando ao longo do processo.

licenciando C: Conceito de Inércia

O licenciando C apresentou-se à turma explicando que a continuidade da aplicação da estratégia seria feita através do conceito de Inércia. A seguir, explicou a importância da participação dos licenciandos da turma na confrontação ou questionamento das concepções alternativas levantadas.

A primeira concepção apresentada foi: "Inércia é o ato de se deslocar sem produzir energia". Um licenciando interpretou: "Alguma coisa é empurrada mas não se mexe". O licenciando C colocou: "O autor dessa concepção deve estar se referindo à condução de um objeto sem que este participe do movimento". O grupo assim se manifestou: "Isto não parece ser inércia, exceto numa interpretação particular, onde o objeto está inerte ou não participa do que se faz com ele". O licenciando C concluiu: "Desta concepção fica, então, a idéia de inércia associada a algo estático". Continuando, apresentou a segunda concepção: "Inércia é o ato de se deslocar sem estar em movimento e sem produzir energia". Um licenciando da turma comentou: "Estou reconhecendo a situação anterior aqui — o corpo que não se move — deixa-se levar". O licenciando C assinalou: "Estamos de novo associando a inércia a uma situação de omissão —

o corpo é conduzido por elementos exteriores a ele — assim, sua situação é de algo inerte". A terceira concepção foi: "Inércia é o estado de repouso de um corpo em relação a outro que está em movimento. Ex.: um passageiro em um ônibus em movimento". Um licenciando da turma afirmou: "Parece que o autor da concepção interpreta a inércia como uma situação de passividade ou resistência em relação a um movimento provocado". O licenciando C destacou: "É muito interessante sua observação, na medida em que ela reforça a tendência passiva de um corpo em relação ao que o cerca".

A quarta concepção foi: "Inércia é uma situação em que o corpo se desloca a partir de uma pressão feita". Um licenciando da turma observou: "Bem, se o corpo tem essa tendência passiva de aceitar um estado anterior, para sair dessa estagnação algo deve ser feito — uma pressão — ou melhor, uma força". O licenciando C perguntou: "E como a inércia será percebida?" Um licenciando do grupo afirmou: "Há uma certa demora para que um corpo, acostumado à passividade, saia dela". Outro licenciando falou: "Acho que a inércia não se traduz propriamente no tempo, mas na dificuldade que o corpo oferece a uma mudança". Ainda outro comentou: "Mas essa dificuldade depende também da força que se utiliza — por exemplo: uma arrancada mais brusca pode quebrar o pescoço de um passageiro, enquanto que a mais suave quase não é percebida". O licenciando C questionou: "Essa concepção nos deixa com a seguinte reflexão: alterar uma situação de passividade exige a ação de uma força?"

A quinta concepção alternativa foi: "Inércia é uma si

tuação imóvel sem gasto excessivo de energia". Um licenciando afirmou: "Eu diria que se está imóvel, não gasta nenhuma energia". Outro licenciando comentou: "Creio que a inércia se configura na tentativa de alterar essa situação de repouso — é aí que a gente percebe essa passividade". O licenciando C mencionou: "Nesta concepção, o autor tentou associar novamente inércia com repouso".

A sexta concepção apresentada foi: "Inércia é a falta de movimento, repouso, estagnação, paralização, imobilidade, ausência de vida, estar parado". Um licenciando do grupo comentou: "A inércia descreve uma dificuldade que um corpo tem em aceitar uma velocidade diferente da que ele se encontra. Não acho suficiente a simples referência a uma situação de repouso para caracterizar a inércia". Aqui ficou evidenciada com clareza a insatisfação em relação às concepções apresentadas até então. O licenciando C destacou: "Este comentário é excelente, porque o colega de vocês acertou em cheio o cerne da questão da inércia". Vamos passar para a sétima concepção: "Inércia é o repouso de um corpo sem força atuando". O mesmo licenciando que fez o comentário anterior descreveu sobre essa concepção: "Trata-se da mesma situação — sendo que o fato de não haver força não assegura que o corpo esteja em repouso — ele pode estar se movendo com velocidade constante e, nessa situação, o corpo também fica passivo, acomodado à velocidade assumida". O licenciando C afirmou: "Através desse argumento, estamos construindo o conceito de inércia em torno de uma situação passiva, acomodada a uma velocidade constante, nula ou não". Aqui come

çava a ocorrer a inteligibilidade quanto ao conceito de Inércia.

A oitava concepção foi: "Inércia é o estado em que se encontra um objeto quando não sofre influência de forças que o forçam a deslocar-se. Pode também estar sofrendo pressão de forças contrárias, que da mesma forma o deixariam sem movimento". Um licenciando da turma, já mencionado anteriormente, continuou participando: "Acredito que a inércia se caracteriza pela dificuldade ou resistência oferecida por um corpo inicialmento acomodado a uma certa velocidade, e portanto, na ausência de forças, ao se pretender modificar essa velocidade". O licenciando C enfatizou: "Nessa perspectiva, a percepção da inércia está na dificuldade oferecida por um corpo no período em que se pretende alterar o seu estado de repouso ou de movimento onde assumiu uma certa velocidade anteriormente. Acredito que tenhamos atingido uma concepção de inércia coerente com uma formulação aceita na ciência atual". Esta fala demonstra a percepção do licenciando C de que a turma havia alcançado uma inteligibilidade plena. O licenciando C mostrou que a conçepção científica de inércia construída se tornou plausível, na medida em que ampliou o sentido de repouso para o de movimento retilíneo e uniforme (velocidade constante), conseguindo, assim, explicar as dificuldades que os corpos nessas condições oferecem nas tentativas de mudanças em suas respectivas velocidades.

