
MODELOS DE PEDAGOGIA DE PROFESSORES DE FÍSICA: CARACTERÍSTICAS E DESENVOLVIMENTO

Erika Zimmermann
Depto de Física – UFSC
Florianópolis - SC

Resumo

Este artigo, tomando como base os trabalhos de Toulmin (1972), Chinn e Brewer (1993) e Zimmermann (1997a,b,c), discute as características e o desenvolvimento dos modelos de pedagogia (estruturas prático-pedagógicas) adotados por professores de Física. Usando uma estrutura metodológica interpretativa-construtivista, foram analisadas as noções de ensino, de aprendizado e de ciência apresentadas por cinco professores de Física e, como estas noções e idéias são convertidas em atividades de ensino em suas salas de aula. Estes estudos de caso mostram a abrangência dos modelos de natureza da ciência e dos modelos do processo de aprendizado de professores de Física, e, em especial, como estes modelos interagem para formar os seus modelos de pedagogia. A análise dos dados coletados envolveu o desenvolvimento de um sistema de categorias baseado nas declarações, no comportamento em sala de aula e nas metáforas usadas pelos professores para descrever seus papéis e os papéis atribuídos aos alunos. A análise dos dados aponta para as maneiras como os modelos de pedagogia de professores de física são desenvolvidos e as influências que estes acarretam. Finalmente, as implicações para a formação de professores advindas deste múltiplo estudo de caso.

Modelo de pedagogia de professores

De onde vêm as explicações dadas por professores? Como eles decidem o que ensinar, como representar o que ensinam, como questionar os alunos sobre o que estão ensinando, e como lidar com problemas de concepções alternativas? (Shulman, 1986a).

Foi com questões como estas que se começou a examinar o conhecimento básico necessário à profissão de professor (Wilson, Shulman e Richert, 1987; Shulman 1986a; 1986b). Inúmeros estudos de casos têm sido conduzidos para identificar a

estrutura do conhecimento profissional básico de professores, para examinar as fontes deste conhecimento, e para explorar os processos de ação e raciocínio pedagógicos para os quais esse conhecimento é usado (Shulman, 1987). Nesta linha de pesquisa é aqui proposto que é a partir desse conhecimento profissional básico que professores constroem um modelo de pedagogia com o objetivo de ensinar¹ uma certa disciplina. Esse modelo deve, portanto, envolver conhecimento *curricular*, *disciplinar* (estrutural e substantivo - Schwab, 1964) e *pedagógico*. Foi evidenciado (Zimmermann, 1997a) que um modelo de pedagogia de um professor de física é composto de pelo menos três modelos que interagem entre si:

- Um modelo da natureza da ciência (um modelo epistemológico – o que existe e o que pode ser conhecido/entendido);
- Um modelo do processo de aprendizagem (como 'isso' pode ser conhecido/entendido); e
- Um modelo de ensinar (o que deve ser feito para que 'isso' possa ser entendido/conhecido).

A pesquisa em ensino de ciências tem examinado os diferentes modelos da natureza da ciência abraçados por professores de ciências (Brickhouse, 1989, 1991; Dibbs, 1982, Duschl, 1983; Gustafson, e Rowell, 1995; Koulaidis e Ogborn, 1989; Lantz e Kass, 1987; Russell e Munby, 1989). Essa pesquisa detonou um debate em torno da influência que esses diferentes modelos de natureza da ciência têm em práticas de sala de aula. Druva e Anderson (1983), por exemplo, sugerem que determinadas práticas de ensino e comportamento de sala de aula estão relacionados com o modelo de natureza da ciência assumido pelo professor. Já outros pesquisadores, como Lederman (1992), por exemplo, acreditam que os efeitos que um determinado modelo de natureza da ciência têm, na prática de sala aula do professor que o assume, são superestimados. Koulaidis e Ogborn (1989, 1995) afirmam que não existe necessariamente uma relação direta entre os modelos de natureza da ciência dos professores e suas práticas de ensino. Esses autores, num exame de pesquisas sobre o conhecimento da natureza da ciência de professores de ciências, criticam os fundamentos conceituais dessas pesquisas. Eles alertam que, nesse tipo de investigação, o pesquisador necessita assumir que os professores examinados podem ter visões mistas ou mesmo ecléticas. Estes autores sugerem também que as visões apresentadas por professores devem ser comparadas aos quatro principais modelos de natureza da ciência dados pela filosofia da ciência, ou seja, os modelos indutivista, hipotético-dedutivista, contextualista, e relativista (ver Koulaidis e Ogborn, 1988).

A literatura em ensino de ciências propõe que a pedagogia adotada por um determinado professor não é só influenciada pelo modelo de natureza da ciência

assumido por este, mas também pelo modelo que ele tem de como a aprendizagem acontece (Aguirre e Haggerty, 1995; Gustafson e Rowell, 1995; Huibregtse, Korthagen e Wubbels, 1994). Fox (1983), vai além afirmando que "a teoria de ensino assumida por um professor determina o tipo de tarefas que ele requer de seus alunos" (p.162). A expectativa que o professor tem da forma com que os seus alunos aprendem influencia o tipo de prática deste, e vice versa (Entwistle, 1985). Ensinar ciências não depende só do que significa ensinar e aprender para um professor, mas também de como este vê a produção do conhecimento científico (Aguirre, Haggerty e Linder, 1990; Duschl e Wright, 1989). Modelos epistemológicos diferentes geram visões distintas do processo de aprendizagem assim como também levam a formas distintas de ensino (Swift, 1982). Portanto, parece existir uma relação entre os modelos de natureza da ciência e modelos do processo de aprendizado e a interação entre estes dois modelos parece gerar determinadas práticas pedagógicas.

Os modelos de natureza da ciência, de aprendizado, de ensino e as possíveis interações entre estes modelos para produzir os modelos de pedagogia de professores têm sido estudados em profundidade (Zimmermann, 1997 a, b, c). Estes estudos geraram suporte empírico às afirmações teóricas de Fenstermacher (1986), que assegura que o conceito "ensinar" é inseparável do conceito "aprender", e que, ao invés de ter uma dependência causal, o conceito "ensinar" é ontologicamente dependente do conceito "aprender". Finalmente, a pesquisa de Zimmermann (1997a) conclui que os diversos modelos de natureza da ciência, de aprendizado e de ensinar unem-se de formas diferentes, resultando em uma gama de diferentes modelos de pedagogia, que dependem do "nicho ecológico" (Toulmin, 1972) em que os professores trabalham.