Posteriormente, o licenciando C levou o grupo a refletir sobre situações em que houvesse a presença de forças capa

zes de alterar as velocidades de um corpo, tanto em movimento de trajetória retilínea como curvilínea. A fecundidade do conceito de inércia ficou evidenciada pela representação do licenciando C de situações como, por exemplo: "uma pedra presa a um fio é posta a girar em movimento circular com velocidade escalar constante. O que ocorre com ela imediatamente após a ruptura do fio?" Vários licenciandos da turma se manifestaram da seguinte forma: "A pedra, no instante da ruptura, tinha uma certa velocidade. Pelo conceito de inércia, a ausência da força que modificava a direção da velocidade permite que a pedra continue em linha reta, como se quisesse conservar o estado de movimento" (é claro que seria apenas uma tendência inicial, uma vez que o peso da pedra produzirá posteriormente o encurvamento da trajetória).

Licenciando D: Conceito de Inércia

O licenciando D apresentou-se à turma, destacando a importância do trabalho que estava sendo desenvolvido para a divulgação da estratégia de mudança conceitual baseada no modelo PSHG. A seguir, apresentou a primeira concepção alternativa levantada na turma: "Inércia é manutenção vivencial do grupo social, consequentemente em horas de nutrição e outras atividades". Os licenciandos da turma sorriram frente ao rebuscamento da linguagem e um deles a traduziu: "Inércia associada à preguiça". O licenciando D questionou: "Vocês acham que o conceito de inércia é apenas algo associado à preguiça?"

Dando continuidade, apresentou a segunda concepção al

ternativa: "Inércia é ausência de atitudes por parte de pessoas que têm receio de assumir atitudes". Um licenciando da turma comentou: "Numa linguagem coloquial é aceita a idéia de inércia associada ao conformismo ou acomodação, mas tenho dúvidas de que este conceito seja científico". O licenciando D respondeu: "Poderíamos aceitar em princípio, em Física, que a acomodação represente uma resistência à mudança".

A terceira concepção alternativa foi: "Inércia é algo parado, ou um potencial latente, ou ausência de movimento ou falta de ação". Outro licenciando da turma observou: "As situações de repouso, ausência de movimento ou falta de ação parecem semelhantes e significam acomodação, impossibilidade de mudanças, mas potencial latente pode sugerir alteração de uma certa situação. Não aceito que essas colocações estejam num mesmo nível". Neste momento, o grupo já manifestava insatisfação em relação às concepções apresentadas. O licenciando D afirmou: "Acrescento à sua observação uma questão: o conceito de inércia deverá ser reduzido a uma simples situação de repouso? E na situação de um potencial latente (talvez para sair de uma situação de repouso) seria possível constatar-se a presença da inércia?" Os licenciandos da turma, após um período de discussão, emitiram a seguinte conclusão: "Inércia pode ser interpretada como uma resistência à mudança de uma certa situação. Um exemplo fora da Física: dois indivíduos — um não faz nada — o outro trabalha o tempo todo. Fica muito difícil alterar o ritmo de vida dessas pessoas — elas já se acomodaram às situações em que vivem". Um outro licenciando acrescentou: "Se

uma delas quiser mudar de ritmo sentirá dificuldade". O licenciando D afirmou: "Vocês estão construindo o conceito de inércia". Além da insatisfação com as concepções alternativas, a inteligibilidade do conceito parecia estar evidente para a turma.

A quarta concepção alternativa foi: "Inércia é estagnação, bloqueio de um caminho". Outro licenciando da turma observou: "estagnação é um estado inerte, mas isso não define inércia. Bloqueio de um caminho é algo que impede a passagem — é muito vago para ser associado à inércia".

A quinta concepção alternativa foi: "É algo que não existe: tudo está em constante movimento". Um licenciando do grupo comentou: "Como não existe? A terra, o universo de um modo geral — não me lembro da data em que tudo isto começou!" O licenciando D destacou: "A proposição feita deixou um aspecto interessante: há uma certa tendência a conservar o estado de movimento — é uma situação que, junto com a de repouso, caracteriza estados inerciais".

A sexta concepção alternativa foi: "Capacidade de um corpo manter um determinado movimento". Outro licenciando da turma afirmou: "Já vimos que se trata de um estado inercial, mas não cita o estado de repouso e nem é suficiente para conceituar inércia". Outro licenciando afirmou: "Pelo que chegamos até aqui, a inércia deve ser associada ao estado de repouso ou de movimento constante de um corpo". O licenciando D comentou: "A inércia deve ser uma propriedade dos corpos que se encontram nessa situação".