Estruturas dos modelos de pedagogia de professores

Os cinco professores estudados por Zimmermann (1997a), Sérgio, Fernando, Mário, Daniel e Newton², são professores secundários de Física com mais de cinco anos de experiência. O referencial teórico de Koulaidis e Ogborn (1988) foi usado para categorizar os modelos de natureza da ciência apresentados destes professores. A tabela 1 foi produzida a partir da análise das entrevistas e observação das salas de aula dos professores. As transcrições das entrevistas e das observações de sala de aula foram organizadas e categorizadas com a ajuda do programa de análise de dados qualitativos, denominado "NUDIST" (Richards e Richards, 1994).

A tabela 2, que apresenta os modelos de aprendizagem e de ensino de ciências, foi desenvolvida de forma similar à análise dos dados transcritos das entrevistas e observações de sala de aula dos cinco professores.

Existem contrastes e similaridades marcantes entre os cinco professores. Todos lecionam na mesma escola, ensinando, portanto, sob o mesmo currículo e dentro das mesmas demandas culturais e contextuais. Passaram pelos seus primeiro e segundo graus na mesma cidade e épocas, e ainda obtiveram suas graduações em Física na mesma universidade. Exceto Fernando, todos têm um conhecimento da natureza da ciência originário das mensagens implícitas que lhes foram passadas durante suas vidas escolares e profissionais; eles nunca tiveram aulas formais que tratassem do assunto. Definir 'ensinar', 'aprender' e, acima de tudo, 'ciência', mostrou-se extremamente difícil para todos os professores pesquisados. Apesar de muitas semelhanças entre os professores pesquisados, estes têm diferentes maneiras de ensinar que vão desde um modelo de recepção-transmissão até um modelo de mudança conceitual (tabela 2). Essas diferentes práticas de ensino parecem ser devidas às diferentes maneiras com que os professores estruturam seus modelos de pedagogia a partir das reconstruções e interpretações das suas experiências de ensino-aprendizagem de quando eles próprios eram alunos. Fatores como o currículo escolar, a filosofia das escolas e as expectativas de pais e alunos também influenciam os modelos de pedagogia empregados pelos professores. Entretanto, o estudo sugere que as diferenças entre os modelos de pedagogia dos professores são devidas ao grau de coerência existente entre os vários modelos que formam seus modelos de pedagogia (ou seja, coerência entre seus modelos epistemológicos, de aprendizagem e de ensino). Por exemplo, Daniel e Sérgio (veja tabelas 1 e 2), que aderem a modelos idealizados de ensino, que não são coerentes com seus modelos de aprendizado, facilmente abandonam seus ideais de ensino para seguir as regras de como e o que se deve ensinar ditadas por pais e alunos. Portanto, uma forma de se identificar os contrastes e o significado das diferentes visões encontradas entre os professores foi a de agrupá-los conforme o grau de coerência de seus modelos de pedagogia (tabelas 3, 4 e 5).

Tabela 1 - Modelos da natureza da ciência dos professores.

| | Sérgio | Fernando | Mário | Daniel | Newton |
|-------------------------------|--|---|---|--|--|
| Modelos de Ciência | Misto: De indutivista a contextualista. | Contextualista | Indutivista | Misto: Do indutivista ao hipotético-dedutivista. | Eclético: De indutivista a relativista. |
| Metodologia Científica | Três visões: 1. Um método - vai da observação para a teoria; 2. Um método | Uma visão: Muitos métodos (paradigma) – métodos são um consenso | Uma visão: Um método - vai da observação para a teoria. | Dois visões: 1. Um método - vai da observação para a teoria; | Três visões: 1. Somente as ciências exatas empregam o método científico; |

| | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
| | da teoria para a observação; 3. Acordo na comunidade científica. | da comunidade científica. | | 2. Um método da teoria para a observação. | 2. Da teoria para a observação e vice-versa (falsificação); 3. Vale tudo. |
| Critério para de-marcação entre o que é e o que não é ciência. | Duas visões: 1. Racional - precisa ser provado verdadeiro; 2. Racional - aceite social. | Uma visão: Racional - consenso da comunidade científica (feito sobre uma base triangular: cientista - realidade - cientista). | Uma visão: Racional: O conhecimento científico é gerado a partir do método científico; provado a partir dos resultados experimentais: a verdade sobre o mundo. | Duas visões: 1. Racional - a verdade sobre o mundo; 2. Racional - cada vez mais perto da verdade - o conhecimento é melhorado. | Quatro visões: 1. Racional - a verdade sobre o mundo; 2. Racional - cada vez mais perto da verdade - o conhecimento é melhorado; 3. Racional - consenso da comunidade científica; 4. Irracional: envolve politicagem e poder. |
| Padrão de crescimento do conhecimento científico | Duas visões: 1. Crescimento compatível feito por acumulação; 2. Mudanças são possíveis, o conhecimento provém de tentativa de explicação. | Uma visão: Crescimento descontínuo feito de acumulação interceptadas por rupturas com conhecimento anterior; é histórico e socialmente determinado. | Uma visão: Crescimento compatível feito por acumulação. | Duas visões: 1. Crescimento compatível feito por acumulação; 2. Existe a possibilidade de mudança feita através de revisão: é melhorado. | Duas visões: 1. Adição de mais e mais conhecimento - Cumulativo; 2. O progresso acontece pelo aprimoramento das teorias. |
| Status do conhecimento científico | Duas visões: Status especial: 1. Explicação objetiva do comportamento da natureza; 2. Processo imaginativo | Uma visão: Status especial: Tem padrão sistemático de pensar: Discurso coerente que se opõe à | Uma visão: Status especial: Explicação objetiva do comportamento da natureza: Opinião, | Duas visões: Status especial 1. Explicação objetiva, independente das percepções humanas; | Duas visões: 1. Status especial: Explicação objetiva só nas ciências naturais; 2. Não único: apenas um conhecimento |

| | | | | | |
|--|----------------|---------------|---|-----------------------|---------------|
| | de descoberta. | mera opinião. | imaginação e especulação não têm lugar. | 2. Alguma imaginação. | entre outros. |
|--|----------------|---------------|---|-----------------------|---------------|

Tabela 2 - Resumo dos modelos de ensino e aprendizagem dos professores.

| | Sérgio | Fernando | Mário | Daniel | Newton |
|----------------------------------|---|---|--|--|---|
| Experiência | 20 anos | 5 anos | 18 anos | 23 anos | 15 anos |
| Conceito de Ensinar | Conhecimento é transmitido e assim pode ser absorvido. | Conhecimento precisa ser construído: todos aprendemos construindo. | Conhecimento é transmitido - só se aprende desta forma. | Conhecimento é transmitido, mas para aprender precisa-se estar envolvido. | Conhecimento é transmitido, mas é melhor aprendido quando construído. |
| Prática de ensino ideal | Idealizada Descobrir as concepções dos alunos e trabalhar a partir delas. | Idealizada coincide com atual: Construtivista de mudança conceptual. | Idealizada coincide com atual: Behaviorista – Transmissão e reforço. | Idealizada: Fazer com que alunos se envolvam no seu próprio aprendizado. | Idealizada: Ajudar os alunos a mudarem suas concepções. |
| Função do Professor | Distribuidor de conhecimento e controlador do comportamento dos alunos. | Guia de pioneiros (ajuda a abrir espaços de discussão para que os pioneiros possam ver longe e ver as barreiras ao seu aprendizado). | Treinador (treina os alunos a atingirem objetivos como obter certas habilidades). | Atual: transmissor de conhecimento. Idealizado: ator coadjuvante. | Disseminador do conhecimento científico e das maravilhas da ciência. |
| Concepção de aprendizagem | Processo de edificar adicionando um tijolo sobre outro (adicionando conhecimento). | Construção social e individual. | Processo de edificar adicionando um tijolo sobre outro (adicionando conhecimento). | Processo de edificar adicionando um tijolo sobre outro (adicionando conhecimento). | Processo de mudar concepções, mas edificando é mais facilmente aprendido. |
| Função do aluno | Recedor passivo do conhecimento | Construtor do seu próprio conhecimento | Recedor passivo de conhecimento | Idealizado: manipulador Atual: | Absorvedor passivo. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | correto distribuído pelo professor. | (cientista normal e revolucionário). | correto, normas e instruções. | absorvedor passivo. | |
| Função das experiências no ensino de Física (laboratório didático) | Para demonstrar e verificar. | São limitadas contextualmente. Só tem sentido quando respondem questões feitas pelos próprios alunos. | Para demonstrar e verificar; para tornar o abstrato concreto; para fixar e reforçar conhecimento previamente transmitido. | Para motivar; para demonstrar e verificar; para aprender o método científico. | Para encorajar observações corretas, cuidadosas e precisas; para demonstrar e verificar; e para tornar o abstrato concreto. |
| Atual prática de sala de aula | Behaviorista Transmissão – recepção. | Construtivista Mudança conceptual. | Behaviorista Transmissão - recepção. | Behaviorista Transmissão - recepção. | Mistura confusa de behaviorismo e mudança conceptual. |

Tabela 3 - Modelos de pedagogia parcialmente incoerentes: Sérgio e Daniel.

| | Sérgio | Daniel |
|--|---|---|
| Resumo | Modelos mistos de: <ul style="list-style-type: none"> Natureza da ciência; Ensino. | Modelos mistos de: <ul style="list-style-type: none"> Natureza da ciência; Ensino. |
| Conhecimento científico Primeira visão | A verdade sobre o mundo. | A verdade sobre o mundo. |
| Conhecimento científico Segunda visão | Cada vez mais perto da verdade Tentativo. | Cada vez mais perto da verdade Tentativo |
| Aprendizado Modelo único | Absorção de conhecimento - edificação (tijolo sobre tijolo). | Absorção de conhecimento - edificação (tijolo sobre tijolo). |
| Ensinar Primeira visão | Transmitir conhecimento para que seja absorvido e acumulado | Transmitir conhecimento para que seja absorvido e acumulado |
| Ensinar (idealizada) Segunda visão | Descobrir as concepções prévias dos alunos. | Fazer com que os alunos se envolvam em seu aprendizado. |
| Prática de ensino atual | Behaviorista. | Behaviorista. |

Tabela 4 - Modelo de pedagogia completamente incoerente: Newton.

| | Newton |
|--|--|
| Resumo | Modelo eclético de natureza da ciência que não se ajusta ao seu modelo de aprendizado. |
| Conhecimento científico Primeira visão | A verdade sobre o mundo. |
| Conhecimento científico Segunda visão | Pura imaginação sobre o mundo. |
| Aprendizado Modelo misto | Não tem certeza se as concepções dos alunos são realmente passíveis de mudarem (a mudança é difícil de ocorrer), é mais fácil e mais prática a edificação. |
| Ensinar Primeira visão | Transmitir conhecimento para que seja absorvido e acumulado. |
| Ensinar (idealizada) Segunda visão | Mudança conceptual. |
| Prática de ensino atual | Eclética: amálgama de mudança conceptual com behaviorismo. |

Tabela 5 - Modelos de pedagogia coerentes: Fernando e Mário.

| | Fernando | Mário |
|--------------------------------|--|---|
| Resumo | Modelo consistente de ciência: contextualista. Modelo consistente de ensino e aprendizagem: construtivista. | Modelo consistente de ciência: indutivista. Modelo consistente de ensino e aprendizagem: behaviorista. |
| Conhecimento científico | Tentativo. | A verdade sobre o mundo. |
| Modelo de aprendizado | Construção do conhecimento através de mudanças conceituais. | Processo de edificação (tijolo sobre tijolo). |
| Modelo de ensino | Dialogico para provocar mudanças conceituais. | Transmissão de conhecimento e reforço comportamental. |
| Prática atual | Ensina de acordo com um modelo em que o aprendizado se dá através de mudanças conceituais 'revolucionárias' e um modelo kuhniano de ciência. | Ensina de acordo com um modelo behaviorista e a idéia de que o conhecimento científico é a verdade sobre o mundo. |

Modelo de pedagogia coerente

Mário e Fernando, que têm um modelo consistente da natureza da ciência e que também demonstraram ter um modelo de aprendizagem coerente com seus modelos de ensino, foram agrupados como professores possuidores de um modelo coerente de pedagogia (tabela 5). Note-se que os seus ideais de ensino coincidem com suas práticas em sala de aula.

Mário tem um modelo indutivista de natureza da ciência internamente consistente e coerente com seu modelo de ensino behaviorista. Este professor acredita que o conhecimento científico cresce cumulativamente, idéia perfeitamente harmônica com um modelo indutivista de ciência. Mário vê seu trabalho como sendo o de transmitir aos seus alunos um conhecimento (correto) acumulado. Para isto, após uma exposição dialogada do conteúdo a ser aprendido, ele planeja exercícios de reforço de maneira que seus alunos, ao cumpri-los, acumulam mais este conhecimento.

Já Fernando, que pode ser definido como um pensador visionário (fantástico, imaginoso), tem um modelo contextualista de ciência. Ele vê a ciência dinamicamente mudando no tempo assim como também vê o conhecimento dos seus alunos dinamicamente mudando no tempo. Essas suas idéias são completamente coerentes com a idéia de que o conhecimento científico é "tentativo" (uma tentativa de explicar como a natureza se comporta) e que é, portanto, passível de mudar. Fernando entende que seus alunos já vêm para sala de aula com conceitos e explicações próprias para os fenômenos físicos a serem estudados, e que estes conceitos e explicações podem não ser os mesmos estabelecidos pela ciência vigente. Portanto, seus alunos muitas vezes precisam mudar seus conceitos e explicações. Pensando assim, ele diz que seu trabalho é ajudar os alunos a enfrentar e superar obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1977).