A seguir, foi apresentada a sétima concepção: "Inércia é a resistência do objeto entrar em movimento, mesmo com intervenção de força externa. Pode ser usada na Física ou em sentido figurado, referindo-se à estagnação, monotonia, etc.". Um licenciando da turma interveio: "Acho que esta concepção nos deu um tijolo a mais para a construção do conceito de inércia: é uma resistência ou dificuldade que os corpos apresentam para sair do estado de repouso (entrar em movimento) ou para mudar de velocidade (se já estiver em movimento com uma certa velocidade)". O licenciando D confirmou: "Esta é a concepção científica e eu lembraria um velho ditado que pode representar o sentido figurado apresentado nessa concepção: dou um boi para entrar na briga e depois dou uma boiada para não sair mais dela. Neste dito popular, fica sintetizada a resistência que os corpos oferecem a alterar suas velocidades e que se traduz pelo conceito de inércia". A inteligibilidade do conceito foi plenamente percebida pela turma através da linguagem simples e direta do licenciando.

A plausibilidade do conceito de inércia foi alcançada na medida em que o licenciando D, aproveitando os exemplos já emitidos pela turma, desfez os equívocos relacionados às concepções alternativas e mostrou que a concepção científica de inércia, envolvendo repouso e movimento com velocidade constante, explicava de forma mais abrangente os fenômenos descritos.

A fecundidade do conceito científico de inércia ficou caracterizada pela comparação dos comportamentos de corpos com diferentes massas sujeitos à ação de forças iguais. Os licen

ciandos da turma perceberam nessa comparação que os corpos de maiores massas apresentam menores variações de velocidade, enquanto que os de menores massas, ao contrário, apresentam maiores variações de velocidade. O licenciando D abriu caminho para a discussão da relação entre força, massa e aceleração.

7ª Etapa: Avaliação do "Crescimento" de Cada Licenciando de Física pela Equipe de Professores que Acompanhou o Estudo

- Participação como alunos de Didática Especial de Física I, vivenciando a estratégia baseada no modelo PSHG.

Licenciando A - Por estar em fase de conclusão de sua dissertação de Mestrado de Física, este licenciando encontrou algumas dificuldades em conciliar seus horários com os das disciplinas. Apesar disso, sempre esteve presente aos encontros combinados, assumindo plena responsabilidade pelas tarefas que iria desenvolver. Nesses encontros, desde o início, exibiu explicitamente interesse pelas discussões, das quais participou ativamente. O levantamento de suas concepções prévias permitiu observar, de um modo geral, um bom nível de conhecimento sobre os conceitos básicos de Física, apesar de algumas delas estarem em linguagem incompreensível para o nível de 2º grau ou se reduzirem parcialmente a fórmulas matemáticas.

Licenciando B - Também teve participação atuante e assídua às discussões, assumindo com seriedade seus compromissos com as tarefas que iria desenvolver. Apresentou facilidade em se

expressar verbalmente não só sobre os conceitos de Física, como também sobre os demais conteúdos acadêmicos. O levantamento de suas concepções prévias revelou um bom domínio sobre os conceitos básicos da Física, apesar de algumas delas estarem em linguagem incompreensível para o nível de 2º grau ou se reduzirem parcialmente a fórmulas matemáticas. Demonstrou empatia com as dificuldades vivenciadas por outros licenciandos.

Licenciando C - Evidenciou interesse pelo trabalho e compareceu com assiduidade a todos os encontros. Sua participação explícita nesses encontros foi muito limitada, talvez por ainda se sentir inseguro sobre os conceitos discutidos. O levantamento de suas concepções prévias revelou algumas lacunas, algumas respostas incorretas, algumas respostas incompletas e algumas respostas que se reduziam a fórmulas matemáticas.

Licenciando D - Também demonstrou grande interesse pelo trabalho e compareceu assiduamente aos encontros. Sua participação explícita evidenciou um processo de evolução crescente, sem atingir o nível dos licenciandos A e B. O levantamento de suas concepções prévias revelou algumas lacunas, respostas incorretas, respostas incompletas e respostas que se reduziram a fórmulas matemáticas.

- Participação como alunos de Didática Especial de Física II no estudo da Teoria de Aprendizagem como Mudança Conceitual e da estratégia baseada no modelo PSHG.

Tratando-se de um conteúdo que não envolvia conceitos

apreendidos anteriormente, em Física, os quatro licenciandos participaram ativamente de todos os encontros relativos a esses conteúdos e demonstraram: (a) ausência de censura quanto à expressão de suas dúvidas; (b) criatividade na construção de analogias, metáforas e exemplos; (c) capacidade de argumentação e questionamento; (d) organização de pensamento; (e) coerência de idéias; e (f) equivalência de "crescimento".

- Aplicação do modelo PSHG na Prática de Ensino

Nesta etapa, consequência direta da anterior, os licenciandos de Física apresentaram desempenho equivalente em relação: (a) ao domínio dos conteúdos a serem ensinados; (b) ao domínio da estratégia baseada no modelo PSHG; (c) à postura assumida em sala de aula, incentivando a participação dos licenciandos das turmas de Didática Geral; e (d) ao manejo de classe, lançando mão, sempre que necessário, de exemplos compatíveis com as situações que lhes eram apresentadas pelos licenciandos das turmas de Didática Geral.

Concluindo, podemos afirmar que os objetivos da Didática Especial de Física I e II e da Prática de Ensino de Física foram plenamente alcançados indistintamente pelos quatro licenciandos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Resultados

Avaliação dos Efeitos da Aplicação da Estratégia aos Licenciandos

Na avaliação dos efeitos da aplicação da estratégia baseada no modelo PSHG aos licenciandos de Física, como já mencionamos no Capítulo I, foram considerados três tipos de indicadores: (a) o "crescimento" de cada licenciando de Física quanto à vivência da estratégia como aluno, aprendizagem da teoria de mudança conceitual, bem como da estratégia baseada no modelo PSHG e aplicação da mesma ao ensino dos conceitos de energia e inércia a duas turmas de licenciandos que cursavam Didática Geral; (b) a apreciação realizada pelos licenciandos de Física sobre as experiências vivenciadas ao longo do estudo; e (c) a avaliação dos licenciandos de Didática Geral tanto em relação aos efeitos sentidos quando do ensino dos conceitos de energia e inércia, como da possibilidade da utilização da estratégia nas disciplinas de suas áreas de conhecimento.

Quanto ao primeiro indicador, nas respostas dos licenciandos por ocasião da aplicação do instrumento escrito com perguntas abertas, para diagnosticar a existência de concepções alternativas, foram encontradas as seguintes situações:

(a) ausência de respostas sobre determinados conceitos; (b) respostas contendo elementos incorretos; (c) respostas incompletas; (d) respostas em linguagem incompreensível para o nível de 2º grau; (e) respostas que, ao invés de emitirem os conceitos solicitados, se reduziam a fórmulas matemáticas; (f) respostas que tergiversavam em relação aos conceitos; e (g) respostas coincidentes com a concepção científica. Em seguida, os conceitos de energia e inércia foram exaustivamente discutidos com os licenciandos, levando-os à construção dos mesmos, atendendo à concepção formal aceita, independentemente da formação acadêmica de cada um deles.

No que se refere à teoria de aprendizagem por mudança conceitual, bem como à estratégia baseada no modelo PSHG, acreditamos que tenham sido apreendidos em virtude dos resultados obtidos em sua aplicação.

O segundo indicador, ou seja, a apreciação realizada pelos licenciandos de Física sobre as experiências vivenciadas ao longo do estudo, mostrou nas entrevistas individuais a interferência significativa de fatores de natureza afetiva no desenvolvimento do estudo. Entre estes, pode-se destacar: (a) a ausência de uma preparação adequada dos licenciandos para o trabalho que iria ser realizado, fez, por exemplo, com que a presença de especialistas, que não tiveram seus papéis claramente definidos no início do processo, inibisse os alunos; (b) a incerteza de alguns elementos da amostra quanto à possibilidade de conseguirem concluir a licenciatura sob a atual ameaça de jubilação; e (c) o envolvimento de parte da amostra com o

curso de pós-graduação em Física.

Todos esses fatores e outros, de ordem pessoal, foram discutidos com eles, sendo que em alguns casos individualmente e, em outros, dentro do próprio grupo, como pode ser observado através de seus comentários:

"O tempo foi muito limitado para uma grande quantidade de conteúdos, pois, em função da greve, o número de encontros ficou reduzido, apesar de ocorrerem, nesse período, fora da universidade".

(licenciando A)

"Foi subestimada tanto a interação intragrupal como a complexidade dos assuntos".

(licenciando C)

"As dificuldades dos alunos não eram comuns a todos".

(licenciando D)

"Os conceitos fundamentais geralmente não são bem discutidos nos cursos de graduação porque são muito difíceis fora de uma linguagem não matemática... As três leis de Newton são o alicerce de toda uma teoria e, para se entendê-las, tem que se saber conceitos fundamentais como massa, força, velocidade e tempo".

(licenciando B)

"Os conceitos básicos não são "fechados" nos cursos de graduação... não se poderia trabalhar até o limite de hoje" [com a sofisticação da pesquisa de ponta].

(licenciando A)

"Deveríamos trabalhar com conceitos que são trabalháveis a nível de 2º grau" [no Instituto de Física].
(licenciando C)

"Foi superestimada a capacidade dos alunos e professores em trabalhar todos esses conceitos em tão curto tempo" [um ano].
(licenciando D)

"No Instituto de Física entra-se no lado operacional, como uma técnica" [aplicação direta de conceitos sob a forma de expressões matemáticas].
(licenciando D)

"Os professores acreditam que, com o tempo, os alunos sozinhos aprofundam os seus conhecimentos sobre os conceitos".
(licenciando A)

"Não sabia bem o que estava acontecendo no grupo... Teria que ter iniciado por uma interação grupal".
(licenciando B)

"A professora de psicologia caiu de paraquedas, não explicando inicialmente o seu papel".
(licenciando A)

"O poder inibidor da presença do professor especialista no conteúdo de Física foi muito grande, na medida em que era associado a uma situação de avaliação".
(licenciando C)

"Tinha medo de que se reproduzisse no trabalho o esquema competitivo que sempre ocorreu no Instituto de Física".
(licenciando D)

"O pequeno número de licenciandos de Física colocava em constante destaque cada um de nós, provavelmente o professor especialista de conteúdo identificava as concepções prévias que cada um de nós tinha feito".