Modelo de pedagogia parcialmente incoerente

Sérgio e Daniel têm modelos mistos de ciência, ou seja, partes de diferentes modelos dados pela filosofia da ciência são combinados para formarem seus modelos. Estes professores, como vimos, adotam modelos de ensino que não coincidem com seus ideais (tabela 2). Sérgio e Daniel foram observados planejando suas aulas através de uma lista de objetivos behavioristas com as devidas estratégias de reforço, uma didática claramente behaviorista. A seleção de conteúdo feita por estes professores consiste de uma seqüência de “fatos” a serem transmitidos e reforçados. Os dois professores vêm o aprendizado como sendo um processo de “adicionar blocos” (tabela 2). As expectativas que Sérgio e Daniel têm de ensino demonstram que não é o conceito “ensinar” por si só, mas sim o conceito de aprender que direciona suas práticas de sala

de aula. Justamente porque Sérgio e Daniel acreditam que aprender é um processo de “adicionar blocos”, eles não conseguem ver o conhecimento científico como uma tentativa. E mais: para eles só se pode adicionar “blocos certinhos”, portanto eles organizam as tarefas de seus alunos enfatizando regras que levam a “produtos” livres de erros. Assim, Daniel e Sérgio foram agrupados como tendo um modelo de pedagogia parcialmente incoerente, pois, apesar de terem modelos mistos de ciência, lecionam em consonância com um modelo indutivista de ciência, e apesar de expressarem um modelo idealizado não behaviourista de ensino, eles de fato têm uma prática de ensino behaviourista (tabela 3).

Modelo de pedagogia completamente incoerente

Newton não pode ser contrastado com nenhum dos professores estudados. Ele adota um modelo de pedagogia denominado híbrido (Justi, 1997), que também pode ser pensado como sendo um modelo eclético da natureza da ciência. Um modelo híbrido é um modelo formado por partes constituintes de vários modelos diferentes, partes essas que não combinam umas com as outras. Então, adotando um modelo eclético de ciência não é de se admirar que Newton também adote um modelo de ensino altamente eclético. Newton foi observado tentando introduzir uma prática de ensino de mudança conceitual, mas acaba mudando seu comportamento em sala de aula para uma prática behaviorista de reforço, resultando em uma aula completamente desordenada. Diante disso, Newton foi categorizado como adotando um modelo de pedagogia completamente incoerente (tabela 4).

O Desenvolvimento dos modelos de pedagogia

Usando as idéias de Toulmin (1972) e Chinn e Brewer (1993), esta seção mostrará como pode acontecer o desenvolvimento dos modelos de pedagogia de professores de Física. Entendendo-se a estrutura e também como se desenvolvem os modelos de pedagogia de professores de Física, fica-se numa melhor posição para saber qual é o conhecimento profissional básico necessário para que professores de física venham a desenvolver modelos pedagógicos coerentes.

De acordo com Toulmin (1972), os conceitos e idéias de um indivíduo são reunidos para formar sua estrutura conceitual que se desenvolve como resultado de seleção natural - adaptação ao nicho ecológico em que essa pessoa vive. Considerando essa perspectiva, a reunião de vários modelos como os de ensino, aprendizagem e de natureza da ciência se unem para formarem o modelo pedagógico de um determinado professor de física que se desenvolve como resultado de uma adaptação ao nicho ecológico em que este professor vive. O nicho ecológico de um professor pode ser visto

como sendo o ambiente educacional que é constituído de crenças sociais e culturais, currículo, objetivos, práticas aceitas, etc. Essa idéia justifica a afirmação de Nott e Wellington (1996) de que o modelo de pedagogia de um determinado professor pode mudar como consequência da experiência que este venha a ter com um certo currículo. O referencial teórico de Toulmin (1972) também serve para explicar o acontecimento de tensões entre as perspectivas idealizadas de ensino e as pressões sociais pragmáticas. Entretanto, esse referencial não explica a natureza das diferenças individuais dos modelos de pedagogia de professores. Portanto, parece que um exame desses modelos em nível de preparação de professores faz-se necessário. Em outras palavras, para que se entenda como um modelo de pedagogia muda e se desenvolve, faz-se necessária uma análise do modelo de pedagogia adotado pelo indivíduo antes deste entrar para o curso de formação de professor.

Chinn e Brewer (1993) fornecem um referencial teórico com o qual se consegue entender, em nível de formação de professores, como o conhecimento de um professor ou futuro professor pode se desenvolver e mudar. Enquanto este referencial tem o objetivo de explicar mudanças científicas mostrando como cientistas ou estudantes respondem a dados anômalos, sugere-se aqui que o referencial também é útil para se entender o desenvolvimento dos modelos de pedagogia de professores de Física desde o tempo em que estes eram estudantes até quando vêm a ser professores experientes. A função de dados anômalos no contexto de formação de professores pode ser entendida como sendo a apresentação aos futuros professores de "evidência que contradiz suas teorias prévias" (Chinn e Brewer, 1993, p.2). No modelo dado por Chinn e Brewer (1993), seis tipos de resposta a dados anômalos ajudam a proteger suas teorias prévias, enquanto que um sétimo tipo permite que o estudante aceite a evidência e mude sua teoria pré-existente (veja tabela 6). Para chegar à tabela 6, ou seja, para entender como um indivíduo responde a dados anômalos, Chinn e Brewer (1993) revisaram a literatura nas áreas de história da ciência, ensino de ciências e psicologia da educação. Os autores ficaram perplexos com as similaridades entre as reações que cientistas, não cientistas adultos e estudantes científicos dão a dados anômalos.

Conforme é mostrado na tabela 6, a forma mais extrema de reagir a dados anômalos é ignorando-os. Quando um indivíduo ignora os dados, ele não se dá nem mesmo ao trabalho de explica-los, deixando assim a teoria que tem em sua mente. Rejeitar os dados é similar a ignorá-los, o indivíduo, no entanto articula uma explicação para rejeita-los de forma a não mudar sua teoria. Uma outra forma de resposta a dados contraditórios é declarar que estão fora do domínio da teoria que este indivíduo tem. Um indivíduo não tem a necessidade de dar uma imediata explicação para dados anômalos. Indivíduos que tem uma teoria em particular podem colocar os dados anômalos "em estado de inatividade temporária" (Chinn & Brewer, 1993), prometendo lidar com eles mais tarde. Isto deixa a teoria do indivíduo intacta. Uma outra forma de

lidar com os dados anômalos é reinterpretando estes, e assim também deixar a sua teoria intacta. Fazer mudanças periféricas em sua teoria após examinar os dados anômalos, como mostra a tabela 6, é o que filósofos chamariam de mudar uma teoria preservando seus conceitos centrais” (Chinn & Brewer, 1993). Um indivíduo que faz mudanças periféricas em uma teoria claramente aceita os dados anômalos, mas não quer mudar sua teoria A para uma teoria B. Finalmente, o efeito mais profundo que dados anômalos podem trazer é a mudança de teoria que um indivíduo aceita. Mudança de teoria neste caso é mudar os conceitos do núcleo duro de uma teoria (Chinn & Brewer, 1993).