(licenciando C)

Apesar de toda a problemática apontada, tanto a nível cognitivo quanto afetivo, nos depoimentos, os licenciandos de Física foram unânimes ao afirmar que "tem que haver uma discussão ampla sobre os conceitos de Física com os alunos do Instituto de Física — mas não há como fugir dos conceitos mal construídos (conceitos parciais)".

A partir destes comentários, a professora especialista em Psicologia, a pedido nosso (professor de Prática de Ensino e professor especialista no conteúdo de Física), realizou entrevistas individuais que tinham um duplo objetivo: (a) conhecer a história acadêmica dos licenciandos para melhor compreensão das dificuldades apresentadas pelos licenciandos de Física; e (b) tentar reverter a problemática criada inicialmente pela equipe de professores, ao não perceber a necessidade de criar um clima pleno de afeto e disponibilidade, favorável ao diálogo e em que a censura, o autoritarismo e a competição não deveriam existir.

Ao longo dessas entrevistas, os licenciandos de Física sentiram, por parte da referida professora, capacidade para "ouvir", e passaram a discorrer, também, por sua própria iniciativa, sobre seus problemas pessoais, dificuldades e expectativas. Tornou-se clara a importância de que, necessariamente,

antes do início da abordagem sobre mudança conceitual, se crias se um clima de absoluta descontração e confiança no qual os li licenciandos se sentissem à vontade para expressar, de forma li vre e autêntica, suas idéias.

Logo após essas entrevistas, iniciou-se o estudo da teoria de aprendizagem por mudança conceitual, bem como da es tratégia baseada no modelo PSHG, onde os alunos passaram a apresentar, sem inibições, as suas dúvidas.

No que se refere à Prática de Ensino, ou seja, à apli cação da estratégia ao ensino dos conceitos de energia e inérci a aos licenciandos de Didática Geral, os licenciandos de Físi ca afirmaram sentir-se bastante seguros, tanto em relação ao conteúdo quanto à estratégia, pois haviam sido exaustivamente preparados e assistidos pelo professor de Prática de Ensino, que sugeriu situações e procedimentos para todas as etapas da estratégia.

A apreciação dos licenciandos de Física quanto a sua atuação em sala de aula evidenciou a sensação de segurança quanto ao seu desempenho, como foi explicitado nas afirmações:

"Nunca pensei ser aplaudido por colegas de outras áreas após minha aula".

(licenciando 8)

"Acredito que estou dominando plenamente as etapas da estratégia".

(licenciando D)

"Sinto-me gratificado pela capacidade de dar uma aula com total participação dos alunos".

(licenciando C)

"Como teria sido bom se meus professores tivessem se exposto à discussão aberta dos conceitos de Física da mesma forma que me expús perante meus colegas".

(licenciando A)

"No início da aula, fiquei imaginando o que faria se o grupo não reagisse".

(licenciando C)

"É impressionante constatar-se que os conceitos da física já se encontram delineados mesmo parcialmente nas mentes das pessoas, de forma espontânea".

(licenciando B)

"Sinto a aula como um diálogo em que ensino aprendendo".

(licenciando D)

"A gente sente que cada aluno tem um ritmo diferente e que sua mente está, de alguma forma, influenciada pelas experiências anteriores".

(licenciando A)

"Não me parece justo pré-estabelecer conceitos acabados para os alunos, respaldando tal procedimento na autoridade da comunidade científica... Devo ouvir o que meus alunos pensam e tentar construir junto com eles esse conhecimento".

(licenciando B)

Em relação ao terceiro indicador, ou seja, a avaliação dos licenciandos de Didática Geral, a quase totalidade das apreciações dos mesmos foi elogiosa:

"O método é muito interessante... É importante o le

vantamento das concepções prévias dos alunos... O professor de mostra com isso respeito pela bagagem cultural do aluno e se compromete com ele para ajudar os alunos a aprenderem"; "Acho possível aplicar essa metodologia em História ... As relações de poder, por exemplo, se reproduzem de forma semelhante, seja numa comunidade mais humilde ou na escala maior de um governo"; "Essa estratégia ofereceu uma forma de ação didática excelente para a participação ativa dos alunos e o seu envolvimento no processo de apropriação de conhecimentos"; "É uma proposta mui to boa, a forma de trabalhar com a turma gera um enriquecimento de novas idéias e um excelente desenvolvimento do raciocínio"; "Esse modelo é importante para a formação de um professo r... Faz com que não se sinta preso a um discurso previame nte preparado... Seria bom que pudéssemos ter mais informações sobre novos métodos e estratégias que utilizem principalmente as concepções prévias dos alunos"; "Acredito que o modelo de professor que eu tinha — dono de um saber inquestionável — po de ser substituído por uma pessoa menos erudita e mais disposta a ouvir — talvez mais humana — talvez eu mesma"; "Estratégia muito interessante, embora me pareça que demanda muito tem po; entretanto, para certos conceitos seja talvez a mais indica da — afinal, não levaram um tempão para serem construídos?"; "Achei o método excelente (apesar disso, não fui atuante, pela desconfiança de que meu próprio conceito seria derrubado no fim); "O método é eficaz, desde que se consiga estimular a participação de modo interessante"; "A estratégia é uma descoberta pedagógica face a insensatez de professores que oprimem os

seus alunos com o seu saber"; "Afinal, surge a perspectiva de derrubar os mitos monstruosos da Física, Química e Matemática com conteúdos que podem ser aprendidos de forma mais natural e divertida"; "A estratégia estimula os professores a uma atitude mais sensível e mais tolerante, tornando os alunos mais desinibidos em relação ao seu saber. Desta forma, o professor será mais que um professor: um amigo"; "Gostaria de aplicar o modelo PSHG em minha área: Português — a possibilidade de elaborar junto com meus alunos as estruturas básicas de nossa língua, fazendo com que eles percebam que já dominam um código, uma organização de pensamento e de idéias repleta de significação, me fascina"; "Método bastante criativo, na medida que proporciona real valor à criação do aluno... Sem dúvida, pode ajudar muito aos professores e alunos, em todas as disciplinas"; "Destaque para o licenciando C que conduziu bem a turma... A estratégia é uma idéia muito boa, pois sua proposta difere da que se usa no nosso sistema de ensino, onde a matéria é dada ao aluno sem que se discuta"; "A estratégia parece importante para o momento em que vivemos, pode ser bem explorada e trazer bons resultados a partir de um maior amadurecimento sobre o próprio método e também daqueles que trabalharão com ele", "tal proposta foi extremamente interessante na medida em que traz para o espaço da sala de aula a formação dita do 'senso-comum' — tão execrada nos círculos intelectuais e acadêmicos — do aluno e faz 'nascer' dele um conteúdo de um conceito que, retirado de sua vivência, de certa forma integra o seu cotidiano com o conhecimento científico"; "Desejo aprofundar-me no PSHG";

"Método fascinante e muito rico, pois apresenta o conhecimento humano, expondo-o à luz da crítica e da reconstrução"; "...Adorei o PSHG numa segunda etapa, inovador, revolucionário... Interessante ao permitir múltiplas aplicações"; "É importante valorizar o que o aluno traz consigo e não considerar apenas que o conhecimento do professor é único e o mais importante... A demonstração prática foi de grande valor para que sua eficácia pudesse ser percebida"; "Dados interessantes puderam ser obtidos... A aprendizagem é mais eficiente quando ocorre a participação ativa do aluno"; "Estratégia muito útil na apresentação de certos conceitos fundamentais de diversas áreas..."; "Parece que nesse tempo todo fiquei acostumado à idéia de que nunca seria capaz de dar uma aula -- igual à dos nossos mestres -- e realmente não sou --, afinal de contas, percebi agora que o roleteiro dessa aula será dado por meus alunos".

Alguns comentários destacaram aspectos desfavoráveis da estratégia, sendo que um deles se referiu de forma irônica ao curso como um todo: "Agora acredito que o professor usou o modelo PSHG o tempo todo, pois me causou bastante insatisfação". Outro considerou a estratégia um pouco cansativa para um final de curso. Os demais, na área de Educação Física, destacaram seu interesse pelo modelo, mas acreditavam não poder aplicá-lo em sua disciplina, talvez por lidarem com técnicas elaboradas segundo padrões pré-estabelecidos.

Conclusões

A análise dos resultados, consideradas as condições

em que o estudo foi desenvolvido, levou às seguintes conclusões:

- 1) Pelo fato dos licenciandos de Física que participaram do estudo já possuírem em sua ecologia conceitual os fundamentos da Física, a aplicação da estratégia baseada no modelo PSHG promoveu, na grande maioria dos casos, o processo de assimilação ou captura conceitual.
- 2) Uma vez que a aplicação da estratégia baseada no modelo PSHG levou os alunos à "construção/reorganização" dos conceitos de energia e inércia que foram ensinados através da mesma, pode-se esperar que fato semelhante ocorra com os demais conceitos dessa área de conhecimento.
- 3) Apesar dos autores do modelo PSHG afirmarem que sua preocupação não abrange o aspecto afetivo da aprendizagem, evidenciou-se, neste estudo, o importante papel desempenhado por ele em sua aplicação.
- 4) O modelo PSHG parece viabilizar a "construção/reorganização" dos conceitos de Física sem a presença de uma linguagem formal matematizada que até o momento tem contribuído para as dificuldades encontradas na aprendizagem dessa matéria.
- 5) O interesse evidenciado pelos alunos de Didática Geral pertencentes a diferentes áreas de conhecimento não comprometidas diretamente com a Física

parece indicar que o modelo PSHG é eficaz no ensino dos conteúdos desse ramo da ciência.