Tabela 6 - Características de cada um das sete respostas à dados anômalos³

| Tipo de Resposta | O indivíduo aceita os dados? | O indivíduo explica os dados? | O indivíduo muda sua teoria? |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Ignora | Não | Não | Não |
| 2. Rejeita | Não | Sim | Não |
| 3. Exclui | Sim ou talvez ^{4a} | Não | Não |
| 4. Mantém em suspenso | Sim | Ainda não ^b | Não |
| 5. Reinterpreta | Sim | Sim | Não |
| 6. Faz uma mudança periférica | Sim | Sim | Sim, parcialmente ^c |
| 7. Muda a teoria | Sim | Sim | Sim ^d |

A discussão, feita por Chinn e Brewer (1993), sobre a forma pela qual o conhecimento prévio de um indivíduo influencia suas respostas às evidências que contradizem os seus conceitos prévios é pertinente para se entender o desenvolvimento dos modelos de pedagogia de professores de Física. Esses autores afirmam que "*o entrincheiramento da presente teoria de um indivíduo é especialmente importante, pois tem grande influência na resposta deste aos dados anômalos*" (Chinn e Brewer, 1993, p. 14). É sugerido que uma teoria entrincheirada é uma teoria que contém um ou mais conceitos que estão profundamente enraizados (Ibid., p.15). O trabalho de pesquisa de Zimmermann (1997a) mostra que o modelo que o professor detém sobre o processo de aprendizagem é a pedra fundamental do seu modelo de pedagogia; por outro lado, o modelo de como o indivíduo aprende parece estar engastado no modelo epistemológico que este professor assume. Mais abrangente, o modelo de natureza da ciência contém, profundamente entrincheirados, os modelos epistemológico e ontológico (Chinn e Brewer, 1993). Alguns dos conceitos que sustentam o modelo de pedagogia de um

professor podem estar entrincheirados por razões de auto-imagem, de experiências passadas, ou mesmo por razões derivadas de conveniência social (Chinn e Brewer, 1993). Por exemplo, o passado técnico do professor Mário o impele a valorizar o lado prático, a utilidade tecnológica, levando-o a se ater a esses valores durante suas aulas. As experiências dos professores Sérgio e Daniel com as expectativas de pais e alunos leva-os a assumir a idéia que precisam lecionar com o objetivo de fazer com que seus alunos se dêem bem em exames e testes. Já o professor Fernando, que dá valor ao criticismo e à cidadania democrática, assume que é necessário que os alunos questionem e desafiem o conhecimento vigente; esse tipo de valor leva Fernando a uma prática pedagógica dialógica.

Chinn e Brewer (1993) também afirmam que o *conhecimento de pano de fundo* que o indivíduo tem é crucial para o tipo de repostas que ele dá às evidências. Na sua maioria, os professores estudados carecem de conhecimento de pano de fundo relevante para ensinar física (e.g. a maioria dos professores estudados não teve estudos formais de história da ciência, sociologia da ciência, e carece de conhecimento das relações entre a ciência e outros campos de conhecimento). Devido a essa lacuna de conhecimento, muitos professores não reconhecem incoerências em seus modelos de ensino, de aprendizagem e de natureza da ciência, assim como não conseguem reconhecer as incoerências entre os modelos que formam seus modelos de pedagogia. Isto os torna, portanto, incapazes de avaliar e aceitar evidências que mostram os limites de seus modelos. Aceitar as evidências é um prelúdio para uma mudança dos modelos adotados até então. Os professores Mário e Fernando apresentam um alto grau de coerência interna e entre os modelos (de ciência e de aprendizado e o conseqüente modelo de ensino) que formam seus modelos de pedagogia. Entretanto, existe uma diferença profunda entre os modelos de pedagogia que esses dois professores detêm. Fernando estudou história e filosofia da ciência, enquanto Mário não. Pode-se então afirmar que Fernando tem conhecimento de pano fundo que o ajuda a avaliar os limites de seu modelo e se necessário mudá-lo. Mário não tem como mudar, ele não possui o conhecimento de pano de fundo necessário para avaliar os limites de seu modelo, um modelo adquirido através de suas experiências behavioristas e positivistas. Finalmente, examinando-se o modelo de ecologia conceitual de Toulmin (1972) e os cinco professores estudados, pode-se perceber que o nicho ecológico (ambiente educacional) em que o professor Fernando viveu enquanto estudante de Licenciatura em Física era consideravelmente diferente do vivido pelos quatro outros professores.

A partir dos exames feitos da estrutura teórica dada por Chinn e Brewer (1993) e do modelo de ecologia conceitual de Toulmin (1972) é proposto que mudanças significativas no modelo de pedagogia de um professor ou futuro professor só ocorrerão quando duas condições forem encontradas. Primeiro, quando este estiver apto a refletir sobre o seu modelo de aprendizagem à luz de conhecimentos de pano de fundo

relevantes (e.g. epistemologia, psicologia da educação, história da ciência, filosofia da ciência, etc.). Uma reflexão deste tipo pode mostrar inconsistências entre os conceitos de aprendizagem e de ensino que formam a estrutura pedagógica deste professor ou futuro professor. Segundo, o conhecimento de pano de fundo do professor ou futuro professor precisa ser relevante de tal forma que a avaliação das evidências o leve a aceitá-las para desenvolver e mudar seu modelo de pedagogia.

Influências devido ao nicho ecológico

A pesquisa examinada acima aponta para três fatores contextuais que têm uma forte influência sobre os modelos pedagógicos dos professores, estes são: (a) o vestibular; (b) crenças em pseudociências e paranormalidade; e (c) baixos salários da profissão.

Vestibular

A ênfase dada aos exames vestibulares parece guiar as avaliações feitas na maioria das escolas secundárias brasileiras e, portanto, acaba guiando também as práticas em sala de aula. Os cinco professores estudados se manifestaram da mesma forma quando afirmaram que suas práticas em sala de aula são altamente dirigidas para ajudar seus alunos a ter sucesso nestes exames. Para todos eles, com a exceção do professor Fernando, isso implica ensinar de forma que os alunos venham a responder corretamente as questões dos vestibulares. As dificuldades que esses professores têm de implementar e manter mudanças pedagógicas em suas salas de aula estão, de certa forma, relacionadas com os exames vestibulares. Como declararam os cinco professores estudados, os resultados dos exames vestibulares são anunciados e propagandeados, assim como os nomes das escolas que produziram os "melhores alunos". Ter um bom número de estudantes que passam nestes exames é uma boa propaganda para a escola. Foi possível se identificar uma forte, mas de certa forma secreta, pressão de escolas e pais sobre os professores - professores devem lecionar o que entra no vestibular, um "conhecimento correto" para que os alunos venham a ter sucesso. Em poucas palavras, a necessidade de um aprendizado relevante para os alunos é rejeitada em favor do que "cai no vestibular". Assim, professores adaptam sua pedagogia para ir ao encontro deste tipo de demanda: eles ensinam para que seus alunos tenham sucesso no vestibular.

Pseudociência e paranormalidade

É sabido que a população, diante do sofrimento, acaba procurando resolver seus problemas através das várias religiões, da astrologia, dos búzios e através de outras formas de pseudociência e paranormalidade (Martin, 1972). Esse tipo de cultura leva a diferentes modelos de pedagogia. Por exemplo, leva professores, como Sérgio

(Zimmermann e Gilbert, 1998) a defenderem posições extremamente indutivistas durante suas aulas, na ânsia de negar status científico aos conhecimentos paranormais e pseudocientíficos. Por outro lado, existem professores como Newton que crêem em fenômenos paranormais e dão status científico à astrologia. Newton acredita que existe uma regularidade no universo que é estudada pelas ciências. Ele afirma ser um indivíduo que faz parte deste universo e, portanto, é parte desta regularidade universal. Assim pensando, ele vê a astrologia como um conhecimento científico. Estes exemplos nos mostram a necessidade de trabalhar criticamente este tipo de questão nos programas de formação de professores. Martin (1972, 1994) é um dos poucos filósofos que leva uma discussão mais profunda de como tratar as questões de pseudociência e paranormalidade no ensino de ciências.

Baixos salários

No Brasil, ser professor não é uma profissão promissora em termos de salário (Psacharopoulos, 1987). O problema salarial que os professores enfrentam mostrou ter profundas influências nos seus modelos de pedagogia. Muitos deles têm buscado outras formas de aumentarem seus baixos vencimentos. A literatura na área mostra que baixo salário é um dos fatores de maior influência para se prever mudanças nas práticas de sala de aula e que levam ao stress profissional (Litt e Turk, 1985).

Implicações para a formação de professores

Após descrever a estrutura e o desenvolvimento dos modelos pedagógicos de professores de física, ainda restam algumas questões: (1) Qual vem a ser o conhecimento de pano de fundo necessário para que haja coerência interna e externa nos modelos de pedagogia de professores de física? (2) Que tipo de conhecimento de pano de fundo é relevante para que um modelo central, como o modelo de como se aprende Física, venha a mudar? De forma geral, qual é o conhecimento básico (Shulman, 1987) necessário para que professores de Física venham a adquirir um modelo de pedagogia mais apropriado? Os cursos de formação de professores pelos quais passaram os professores mencionados neste artigo tiveram pouca (se é que alguma) influência para ajudá-los a refletir e desenvolver seus conhecimentos de pedagogia. Esses cursos parecem ter sido superficiais e irrelevantes com pouca ou nenhuma consequência intelectual. Pelo menos quatro dos professores estudados (Sérgio, Mário, Daniel e Newton) afirmaram que em seus cursos não tiveram nenhuma disciplina que tratasse de história e/ou filosofia da ciência.

Mesmo reconhecendo os perigos de generalizar a partir de estudos de casos que têm contexto específico, este artigo levanta questões relevantes para os que desejam melhorar os programas de formação de professores:

Sólido conhecimento de conteúdo

Como apontado pelo professor Fernando, a profundidade com que se explora qualquer tópico é completamente dependente do conhecimento que o professor tem do conteúdo a que pertence aquele tópico. E ainda afirma que, quando o conteúdo é abordado com mais profundidade nos cursos de formação de professores, eles saem dos cursos com uma maior facilidade de, na sala de aula, discutir Física sem a necessidade de "matematizar", e de dar ênfase aos vínculos da disciplina com as outras áreas de conhecimento e de mostrar a relação do conteúdo com o dia a dia dos alunos. Em outras palavras, este professor aponta que é necessário que, nos cursos de formação de professores, "o conteúdo seja abordado de forma que o professor obtenha uma linguagem acessível aos seus alunos, sem, no entanto, colocar o formalismo de lado". Fernando afirma que os professores que têm problemas de conteúdo não se sentem à vontade nos laboratórios didáticos ou de levar uma discussão qualitativa dos conceitos em suas salas de aula. Diante disto, a proposta aqui feita é a de que os futuros professores devem ter cursos que lhes dêem um sólido conhecimento do conteúdo de forma que este conhecimento os capacite com uma linguagem de ensino acessível. E mais, o conteúdo abordado durante a formação destes futuros docentes deve ser tal que os habilite a valorizar o rico universo intelectual e cultural da ciência que hão de ensinar.

História e filosofia da ciência (HFC)

É argumentado que é o estudo da história e filosofia da ciência que capacita o indivíduo a entender a natureza da ciência (Driver et al., 1996). A partir dos estudos de casos aqui examinados, sugere-se que cursos de formação de professores devem introduzir seus alunos à história e filosofia da ciência. Porém, é afirmado que, embora importante, ter concepções informadas da natureza da ciência não implica necessariamente numa melhora da performance do professor em sua sala de aula (Lederman, 1992). Rebater as palavras de Lederman (1992) não é um trabalho árduo quando as evidências advindas dos cinco estudos de casos acima analisados mostram que o modelo de pedagogia de professores de física é um modelo composto pelos três modelos acima mencionados e que, desses três, o modelo de natureza da ciência adotado por esses professores é de grande importância. Então, essa introdução de HFC tem o caráter de ajudar os futuros professores a analisar HFC criticamente. Usando as

palavras de Chinn e Brewer (1993), esse tipo de criticismo nos cursos de formação tem como objetivo ajudar os futuros professores a aceitarem as evidências para que estes possam desenvolver e, se necessário, mudar seus modelos de natureza da ciência para virem a ter um modelo de pedagogia coerente. Um curso deste tipo não deve fornecer aos futuros professores posições pré-determinadas (congeladas). Pelo contrário, o objetivo deve ser o de fazer com que futuros professores fiquem criticamente conscientes da natureza da ciência e que, desta forma, possam tomar posições informadas e que também possam ver a ciência como uma atividade em que os cientistas tentam dar soluções e ou explicações aos problemas e fenômenos naturais, ou seja, uma “atividade de tentativa”. É desta forma que cursos como os aqui sugeridos poderão, quem sabe até, ajudar os futuros professores a antecipar as concepções alternativas que estão em suas salas (Nusbaum, 1983; Wandersee, 1985). Um conhecimento bem estruturado da história e filosofia da ciência pode levar a ações de sala de aula mais coerentes, isto é, a uma prática de sala de aula que seja coerente com os dois tipos de “atividades de tentativa”, a científica e a de aprendizado.