- 6) Apesar da teoria de aprendizagem por mudança conceitual, bem como o modelo PSHG, terem tido origem na Física, sua aplicação na disciplina Didática Geral, para alunos de diferentes áreas — Letras, Psicologia, Filosofia, História, Geografia, Biologia, Química e Música — que os consideraram de grande significância para suas áreas, sugerem que esse modelo possa ser aplicado com bons resultados nas mesmas.
- 7) Apesar de haver grande desnível acadêmico entre os licenciandos de Física que compuseram a amostra, esse fato não impediu que os mesmos apresentassem desempenho equivalente na Prática de Ensino.
- 8) Em virtude da verificação da existência de sérias lacunas quanto ao domínio dos conceitos básicos da Física levantados no início do estudo e do resultado positivo obtido na aplicação da estratégia baseada no modelo PSHG, é provável que a utilização desta metodologia de ensino nas aulas ministradas no Instituto de Física contribua para solucionar essas dificuldades.

Recomendações

Considerando-se os resultados e as conclusões do estudo

do, propomos as seguintes recomendações:

- 1) Que seja promovida uma maior divulgação da teoria de aprendizagem como mudança conceitual, bem como do modelo PSHG, entre os professores de Física de 1º, 2º e 3º graus.
- 2) Que tanto a teoria de aprendizagem como mudança conceitual, como o modelo PSHG, sejam ensinados em cursos de formação de professores, nas disciplinas Didática Geral e Didática Especial.
- 3) Que sejam realizadas pesquisas experimentais na realidade brasileira, a fim de comparar a eficácia da teoria de aprendizagem como mudança conceitual, bem como do modelo PSHG, com outras metodologias.
- 4) Que se dedique um maior espaço em Prática de Ensino para que os licenciandos possam testar a aplicação do modelo PSHG a um número maior de conceitos básicos da Física.
- 5) Que sejam realizados novos estudos com amostras de licenciandos das diferentes áreas que lidam com conceitos.
- 6) Que novos estudos se dediquem a uma análise detalhada do aspecto afetiva relacionado tanto à teoria de aprendizagem como mudança conceitual, como ao modelo PSHG.

R E F E R Ê N C I A S

B I B L I O G R Á F I C A S

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boulos, Yara. Didática geral ou especial? Uma contribuição ao debate. A Prática de Ensino e o Estágio Supervisionado. Campinas: Papirus, 1989, 91-99.
- Candau, Vera M. A didática e a formação de educadores - da exaltação à negação: A busca da relevância. A Didática em questão. Petrópolis: Vozes, 1985, 12-22.
- Caniato, Rodolpho. Com ciência na educação. Campinas: Papirus, 1987.
- Carvalho, Ana M.P.de. O ensino da Física na Grande São Paulo - Estudo sobre um processo de transformação. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da USP. São Paulo, 1972.
- Claxton, G. School science: Failing on stony ground or shocked by thorns. Paper presented at Symposium on Investigating Children's Existing Ideas about Science, University of Leicester, 1982.
- Clement, J. Students' preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Physics, 1982, 50(1), 66-71.
- Cobern, William. Feature article: Understanding the world as others do. Newsletter, 1990, 13, 1-7. Ontario: Queen's University.
- Driver, Rosalind. Pupils' alternative frameworks in Science. Journal of Science Education, 1981, 3(1), 93-101.
- Driver, Rosalind & Erickson, G. Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of Students' conceptual frameworks in Science. Studies in Science Education, 10/1983, 37-60, UK.
- Duit, R. Research on Students' alternative frameworks in Science topics, theoretical frameworks, consequences for Science teaching. Institute for Science Education (IPN) at the University of Kiel, 1988, 1-23.

- Elias, Marisa D. C. A busca do caminho da prática de ensino. Caderno Cedes, 1988, 21, 22-27.
- Erickson, Gaalen L. Children's conceptions of heat and temperature. Science Education, 1979, 63(2), 221-230.
- Fazenda, Ivani C.A. A busca de identidade numa prática de ensino. Caderno Cedes, 1988, 21, 13-17.
- Furió, Mas, C.J. & Gil Pérez, D. La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: Una orientación y un programa teóricamente fundamentados. Enseñanza de las Ciencias, 1989, 7(3), 257-265.
- Gadotti, M. Educação e poder: Introdução à pedagogia do conflito. São Paulo: Cortez Editora, 1984.
- Gomes, Marcia P.R. de M. A construção do conceito de aprendizagem como mudança conceitual: Uma estratégia baseada no modelo PSHG. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da UFRJ, 1991.
- Gómez, Angel P. El pensamiento práctico del profesor, implicaciones en la formación del profesorado. Congreso Mundial Vasco, 1987, Espanha, 1-30.
- Guidoni, Paolo. On natural thinking. European Journal of Science Education, 1985, 7(2), 133-140.
- Hamburger, Ernst W. Formação do pesquisador em ensino de Física. VI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, 1985, Niterói, RJ, 181-191.
- Hashweh, M.Z. Toward an explanation of conceptual change. European Journal of Science Education, vol.8, nº 3, 1986, 229-249.
- Hewson, Peter W. A conceptual change approach to learning Science. European Journal of Science Education, 1981, 3(4).
- Hewson, Peter & Hewson, Mariana G.A.B. The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of Science instruction. Instructional Science, 1984, 13, 1-13.
- Hewson, P. & Thorley, N.R. The conditions of conceptual change in the classroom. International Journal of Science Education, 1989, 11 (Special issue), 541-553.