Psicologia de educação

Embora possa parecer presunçosa a afirmação de se propor que o conhecimento de psicologia da educação é fundamental para qualquer professor, a sugestão que se dá, mais uma vez, é que os cursos de formação de professores devem abordar a psicologia da educação de forma relevante. Como foi visto, um conceito chave para o ensino é o conceito de aprender. Portanto, um curso relevante de psicologia da educação teria como objetivo conscientizar os futuros professores de que a tarefa central do *ensino* é a de capacitar os alunos a desempenhar as tarefas de *aprendizado* e não as tarefas do conteúdo (Fenstermacher, 1986). Um curso de psicologia da educação bem fundado não proverá os professores com posições preestabelecidas, tal curso, terá, no entanto, o objetivo de ajudar os futuros professores a construir uma coleção de elementos que os auxiliará a levar a cabo, de forma crítica, suas tarefas de ensino em sala de aula. Um conceito chave nas modernas teorias de educação de professores é o de ensino reflexivo. Então, os cursos de psicologia da educação devem criar condições de levar os professores a refletirem criticamente sobre seus modelos de aprendizado, de ensino e de pedagogia, fazendo com que retornem à reflexão sobre suas ações de sala de aula baseados nesses modelos. Estes cursos devem ajudar a conscientizar os alunos-professores que têm um modelo de pedagogia que guia suas ações em sala de aula. Em resumo, apresentando as principais teorias de aprendizagem, o curso de psicologia da educação precisa levar o futuro professor a entender o que está além de uma teoria de aprendizado em particular, ou seja, a saber

quais as bases empíricas, metodológicas e epistemológicas que fundamentam e dão sustentação a cada teoria estudada.

Pedagogia dos conteúdos de uma disciplina

O conhecimento da pedagogia dos conteúdos de uma disciplina, em particular, é definido por Shulman (1986a, 1986b, 1987). Conhecer a pedagogia dos conteúdos da disciplina depende do entendimento claro do conteúdo da disciplina (estruturas substantiva e sintática da disciplina) e da posse do conhecimento de como se aprende essa disciplina em particular. Shulman (1986b) afirma que é este tipo de conhecimento que o professor necessita para que adquira a habilidade de transformar e formular o conteúdo, fazendo-o compreensível a outros. Em outras palavras, o professor não só precisa saber o conteúdo da disciplina que leciona, mas também saber das dificuldades que os alunos apresentam para aprender certos conteúdos dessa disciplina e saber as maneiras de facilitar a aprendizagem deste ou daquele em particular. Exceto por Fernando, os outros professores estudados demonstraram ter pouco, ou quase nenhum, conhecimento da pedagogia dos conteúdos de Física. Já que é esse tipo de conhecimento que leva a modelos de pedagogia mais desenvolvidos, este precisa ser enriquecido e melhor organizado no pensamento dos professores de Física. Essa estruturação só vai acontecer a partir da hora em que conteúdo e pedagogia forem tratados como domínios associados. Portanto, atendo-se às propostas feitas por Shulman (1986b), é sugerido que os programas de formação de professores devem introduzir os futuros professores "nas maneiras de representar e formular os conteúdos da disciplina para fazê-los compreensíveis a outros" (p.13).

Integração para articulação

As sugestões feitas até aqui são de pouca utilidade se não se pensar em integração. Integração significa a unidade das partes para formar um todo combinado, de forma que cada parte deste está intimamente ligado às outras partes do sistema. Notou-se que os cursos freqüentados pelos professores estudados foram de uma organização feita por disciplinas discretas e desconectadas. Como demonstrado por esses professores, seus cursos de formação envolveram uma grande quantidade de conteúdo, desconectados das outras áreas do conhecimento. O objetivo era o de rapidamente cobrir o máximo possível do conteúdo de Física e assim pouca, ou nenhuma, atenção foi dada às origens ou aplicações deste conhecimento. Os cursos pelos quais esses professores passaram, pelo que eles mesmos declararam, foram de pouca ajuda para suas práticas de sala em aula. Passaram por 25 ou 30 disciplinas separadas sem nenhuma integração entre elas. Num curso deste tipo, a tendência de

estudantes acabarem com conhecimento compartimentalizado é bem conhecida (Edmondson e Novak, 1993). Essa perspectiva aponta, portanto, à necessidade de se tratar do "perpétuo problema da integração" (Grossman e Richert, 1988, p.61). Pesquisas (Shulman 1986b) mostram que é praticamente impossível se separar o conteúdo de uma disciplina da sua estrutura ou da pedagogia necessária para ensiná-la, ou da psicologia da aprendizagem, e assim por diante. Portanto, sugere-se que a formação de professores poderia se dar através de cursos estruturados a partir de tópicos, temas ou problemas que necessitariam de um arranjo multidisciplinar. Certamente deverá ser um programa que reduza as chances dos alunos-professores não compreenderem as inter-relações que existem entre as partes componentes de um modelo de pedagogia. Todas as partes componentes deste modelo são firmemente conectadas umas às outras, devido à interação existente entre elas; portanto, não parece possível que curso de formação de professores possa trabalhar essas partes separadamente. Se assim o for, este curso não cumprirá o objetivo de acentuar a habilidade dos professores de articular seu conhecimento. A proposta de um modelo para um curso integrado é um tema válido para novas pesquisas, com questões do tipo: Como pode o nosso crescente conhecimento em ensino de Física ajudar-nos a desenvolver um programa de formação de professores de forma que os alunos-professores venham a integrar o conhecimento que estudam ao longo do programa? Que tipo de característica deve ter um programa de formação de professores que ajude os alunos a entender as complexidades e realidades da vida em sala de aula? O que deve ser selecionado, de tudo que é conhecido em Física, para os programas de educação de professores de Física?

É importante lembrar que as conclusões acima vieram de um múltiplo estudo de caso de cinco professores formados em uma mesma Instituição. Esta característica de pesquisa traz consigo a abertura para uma nova pesquisa que questione qual seria a postura de professores que viessem de outra Instituição formadora? Será que estes últimos apresentariam as mesmas posturas?

Finalmente, a pergunta que ainda resta a ser feita é: como deve ser um programa de educação de professores de forma que desenvolva os modelos de pedagogia dos alunos-professores da melhor maneira possível?

Referências Bibliográficas

- AGUIRRE, J.M. & HAGGERTY, S.M. (1995) - Preservice teachers' meanings of learning, *International Journal of Science Education*, 17(1): 119-131.
- AGUIRRE, J.M., HAGGERTY, S.M. & LINDER, C.J. (1990) - Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4): 381-390.
- BACHELARD, G. (1977) *O Racionalismo aplicado*. Translated from french by Nathanael C. Caixeiro. Published in Brazil from the fifth french edition - 1949, Paris. Zahar Editores, Rio de Janeiro.
- BRICKHOUSE, N.W. (1989) - The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories, *International Journal of Science Education*, 11(4): 437-449.
- BRICKHOUSE, N.W. (1991) - Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice, *Journal of Teacher Education*, 41(3): 53-62.
- CHINN, C.A. & BREWER, W.F. (1993) - The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1): 1-49.
- COLINVAUX, D. (1998) *Modelos e educação em Ciências*. Rio de Janeiro: Editora Ravil.
- DIBBS, D.R. (1982) - An investigation into the nature and consequences of teachers implicit philosophies of science. *Unpublished PhD thesis*, University of Aston.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. & SCOTT, P. (1996) - *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- DRUVA, C.A. & ANDERSON, R.D. (1983) - Science teacher characteristics by teacher behavior and by student outcome: a meta-analysis of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20: 467-479.
- DUSCHL, R. A. (1983) - Science teachers' beliefs about the nature of science and the selection, implementation, and development of instructional tasks: a case study.

Doctoral dissertation, University of Maryland. *Dissertation Abstracts International*, 45(2): 442-A.

DUSCHL, R.A. & WRIGHT, E. (1989) - A case study of high school teacher's decision making models for planning and teaching science, *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (6): 467-501.

EDMONDSON, K & NOVAK, J.(1993) - the interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6): 547-559.

ENTWISTLE, N. (1985) - Contribution of psychology to learning and teaching. In: N. ENTWISTLE (Ed.), *New Directions in Educational Psychology: Learning and Teaching*. London: The Falmer Press.

FENSTERMACHER, G.D. (1986) - Philosophy of research on teaching: three aspects. In: M.C. WITTRICK (Ed.), *Handbook of Research on Teaching (3rd Ed.)*. New York: Macmillan.

FOX, D (1983) - Personal Theories of Learning. *Studies in Higher Education*, 8(2): 151-163.

GROSSMAN, P & RICHERT, A. (1988) - Unacknowledged knowledge growth: a re-examination of the effects of teacher education. *Teaching & Teacher Education*, 4(1): 53-62.

GUSTAFSON, B.F. & ROWELL, P.M. (1995) - Elementary preservice teachers; constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17(5): 589-605.

HUIBREGTSE, I. KORTHAGEN, R. & WUBBELS, T. (1994) - Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development, *International Journal of Science Education*, 16(5): 539-561.

JUSTI, R. (1997) – Historical models in science education: a case in which this means a hybrid model, In: *First International Conference of the European Science Education Research Association, Abstract Book of the ESERA*, Rome, Italy, v.1. p. 39 – 39.

- KOULAUDIS, V. & OGBORN, J. (1988) - Use of systematic networks in the development of a questionnaire, *International Journal of Science Education*, 10(5): 497-509.
- KOULAUDIS, V. & OGBORN, J. (1989) - Philosophy of science an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2): 173-184.
- KOULAUDIS, V. & OGBORN, J. (1995) - Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3): 273-283.
- LANTZ, O. & KASS, H. (1987) - Chemistry teachers functional paradigms, *Science Education*, 71: 117-134.
- LEDERMAN, N. G. (1992) - Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4): 331-359.
- LITT, M.D. & TURK, D.C. (1985) - Sources of stress and dissatisfaction in experienced high school teachers. *Journal of Educational Research*, 78(3): 178-185.
- MARTIN, M. (1972) - *Concepts of science education: a philosophical analysis*, London: Scott, Foresman and Company.
- MARTIN, M. (1994) - Pseudoscience, the paranormal, and science education, *Science & Education*, 3: 357-371.
- NOTT, M. & WELLINGTON, J. (1996) - Probing teacher's views of the nature of science: how should we do it and where should we be looking? In: G. WELFORD, J. OSBORNE & P. SCOTT (Eds.), *research in science education in Europe: current issues and themes*. London: The Falmer Press.
- NUSSBAUM, J. (1983) - Classroom conceptual change: the lessons to be learned from the history of science. In: H. HELM & D. NOVAK (Eds), *Misconceptions in Science and Mathematics Education*. Cornell: Department of Education, Cornell University, p. 290-299.
- PSACHAROPOULOS, G. (1987) - Are teachers overpaid? Some evidence from Brazil. *Teaching & Teacher Education*, 3(4): 315-318.

- RICHARDS, T & RICHARDS, L (1994) - Using computers in qualitative research. In: N. DENZIN & Y. LINCOLN (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Newbury Park: Sage.
- RUSSELL, T. & MUNBY, H. (1989) - Science as a discipline, science as seen by students and teachers' professional knowledge, In: R. MILLAR (Ed.), *Doing science: images of science in Science Education*. London: The Falmer Press.
- SCHWAB, J. (1964) Structures of the Disciplines: Meanings and significances. In: G.W. FORD & L. PUGNO (Eds.), *The structure of knowledge and the curriculum*. Chicago: Rand McNally & Company.
- SHULMAN, L. (1986a) - Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15: 4-14.
- SHULMAN, L. (1986b) - Those who understand: a conception of teacher knowledge. *American Educator*, 10: 9-15.
- SHULMAN, L. (1987) - Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1): 1-22.
- SWIFT, D.J. (1982) - Curricular philosophy of science today. In: SWIFT D.J. et al, *Philosophies of Science in Science Education*. IET mimeograph, University of Surrey.
- TOULMIN, S. (1972) - *Human understanding: the collective use and evolution of concepts (Vol. 1)*. Oxford: Clarendon Press.
- WANDERSEE, J.H. (1985) - Can history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7): 581-597.
- WILSON, S.M., SHULMAN, L.S. & RICHERT, A. (1987) - '150 Different Ways' of Knowing: Representations of Knowledge in Teaching. In: J. CALDERHEAD (Ed.) *Exploring Teachers' Thinking*. London: Cassel.
- ZIMMERMANN, E. & GILBERT (1998) - Contradictory Views of the Nature of Science Held by a Brazilian Secondary School Physics Teacher: Educational Value of Interviews. *Educational Research and Evaluation*, 4(3): 213-234.

ZIMMERMANN, E. (1997a) - The Interplay of Pedagogical and Science Related Issues in Physics Teachers' Classroom Activities. *Unpublished PhD thesis*, University of Reading.

ZIMMERMANN, E. (1997b) - Models of Science in Science Education. In Gilbert, J.K. (Ed.) *Exploring Models and Modelling in Science Education: Contributions from the MISTRE group*. Reading, The University of Reading: The New Bulmershe Papers Series.

ZIMMERMANN, E. (1997c) - Models of Science in the Philosophy and the Teaching of Physics: A Clash of Cultures? In Boulter, C. & Gilbert, J.K. (Eds.), *Perspectives on Models and Modelling*. IET mimeograph, University of Reading.