- Host, Victor. Teorias del Aprendizaje y didáctica de las ciencias. Annales de Didactique des Sciences, 1985, Espanha, 1, 131-180.
- Krasilchik, Myriam. O professor de prática de ensino - Um edificador de pontes. Caderno Cedes, 1988, 21, 32-34.
- Lincoln, Yvonna S. & Guba, Egon G. Naturalistic inquiry. London: Sage Publications, 1985.
- Luckesi, Cipriano C. O papel da didática na formação do educador. Petrópolis: Vozes, 1985, 23-30.
- Mc Dermott, L. A perspective on teacher preparation in Physics and other sciences: The need for special science course for teachers. American Journal of Physics, 58(8), August 1990, 734-742.
- Mc Dermott, L. Research on conceptual understandings in Mechanics. Physics Today, American Institute of Physics, vol.22, 1984, 24-42.
- Mello, Guiomar N. de. Educação escolar: Paixão, pensamento e prática. São Paulo: Cortez Editora, 1986.
- Osborne, R.J. & Bell, B. Science-teaching and children's views of the world. European Journal of Science Education, 1983, 5(1), 3-13.
- Penin, Sonia D. de S. Prática de ensino da disciplina didática nos cursos de licenciatura da FEUSP: Considerações sobre uma vivência. Caderno Cedes, 1988, 21, 61-66.
- Penteado, Heloísa D. Professores de prática pensando a didática. Caderno Cedes, 1988, 21, 6-12.
- Pines, A. Leon & West, Leo H. T. Science learning: An interpretation of research within a sources of knowledge framework. Science Education, 1986, 70(5), 583-604.
- Pope, M. & Gilbert, J. Constructive Science Education. In E. Epting e A.W. Landfield (Eds.). Anticipating personal construct Psychology, 1985, 11 (145).
- Posner, G.J.; Strike, K.A.; Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. Accommodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. Science Education, 1982, 66(2), 211-227.

- Rays, Oswaldo A. Pressupostos teóricos para o ensino da didática. Petrópolis: Vozes, 1985, 38-46.
- Reif, F. Instructional design, cognition, and technology: applications to the teaching of scientific concepts. Journal of Research in Scientific Teaching, vol.24, nº 4, 1987, 309-324.
- Ribeiro, S.C. & Fletcher, P.R. O ensino de 1º grau no Brasil de hoje. Em Aberto, Brasília, ano VI, nº 33, 1987, 1-10.
- Riedel, Harald. Didática e prática de ensino. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1981.
- Santos Filho, J.C. dos. Articulação e integração entre a universidade e o ensino de 1º e 2º graus. Pró-Posições, Campinas: Cortez Editora, nº 1, 1990, 14-28.
- Saviani, D. Problemas sociais e problemas de aprendizagem. ANDE, ano X, nº 17, 1991, 5-12.
- Schmidt, Leide M. & Ribas, Mariná H. Didática: Ser ou estar comprometido. Caderno Cedes, 1988, 21, 18-21.
- Severino, A.J. A formação profissional do educador: Pressupostos filosóficos e implicações curriculares. ANDE, Ano X, nº 17, 1991, 29-40.
- Silveira, Nádia D.R. Abrindo parênteses: Os fundamentos da educação e a docência no ensino superior. Caderno Cedes, 1988, 21, 35-46.
- Tiberghien, A. Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique. Revue Française de Pédagogie, 1985, 72, 71-86.
- Tom, A. Rethinking the relationship between research and practice in teaching. Teaching and Teacher Education, 1985, 1(2), 139-153.
- Viennot, L. Le raisonnement spontane en dynamique elementaire. These de Doctorat D'Etat Presentee a L'Universite Paris VII, 1979.
- Yinger, R.J. Examining thought in action: A theoretical and methodological critique of research on interactive teaching. Teaching and Teacher Education, 1986, 2(3), 263-282.
- Zylbersztajn, A. Concepções alternativas e ensino de Física. Atas do VI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Sociedade Brasileira de Física, 1985, Niterói; RJ, 73-87.

A N E X O

ANEXO I

Nome do Aluno:

Expresse livremente, de forma não matematizada, tendo em vista o ensino da Física em nível de 2º grau, os seguintes conceitos: lei física, velocidade, massa, inércia, força, trbalho, energia, calor, temperatura, ondas e difração.